

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

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Génie des procédés de l'environnement

Mémoire de fin d'études

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE : **Master**

Filière : génie des procédés

Option : Génie des procédés de l'environnement

INTITULÉ

Traitement physico-chimique des eaux pétrolières produites (optimisation des paramètres).

Préparé par : M^r.BADACHE Marouane.

M^r. MENOUEY Youcef.

M^r. SEMMARI Bachir.

Soutenu le : 14/06/2023

Mr. A.DILMI	Président	M.C.B	Université Bordj Bou Arreridj
Mr. R.AYECHE	Rapporteur	M.C.A	Université Bordj Bou Arreridj
Mme. H.FAID	Co-rapporteur	M.C.A	Université Bordj Bou Arreridj
Mme. N.MAGHRAOUI	Examineur	M.A.A	Université Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2022-2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴿٣٢﴾

A nos familles...

Remerciement

Merci à Allah qui nous a donné la capacité d'écrire, de réfléchir, la force d'y croire et la patience d'aller jusqu'au bout.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à nos encadrants Monsieur R.AYACHE et Madame H.FAID et de les remercier de nous orientent .

Nos sincères remerciements à tous les ingénieurs du laboratoire qui nous fourni le bon aide.

Nous remercions les membres du jury de notre travail de master d'avoir bien voulu participer à son évaluation.

Nous remercions aussi nos parents qui ont été toujours avec nous.

Et en fin nos sincères remerciements à nos frère, a tous nos amis.

Et tous nos ami(e)s et collègues de la spécialité Génie des procédés de l'environnement.

Résumé

La préservation de l'environnement et la lutte contre sa détérioration due à une gestion inappropriée des déchets et à la demande croissante en sources d'énergie et de combustible sont parmi les priorités mondiales actuelles. Les organisations et les fabricants mondiaux, y compris Sonatrach, s'efforcent de réduire la pollution en utilisant des méthodes modernes de prévention et de traitement. Les eaux usées produites lors de l'extraction du pétrole et du gaz contiennent généralement des hydrocarbures, des particules solides, des matières en suspension et des émulsions. Des méthodes physiques et chimiques telles que la sédimentation, la flottation, la filtration, etc. sont utilisées pour les éliminer.

Notre étude vise à développer un processus de traitement efficace et efficient pour une station de traitement des eaux produites à Hassi R'mel, en particulier lors du début de l'injection dans les puits de gaz, tout en tenant compte des aspects économiques et environnementaux et en respectant les normes contractuelles recommandées.

Mots clés : traitement des eaux produites, injection des eaux traitées dans les puits de gaz, sédimentation, flottation, filtration.

ملخص

يُعد الحفاظ على البيئة والتصدي لتدهورها نتيجة إدارة غير ملائمة للنفايات والطلب المتزايد على مصادر الطاقة والوقود من أبرز الأولويات العالمية في الوقت الحاضر. وتعمل المنظمات والشركات المصنعة العالمية، بما فيها سوناطراك، جاهدة للحد من التلوث عن طريق استخدام أساليب حديثة للوقاية والمعالجة.

وعادةً ما تحتوي مياه الصرف المنتجة عن استخراج النفط والغاز على هيدروكربونات وجسيمات صلبة ومواد صلبة معلقة ومستحلبات. وتستخدم طرق فيزيائية وكيميائية للتخلص منها مثل الترسيب والطفو بناءً على فروق الكثافة، التخثير والترشيح، وغيرها.

تهدف دراستنا إلى تطوير عملية معالجة فعالة وكفاءة لمحطة معالجة للمياه المنتجة في حاسي الرمل مع مراعاة الجوانب الاقتصادية والبيئية والالتزام بالمعايير التعاقدية الموصى بها.

الكلمات المفتاحية : معالجة المياه المنتجة، حقن المياه المعالجة في الابار النفطية، ترسيب، تعويم، ترشيح.

Abstract

Preserving the environment and combating its deterioration due to improper waste management and the increasing demand for energy sources and fuel are among the current global priorities. Global organizations and manufacturers, including Sonatrach, are striving to reduce pollution by employing modern methods of prevention and treatment.

Wastewater produced during oil and gas extraction typically contains hydrocarbons, solid particles, suspended matter, and emulsions. Physical and chemical methods such as sedimentation, flotation, filtration, etc. are used to remove them.

Our study aims to develop an effective and efficient treatment process for a wastewater treatment plant in Hassi R'mel, particularly during the initial injection into gas wells, while considering economic and environmental aspects and adhering to recommended contractual standards.

Keywords : produced wastewater treatment, Injection of treated waters into gas wells, sedimentation, flotation, filtration.

TABLE DES MATIERES

Dédicace.....	I
Remerciements.....	II
Résumé.....	III
Abréviations	IV
Liste des tables	VI
Liste des figures	VII
Introduction Générale	01

Chapitre I : Présentation de la station BOOSTING centre.

I.1. Introduction	02
I.2. Définition de la société SONATRACH	02
I.3. Description de la région de Hassi R'Mel	02
I.4. Projet BooSting phase 3 (description et fiche technique)	03
I.5. Description de la STATION BOOSTING CENTRE (SBC)	05
I.6. Le gaz de Hassi R'mel	05
I.7. Définition de l'eau produite	06
I.7.1. Pollution de l'eau par HC	07
I.7.2. Types de pollution par les produits pétrolières	07
I.8. Effets de la pollution par les HC	09
I.9. Conclusion	09

Chapitre II : Le Process de traitement des eaux pétrolières produites dans la station de boosting centre phase 3 à Hassi R'mel SONATRACH.

II.1. Introduction	10
II.2. La séparation triphasée	10
II.3. Description du procédé de traitement de l'eau produite à SBC	11

II.3.1. Le processus de la station PWT	12
II.3.1.1. Les séparateurs API	13
II.3.1.2. Les Séparateurs CPI	15
II.3.1.3. Les Séparateurs IGF	16
II.3.1.4. Dosage des produits chimique	19
II.3.1.4.1. Unité d'injection Oxygen Scavenger	19
II.3.1.4.2. Unité d'injection de soude caustique	19
II.3.1.4.3. Unité d'Injection de Briseur d'Emulsion	19
II.3.1.4.4. Unité d'injection de coagulant	19
II.3.1.4.5. Unité d'injection de Poly électrolyte	20
II.3.1.5. Filtres à Coquille de Noix	20
II.3.1.6. Filtres à Charbon Actif	22
II.3.1.7. Séparateurs de Boues	24
II.3.1.8. Centrifugeuses	25
II.3.1.9. Service d'extraction de sable	27
II.3.2. Le processus de la station PWF	27
II.3.2.1. Multi-media filters	29
II.3.2.2. Filtres à cartouche	30
II.4. Conclusion	32

Chapitre III : Partie expérimentale.

III.1. Introduction.....	33
III.2. Proposition d'un réservoir de décantation avant l'entrée à l'API.....	34
III.2.1. Les exigences pour ce réservoir cylindrique	35
III.2.2. Dimensionnements du ce réservoir cylindrique.....	36
III.2.3. Capacité de ce réservoir	36

III.2.4 principaux Accessoires recommandés.....	36
III.2.5. Calcule.....	37
III.2.6. Conception du reservoir.....	40
III.2.7. Système de decantation.....	40
III.2.8. Maintenance régulière.....	41
III.2.8.1. Sortie des boues vers les séparateurs de boues.....	41
III.2.8.2. Transfert des huiles récupérées (HC) vers les tambours (D-003A/B)	41
III.3. Etude de l'efficacité de la chaux sur les eaux produites.....	42
III.3.1. Matériel utilisé	42
III.3.2. Mode opératoire	43
III.3.3. Résultat et discussion.....	43
III.4. L'ajustement de PH par l'acide acétique.....	46
III.4.1. Matériel utilisé	46
III.4.2. Mode opératoire.....	46
III.4.3 Résultats et discussion.....	47
III.5. l'ajout de flocculant polymère.....	49
III.5.1. Matériel utilisé.....	49
III.5.2. Mode opératoire.....	49
III.5.3. Résultats et discussions.....	50
III.6. Filtration par charbon actif dans un tube pvc.....	51
III.6.1 Matériaux utilisés.....	51
III.6.2. Mode opératoire.....	52
III.6.3. Résultats.....	53
III.7. Mesure de MES.....	58

III.7.1. Matériels utilisés.....	58
III.7.2. Mode opératoire.....	59
III.7.3. Résultats et Discussions.....	59
III.8. Détermination de la teneur des matières grasses et des d'huiles totales (TOG).....	60
III.8.1. Mode opératoire.....	61
III.8.2. Résultats et discussion.....	63
III.9. Spectrophotomètre UV Visible Double Faisceau.....	63
III.9.1. Mode opératoire.....	64
III.9.2. Résultats et discussions.....	65
III.10. Conclusion.....	68
Conclusion générale.....	69

Liste d'abréviations

SBC : Station boosting centre.
GNL : Gaz naturel liquifié.
GPL : Gaz de pétrole liquifié.
SRGA : Station de récupération des gaz associés.
SBN : Station boosting nord.
SBS : Station boosting sud.
SCN : Station de compression nord.
SCS : Station de compression sud.
CSTF : Centre de stockage et de transfert facilité.
CNDG : Centre national dispatching gaz.
JGC : Japon gasoline corporation.
HSE : Hygiène sécurité environnement.
HC : Hydrocarbure.
PWT : Produced water traitement.
PWF : Produced water Filtration.
PW : Produced water.
API : American petroleum institute.
CPI : Corrugated plate interceptor.
IGF : Induced gas flotation.
NSF : Nutshell filters.
ACF : Activated charbon filter.
DCS : Distributed control system.
LCV : Level control valve.
PCV : Pressure control valve.
PSV : Pressure savety valve.
GRP : Glass reinforced plastic.
FG : Flow gauge.
RPM :Round per minute.
MES : Matière en suspension.

[Abréviations]

MMF : Multimedia filter.

CF : Catridge filter.

BKW : Back wash.

PFD : Process flow diagraphe.

FIC : Flow indication contrôle.

PVC : Polychlorure de vinyle.

UV : Ultrat violet.

TOG : Total oil and grass.

T-T : Tangente-Tangente.

Termes et significations industriels :

(D-901A/B/C/D/E/F/G/H) : désigne huit séparateurs triphasés de A à H de la station SBC phase III, portant le nom industriel D-901 sur la station. Ce nom a été donné par le constructeur.

(P-003A/B) (2 x100%) : désigne deux pompes, A et B, on peut utiliser ces pompes jusqu'à ces capacité max 100%, portant le nom industriel P-003 sur la station donné par le constructeur.

(Z-001A / B) (2 x100%) : désigne deux Séparateurs API, A et B, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité max 100%, portant le nom industriel Z-001 sur la station donné par le constructeur.

(Z-002A / B) (2 x 50%) : désigne deux Séparateurs CPI, A et B, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité 50%, portant le nom industriel Z-002 sur la station donné par le constructeur.

(Z-003A / B) (2 x 50%) : désigne deux Séparateurs IGF, A et B, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité 50%, portant le nom industriel Z-003 sur la station donné par le constructeur.

(Z-004A/B/C/D) (4 x 50%) : désigne quatre Filtres Nutshell (filtre a coquille de noix), A, B, C et D, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité 50%, portant le nom industriel Z-004 sur la station donné par le constructeur.

(Z-005A/B/C/D) (4 x 50%) : désigne quatre Filtres à charbon actif, A, B, C et D, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité 50%, portant le nom industriel Z-005 sur la station donné par le constructeur.

[Abréviations]

(D-001A/B) (2x100%) : désigne deux Séparateurs de boues, A et B, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité max 100%, portant le nom industriel D-001 sur la station donné par le constructeur.

(D-003A /B) (2 x 100%) : désigne deux Tambours d'huile de récupération, A et B, on peut les utiliser jusqu'à ces capacité max 100%, portant le nom industriel D-003 sur la station donné par le constructeur.

Off -Spec : hors normes (eau non conforme aux spécifications).

On-spec : répond aux normes (eau conforme aux spécifications).

Liste des tables

Tableau.1. fraction molaire des compositions de gaz brut.....	06
Tableau.2. Types des émulsions.....	08
Tableau.3. Qualité d'eau produite.....	13
Tableau.4. paramètres et conditions d'entrée.....	13
Tableau.5. données de conception d'API.....	14
Tableau.6. données de conception de CPI.....	16
Tableau.7. données de conception d'IGF.....	17
Tableau.8. points de dosage des produits chimiques avec leurs fonctions.....	18
Tableau.9. Données de conception NSF.....	21
Tableau.10. Données de conception ACF.....	22
Tableau.11. données de conception de séparateur de boue.....	24
Tableau.12. données de conception de centrifugeuse.....	27
Tableau.13. la qualité de l'eau après traitement dans PWT et après PWF.....	28
Tableau.14. données de procédés MMF.....	29
Tableau.15. données de conception MMF.....	29
Tableau.16. données de conception du CF.....	30
Tableau.17. données de procédés CF.....	31
Tableau.18. Nombre d unités en marche en fonction des debits	34
Tableau.19. conditions de fonctionnement de débit d'eau a l'entrée d API.....	35
Tableau.20. différents débits entrant dans le réservoir cylindrique proposé, ainsi que les temps de décantation correspondants.....	38
Tableau.21. les deux réservoirs A et B utilisés simultanément pour la décantation et la décharge.....	39
Tableau.22. Les résultats obtenus.....	43
Tableau.23. Résultats de traitement.....	45

[Liste des tables]

Tableau.24. Réduction des volumes pour économiser l'eau tout en ajustant le pH de l'eau produite.....	48
Tableau.25. Résultats après les différentes vitesses.....	50
Tableau.26. Résultats de traitement.....	51
Tableau.27. résultats MES.....	60
Tableau.28. Récapitulatif des échantillons et de leurs caractéristiques pour le test TOG.....	61
Tableau.29. Résultats test TOG.....	63
Tableau.30. Préparation des échantillons pour le test UV.....	65

Liste des figures

Figure.1. la zone de Hassi R'mel en tant que point de distribution crucial à l'intérieur et à l'extérieur du pays.....	03
Figure.2. Schéma représentant le processus industriel de Hassi R'Mel.....	03
Figure.3. Une vue aérienne de SBC III et la station de traitement des eaux huileuses saisissante depuis Live Earth Map.....	05
Figure.4. Échantillons d'eau brute venant de différentes sections.....	08
Figure.5. séparateur triphasé.....	10
Figure.6. plan général du parcours de l'eau produite.....	11
Figure.7. Une vue d'ensemble du schéma de PWT affiché par DCS.....	13
Figure.8. schéma d'API.....	15
Figure.9. Schéma du CPI.....	16
Figure.10. Schéma IGF.....	17
Figure.11. points de dosage des produits chimiques.....	18
Figure.12. illustre la coalescence des gouttelettes d'huiles par les interstices des coquilles de noix.....	21
Figure.13. illustre un schéma du filtre NSF avec ces paramètres géométriques.....	21
Figure.14. image illustrant la structure des particules du charbon actif grain utilisé...	22
Figure.15. Image illustrant les Composants ces paramètres géométriques du filtre ACF.....	23
Figure.16. Les filtres NSF et ACF dans le process flow diagram (PFD).....	23
Figure.17. illustre le schéma du séparateur de boue avec ces paramètres géométriques.....	24
Figure.18. schéma de centrifugeuse (DE-001).....	26
Figure.19. Courbe de l'augmentation de la production en fonction de temps.....	28
Figure.20. les différents diamètres des particules et épaisseurs de chaque composant du MMF.....	30

Figure.21. schéma du filtre a cartouche (CF).....	31
Figure.22. Courbe de temps de décantation en fonction des débits.....	39
Figure.23. Emplacement de réservoir proposé sur PFD.....	42
Figure.24. Courbe de turbidité en fonction de dosage de la chaux.....	44
Figure.25. Courbe de turbidité en fonction de vitesses d'agitation (tour par minute).....	44
Figure.26. Illustre la diminuation de la turbidité après traitement (dose optimale).	45
Figure.27. Dispositif d'expérience de charbon actif.....	52
Figure.28. Illustration des dimentions de tube.....	54
Figure.29. HORIBA OCMA 500.....	60
Figure.30. Les étapes de la manipulation TOG.....	62
Figure.31. les spectres d'absorbances obtenus	66
Figure.32. les points des prises des eaux produites et les points de dosage de la chaux et de l'acide acétique.....	67

Introduction général

*J'ai vu l'eau se corrompre en
stagnants.*

*Alor que lorsqu'elle coule, sa saveur
est bonne.*

Mohammed ibn Idris El-Shafi'i R.A

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource naturelle essentielle et universelle, cruciale pour la vie sur Terre, mais elle est menacée par la pollution causée par l'industrie pétrolière et gazière, Cette contamination a des conséquences néfastes sur les écosystèmes aquatiques compromettant la biodiversité et mettant en danger la santé des organismes vivants qui en dépendent.

Ainsi, il est crucial que les entreprises de ce secteur assument leur responsabilité en adoptant des programmes de protection environnementale solides visant à prévenir la pollution de l'eau. En agissant de manière responsable, ces entreprises contribueront à garantir un avenir durable et préservé pour les générations futures.

La politique environnementale de SONATRACH vise à éliminer ou réduire les impacts environnementaux significatifs conformément à la loi n°83-03 du 05/02/1983, relative à la protection de l'environnement. La direction régionale de Hassi R'mel a installé récemment trois stations de traitement des eaux produites dans les stations boosting phase 3 (centre, nord et sud), assurant la récupération des hydrocarbures et le traitement des eaux huileuses.

Dans le chapitre 1, nous avons présenté l'emplacement de l'unité de traitement des eaux produites que nous avons étudiée. Nous avons souligné l'importance du traitement de ces eaux et l'effet de cette pollution.

Dans le Chapitre 2 nous avons pris la voie de l'eau à partir de l'unité de traitement des eaux produites (procédés, composants et fonctionnement). Notre Choix de l'étude de cette unité en raison de sa pertinence dans le contexte du traitement physico-chimique des eaux produites, en utilisant les opérations unitaires et les techniques étudiées dans notre spécialité en génie des procédés de l'environnement à l'université, telles que la décantation, la coagulation, la flottation, l'adsorption, la filtration. dans le but d'obtenir une qualité d'eau conforme aux normes réglementaires nationales.

Dans le chapitre 3, nous proposons des études pour l'unité de traitement des eaux produites. Nous suggérons L'utilisation d'un réservoir de décantation et l'utilisation de la chaux à la place du coagulant actuellement utilisé, qui est plus chère. Cette proposition peut offrir des avantages techniques et économiques, notamment après le démarrage de la réinjection de ces eaux dans les gisements, où la quantité d'eau à traiter augmentera.

Chapitre I

Présentation de la station BOOSTING centre

Présentation de la station BOOSTING centre.

I.1. Introduction :

L'Algérie est classée parmi les plus grands pays exportateurs des hydrocarbures grâce à la politique suivie par la SONATRACH dans l'exploitation de différents gisements pétroliers et gaziers. Le domaine minier algérien est particulièrement riche en gaz naturel. Les réserves gazières algériennes représentent près de 4% du total des réserves mondiales.

Près de 66% du gaz actuellement commercialisé par SONATRACH proviennent du champ gazier de Hassi R'Mel. [1]

I.2. Définition de la société SONATRACH :

SONATRACH est une compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent. SONATRACH est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 12ème parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2ème exportateur de GNL et de GPL et 3ème exportateur de gaz naturel. Sonatrach, entreprise citoyenne, œuvre à resserrer les liens sociaux, aider les populations dans le besoin, promouvoir la recherche et les activités scientifiques, contribuer à la préservation de la nature et à la sauvegarde du patrimoine culturel et historique. Aujourd'hui, Sonatrach ne conçoit pas de développement économique sans un développement durable. [2]

I.3. Description de la région de Hassi R'Mel :

Le gisement de Hassi R'mel (découvert en 1956), se trouve à 550 km au sud d'Alger, entre les wilayas de Ghardaïa et Laghouat à une altitude moyenne de 760m (figure II.1). Le climat est caractérisé par une faible pluviométrie (140 mm/an) et une humidité moyenne de 19% en été et de 34% en hiver. La température varie de -5 °C en hiver à 45 °C en été. Les vents dominants sont de direction Nord-Ouest pouvant atteindre la vitesse de 100 km/h.

Le champ de Hassi R'mel est une vaste étendue de 3500 km², il se présente sous une forme elliptique à une profondeur de 2200 m orientée Ouest Nord-Est, il constitue l'un des tous premiers gisements de gaz naturel au monde, avec un volume de gaz à condensat, initialement

en place, estimé à près de 3000 milliards de standard mètre cube contenu dans une structure d'environ 80 km de large.

Les études du gisement ont prouvé que le réservoir contenait du gaz, du condensât et du GPL, les richesses initiales étaient de 200 g/m³ pour le condensât et de 80 g/m³ pour le GPL. [1]



Figure.1. la zone de Hassi R'mel en tant que point de distribution crucial à l'intérieur et à l'extérieur du pays.[3]

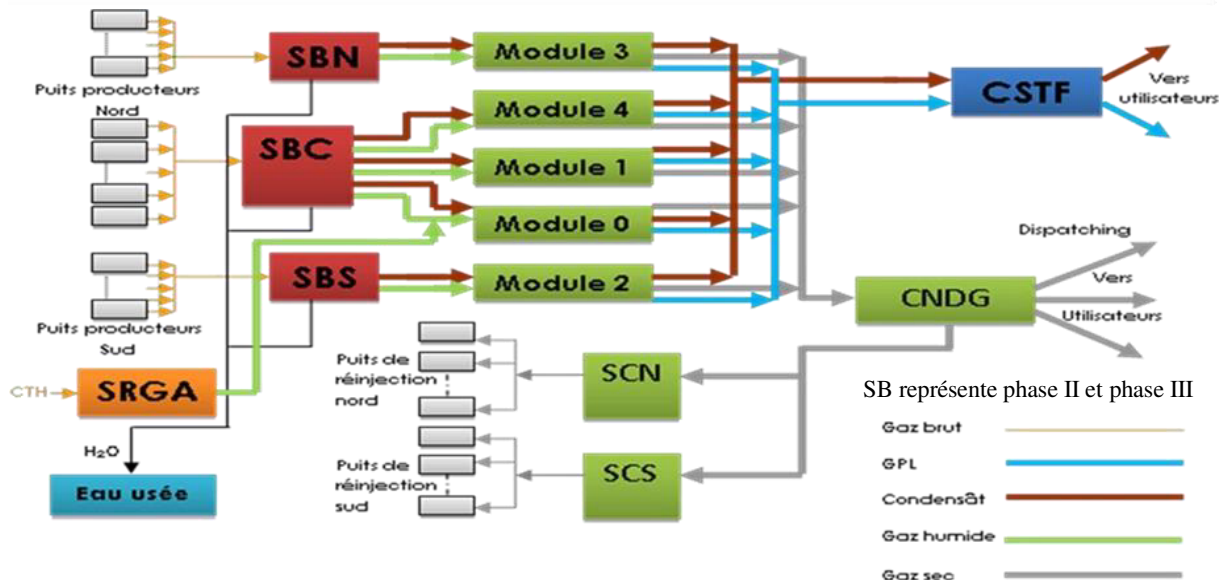


Figure.2. Schéma représentant le processus industriel de Hassi R'Mel. [4]

I.4.Projet BooSting phase 3 (description et fiche technique) :

Inauguré officiellement à l'occasion de la célébration du 50ème anniversaire de la nationalisation des hydrocarbures et du 65ème anniversaire de la création de l'Union générale

des travailleurs algériens (UGTA), ce projet s'inscrit dans le cadre de la stratégie de Sonatrach visant notamment à assurer la sécurité énergétique du pays. En voici les principales données sur ce projet :

-Objectifs : satisfaire les engagements contractuels de l'Algérie à l'international, dégager des recettes en devise et faire face à la déplétion naturelle du gisement de Hassi r'mel.

-Superficie : 75 kilomètres carrés.

-Classement : le plus grand gisement d'Afrique et quatrième au monde. (Il sera épaulé par un projet de réalisation d'une station supplémentaire de compression qui sera mise en service en 2024).

-Caractéristiques : une plaque tournante centralisant la production des autres sites comme le gaz associé de Hassi Mesaoud.

-Production : un volume de 2.400 milliards de m³ de gaz naturel.

-Emploi : durant toute sa phase de développement, le projet boosting Hassi r'mel a employé plus de 10.000 travailleurs ayant un savoir-faire reconnu et une excellente maîtrise dans le domaine des hydrocarbures.

-Techniques : la technique utilisée consiste en l'augmentation de la pression du gaz par le biais de turbo-compresseurs afin de maintenir les pressions nominales de fonctionnement des installations de traitement existantes.

-Équipements : le design des unités de Hassi r'mel se compose de divers équipements de séparation successifs et de filtration.

-Types de production : de divers équipements de séparation successifs et de filtration pour la production des trois composés : le Gaz sec, le condensat et le GPL, (l'eau produite doit répondre aux normes et exigences contractuelles).

-Durée de réalisation : 41 mois.

-Capacités : maintien d'un plateau de production estimé à 180 millions de Standard mètres cube par jour et la récupération des réserves additionnelles à long terme de l'ordre de 400 milliards de Standard mètres cubes de gaz.

-Investissement : un coût d'investissement total de près de 1,2 milliard de dollars dont 40 % en dinars algériens.

-Normes et sécurité : installations réalisées avec l'Entrepreneur JGC obéissent à des normes internationales HSE en vigueur et sont équipées des équipements et systèmes de dernière génération ce qui se fait de mieux dans l'industrie gazière. [5]

I.5. Description de la STATION BOOSTING CENTRE (SBC) :

Boosting vient du verbe anglais “To boost” qui signifie “Augmenter” donc la pression du gaz après le Boosting devient plus grande.

Les unités de traitement de gaz (modules 0, 1 et 4) sont conçues pour fonctionner à une pression d'entrée minimale de 100 bars car le traitement du gaz se base sur plusieurs détentes, et pour récupérer le maximum de liquides (GPL et Condensât). Tenant compte de ces deux paramètres, le Boosting est une nécessité incontournable. Pour cela la SONATRACH a créé cette unité de refoulement de gaz, qui fait augmenter la pression et garder le débit du gisement d'alimentation des modules de traitement. [6]

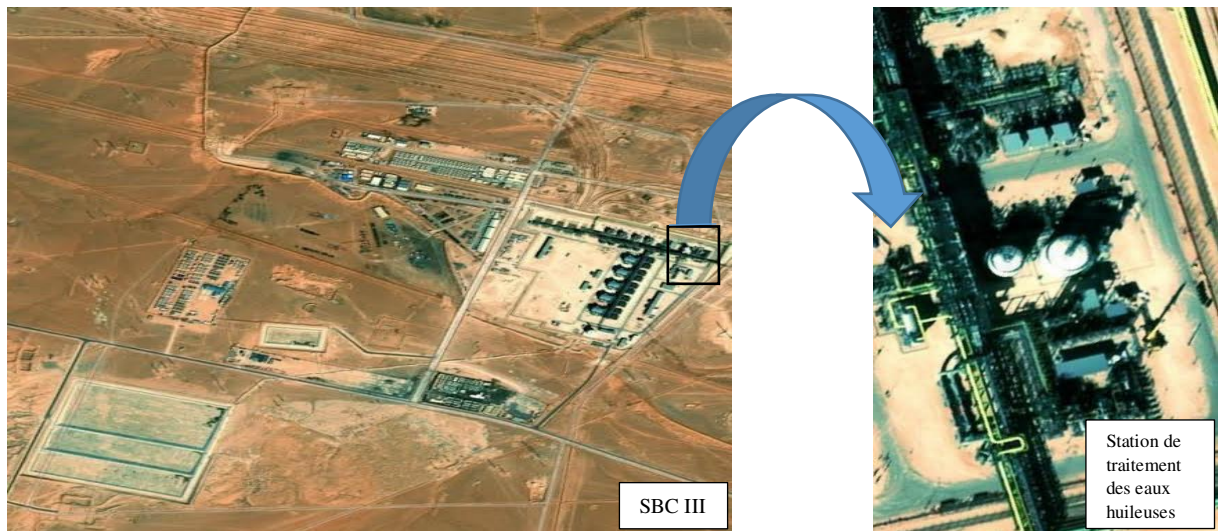


Figure.3. Une vue aérienne de SBC III et la station de traitement des eaux huileuses saisissante depuis Live Earth Map.

I.6. Le gaz de Hassi R'mel :

C'est un gaz à condensat ne contient pas de sulfure d'hydrogène. Ce type de gaz est riche en HC liquide, sa composition est Représentée dans ce tableau :

Tableau.1. fraction molaire des compositions de gaz brut.[7]

N°	Composants	Formule	Fraction molaire %
01	Dioxyde carbone	CO ₂	0.20
02	Azote	N ₂	5.56
03	Méthane	CH ₄	77.8 2
04	Ethane	C ₂ H ₆	7.42
05	Propane	C ₃ H ₈	2.88
06	i-butane	i-C ₄ H ₁₀	0.62
07	n-butane	n-C ₄ H ₁₀	1.10
08	i-pentane	i-C ₅ H ₁₂	0.36
09	n-pentane	n-C ₅ H ₁₂	0.48
10	Hexane	C ₆ H ₁₄	0.59
11	Heptane	C ₇ H ₁₆	0.56
12	Octane	C ₈ H ₁₈	0.45
13	Nonane	C ₉ H ₂₀	0.37
14	Décane	C ₁₀ H ₂₂	0.27
15	Undécane	C ₁₁ H ₂₄	0.21
16	Dodécane	C ₁₂ H ₂₆	0.57
/	/	Total	100

L'exploration des hydrocarbures, y compris l'extraction de pétrole et de gaz naturel de la croûte terrestre, représente l'une des incohérences permanentes des efforts mondiaux de durabilité de l'humanité. Alors que les discussions environnementales sur les combustibles fossiles ont tendance à se concentrer sur les émissions de gaz à effet de serre.

Chaque baril de pétrole produit équivaut à 3 à 5 barils d'eau rejetée. Environ 200 à 300 millions de barils d'eau sont produits quotidiennement à partir des champs de pétrole et de gaz, et plus de 40% de cette eau est rejetée dans l'environnement.

Malheureusement, le traitement de l'eau produite par le pétrole et le gaz, du point de vue de l'élimination ou du recyclage éthique des eaux usées, est largement négligé par les organismes de réglementation et les producteurs de pétrole et de gaz. [8]

1.7. Définition de l'eau produite :

L'eau produite (produced water en anglais) est un terme utilisé dans l'industrie pétrolière pour décrire l'eau comme sous-produit de la production de pétrole et de gaz. Les réservoirs de pétrole

et de gaz comportent souvent de l'eau et des hydrocarbures, parfois dans une zone située sous les hydrocarbures et parfois dans la même zone que le pétrole et le gaz. [9]

I.7.1. Pollution de l'eau par HC :

La pollution par les produits pétroliers est essentiellement une pollution par les hydrocarbures qui, en raison des propriétés de ceux-ci présente la particularité d'être d'autant plus nocive qu'elle est dispersée.

Les pollutions sous forme d'émulsions sont finalement plus dangereuses. [10]

I.7.2. Types de pollution par les produits pétroliers :

L'eau produite est polluée par des éléments de nature minérale et par les hydrocarbures (pollution organique).

- Pollution minérale :
 1. matières en suspension : sables, argiles, brai de coke.
 2. matières dissoutes : sels, Cl, Na, sulfures, ammoniacque.
- Pollution organique : constituée soit : par hydrocarbures, composés oxygénés ou ammoniacaux.
 1. Huiles libre.
 2. Huiles émulsifiées chimiquement.
 3. Huiles émulsifiées mécaniquement.
 4. Hydrocarbures et composés divers en solution (hydrocarbures aromatiques).
 - par des composés divers oxygénés ou azotés : (détergents, phénols, mercaptans, cyanures, acides sulfoniques etc...)

Les hydrocarbures constituent néanmoins l'élément le plus caractéristique et rencontré principalement parmi les polluants.

Cet élément est souvent appelé improprement "huile" alors que ce dernier terme peut concerner des composés oxygénés et désigner en général des produits non solubles. [10]

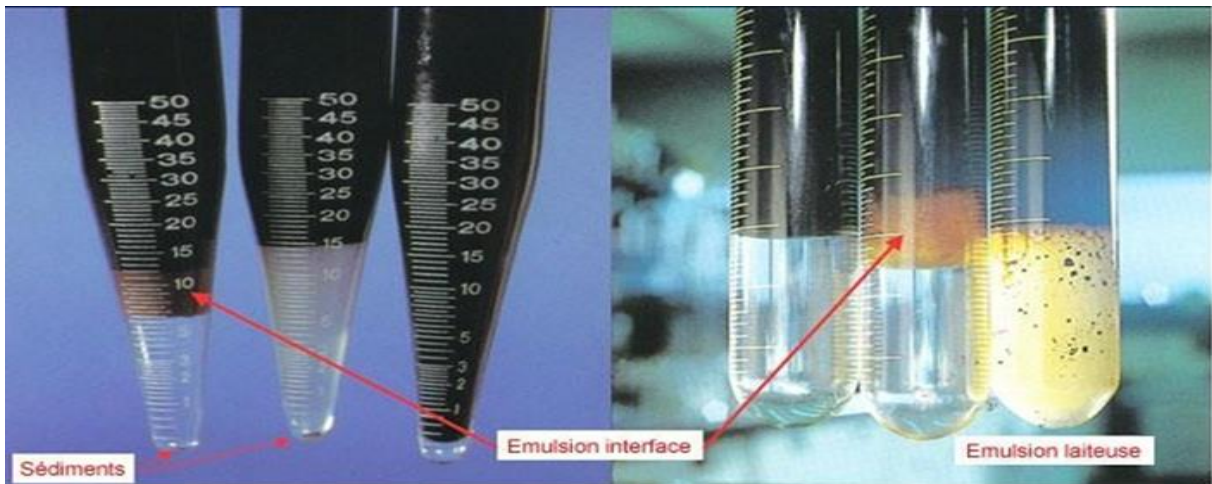


Figure.4. Échantillons d'eau brute venant de différentes sections. [11]

Formation des émulsions :

Les émulsions peuvent se former à tous les stades de la production :

- En fond de puits, dans le réservoir ou au niveau de la complétion en particulier sous l'effet des moyens d'activation tel que pompage, (rejection, Gas-Lift). Ces formations formées à chaud et fortement agitées sont souvent très difficiles à traiter par la suite.
- En tête de puits au passage dans les duses (détente).
- Dans les installations de surface : manifolds, séparateurs, échangeurs, pompes de reprise, ... [11]

Tableau.2. Types des émulsions. [11]

	<p>1 = eau 2 = huile</p>	<p>Émulsion huile / eau = émulsion inverse</p>
	<p>1 = eau 2 = huile</p>	<p>Émulsion eau / huile = émulsion régulière</p>

I.8.Effets de la pollution par les HC :

Pollution surnageant par nappe d'huile : Les dommages sont liés à la présence d'une nappe plus ou moins épaisse, mais imperméable à l'air.

- Salissure des rives, aspect et odeurs désagréables.
- Risques d'inflammation.
- Obstruction des branchies des poissons et engluage des oiseaux.
- Agglutination des algues et du plancton rendus inutilisables

Ainsi que la création d'un film superficiel empêchant la dissolution d'O₂ dans les eaux calmes. [10]

I.9. Conclusion :

Historiquement, l'eau produite était éliminée dans de grands bassins d'évaporation (évaporation ponds). Cependant, ceci est devenu une méthode d'élimination de plus en plus inacceptable du point de vue environnemental et social. L'eau produite est considérée comme un déchet industriel [9]. Les compagnies pétrolières s'efforcent de prévenir ou de contrôler les problèmes environnementaux liés à leur activité qui pourraient survenir et affichent clairement des cibles environnementales. Celles-ci concernent principalement la réduction de la concentration des HC dans l'eau rejetée, la minimisation de l'impact des opérations, la préservation de la biodiversité. [8]

Chapitre II

Le process de traitement des eaux pétrolières produites

Le Process de traitement des eaux pétrolières produites dans la station de boosting centre phase 3 à Hassi R'mel SONATRACH.

II.1. Introduction :

Les eaux produites du gisement de gaz de Hassi R'mel sont des eaux souterraines qui sont extraites en même temps que le gaz naturel et le condensat.

Donc ces eaux subissent un traitement physico-chimique est de permettre la séparation de phases solide/liquide élimination de matières en suspension liquide/liquide élimination d'hydrocarbures et d'huiles/graisses. Ce Système de traitement des eaux produites prend en charge les eaux proviennent de différentes sources (voir la figure 6). [12]

II.2. La séparation triphasée :

Le traitement de l'effluent commence par la séparation des trois phases. Le séparateur est un appareil utilisé pour dissocier l'huile (condensat), les gaz et l'eau contenus dans l'effluent à sa sortie d'un puits de production par différence de densité. Dans le cas le plus général, l'huile, en sortie de puits, est un mélange triphasique comprenant une phase gazeuse, une phase liquide hydrocarbonée (le brut proprement dit), une phase aqueuse (l'eau de formation à traiter). [12]

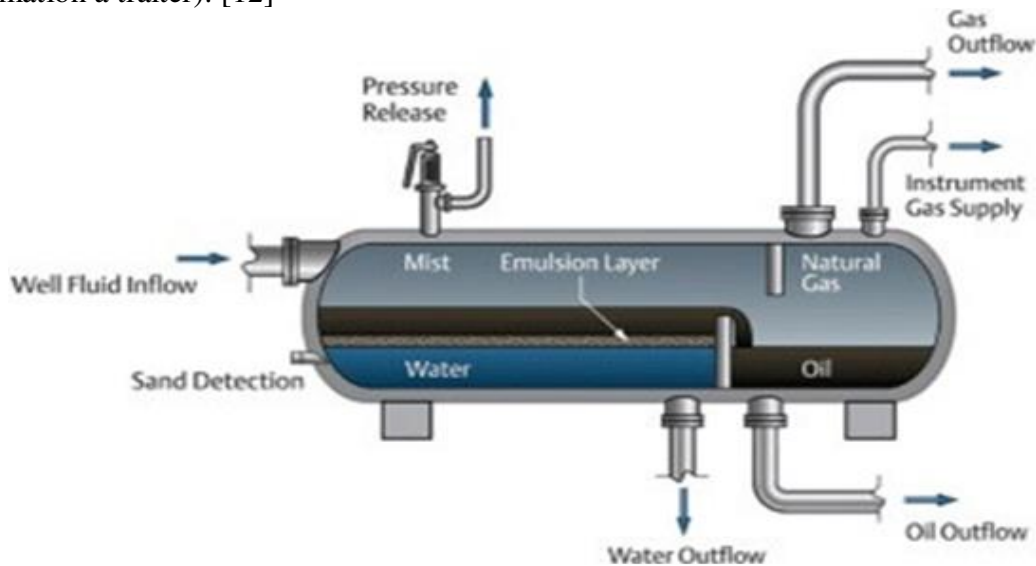


Figure.5. séparateur triphasé. [13]

II.3. Description du procédé de traitement de l'eau produite à SBC :

Après la sortie de l'eau produite des séparateurs triphasés, elle suit un parcours à travers les différentes unités de traitement des eaux de la station environnementale PWT afin d'être rendue apte à être rejetée dans l'environnement. De plus, cette eau traitée passe également par l'unité PWF, où elle est filtrée de manière plus poussée afin de devenir apte à être réinjectée pour préserver la vie des gisements. Il est à noter que l'unité PWF n'est pas encore en service car elle n'est actuellement pas nécessaire.

La voie de l'eau est Présentée dans le schéma suivant :

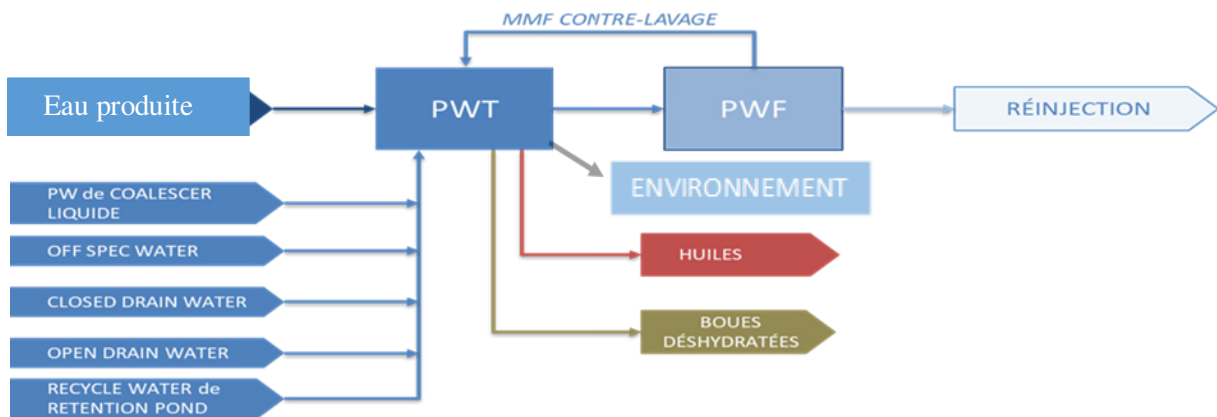


Figure.6. plan général du parcours de l'eau produite. [12]

Cette section de dessous illustre le principe de fonctionnement de l'ensemble de traitement de l'eau produite (PWT), ainsi que tous les équipements connexe. En particulier, les étapes appliquées (Schéma de la figure 7) pour atteindre la qualité de sortie sont :

1. Étape d'élimination de l'oxygène pour les flux Open Drains (1 x 100%).
2. Séparateurs API (Z-001A / B) pour une étape de déshuilage et de dégazage grossier (2 x 100%).
3. Séparateurs CPI (Z-002A / B) pour le déshuilage primaire (2 x 100%).
4. Séparateurs IGF (Z-003A / B) pour le déshuilage secondaire et l'élimination des solides solubles (2 x 100%).
5. Filtres Nutshell NSF (Z-004A ~ D) pour le déshuilage final et le polissage (4 x 50%).
6. Filtres à charbon actif ACF (Z-005A ~ D) pour la finition (4 x 50%).
7. Pompes à eau d'alimentation IGF NSF (P-001A ~ D) (4 x 50%).
8. Pompes de recirculation IGF (P-004A ~ D) (4 x 50%).
9. Off Spec Pompes à eau produites (P-003A / B) (2 x 100%).

10. Pompes de recyclage d'eau IGF (P-008A / B) (2 x 100%). De plus, le forfait comprend également :

1. Tambours d'huile de récupération (D-003A / B) (2 x 100%).
 - 1.1 Pompes à huile récupérée (P-002A / B) (2 x 100%).
2. Unités d'injection de produits chimiques :
 - 2.1 Unité d'injection de piègeur d'oxygène (1x100%).
 - 2.2 Unité d'injection brise-émulsion (1x100%).
 - 2.3 Unité d'injection de NaOH (1x100%).
 - 2.4 Unité d'injection de coagulant (polymère) (1x100%).
 - 2.5 Unité d'injection Polyélectrolyte (1x100%).
3. Section de traitement des boues :
 - 3.1 Séparateurs de boues (D-001A / B) (2x100%).
 - 3.2 Pompes à eau de recyclage (P-006A / B) (2x100%).
 - 3.3 Pompes à boues de déshydratation (P-005A / B) (2x100%).
 - 3.4 Centrifugeuse de déshydratation des boues (DE-001A / B) (2x100%).
 - 3.5 Tambour d'assèchement des eaux usées (D-002A / B) (2x100%).
 - 3.6 Pompes de transfert des eaux usées d'assèchement (P-007A / B) (2x100%). [11]

II.3.1. Le processus de la station PWT :

L'eau produite est envoyée à travers une série d'étapes de traitement pour répondre aux exigences de la teneur en huile et en matière en suspension. Les étapes de traitement incluent les Séparateurs API, CPI, IGF et les filtres NSF et ACF.

La station est contrôlée par la DCS (Figure 7) qui est un système de contrôle informatisé pour un processus ou une usine généralement avec de nombreuses boucles de contrôle, dans lequel des contrôleurs autonomes sont répartis dans tout le système. Le concept DCS augmente la fiabilité et réduit les coûts d'installation en les fonctions de contrôle près de l'usine de traitement, avec une surveillance et une supervision à distance.

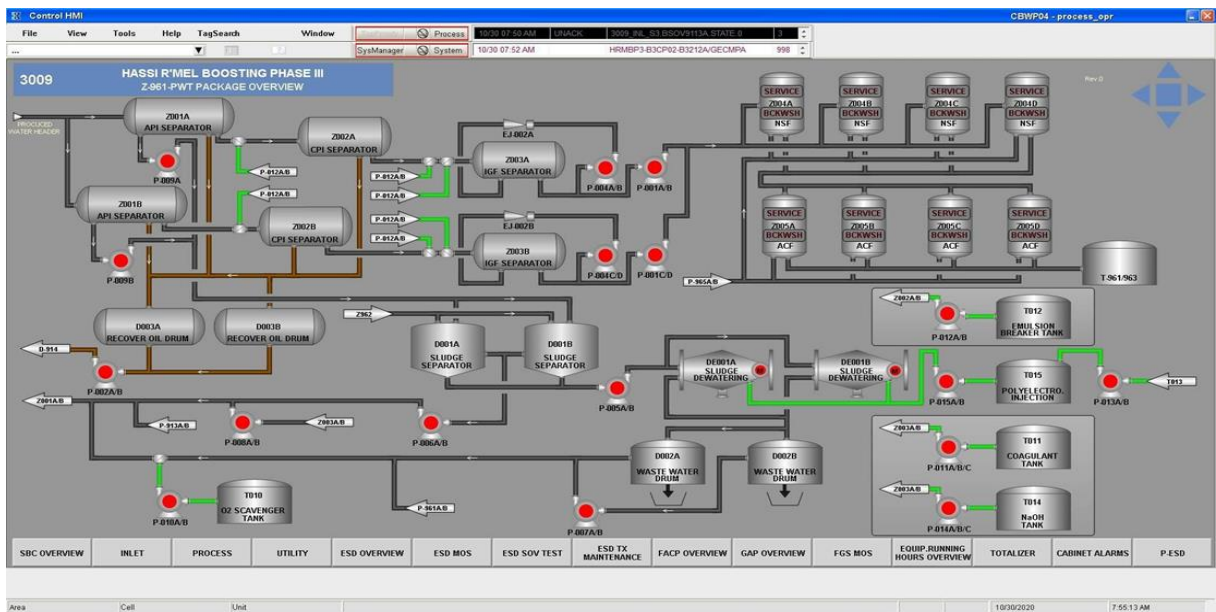


Figure.7. Une vue d'ensemble du schéma de PWT affiché par DCS.

Tableau.3. Qualité d'eau produite. [12]

Qualité d'eau d'entrée à la station PWT		
Hydrocarbures (libres et émulsifiées)	mg/l	1200
Sels Totaux Dissous	mg/l	224200
Matières En Suspension (MES)	mg/l	120
pH	-	4.5 - 6.5
Densité	kg/m ³	1150

Tableau.4. paramètres et conditions d'entrée. [12]

Paramètre		Conditions de Fonctionnement		Conditions de Conception
		Min	Max	
Débit d'eau	m ³ /h	20	75	82,5
Température	°C	10	60	-5 / 90
Pression	barg	2.0	6.0	63.0

II.3.1.1. Les séparateurs API (Z-001A / B) (2 x 100%) American Petroleum Institute :

Le séparateur API (Z-001A/B) est la première étape du processus de déshuilage dans le package PWT. Les grosses gouttelettes d'huile et les particules solides sont séparées par gravité de la phase aqueuse, grâce à un temps de rétention adapté. Chaque cas est différent, puisque la

densité, la viscosité, la température et les perturbations mécaniques sont autant de facteurs qui affectent fortement le processus de séparation.

Des LCV (LV-9061A/B/C/D/E/F/G/H) sont placés à proximité de la batterie pour limiter la quantité de gaz libérée dans le pipeline en fonction de la diminution de pression, afin d'optimiser le processus de déshuilage et d'éviter l'écoulement des limons. Une autre source d'eau provient du réservoir hors spécifications (T-963).

A l'intérieur du séparateur API, l'huile condensée est placée au sommet et transférée vers le tambour de récupération (T-003A/B). L'eau produite s'écoule de la cuve vers le séparateur CPI par gravité.

Pour empêcher la contamination par l'oxygène, cet équipement est recouvert de gaz combustible via un en-tête dédié.

La pression de service est maintenue constante par un couple de PCV autorégulant (une entrée (PCV- 9631B), une sortie (PCV-9631A)). Le réseau est protégé contre la surpression par deux PSV (un opérationnel (PCV-9633A), un de secours (PCV- 9633B)). Le séparateur API est équipé d'un PSV dédié (PCV-9631A/B) conçu pour le soufflage, et d'un système de jet de sable automatique au bas de la zone calme. [14]

Tableau.5. données de conception d'API. [14]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Bar	0.55
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Diamètre	m	2,2
Longueur	m	9,1
Volume opérationnel	m ³	31

Remarque: Fondamentalement, la séparation primaire(API) sert à éliminer la majeure partie de la phase contaminante, dans le cas où l'eau à traiter contient une quantité importante d'huile libre et/ou de solides grossiers (par exemple du sable), préparant ainsi le flux à subir un traitement plus fin, séparation et traitement plus spécifiques, dans une étape suivante. [15]

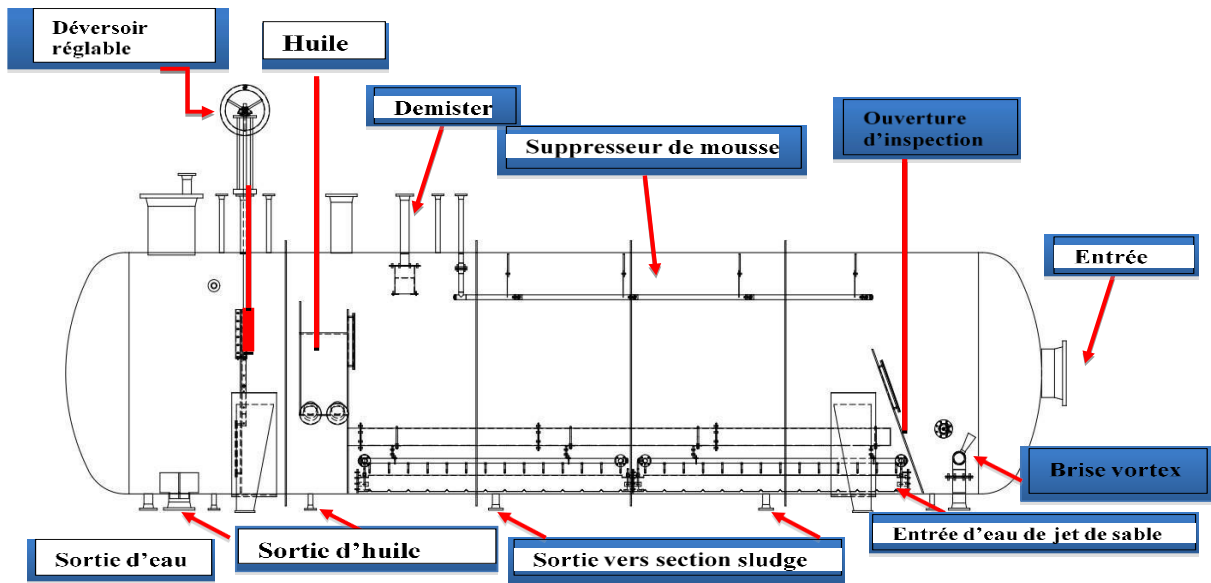


Figure.8. schéma d'API.

II.3.1.2. Les Séparateurs CPI (Z-002A / B) (2 x 50%) (Corrugated plate interceptor) :

La deuxième étape de déshuilage a lieu dans le séparateur CPI (Z-002A/B) après l'injection de briseur d'émulsion. Le processus implique l'écoulement de l'eau d'entrée à travers un pack lamellaire (89 angles), où les particules d'huile sont fusionnées et coalescées, puis séparées par gravité. L'huile est ensuite écrémée en haut et s'écoule par gravité vers le tambour de récupération d'huile (D-003A/B), tandis que l'eau est envoyée par gravité vers le séparateur IGF.

Il est important de maintenir un écoulement par gravité parfait dans le réseau de couverture commun à tous les autres équipements gravitaires, tels que les séparateurs API, les séparateurs IGF et le tambour de récupération d'huile.

Pour cela, le réseau est pressurisé avec du gaz combustible par une entrée autorégulante (PCV-9631B), et l'excès de gaz est évacué vers la torche à travers une Sortie autorégulée (PCV-9631A). De plus, le réseau et tous les équipements connectés sont protégés de la surpression au moyen de (PSV-9633A/B). [16]

Remarque : L'efficacité de cette technique est affectée par divers facteurs tels que la différence de densité, de viscosité, de température, de turbulence, ainsi que la nature des impuretés, etc. [17]

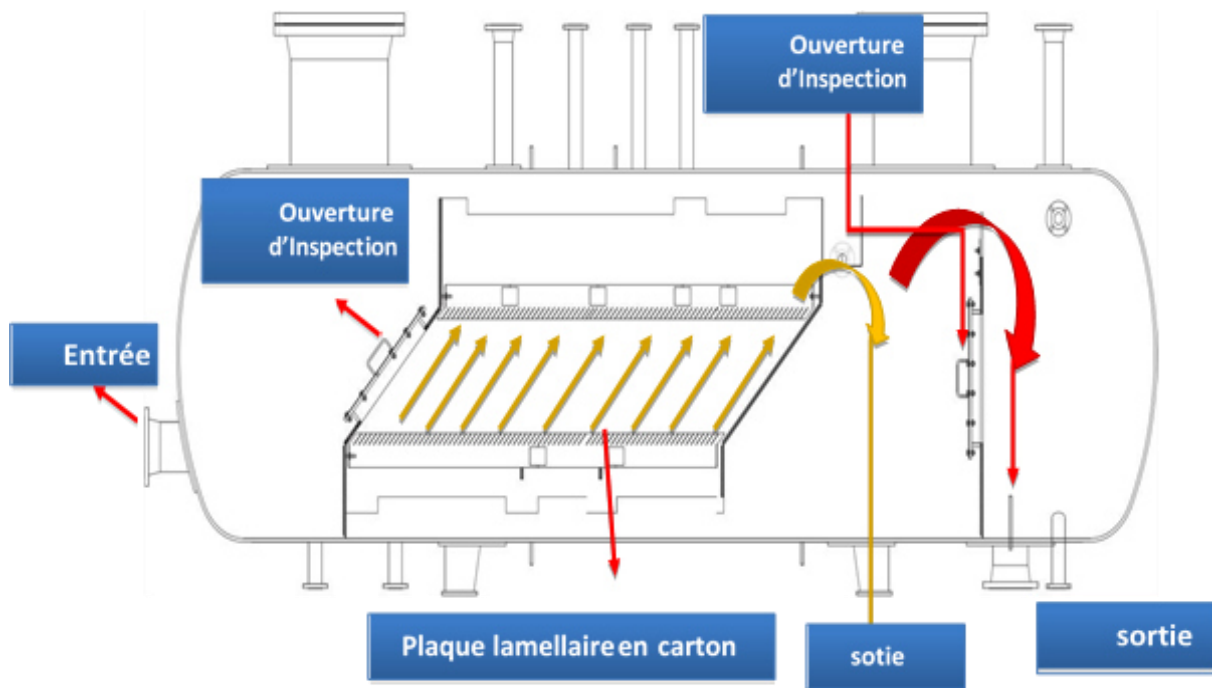


Figure.9. Schéma du CPI.

Tableau.6. données de conception de CPI. [16]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Bar	0.55
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Volume opérationnelle	m ³	6.35
Diamètre	m	1.4
Langueur	m	5.6

II.3.1.3. Les Séparateurs IGF (Z-003A / B) (2 x 50%) (Induced Gas Flotation) :

L'huile finement dispersée et les solides légers en suspension peuvent être éliminés efficacement de l'eau contaminée au moyen de la flottation, avant d'entrer dans le séparateur IGF. L'injection de NaOH (hydroxyde de sodium) en amont de séparateur doit être effectuée pour augmenter le pH de l'eau entrant dans le séparateur à 7-7,5 et du coagulant pour favoriser la coagulation et la floculation des colloïdes. Les pompes de recirculation IGF (P-004 A/B/C/D) sont utilisées pour recycler une partie du flux de sortie dans l'entrée du courant. Ces pompes ont la capacité de générer et de disperser des microbulles de gaz dans le courant d'eau (loi de Henry), ce qui permet la flottation des contaminants vers la surface, formant une écume.

L'écume est écrémée et recyclée vers le séparateur API à l'aide des pompes de recyclage des eaux huileuses (P-0 08A/B), qui fonctionnent selon une philosophie de démarrage/arrêt. L'eau est ensuite pompée vers l'étape de traitement en aval à l'aide des pompes à eau d'alimentation NSF (P-001A/B), dont le débit est régulé par une vanne de régulation de débit en cascade avec un contrôle de niveau à l'intérieur du séparateur IGF. [18]

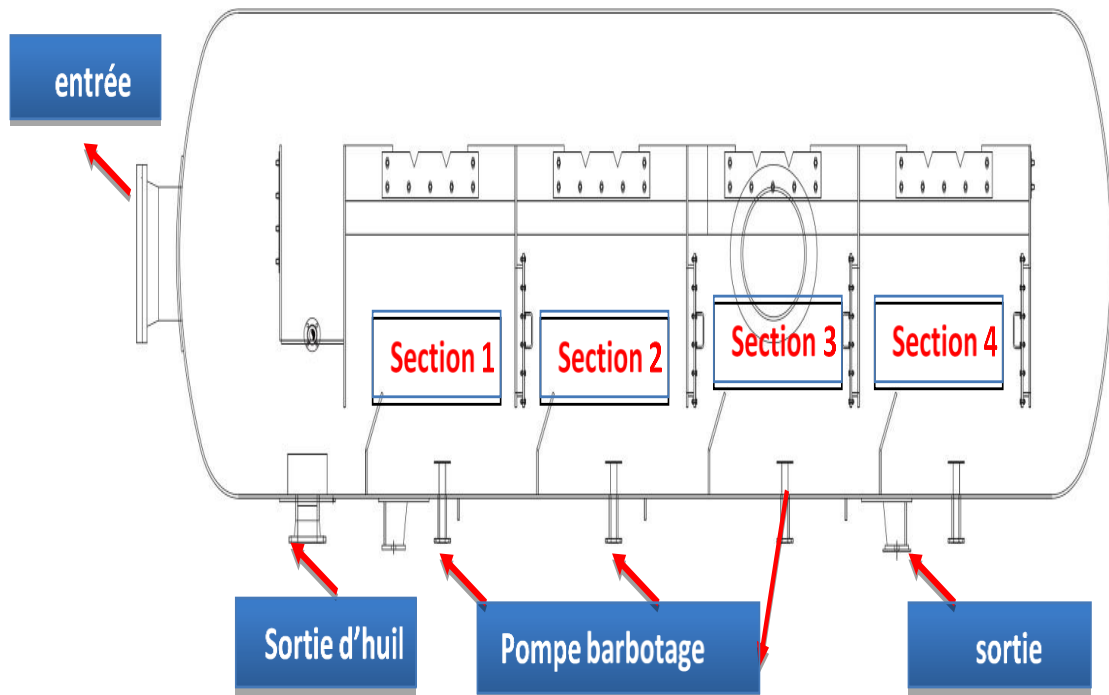


Figure.10. Schéma IGF.

Remarque : Habituellement, l'air est utilisé, mais lorsque l'oxygène ne doit pas être ajouté à l'eau pour limiter la corrosion ou également pour éviter les mélanges de gaz potentiellement explosifs, l'azote ou le gaz combustible peut être choisi. [19]

Tableau.7. données de conception d'IGF. [18]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Bar	0.55
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Diamètre	m	1,6
Longueur	m	6,6
Volume opérationnel	m ³	10,4

II.3.1.4. Dosage des produits chimiques : illustré dans le schéma suivant :

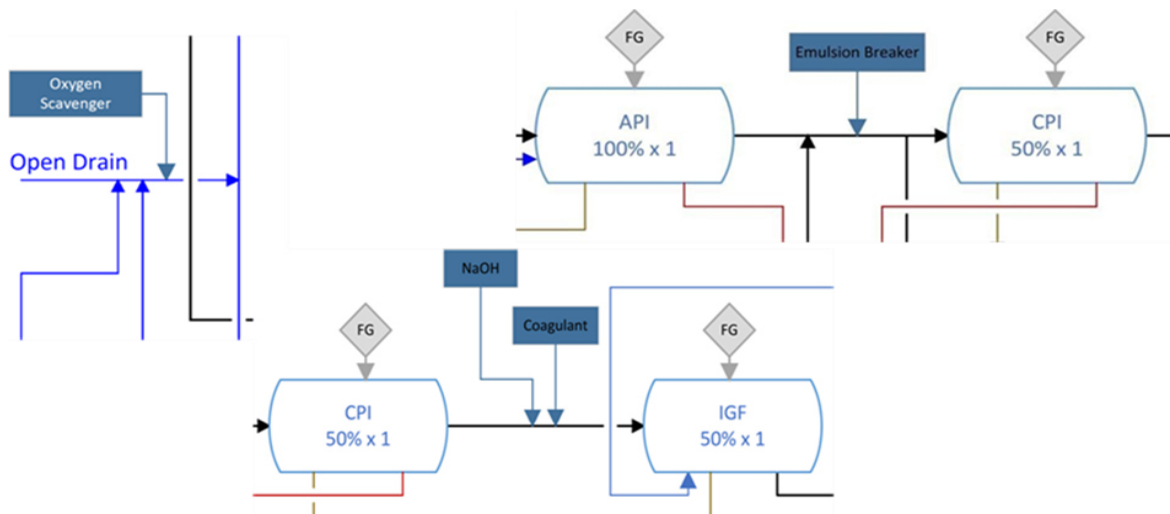


Figure.11. points de dosage des produits chimiques. [12]

Le dosage des produits chimiques dépendra des caractéristiques de l'eau produite, notamment sa teneur en contaminants, son pH et sa température. Les dosages recommandés pour chaque produit chimique peuvent varier en fonction de ces facteurs, ainsi que des objectifs de traitement spécifiques de l'installation de traitement des eaux produites. Les doses optimales peuvent être déterminées par des essais en laboratoire et des essais sur site. Les dosages doivent être surveillés en continu pour garantir une efficacité maximale et minimiser le risque de surdosage ou de sous-dosage.

Tableau.8. points de dosage des produits chimiques avec leurs fonctions dans PWT.

<i>PRODUIT</i>	<i>POINT DU DOSAGE</i>	<i>FONCTION</i>
Oxygen Scavenger	Collecteur du Drainage Ouvert	Enlèvement de l'oxygène dissous dans l'eau provenant de drainage ouvert
Polyélectrolyte	Collecteur d'alimentation des Sludge Centrifuges	Facilite la séparation entre le liquide et la fraction solide
Emulsion Breaker	Collecteur d'alimentation commun des CPI	Rupture d'émulsions entre l'huile et l'eau
Coagulant et Soude Caustique	Alimentations des IGF	Facilite la floculation dans l'IGF et ajustement du PH

II.3.1.4.1. Unité d'injection Oxygen Scavenger :

Réservoir d'injection Oxygen Scavenger (T-010) : Pression de projet : plein de liquide, Volume de rétention (hold-up) : 1 semaine, Capacité opérationnelle : 0.42 m³, Diamètre : 1000 mm, T-T longueur : 1200 mm. [20]

Pompes d'injection Oxygen Scavenger : No. De pompes : 2x100%, Type : diaphragme, Capacité : 2.81/h, Réglage de la course : positionneur électrique automatique. [21]

II.3.1.4.2. Unité d'injection de soude caustique :

Réservoir de Stockage de Soude Caustique (T-014) : Pression de projet : Atm, Volume de rétention (hold-up) : 1 semaine, Capacité opérationnelle : 13 m³, Diamètre : 2200 mm, Longueur : 4000 mm, Matériel : GRP. [22]

NaOH dosing pumps (P-014A/B/C) : No. De pompes : 3x50%, Type : diaphragme, Capacité : 45 L/h, Dosage : 300 ppm, Réglage de la course : positionneur électrique automatique, Puissance du moteur : 0.37 KW. [21]

II.3.1.4.3. Unité d'Injection de Briseur d'Emulsion :

Réservoir de Stockage de Briseur d'Emulsion (T-012) : Pression de projet : Atm, Volume de rétention (hold-up) : 1 semaine, Capacité opérationnelle : 0.67 m³, Diamètre : 1100 mm, Longueur : 1400 mm. [23]

Pompes de Dosage de Briseur d'Emulsion (P-0124/B) : No. of pumps : 2x100%, Type : diaphragme, Capacité : 4.4 L/h, Dosage : 50 ppm, Réglage de la course : positionneur électrique automatique, Puissance du moteur : 0.37 kw. [21]

II.3.1.4.4. Unité d'injection de coagulant :

Réservoir de stockage de coagulant (T-011) : Pression de projet : ATM, Volume de rétention (hold-up) : 1 semaine, Capacité opérationnelle : 0.40 m³, Diamètre : 1000 mm, Longueur : 1200 mm. [24]

Pompes pour l'injection de coagulant (P-011A/B/C) : No. of pumps : 3x50%, Type : diaphragme, Capacité : 1.3 L/h, Dosage : 30 ppm, Réglage de la course : positionneur électrique automatique, Puissance du moteur : 0.37 KW. [21]

II.3.1.4.5. Unité d'injection de Poly électrolyte :

Poly électrolyte Storage Tank (T-013) : Type : 60 L. Barrel (fourni par outres), Pression de projet : ATM, Volume de rétention (hold-up) : 1 semaine, Capacité opérationnelle : 50 kg. [25]

Pompe pour la préparation de poly électrolyte (P-013) : No. de pompes : 1x100%, Capacité : 10 L/h, Réglage de la course : manuel, Puissance du moteur : 0.37 Kw. [21]

Réservoir pour la preparation de polyélectrolyte (T-015) : Pression de projet : ATM, Operating capacity : 1.3 mètre cube, Volume de rétention (hold-up) : 8h. [25]

Pompes pour l'injection de polyélectrolyte (P-015A/B) : No. de pompes : 2x100%, Capacité : 88 L/h, Poly électrolyte concentration : 0.3%, Réglage de la course : à distance (par opérateur), Puissance du moteur : 0.55 kW. [21]

II.3.1.5. Filtres à Coquille de Noix NSF (Z-004A/B/C/D) :

L'étape finale de déshuilage et de polissage est représentée par les Filtres à Coquille de Noix (Z-004A/B/C/D). L'eau produite pompée à partir des Séparateurs IGF (Z-003A/B) entre dans les Filtres à Coquille de Noix (Z-004A/B/C/D). Le média filtrant est constitué de particules de coquille de noix qui favorisent la coalescence et la séparation de l'huile, ainsi que la filtration.

Le fonctionnement des filtres est automatiquement contrôlé par la logique du DCS. La durée de la phase "Service" est réglée par un temporisateur, ce qui signifie que le contre-lavage est démarré après un temps défini. La pression différentielle est également surveillée, si ΔP dépasse une valeur définie avant la fin du temporisateur "Service", une alarme est émise pour avertir que le contre-lavage est requis même si la durée de service attendue n'est pas encore passée.

Afin de garantir un fonctionnement continu du procédé de traitement, quatre unités NSF (Z-004A/B/C/D) sont fournies dans l'unité PWT. Pendant le fonctionnement normal de l'unité, quand au moins deux NSF sont en modalité service (un filtre étant périodiquement en contre-lavage), l'autre unité reste en modalité stand-by ou maintenance, et peut être mise en service si nécessaire. Une fois que le média est chargé dans l'unité NSF (Z-004A/B/C/D), il est nécessaire de mettre l'appareil en service afin de prévenir toute contamination biologique provoquée par de l'eau stagnante en milieu anaérobie. [26]

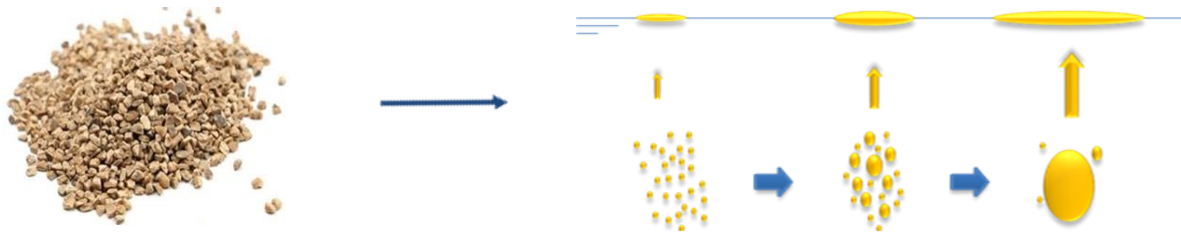


Figure.12. illustre la coalescence des gouttelettes d’huiles par les interstices des coquilles de noix. [12]

Tableau.9. Données de conception NSF. [26]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Barg	4.7 / 5.0
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Pression de Calcul	barg	17.46 / -
Température de Calcul	°C	-5 / 90
Type de Tete	-	Elliptique 2:1

Partie	Matériel de construction
Forme	Verticale, cylindrique
Réservoir	ASTM A516 Gr. 70 + Doublure en revêtement époxy
Éléments internes amovibles	316L SS

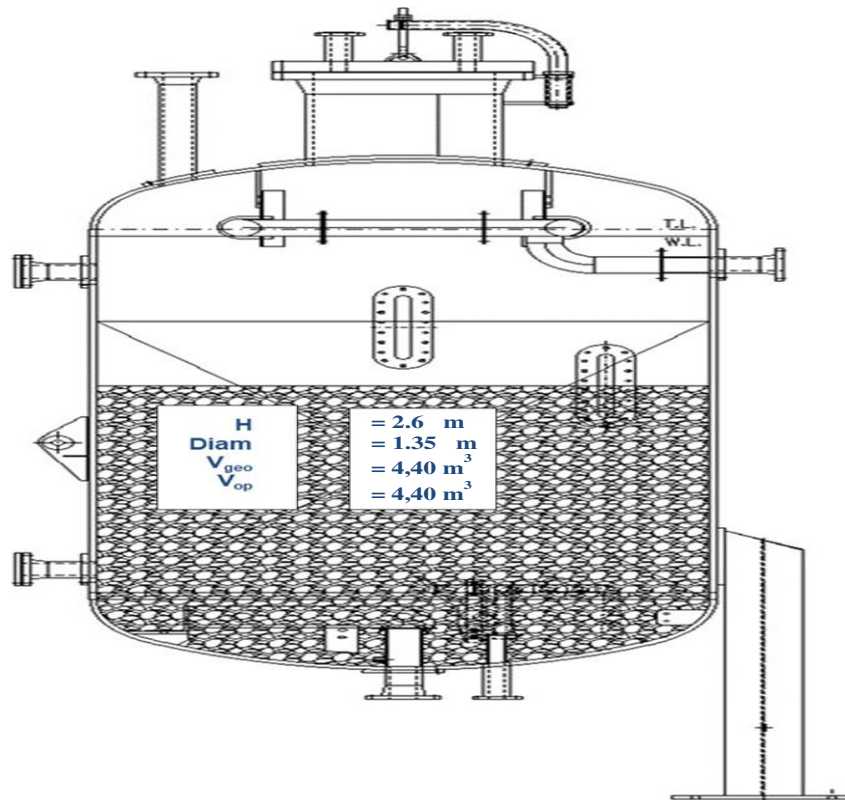


Figure.13. illustre un schéma du filtre NSF avec ces paramètres géométriques. [26]

II.3.1.6. Filtres à Charbon Actif (Z-005A/B/C/D) :

La dernière étape de traitement est réalisée par les Filtres à Charbon Actif (Z-005A/B/C/D), le but est d'éliminer les hydrocarbures dissous restants afin de répondre aux exigences de qualité des eaux traitées (affinage). Cette section est composée de quatre filtres organisés de manière parallèle. Il est recommandé de maintenir toutes les unités en service afin d'éviter la stagnation de l'eau. En cas de bas débit d'eau de production en entrée de l'unité PWT, l'opérateur doit réduire le nombre de filtres actifs afin de garantir une vitesse de filtration linéaire adéquate et de garantir des performances de filtration appropriées. [27]

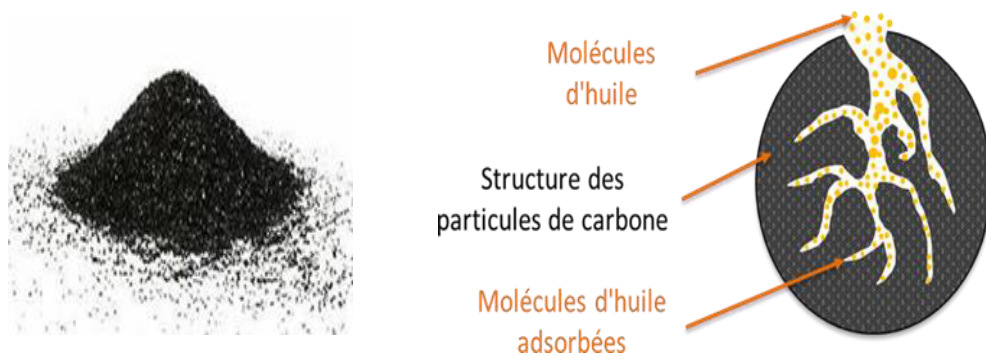


Figure.14. image illustrant la structure des particules du charbon actif grain utilisé. [12]

Tableau.10. Données de conception ACF. [27]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Barg	3.7 / 4.0
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Pression de Calcul	barg	17.23 / -
Température de Calcul	°C	-5 / 90
Type de Tete	-	Elliptique 2:1

Partie	Matériel de construction	
Forme	Verticale, cylindrique	
Réservoir	ASTM A516 Gr. 70 + Doublure en revêtement époxy	
Éléments internes amovibles	316L SS	

Données de Procède	Unité	
Débit en entré (norm / calcul)	m³/h	30 \ 40
M.A.P.	barg	19,60
Densité du fluide	kg/m³	1150
Densité apparent du Nutshell	kg/m³	500 (environ)

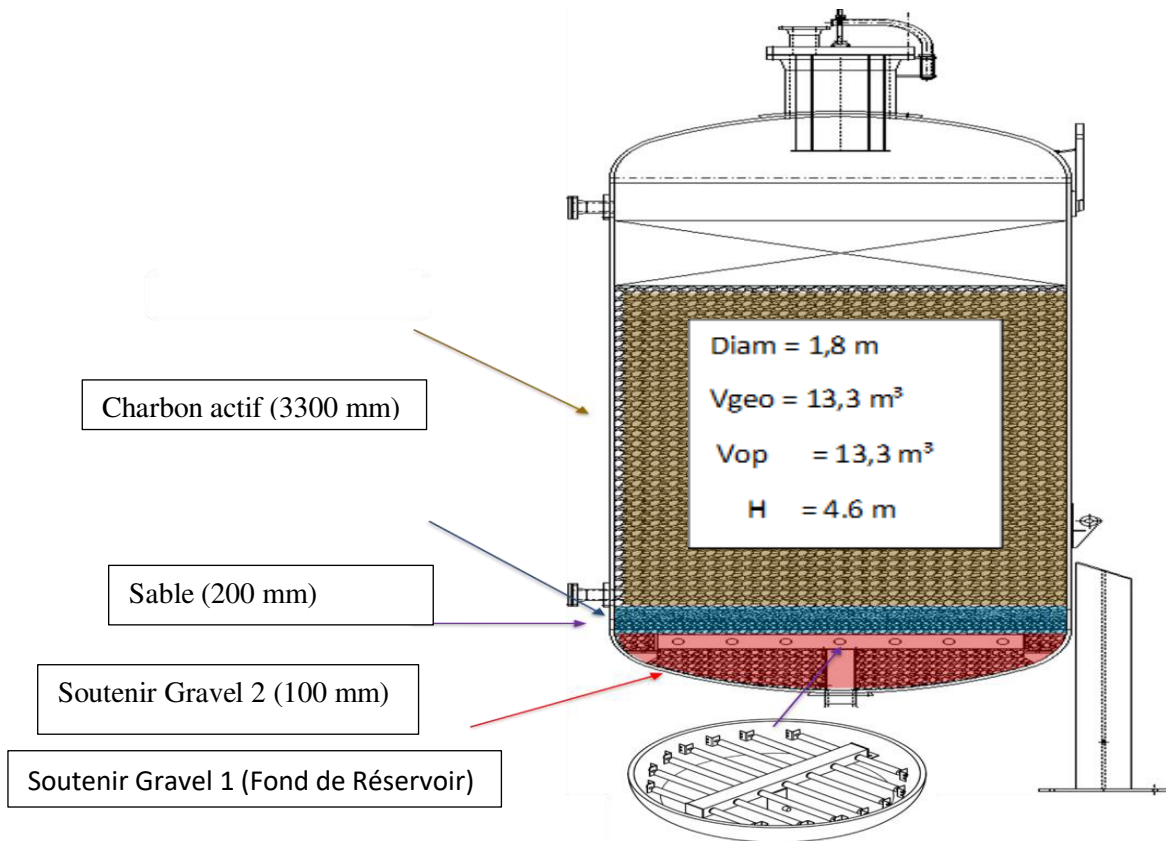


Figure.15. Image illustrant les Composants ces paramètres géométriques du filtre ACF. [27]

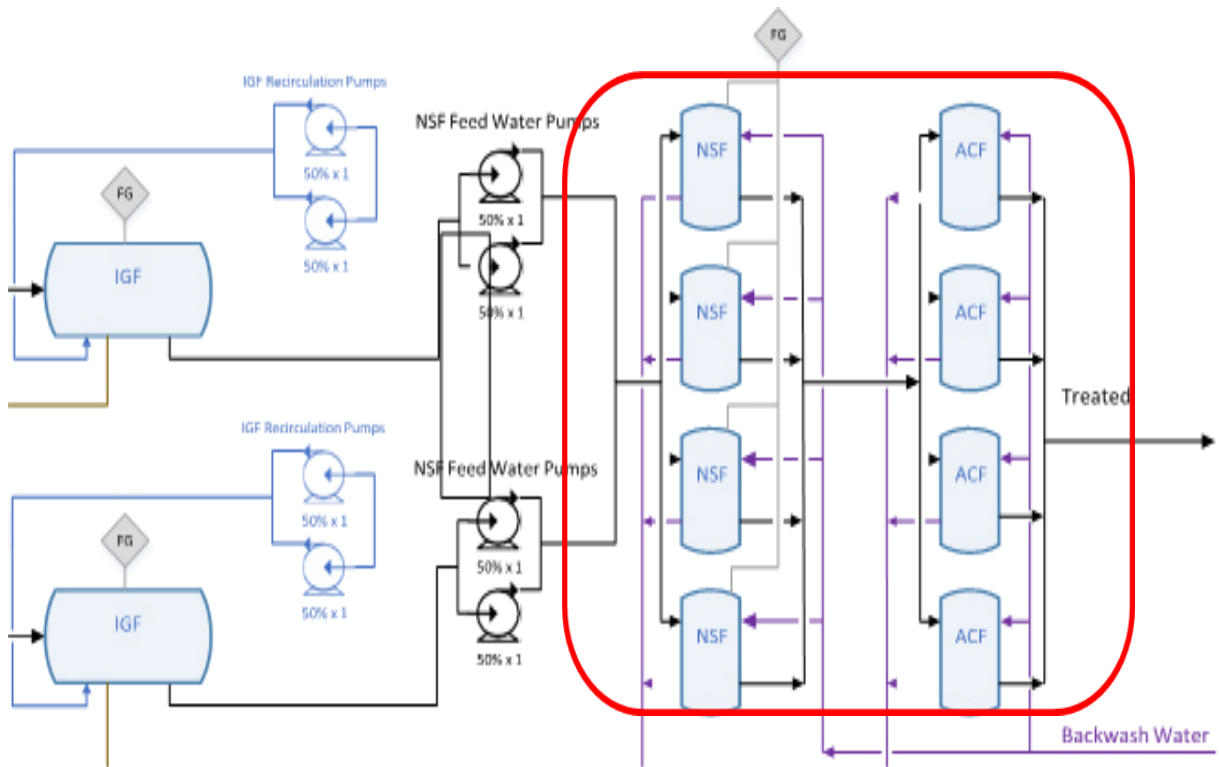


Figure.16. Les filtres NSF et ACF dans le process flow diagram (PFD), voir le PFD complet dans l'annex.

II.3.1.7. Séparateurs de Boues (D-001A/B) :

Les Séparateurs de Boues (D-001A/B) reçoivent l'effluent de contre-lavage produit pendant le contre-lavage des NSF (Z-004A/B/C/D); le service "Sand Extraction" (extraction de sable), des ACF (Z-005A/B/C/D) et des Séparateurs API (Z-001A/B); le contre-lavage des MMF (Z-001A/B/C/D de l'unité PWF 3009-Z-962). Pendant le fonctionnement normal de l'unité PWT, une seule unité de Séparateur de boues (D-001A/B) est utilisée, tandis que l'autre est en modalité stand-by. [12]

Le fonctionnement des Séparateurs de boues (D-001A/B) est entièrement contrôlé par la logique DCS en fonction des contre-lavages des autres Equipements.

Tableau.11. données de conception de séparateur de boue. [12]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Barg	0.45 / 2.3
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Pression de Calcul	barg	6.5 / -
Température de Calcul	°C	-5 / 90
Type de Tete	-	Elliptique 2:1 Conique

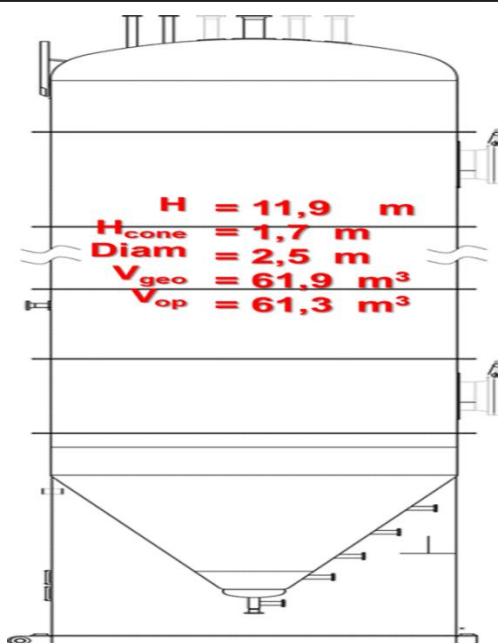


Figure.17. illustre le schéma du séparateur de boue avec ces paramètres géométriques. [12]

II.3.1.8. Centrifugeuses (DE-001A/B) :

La boue est séparée de l'eau au moyen de la force centrifuge. Les particules de boues plus lourdes sont projetées contre la paroi interne d'un cylindre rotatif. La force centrifuge assure ensuite que la boue devient plus compacte et moins hydratée.

Les Centrifugeuses (DE-001A/B) déshydratent les boues du fond des Séparateurs de Boues (D-001A/B). Le polyélectrolyte est injecté dans le flux de boue afin d'améliorer le procédé de séparation.

Les eaux de décharge sont extraites d'une sortie des Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE- 001A/B) et sont amenées vers le Réservoir d'eau de décharge de déshydratation (D-002A/B) avant d'être recerclées vers l'entrée des Séparateur API (Z-001A/B).

Les boues déshydratées sont déchargées des centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B) et sont collectées dans les conteneurs de boues (SD-001A/B) pour être éliminées.

Le fonctionnement des Centrifuges (DE-001A/B) est surveillé comme suit :

- Transmetteurs de température (TT-9664AA/BA et TT-9664AB/BB) : prévention de surchauffe.
- Transmetteurs de Vibration (VT-9664A/B) pour fonctionnement anormal de la machine (VAHH- 9664A/B).
- Senseurs de vitesse (SE-9664AA/AB et SE-9664AB/BB) pour la détection de haute vitesse (SAH- 9664) et vitesse différentielle anormale pendant le fonctionnement (SDSH- 9664A/B).

La sélection de la Centrifuge pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B) en service peut être effectuée avec HS-9664 (DCS) et HS-9672 (panneau de commande local).

En fonctionnement normal, après le fonctionnement des Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE- 001A/B), il est toujours nécessaire d'effectuer un rinçage (flushing) de la machine avec de l'eau de service. Le rinçage (flushing) peut être démarré via le HS-9676 (panneau de commande local). [28]

Remarque : La fréquence et la durée de la phase « Sludge Dewatering » (Déshydratation des Boues) dépendent des conditions réelles de l'eau produite (c'est-à-dire du débit réel traité, de

la teneur en TSS, de la température et autres). On prévoit une fréquence normale de « Sludge Dewatering » (Déshydratation des Boues) de 1 fois/jour en fonction des conditions de projet.

La fréquence et la durée de la phase « Sludge Dewatering » (Déshydratation des Boues) doivent être ajustées en fonction de l'expérience réelle lors du fonctionnement de l'unité PWT. En particulier, l'opérateur peut régler la fréquence de « Sludge Dewatering », en commençant par la fréquence nominale de 1 fois/jour, puis, si la phase de déshydratation prend très peu de temps, l'opérateur doit réduire la fréquence à 1 fois/2 jours, et ainsi de suite, jusqu'à obtention d'une durée raisonnable de Déshydratation des Boues.

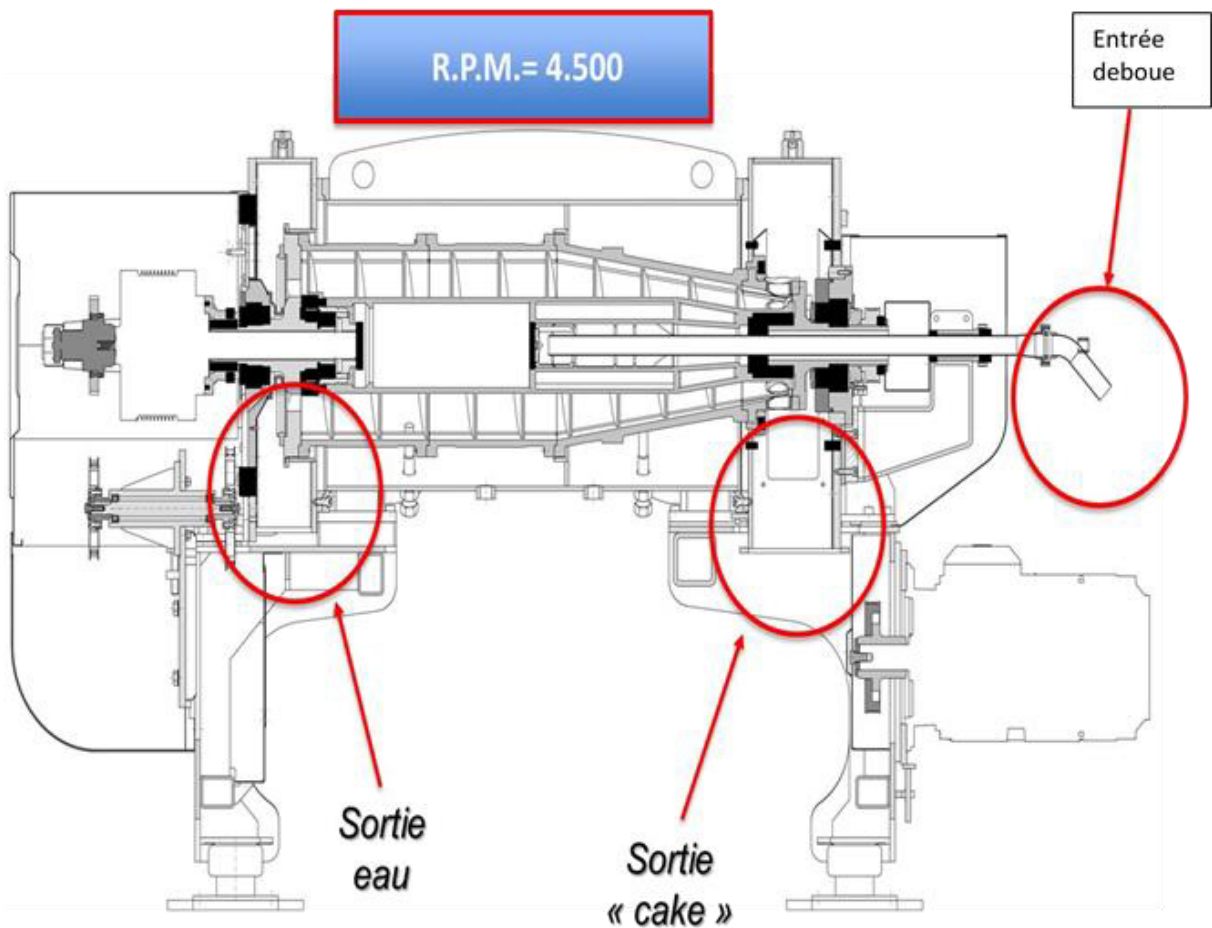


Figure.18. schéma de centrifugeuse (DE-001). [28]

Tableau.12. données de conception de centrifugeuse. [28]

Données de Procédé	Unité	
Débit en entré (norm / calcul)	m ³ /h	3
MES	kg _{MES} / m ³	15
Huile	kg _{Huile} / m ³	2.25
Solides dans le « cake »	% w/w	15 / 20
Heures de travaille pour jour	hrs/jour	8

II.3.1.9. Service d'extraction de sable (sand ejector) :

Un système automatique de jet de sable est installé au fond du Réservoir(API). Les solides se déposent au bas de la zone calme et une séquence automatique est lancée périodiquement (en synchronisation avec le contre-lavage des NSF) afin que les solides soient aspirés alternativement par deux buses dédiées au moyen de Pompes d'Extraction de Boues API (P-009 A/B). Les boues sont envoyées aux Séparateurs de boues (D-001A/B). L'eau motrice pour le sand jetting est envoyée au API Séparator (Z-001A/B) par un collecteur dédié qui est connecté en aval aux Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B/C/D).

La séquence "Sand Extraction" (Extraction du sable) du Séparateur API nécessite que la vanne XV-9645A/B en entrée des Séparateurs de boues (D-001A/B) soit ouverte. En modalité automatique, l'ouverture du XV- 9645A/B est contrôlée en fonction des séquences de contre-lavage des NSF, car la séquence "Sand Extraction (Extraction du sable) est synchronisée avec les systèmes de contre-lavage des NSF. [12]

Remarque : L'extraction de sable dans les séparateurs CPI et IGF se fasse manuellement en fonction des séquences de contre-lavage des NSF (phase 7) et que la vanne XV-9645A/B en entrée des séparateurs de boues soit ouverte.

II.3.2. Le processus de la station PWF :

L'eau de production, en quantité généralement faible au démarrage, est progressivement produite en volumes de plus en plus importants. Pour des raisons aussi bien techniques

qu'écologiques et même économiques, il est impératif que l'eau soit épurée avant d'être utilisée pour les besoins de la production (réinjection). [8]

Les eaux de procédé ont nombreux contaminants, mais pour la réinjection, cinq sont d'intérêt : Matières en suspension (MES), Huiles (libres et émulsifiées), Sels dissous, Bactéries, Gaz corrosifs dissous (CO₂, O₂, etc.).

L'objectif du système de traitement est d'éliminer ou réduire ces contaminants, afin de rendre l'eau adaptée à la réinjection en gisement. [12]

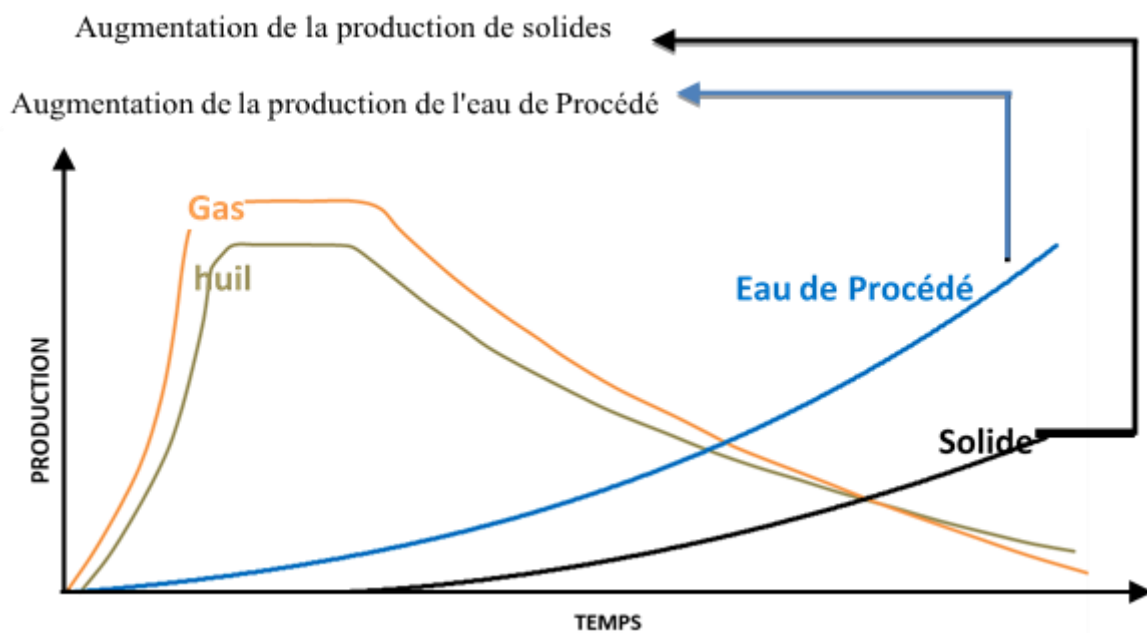


Figure.19. Courbe de l'augmentation de la production (eaux, solides) en fonction de temps.

Tableau.13. la qualité de l'eau après traitement dans PWT et après PWF. [12]

QUALITÉ D'EAU (sortie PWT, entrée PWF)		
Hydrocarbures (libres et émulsifiées)	mg/l	≤ 10
Matières En Suspension (MES)	mg/l	≤ 30
Densité	kg/m ³	1150
QUALITÉ D'EAU (sortie PWF)		
Diamètre des particules en l'eau	micron	< 5
O ₂	ppb	≤ 20.0

L'unité PWF comprend un filtre MMF (Multimedia Filter) et un filtre à cartouche pour éliminer les particules fines supérieurs a 5 micron. De plus, il est nécessaire de doser un agent d'oxygène scavenger pour réduire la quantité d'oxygène dissous à moins de 20 ppb, en accord avec les exigences de l'eau de reinjection

II.3.2.1. Multi-media filters (Z-001A/B/C/D) (MMF) :

Les multi médias sont automatiques de type vertical filtres sous pression. L'eau du haut vers le bas, Grâce aux différentes couches appropriées de médias (voir figure 19). Chaque couche a une taille de particules différente et densité, afin de fournir progressivement augmentation du pouvoir de filtration. La séquence est contrôlée automatiquement par D.C.S. Durée du service par minuterie, ce qui signifie que BKW démarrera après l'heure préfixée. Delta P, ne donne qu'une alarme. BKW se fait avec de l'eau filtrée, Stocké dans T-962. [29]

Tableau.14. données de procèdes MMF. [29]

Données de Procède	Unité	
Débit en entré (norm / calcul)	m ³ /h	15,5 - 20
M.A.P.	barg	19.6
Densité du fluide	kg/m ³	1150

Tableau.15. données de conception MMF. [29]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Barg	13 / 14
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Pression de Calcul	barg	17.6
Température de Calcul	°C	-5 / 90
Type de Tete	-	Elliptique 2:1

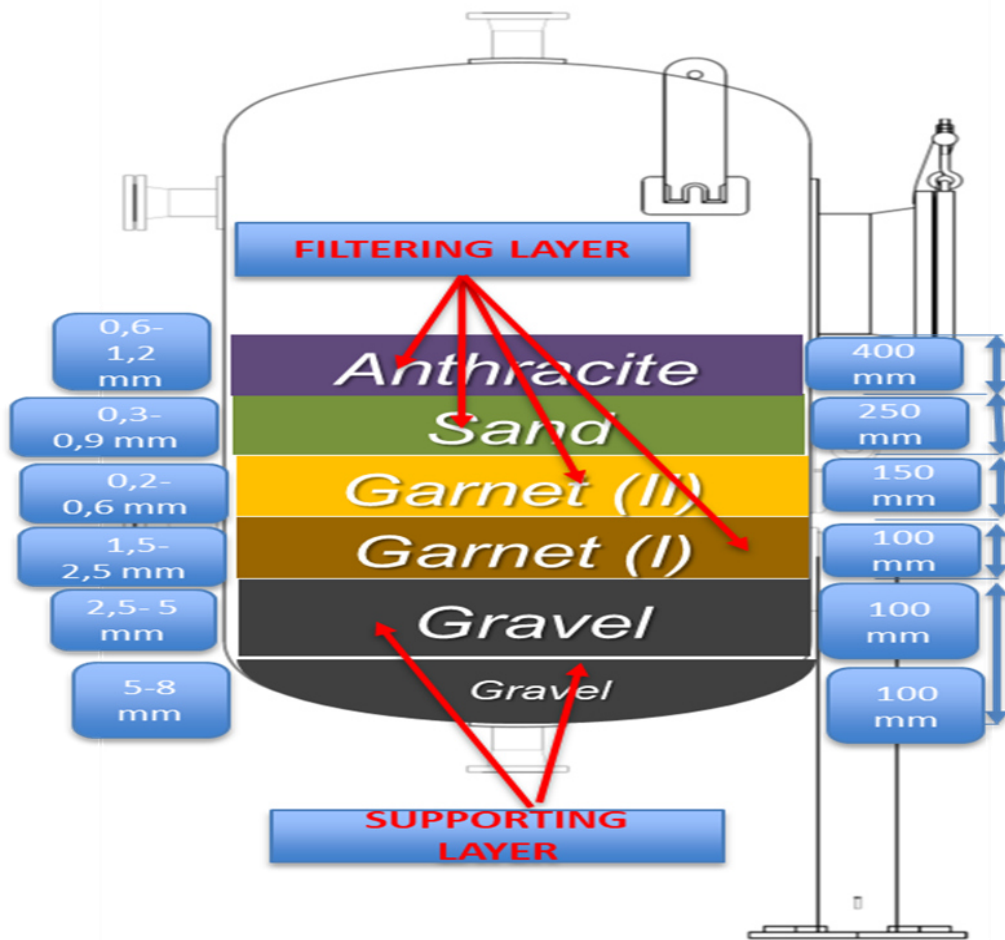


Figure.20. les différents diamètres des particules et épaisseurs de chaque composant du MMF. [12]

II.3.2.2. Filtres à cartouche (catridge filters) 4x50% (CF) :

Cartouche filtrante (5 microns) nous permet de retenir des particules plus fines. Ainsi, nous obtenons une finesse de filtration plus précise, ne libère aucune particule dans l'eau. Après le CF l'eau est apte à la réinjection. [12]

Tableau.16. données de conception du CF. [12]

Données de Conception	Unité	
Pression opérationnelle	Barg	6 - 11
Température opérationnelle	°C	10 / 60
Pression de Calcul	barg	18
Température de Calcul	°C	-5 / 90
Type de Tete	-	Elliptique 2:1

Tableau.17. données de procédés CF. [12]

Données de Procède	Unité	
Débit en entré (norm / calcul)	m ³ /h	15,5 - 20
M.A.P.	barg	49.6
Densité du fluide	kg/m ³	1150

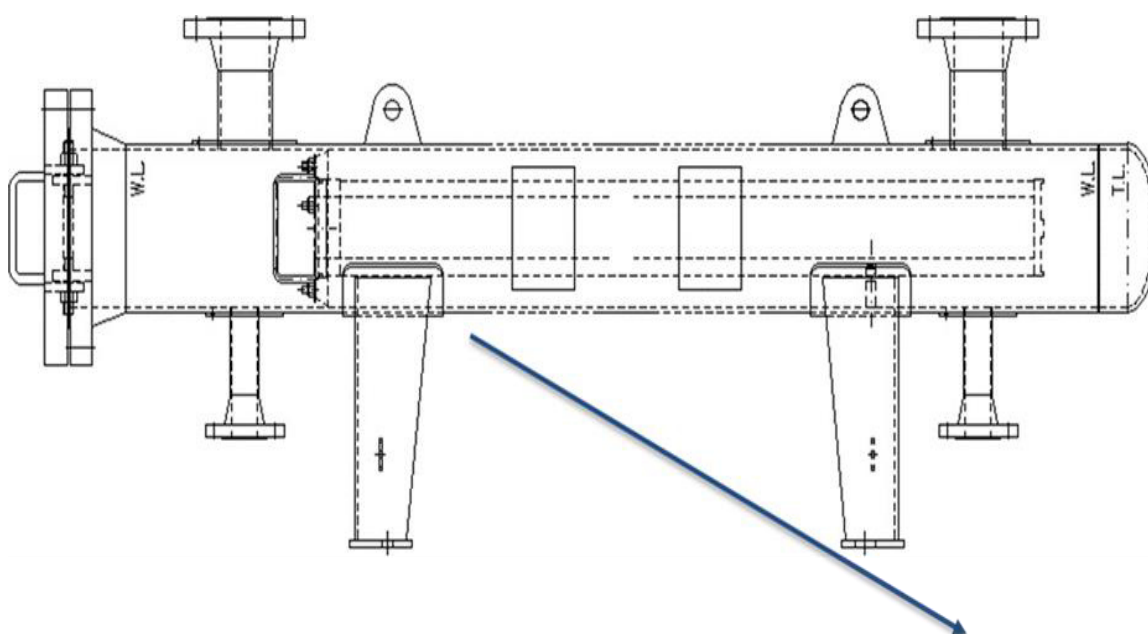


Figure.21. schéma du filtre a cartouche (CF). [12]

II.4. Conclusion :

Il est vrai que les procédés physico-chimiques précédents peuvent permettre de traiter les eaux produites de l'unité SBC afin de les rendre conformes aux normes exigées dans notre pays. Cependant, il existe des aspects qui méritent d'être étudiés et développés en continu dans le domaine du traitement des eaux produites, notamment en Algérie, où nous avons une expertise particulière dans le domaine pétrolier et gazier.

Il sera nécessaire de traiter et de préserver ces eaux produites davantage à l'avenir, plus qu'aujourd'hui. Cela nécessite une attention accrue dans ce domaine du traitement des eaux produites, qui est susceptible d'être développé.

Ceci est important non seulement pour l'environnement, mais aussi pour améliorer ces techniques de traitement et à moindre coût économique. Dans ce sens, nous pouvons proposer certaines suggestions dans le chapitre 3 qui pourraient être efficaces, surtout avec l'augmentation de la quantité d'eau produite dans la station après le début du processus d'injection.

Chapitre III

Partie expérimentale

III.1. Introduction :

Notre objectif dans cette étude expérimentale est de proposer des améliorations pour la station de traitement des eaux produites visée (PWT). Dans la première partie, nous proposons la mise en place d'un réservoir de décantation et de stabilisation du débit d'eau entrant dans l'unité. Cela résoudrait le problème actuel de déstabilisation du débit dans l'unité et réduirait également le taux de contaminants entrant à l'unité.

La deuxième partie de notre étude se concentre sur l'optimisation de la coagulation de ces eaux produites en utilisant la chaux comme coagulant économique. Nous examinerons l'efficacité de la chaux dans l'élimination des matières en suspension (MES) et des hydrocarbures (HC). À travers une série de tests et de comparaisons, notre objectif est de déterminer l'efficacité de la chaux comme coagulant et de nous assurer qu'elle respecte les normes environnementales régissant le traitement.

Ces deux parties sont d'autant plus importantes avec l'augmentation prévue de la quantité d'eau produite à traiter.

III.2. Proposition d'un réservoir de décantation avant l'entrée à l'API (2×100% A/B) :

Proposer un réservoir de décantation cylindrique verticale avant l'unité de traitement des eaux produites peut apporter plusieurs avantages. Voici les principaux avantages potentiels :

- **Séparation des phases** : Le réservoir de décantation permettra une séparation plus efficace des phases liquide, solide et gazeuse présentes dans les eaux produites après les séparateurs triphasés (D-901A/B/C/D/E/F/G/H). Cela permettra de réduire la charge de contaminants et de particules entrant dans l'unité de traitement, ce qui améliorera son efficacité globale.
- **Stabilisation du débit** : Le réservoir de décantation peut aider à stabiliser le débit des eaux produites en amont de l'unité de traitement. En permettant une répartition plus uniforme du flux et une régulation du débit, il peut faciliter le fonctionnement optimal de l'unité de traitement et éviter les variations brusques de débit qui pourraient affecter négativement ses performances.

Selon la loi de Stokes :

$$V = g D^2 (\rho_e - \rho_h) / 18 \mu c$$

Dans un régime d'écoulement laminaire, les particules liquides de différentes densités, comme l'eau et l'huile, se séparent plus facilement en fonction de leur différence de densité. Dans le cas spécifique de la séparation de l'eau et de l'huile dans l'API, un régime d'écoulement laminaire peut faciliter cette séparation en minimisant les turbulences et les interférences.

Cependant, cette séparation ne dépend pas uniquement du régime d'écoulement, mais également d'autres facteurs tels que la différence de densité, la taille des particules, la température, la conception de l'équipement, etc. Le régime d'écoulement laminaire peut faciliter la séparation, mais il ne garantit pas à lui seul une séparation efficace.

Pour concevoir le réservoir de décantation avant l'API, nous pouvons prendre en compte les paramètres opérationnels et les spécifications du projet de l'unité PWT aperçus dans le tableau suivant :

Tableau.18. Nombre d'unités en marche en fonction des débits. [30]

Gamme d'Eau de Procédé	Séparateur API (Z-001A/B)	Séparateur CPI (Z-002A/B) Séparateur IGF (Z-003A/B)	NSF (Z-004A/B/C/D)	ACF (Z-005A/B/C/D)
25% - 50% (20 – 37,5m ³ /h)	1 Unité	1 Train	2 Unités	1 Unité
50% - 75% (37,5 – 56 m ³ /h)		2 Trains	3 Unités	2 Unités
75% - 100% (56 – 75 m ³ /h)				3 Unités

Les niveaux d'eau fluctuants dans les huit séparateurs triphasés qui alimentent l'API. Cela :

Peut entraîner un débit faible de l'eau produite entrant dans l'API, qui ne devrait idéalement pas descendre en dessous de la valeur minimale de 20 m³/h (actuellement l'unité PWT marche à 23 m³/h comme point de consigne de débit).

Pour remédier à ce problème et éviter de la diminution de ce débit (fonctionner avec un faible débit d'eau produite entrant dans l'API. Ce réservoir servirait de solution pour atténuer les problèmes qui pourraient survenir en ce cas, il est conçu pour maintenir un débit entre 20 m³/h et 75 m³/h (maintenir un débit d'eau produite entrant dans l'API stable), cela correspond à la plage de débit recommandée pour le fonctionnement normal du package PWT aperçus dans le tableau suivant :

Tableau.19. conditions de fonctionnement de débit d'eau à l'entrée d'API. [31]

Paramètre		Conditions de Fonctionnement		Conditions de Conception
		Min	Max	
Débit d'eau	m ³ /h	20	63	75

D'autre part le fonctionnement bas débit (Low Flow:5 – 20), ou avec un très bas débit (Much Low : < 5), les problèmes principaux qui peuvent résulter peuvent être évités grâce à ce réservoir sont : Réduction de la capacité d'API, Contamination biologique des filtres ACF (inferieur a 5 m³/h), Accumulation de sédiments, Diminution de la qualité de l'eau, Risque d'inondations, Perte de débit, Coûts d'entretien élevés car Un débit insuffisant peut entraîner une usure prématurée des pompes et des équipements, ce qui peut entraîner des coûts d'entretien plus élevés.

III.2.1. Les exigences pour ce réservoir cylindrique :

Les calculs spécifiques pour le réservoir dépendent des exigences du projet :

- Débit minimum : 20 m³/h
- Débit maximum : 75 m³/h
- Température minimale : 10 °C
- Température maximale : 60 °
- Pression d'entrée minimale : 2 bars
- Pression d'entrée maximale : 6 bars

Donc, nous devons utiliser les paramètres précédents comme point de départ pour effectuer les calculs nécessaires pour ce réservoir, tels que le diamètre, la hauteur, la capacité souhaitée, le temps de rétention souhaité, etc..

III.2.2. Dimensionnements du ce réservoir cylindrique :

Tout d'abord, nous devons déterminer le diamètre et la hauteur du réservoir. Ces deux dimensions sont cruciales pour calculer la capacité et d'autres caractéristiques du réservoir.

- **Diamètre :** Le diamètre du réservoir peut être déterminé en fonction du débit maximum et du temps de rétention souhaité. On doit effectuer des calculs détaillés pour déterminer le diamètre approprié en tenant compte de ces facteurs.
- **Hauteur :** La hauteur du réservoir dépendra du volume requis pour le temps de rétention spécifié et de la géométrie choisie (cylindrique, conique, etc.). Des calculs précis devront être effectués pour obtenir la hauteur appropriée en fonction des exigences du projet.

III.2.3. Capacité du réservoir :

La capacité du réservoir dépendra du débit maximum, du temps de rétention et des spécifications du projet. La capacité du réservoir peut être calculée en multipliant le débit maximum par le temps de rétention souhaité.

III.2.4 principaux Accessoires recommandés :

Voici quelques-uns des accessoires recommandés pour le réservoir :

- **Vanne d'entrée/sortie(FIC) :** Une vanne est essentielle pour contrôler le flux d'entrée et de sortie du réservoir (vers API). Elle permet de remplir le réservoir, de vider son contenu ou de réguler le débit.
- **Jauge de niveau :** Une jauge de niveau est utilisée pour mesurer la quantité de liquide présente dans le réservoir. Elle peut être de différents types, tels qu'une jauge à flotteur, une jauge électronique ou une jauge à ultrasons.
- **Soupape de décharge (PSV) :** Une soupape de décharge est utilisée pour libérer la pression excessive à l'intérieur du réservoir, assurant ainsi sa sécurité et évitant tout risque de surpression.
- **Filtre :** Un filtre est souvent installé sur l'entrée ou la sortie du réservoir pour empêcher les impuretés ou les particules d'entrer ou de sortir du réservoir. Il contribue à maintenir la propreté du liquide.

-Indicateur de pression (PI): Un indicateur de pression permet de surveiller la pression à l'intérieur du réservoir. Il peut aider à détecter tout problème potentiel lié à la pression.

-Système de chauffage/refroidissement : Si le liquide nécessite une température spécifique, un système de chauffage ou de refroidissement peut être ajouté pour maintenir la température désirée.

-Alarme de niveau/contrôle automatique : Pour une surveillance continue, une alarme de niveau ou un système de contrôle automatique peut être installé pour avertir en cas de niveau anormal ou pour contrôler automatiquement le remplissage et la vidange du réservoir.

- pompes centrifuges : Les pompes doivent être sélectionnées en fonction du débit requis et des caractéristiques de pression du système. Des pompes appropriées devront être choisies pour assurer un débit adéquat dans le réservoir de décantation.

III.2.5. Calcule :

Pour proposer logiquement la hauteur et le diamètre du ce réservoir cylindrique avec un flux d'entrée en préférence horizontal (loi de HAZEN), nous pouvons utiliser certaines conventions couramment utilisées dans l'industrie pour les réservoirs de décantation. Voici une proposition basée sur ces conventions :

- Hauteur du réservoir cylindrique : 5 mètres
- Diamètre du réservoir cylindrique : 4 mètres

Veillez noter que ces valeurs sont des propositions et peuvent être ajustées en fonction des besoins spécifiques et des contraintes techniques.

Maintenant, nous pouvons calculer les temps de décantation correspondants pour les débits de 20 m³/h et 75 m³/h.

Pour cela, nous devons utiliser la formule suivante pour calculer le temps de décantation (t) :

$$t = V / Q$$

Où : t : est le temps de décantation (en heures), Q : est le débit (en m³/h), V : est le volume du réservoir (en m³).

Calculons les temps de décantation pour les débits spécifiés :

1. Débit de 20 m³/h :

Volume du réservoir (V) = $\pi r^2 h$, où r est le rayon (diamètre / 2) et h est la hauteur

$$V = \pi(2^2)(5) = 20\pi \text{ m}^3$$

Temps de décantation (t) = $(20\pi) / 20 = \pi$ heures

2. Débit de 75 m³/h :

Volume du réservoir (V) = $\pi r^2 h$, où r est le rayon (diamètre / 2) et h est la hauteur.

$$V = \pi(2)^2(5) = 20\pi \text{ m}^3$$

Temps de décantation (t) = $(20\pi) / 75 \text{ m}^3/\text{heures}$

Où les temps de décantation sont exprimés en heures dans le tableau suivant :

Tableau.20. différents débits entrant dans le réservoir cylindrique proposé, ainsi que les temps de décantation correspondants.

Débit (m ³ /h)	Hauteur du réservoir (m)	Diamètre du réservoir (m)	Temps de décantation (heures)
20	5	4	$\pi = 3,14$
30	5	4	$2\pi/3 = 2,09$
40	5	4	$\pi/2 = 1,57$
50	5	4	$2\pi/5 = 1,26$
60	5	4	$\pi/3 = 1,05$
70	5	4	$2\pi/7 = 0,90$
75	5	4	$\pi/4 = 0,79$

Paramètres supplémentaires :

- Type de flux d'entrée : Horizontal.
- Type de réservoir : Cylindrique.

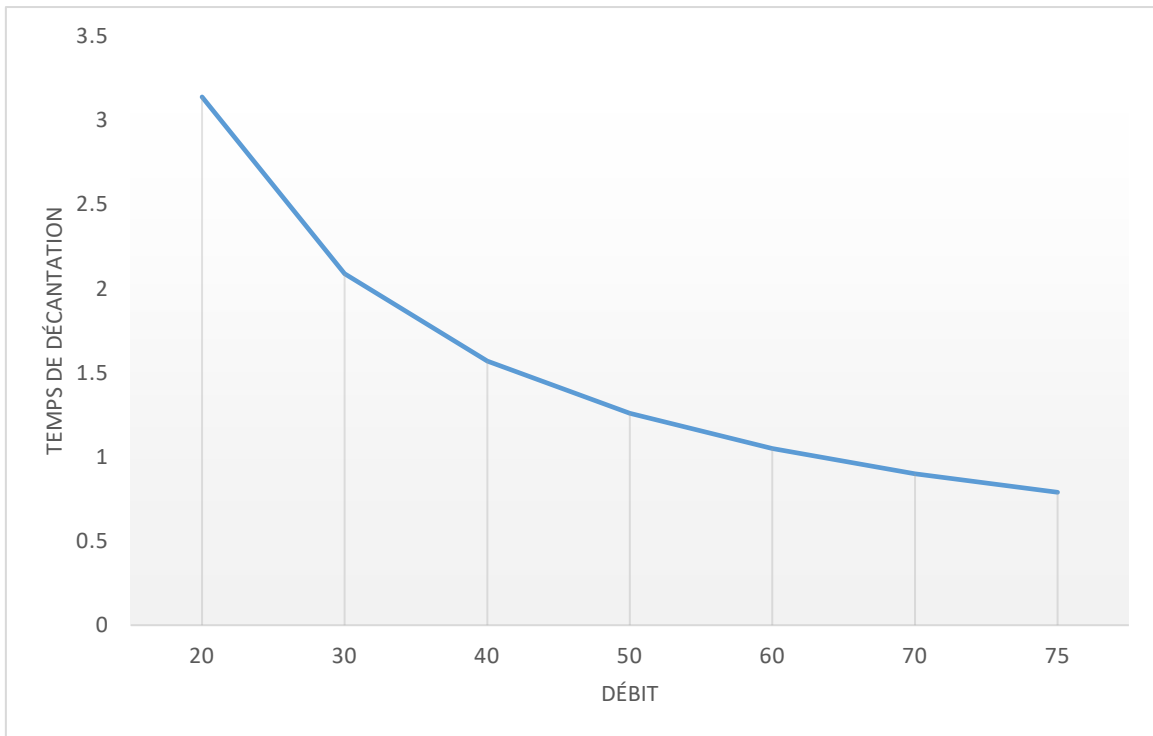


Figure.22. Courbe de temps de décantation en fonction des débits.

NB : les temps de décantation sont arrondis pour simplifier le tableau, mais on peut utiliser les formules de calcul fournies précédemment pour obtenir des résultats plus précis si nécessaire.

En observant le tableau 20, on constate que le temps de décantation diminue à mesure que le débit des eaux augmente. Pour maintenir un temps de décantation adéquat, il est proposé de réaliser les deux réservoirs identiques de même dimension (A et B) aperçus dans le tableau suivant :

Tableau.21. les deux réservoirs A et B utilisés simultanément pour la décantation et la décharge.

Réservoir	Rôle	Débit (m ³ /h)	Hauteur (m)	Diamètre (m)
A	Décantation et décharge (PWT)	Variable	5	4
B	Décantation et décharge (PWT)	Variable	5	4

Dans ce scénario, les réservoirs A et B alterneraient entre les rôles de décantation et de décharge des eaux déjà décantées vers l'unité de traitement des eaux (PWT).

Lorsque le réservoir A est en mode de décantation, il recevra les eaux produites en provenance des séparateurs triphasés et les décantera. Pendant ce temps, le réservoir B sera en mode de décharge et acheminera les eaux déjà décantées vers l'unité PWT.

Une fois qu'un certain niveau de décantation est atteint un niveau bas ou haut (contrôlé par la logique du système DCS), les rôles des réservoirs peuvent être inversés : le réservoir A devient le réservoir de décharge, tandis que le réservoir B devient le décanteur.

Cette alternance des rôles permet de gérer efficacement les débits, de garantir un temps de décantation adéquat et de fournir un approvisionnement constant en eau décantée à l'unité PWT (entrée API).

III.2.6. Conception du réservoir :

Lors de la conception de ce réservoir pour ces eaux produites, il est important de prendre en considération les deux aspects suivants :

- Entrée d'aspiration : Placez l'orifice d'aspiration de la pompe (aspiration centrifuge) à une hauteur suffisante pour éviter de capter les matières en suspension situées au fond du réservoir. Idéalement, l'orifice d'aspiration devrait être situé légèrement au-dessus du niveau du fond pour éviter de remuer les sédiments.
- Dispositif de calme : Intégrez un dispositif de calme, tel qu'un séparateur de flux ou une zone de décantation préliminaire, à l'entrée du réservoir. Cela permettra de réduire la turbulence et de faciliter la séparation des matières en suspension.

III.2.7. Système de décantation :

Pour optimiser l'efficacité de ce processus, plusieurs éléments clés doivent être pris en compte lors de la conception du système de décantation :

- Temps de rétention adéquat : Il faut assurer que le temps de rétention dans le réservoir est suffisamment long pour permettre la séparation des matières en suspension et des huiles. Des temps de rétention plus longs amélioreront la séparation, mais il est important de trouver un équilibre en fonction des exigences du projet.
- Déversoir de surface : Installez un déversoir de surface à une certaine hauteur pour permettre l'évacuation des huiles flottantes à la surface du réservoir. Le déversoir doit

être conçu de manière à minimiser l'entrée d'eau et à permettre l'évacuation sélective des huiles.

- Conception de baffle : Utilisez des baffles internes dans le réservoir pour ralentir le mouvement de l'eau et favoriser la sédimentation des particules en suspension. Les baffles peuvent aider à créer des zones de tranquillité où les particules peuvent se déposer.

III.2.8. Maintenance régulière :

Pour assurer le bon fonctionnement du réservoir, il est essentiel de mettre en place des procédures de nettoyage régulières visant à éliminer les sédiments accumulés au fond du réservoir. Le nettoyage régulier permet de maintenir l'efficacité de la décantation et d'éviter l'obstruction ou la réduction de la capacité de ce réservoir, pour gérer les boues et les huiles récupérées dans notre système de décantation, nous pouvons intégrer les éléments suivants dans la conception:

III.2.8.1. Sortie des boues vers les séparateurs de boues (D-001A/B) :

Nous devons ajouter une conduite de sortie ou un système de pompage depuis le réservoir de décantation vers les séparateurs de boues (D-001A/B). Nous devons nous assurer que le diamètre de la conduite est suffisant pour gérer le débit des boues. Cela permettra de transférer efficacement les boues décantées vers les séparateurs de boues pour le traitement ultérieur au niveau de l'unité de traitement des boues.

III.2.8.2. Transfert des huiles récupérées (HC) vers les tambours (D-003A/B) :

Nous devons prévoir une conduite ou un système de pompage pour acheminer les huiles récupérées depuis le réservoir de décantation vers les tambours des huiles récupérées (D-003A/B). Nous devons nous assurer que :

- le diamètre de la conduite est adapté pour le débit d'huiles. Cela permettra un transfert efficace des huiles récupérées vers les réservoirs dédiés.
- On doit dimensionner la conduite ou le système de pompage en fonction du débit attendu des huiles récupérées. Il convient également de prendre en compte la distance et la hauteur de refoulement pour garantir un transfert sans heurts des huiles vers ces tambours.

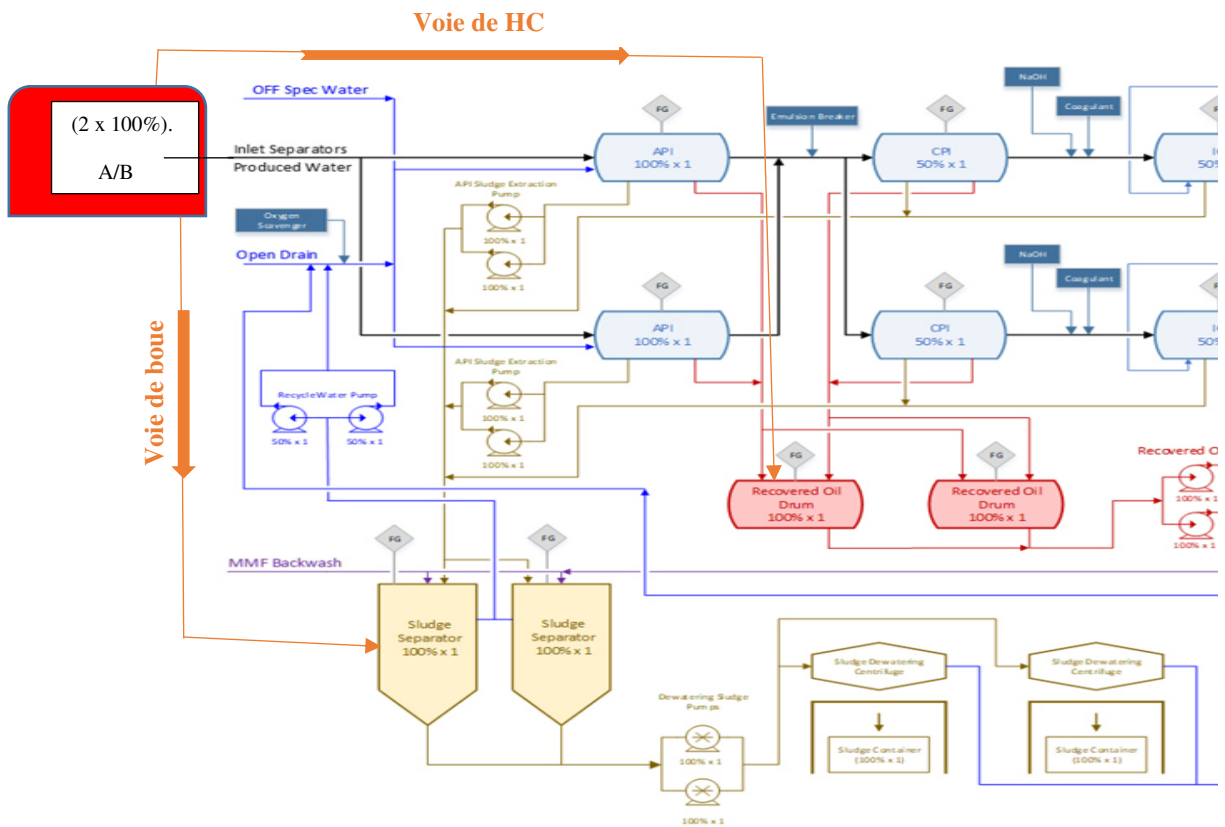


Figure.23. Emplacement de réservoir proposé sur PFD.

III.3. Etude de l'efficacité de la chaux sur les eaux produites :

Évaluation de l'efficacité de la chaux comme coagulant pour traiter les eaux produites de la station PWT de SBC III hassi r'mel et déterminer la dose optimale de chaux à utiliser.

III.3.1. Matériel utilisé :

- Agitateur jar test.
- Échantillons d'eau produite de SBC à traiter (1 litre chacun).
- Chaux (utilisée à différentes doses).
- Turbidimètre (pour mesurer la turbidité de l'eau après traitement).
- Minuteur (pour mesurer le temps de décantation).
- Cuillère ou pipette (pour doser et pouvoir peser la chaux).
- Balance de précision (pour peser la chaux).

- Béchers.

III.3.2. Mode opératoire :

1ère étape : En utilisant une vitesse d'agitation de 150 rotations par minute (rpm), nous avons ajouté différentes doses de chaux : 300 mg, 320 mg, 340 mg, 280 mg, 260 mg pour 1 litre d'eau produite dans chaque bécher. Ensuite, nous avons mesuré la turbidité de l'eau traitée.

2ème étape : Nous avons approché les valeurs de la dose optimale pour confirmer les résultats précédents. Nous avons utilisé une dose de chaux de 310 mg et 290 mg pour 1 litre d'eau produite. Ensuite, nous avons mesuré la turbidité de l'eau traitée, qui s'est élevée à 6,80 NTU.

3ème étape : Nous avons testé différentes vitesses d'agitation avec la dose optimale précédente (300mg/l). Les vitesses d'agitation testées étaient : 160 rpm, 140 rpm, 130 rpm, 120 rpm et 145 rpm. À chaque vitesse d'agitation, nous avons mesuré la turbidité de l'eau traitée.

III.3.3. Résultat et discussion : Les résultats obtenus récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau.22. Les résultats obtenus.

Étape	Vitesse (rpm)	Dose de chaux (mg/L)	Turbidité (NTU)
1	150	300	5,13
1	150	320	10,13
1	150	340	11,57
1	150	280	7,13
1	150	260	17,90
2	150	310	6,80
2	150	290	6,08
3	160	300	6,29
3	140	300	5,14
3	130	300	7,99
3	120	300	13,8
3	145	300	5,21

Remarque : Le temps de décantation minimum pour ces valeurs de turbidité est de 10 minutes.

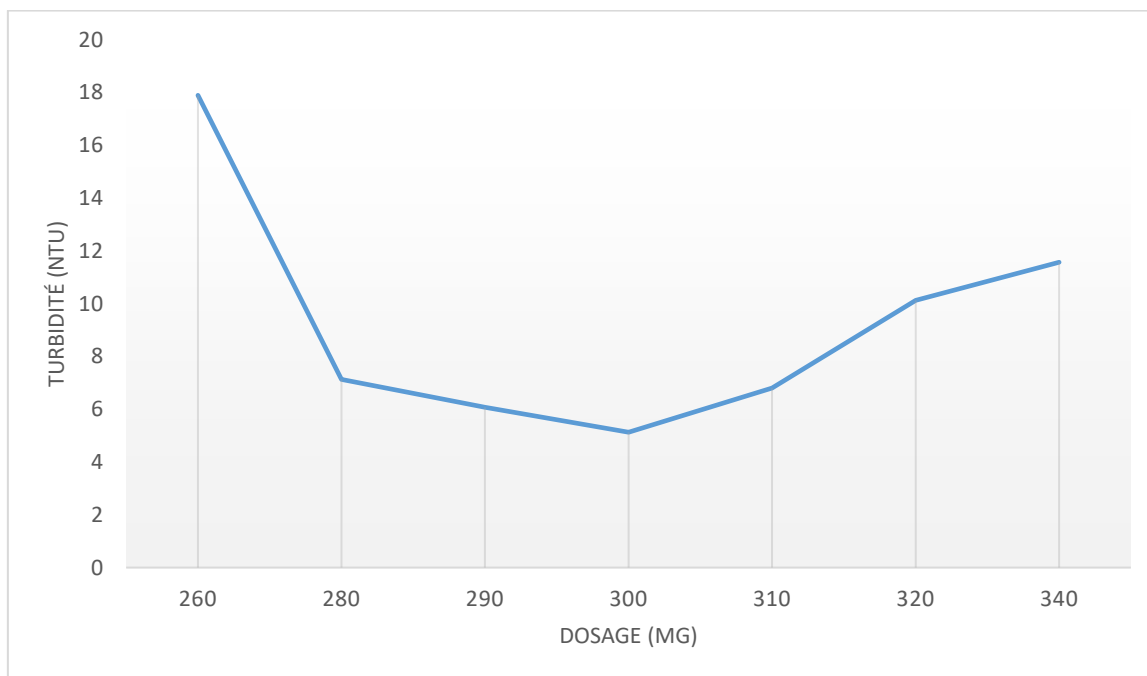


Figure.24. Courbe de turbidité en fonction de dosage de la chaux.

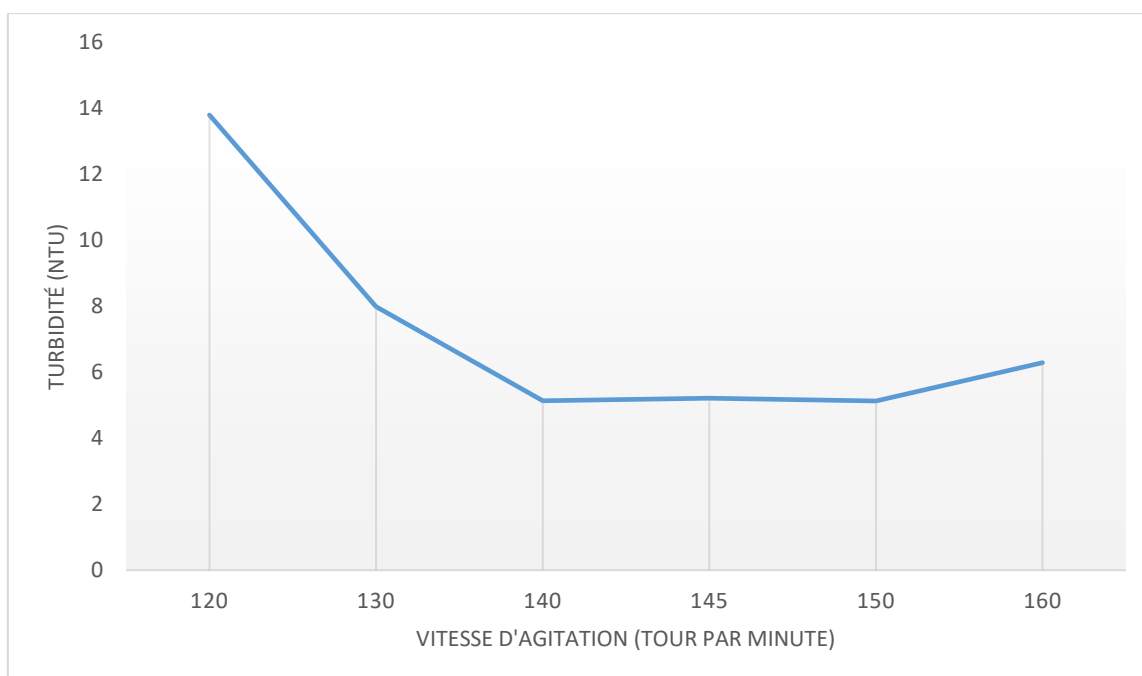


Figure.25. Courbe de turbidité en fonction de vitesses d'agitation (tour par minute).

Donc d'après les résultats de l'expérience, la dose optimale de la chaux est 300 mg /litre, la vitesse optimale d'agitation a changé à 140 rpm, et la turbidité choisie est de 5,14 NTU, ce qui est meilleur que la turbidité de 5,13 NTU obtenue à une vitesse d'agitation plus élevée de 150 rpm. Cette modification permettra d'économiser de l'énergie tout en maintenant une efficacité satisfaisante dans le traitement des eaux produites visées.

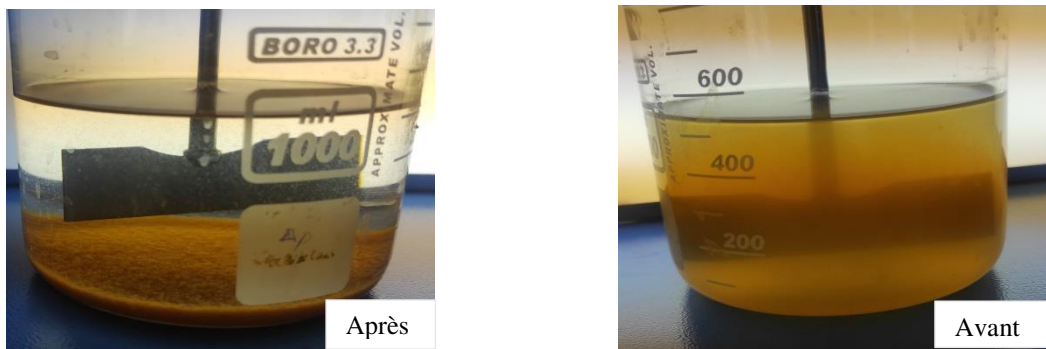


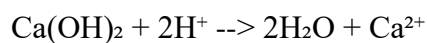
Figure.26. illustre l'efficacité de la chaux pour réduire la turbidité par la dose optimale.

Tableau.23. Résultats de traitement.

Dose de chaux optimal (mg /L)	Vitesse d'agitation (rpm)	Turbidité de l'eau traitée (NTU)
300	140	5,14

Une augmentation remarquable du pH de 6 à 9,837 après la coagulation de l'eau produite avec de la chaux peut s'expliquer par les réactions chimiques qui se produisent lors de l'ajout de chaux (hydroxyde de calcium) en solution. Voici quelques explications possibles :

1. Réaction de neutralisation : La chaux (Ca(OH)₂) réagit avec les ions H⁺ présents dans l'eau produite, ce qui entraîne une neutralisation de l'acidité. Cette réaction chimique conduit à la formation de l'ion hydroxyde (OH⁻) qui augmente la concentration en ions hydroxyde dans l'eau, ce qui rend le milieu plus basique.



2. Formation de l'ion hydroxyde : L'ajout de chaux à l'eau produite augmente la concentration en ions hydroxyde (OH^-) dans la solution. Les ions hydroxyde sont basiques et contribuent à l'augmentation du pH de l'eau.

3. Tamponnage : La présence de l'ion hydroxyde (OH^-) en solution peut également agir comme un tampon et maintenir le pH à des niveaux basiques. Cela peut aider à stabiliser le pH de l'eau produite même en présence d'autres composés acides.

On doit noter que l'augmentation du pH dépendra de la quantité de chaux ajoutée et de la composition chimique de l'eau produite. La réaction entre la chaux et l'eau peut varier en fonction de la teneur en acides et en autres substances présentes dans l'eau produite.

Il est recommandé de surveiller régulièrement le pH de l'eau produite après l'ajout de chaux afin de s'assurer que le pH reste dans les limites acceptables pour l'application prévue. Si le pH devient trop élevé, des ajustements supplémentaires peuvent être nécessaires pour le ramener à des niveaux appropriés.

III.4. L'ajustement de PH par l'acide acétique :

On doit ajuster et diminuer le pH de l'eau produite obtenue à une valeur de 7,5 (la valeur obtenue après coagulation dans l'unité PWT) en utilisant une solution d'acide acétique préparée. On souhaite également déterminer la concentration molaire nécessaire de la solution d'acide acétique.

III.4.1. Matériel utilisé :

- Solution d'acide acétique (100%), concentration = 1,05 kg/L, masse molaire = 60,05 g/mol.
- Burette graduée.
- pH-mètre.
- Échantillon d'eau produite (dose optimale), eau distillé.

III.4.2. Mode opératoire :

a. Nous avons versé l'échantillon d'eau produite (traitée par la dose optimale et décantée pendant 10 minutes) dans un bécher.

b. Nous avons placé la burette graduée contenant la solution d'acide acétique au-dessus du bécher.

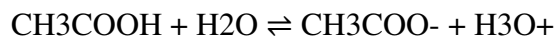
c. Nous avons ajouté la solution d'acide acétique goutte à goutte dans l'échantillon d'eau produite tout en agitant.

d. Nous avons utilisé le pH-mètre pour mesurer le pH de l'échantillon après chaque ajout de solution d'acide acétique.

e. Nous avons continué à ajouter la solution d'acide acétique jusqu'à ce que le pH atteigne 7,5, en prenant soin de noter le volume de solution d'acide acétique utilisé. Après avoir ajouté un volume de 81,7 ml d'acide acétique dilué, nous avons atteint la valeur souhaitée de **pH 7,5**. Il est important de prendre des précautions lors de la manipulation des acides et de suivre les bonnes pratiques de laboratoire pour assurer la sécurité et obtenir les résultats souhaités.

III.4.3 Résultats et discussions :

L'acide acétique réagit avec l'eau pour former des ions acétate ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$) et des ions hydronium (H_3O^+). La réaction chimique est la suivante :



Calculs :

1. Calcul de la concentration molaire de l'acide acétique : La concentration de l'acide acétique est donnée comme 1,05 kg/L. Nous devons la convertir en mol/L.

La masse molaire de l'acide acétique est de 60,05 g/mol.

$$1,05 \text{ kg} = 1050 \text{ g.} \quad 1050 \text{ g} / 60,05 \text{ g/mol} = 17,49 \text{ mol.}$$

La concentration molaire de l'acide acétique est donc de **17,49 mol/L**.

2. Calcul de la quantité d'acide acétique utilisée : on a ajouté 2 ml d'acide acétique dans 1 L d'eau distillée. Nous pouvons utiliser cette information pour calculer la quantité d'acide acétique ajoutée en moles.

Volume d'acide acétique ajouté = 2 ml = 0,002 L .

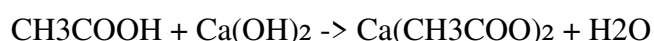
Quantité d'acide acétique ajoutée = concentration molaire × volume
 Quantité d'acide ajoutée =
 $17,49 \text{ mol/L} \times 0,002 \text{ L} = 0,03498 \text{ mol}$

3. Conversion en milligrammes : Masse molaire de l'acide acétique = 60,05 g/mol

Quantité d'acide acétique ajoutée en mg = quantité en moles × masse molaire × 1000

= $0,03498 \text{ mol} \times 60,05 \text{ g/mol} \times 1000 = 2098,7 \text{ mg}$

Réaction de titrage :



La réaction est une neutralisation entre l'acide acétique et l'hydroxyde de calcium. Étant donné que le rapport stœchiométrique entre l'acide acétique et l'hydroxyde de calcium est 1/1, cela signifie que chaque mole d'acide acétique réagit avec une mole d'hydroxyde de calcium

Recommandation :

Dans notre expérience, nous avons utilisé un volume de 81,7 ml d'acide acétique dilué, ce qui correspond à 0,0817 L. Pour diminuer le pH de 9,837 à 7,5, nous avons consommé 1 litre d'eau distillée et 1 litre de l'eau produite à ajuster.

Si nous souhaitons conserver de l'eau et utiliser de plus petites quantités, nous pouvons effectivement ajuster le protocole en utilisant des volumes réduits. Par exemple, nous pourrions utiliser 0,5 ml d'acide acétique dilué dans 250 ml d'eau distillée avec 250 ml d'eau produite à ajuster. Cela nous permettrait d'atteindre le même objectif tout en conservant de l'eau.

Tableau.24. Réduction des volumes pour économiser l'eau tout en ajustant le pH de l'eau produite.

Quantité d'eau distillée (mL) et l'eau produite à ajuster	Quantité d'acide acétique nécessaire pour l'ajustement (mL)	Volume d'acide acétique à diluer (ml)
1000	81,7	2
500	40,85	1
250	20,425	0,5

Ainsi, la concentration molaire de la solution d'acide acétique nécessaire pour ajuster le pH de l'eau produite à 7,5 en utilisant 81,7 ml de la solution préparée d'acide acétique est de 12,37 mol/L.

III.5. l'ajout de flocculant polymère (poly acrylamide) :

Dans notre étude, nous avons réalisé une autre expérience de Jar Test pour déterminer la vitesse d'agitation optimale avec une "pincée" de flocculant afin de réduire la turbidité de cinq échantillons d'eau produite traitée avec la dose optimale de chaux (300 mg de chaux par litre d'eau produite) contenus dans des béchers d'un litre.

III.5.1. Matériel utilisé :

- Cinq béchers d'un litre contenant chacun un échantillon d'eau produite traitée avec la dose optimale de chaux (300 mg de chaux par litre d'eau produite).
- Flocculant polymère.
- Agitateur à vitesse réglable.
- Chronomètre.
- Turbidimètre pour mesurer la turbidité des échantillons.

III.5.2. Mode opératoire :

- a -Préparation des échantillons : Nous avons préparé cinq échantillons d'eau produite en utilisant la dose optimale de chaux. Chaque échantillon a été versé dans un bécher d'un litre.
- b- Préparation du flocculant : Nous avons préparé une "pincée" de flocculant polymère pour chaque bécher d'échantillon.
- c- Ajout du flocculant : Nous avons ajouté une "pincée" de flocculant polymère à chaque bécher d'échantillon.
- d- Réglage de la vitesse d'agitation : Nous avons utilisé l'agitateur à vitesse réglable pour tester différentes vitesses d'agitation, telles que 30, 40, 50, 70 et 80 tours par minute.
- e- Agitation des échantillons : Pour chaque vitesse d'agitation, nous avons mis en marche l'agitateur et avons agité chaque bécher d'échantillon pendant 10 minutes.

f-Arrêt de l'agitation : Après les 10 minutes d'agitation, nous avons arrêté l'agitateur pour chaque bécher.

g-Temps de décantation : Nous avons laissé chaque bécher d'échantillon reposer pendant 10 minutes afin de permettre la décantation des particules flocculées.

h- Mesure de la turbidité : Après le temps de décantation, nous avons utilisé le turbidimètre pour mesurer la turbidité de chaque échantillon dans chaque bécher. Les valeurs ont été enregistrées.

i-Comparaison des résultats : Nous avons comparé les résultats de turbidité obtenus pour chaque vitesse d'agitation afin de déterminer la vitesse d'agitation optimale qui réduit la turbidité de chaque échantillon.

III.5.3. Résultats et discussions :

Voici les résultats de turbidité pour chaque vitesse d'agitation :

Tableau.25. Résultats après les différentes vitesses.

Vitesse d'agitation (tours par minute)	Turbidité (NTU)
30	4.98
40	3.11
50	3.11
70	3.90
80	4.87

En comparant les résultats de turbidité pour chaque vitesse d'agitation, nous avons constaté que les vitesses de 40 et 50 TPM ont donné des turbidités équivalentes, mais nous avons décidé de sélectionner la vitesse de 40 TPM pour des raisons d'économie. Cela signifie

que nous pouvons obtenir une réduction de la turbidité satisfaisante tout en utilisant une vitesse d'agitation légèrement plus faible, ce qui peut contribuer à une utilisation plus efficace des ressources.

Tableau.26. Résultats de traitement obtenus.

Dose de flocculant	Vitesse d'agitation (tours par minute)	Turbidité (NTU)
Pincée	40	3,11

Donc dans cet essai, une seule pincée de flocculant a été utilisée et la vitesse d'agitation correspondante était de 40 tours par minute. La turbidité mesurée pour cette combinaison était de 3,11 NTU.

III.6. Filtration par charbon actif dans un tube pvc :

Dans cette étude, nous avons évalué l'efficacité de la filtration de l'eau produite traitée avec la dose optimale de chaux en utilisant du charbon actif. Notre objectif était de déterminer la quantité minimale de charbon actif nécessaire pour remplir un pourcentage spécifique du volume intérieur du tube en PVC, tout en assurant une filtration efficace.

III.6.1 Matériaux utilisés :

1. Tube en PVC
2. Charbon actif en grains
3. Papier filtre
4. Entonnoir
5. Bécher (capacité supérieure à 50 ml)
6. Eau produite traitée avec la dose optimale de chaux
7. balance



Figure.27. Dispositif d'expérience de charbon actif.

III.6.2. Mode opératoire :

- a. On a placé un papier filtre au bas du tube en PVC pour servir de support, empêchant le charbon actif de tomber tout en permettant le passage de l'eau à filtrer.
- b. On a tapoté doucement le tube en PVC pour répartir uniformément le charbon actif et remplir le volume intérieur du tube à 100%. Ensuite, on a retiré le charbon actif du tube et on l'a pesé. On a noté la masse affichée à la balance (47,70 grammes).
- c. On a versé une petite quantité de charbon actif dans le tube en PVC jusqu'à ce que la couleur blanche du papier filtre ne soit plus visible. Ensuite, on a retiré cette quantité de charbon actif et on l'a pesée. On a enregistré la masse affichée sur la balance (6 grammes). On a ensuite reversé cette quantité de charbon actif dans le tube en PVC.
- d. On a inséré le tube en PVC contenant les 6 mg de charbon actif dans un entonnoir, en veillant à ce que le papier filtre reste en place.
- e. On a placé le système (entonnoir avec le tube en PVC rempli de charbon actif) au-dessus d'un bécher propre d'une capacité supérieure à 50 ml pour recueillir l'eau filtrée.
- f. On a versé l'eau produite traitée à la chaux (dose optimale) dans le tube en PVC, en veillant à ne pas déborder.

- g. On a laissé l'eau s'écouler à travers le charbon actif et le papier filtre dans le bécher.
- h. On a collecté l'eau filtrée dans le bécher.
- i. On a répété les étapes avec un autre échantillon d'eau produite traitée à la chaux (dose optimale), mais sans utiliser de charbon actif comme matériau filtrant. On a également collecté l'eau filtrée dans un autre bécher.
- j. On a observé visuellement et comparé les deux échantillons d'eau filtrée en termes de clarté, de couleur, d'odeur, etc.
- k. On a enregistré les résultats et analysé les données obtenues pour évaluer l'efficacité de la filtration par charbon actif par rapport à l'eau produite traitée à la chaux non filtrée.
- l. On a conservé un échantillon filtré pour un test UV ultérieur en vue d'une comparaison avec les autres échantillons.

III.6.3. Résultats :

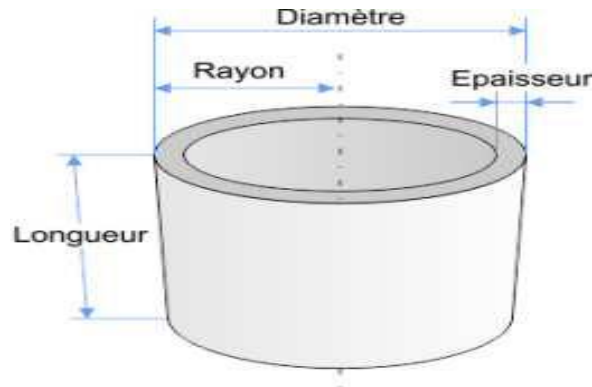
Après avoir effectué l'expérience de filtration avec du charbon actif, on a remarqué une diminution notable de l'odeur dans l'eau qui a été filtrée par rapport à l'eau qui n'a pas été filtrée. Cela suggère que le charbon actif a été efficace pour éliminer les composés odorants de l'eau.

NB : Dans cette expérience de filtration à travers du charbon actif, la force motrice qui pousse l'eau à descendre à travers le système est principalement la gravité. L'eau s'écoule naturellement de haut en bas en raison de la différence de hauteur entre le point de départ de l'eau et le point de sortie.

Le charbon actif retient les impuretés et les particules indésirables présentes dans l'eau, tandis que l'eau propre et filtrée continue de descendre jusqu'au réceptacle placé en dessous.

On a choisi cette méthode car elle présente des similitudes et un principe similaire aux filtres utilisés dans l'unité de traitement visée (PWT), tels que les filtres NSF, ACF et MMF pour la PWF.

NB : on a filtré un échantillon d'eau produite traitée par la chaux et par le floculant polymère à travers ce tube en PVC, pour tester son absorbance (ultérieurement) par ultraviolets (UV).

Dimensionnements du tube pvc :**Figure.28.** Illustration des dimensions de tube.

voici les détails de l'expérience et les méthodes de mesure utilisées pour obtenir le diamètre extérieur moyen, l'épaisseur moyenne et la longueur moyenne du tube en PVC :

1. Mesure du diamètre extérieur :

Utilisation d'un circomètre : Pour mesurer le diamètre extérieur du tube en PVC, un circomètre a été utilisé. Le circomètre est un instrument de mesure circulaire muni d'une bande flexible. Il est enroulé autour de l'objet dont on souhaite mesurer le diamètre pour obtenir une lecture précise.

Le circomètre a été placé autour du tube en PVC à deux endroits : le diamètre extérieur minimum et le diamètre extérieur maximum.

Les lectures ont été prises et enregistrées :

$$\text{Diamètre extérieur moyen} = (\text{Diamètre extérieur min} + \text{Diamètre extérieur max}) / 2$$

$$\text{Diamètre extérieur moyen} = (39,92 \text{ mm} + 40,33 \text{ mm}) / 2$$

$$\text{Diamètre extérieur moyen} = 80,25 \text{ mm} / 2$$

$$\text{Diamètre extérieur moyen} = 40,125 \text{ mm}$$

$$\text{Arrondi au centième le plus proche : Diamètre extérieur moyen} = 40,20 \text{ mm}$$

2. Mesure de l'épaisseur :

Utilisation d'un micromètre (palmer) : Un micromètre, également connu sous le nom de palmer, a été utilisé pour mesurer l'épaisseur du tube en PVC.

Des mesures ont été prises à huit points différents le long de la paroi du tube en PVC pour obtenir une mesure représentative de l'épaisseur moyenne.

La moyenne des huit mesures a été calculée pour obtenir l'épaisseur moyenne :

$$\text{Épaisseur moyenne} = (\text{mesure 1} + \text{mesure 2} + \dots + \text{mesure 8}) / 8 = 2,105 \text{ mm}$$

3. Mesure de la longueur :

Utilisation d'un dispositif de mesure (règle, ruban à mesurer, etc.) : Pour mesurer la longueur du tube en PVC, un dispositif de mesure approprié, tel qu'une règle ou un ruban à mesurer, a été utilisé.

Des mesures ont été prises à huit points différents le long du tube en PVC pour obtenir une mesure représentative de la longueur moyenne.

La moyenne des huit mesures a été calculée pour obtenir la longueur moyenne :

$$\text{longueur moyenne} = (\text{mesure 1} + \text{mesure 2} + \dots + \text{mesure 8}) / 8 = 95,534 \text{ mm}$$

On doit noter que ces méthodes de mesure sont basées sur des instruments couramment utilisés pour mesurer le diamètre extérieur, l'épaisseur et la longueur d'objets cylindriques tels que des tubes en PVC.

- Diamètre extérieur moyen (Dm) : 40,20 mm
- Longueur moyenne (Lm) : 95,5 mm
- Épaisseur moyenne (Em) : 2,105 mm

Ces valeurs ont été obtenues à partir des mesures effectuées sur le tube en PVC dans le cadre de l'expérience.

Calcul de diamètre intérieur de ce tube pvc :

Le diamètre intérieur (Di) peut être calculé en soustrayant deux fois l'épaisseur moyenne de la mesure du diamètre extérieur moyen :

$$\text{Diamètre intérieur (Di)} = \text{Diamètre extérieur moyen (Dm)} - 2 \times \text{Épaisseur moyenne (Em)}$$

$$\text{Diamètre intérieur (Di)} = 40,20 \text{ mm} - 2 \times 2,105 \text{ mm}$$

$$\text{Diamètre intérieur (Di)} = 40,20 \text{ mm} - 4,21 \text{ mm}$$

Diamètre intérieur (D_i) = 35,99 mm

le diamètre intérieur du ce tube en PVC est d'environ 35,99 mm.

Calcule de volume intérieur du tube pvc :

Pour calculer le volume intérieur du tube PVC, nous utiliserons nos données :

Diamètre intérieur moyen (D_i) : 35,99 mm

Longueur moyenne (L_m) : 95,5 mm

Le rayon (r) du tube peut être calculé en divisant le diamètre intérieur (D_i) par 2 :

$$r = D_i / 2$$

$$r = 35,99 \text{ mm} / 2$$

$$r = 17,995 \text{ mm}$$

La formule pour calculer le volume d'un cylindre est :

$$V = \pi \times r^2 \times h, \text{ où } r \text{ est le rayon et } h \text{ est la hauteur (dans ce cas, la longueur moyenne } L_m=h).$$

$$V = 3.1416 \times (17,995 \text{ mm}^2) \times 95,5 \text{ mm}$$

$$V \approx 97153 \text{ mm}^3$$

$$V \approx 0.000097 \text{ m}^3$$

Donc, le volume intérieur du tube est d'environ 0.000097 m³

Calcul du volume occupé par 6 g de charbon actif dans ce tube PVC :

Pour calculer le volume occupé par 6 g de charbon actif dans le tube PVC, nous pouvons utiliser une règle de trois en utilisant les informations suivantes :

Volume total du tube PVC (100% du volume) : 0,000097 m³ Masse totale du charbon actif
(100% de la masse) : 47,70 g

Nous voulons calculer le volume occupé par 6 g de charbon actif.

Volume occupé par 6 g de charbon actif = (6 g × Volume total du tube PVC) / Masse totale du charbon actif

$$\text{Volume occupé par 6 g de charbon actif} = (6 \text{ g} \times 0,000097 \text{ m}^3) / 47,70 \text{ g}$$

$$\text{Volume occupé par 6 g de charbon actif} \approx 0,0000122 \text{ m}^3$$

Le volume occupé par 6 g (quantité min utilisée dans cette expérience) de charbon actif dans ce tube PVC est d'environ 0,0000122 m³.

Discussion :

Nous avons réalisé cette expérience de filtration sur deux échantillons :

1. L'échantillon traité avec la dose optimale de chaux.
2. L'échantillon traité avec la chaux et le floculant polymère.

Notre objectif était de mesurer les MES, les graisses et les huiles dans ces échantillons et de les comparer aux normes réglementaires afin de déterminer si nous atteignons les niveaux acceptables.

Nous avons utilisé ce filtre en tube PVC cylindrique pour nous rapprocher de la méthode industrielle utilisée dans notre station de traitement des eaux produites (PWT). Cette station comprend des filtres cylindriques ACF ou NSF reconnus, ainsi que des quantités d'adsorbants mesurés.

En appliquant cette expérience avec le tube PVC, nous avons mesuré les dimensions du filtre et la quantité d'adsorbant (charbon actif) utilisée. Cela nous permet de simuler et de reproduire, dans une certaine mesure, le processus de filtration utilisé dans notre station PWT.

En utilisant ces informations, nous pouvons comparer les résultats de notre expérience avec ceux obtenus par la station PWT pour évaluer l'efficacité de notre méthode de filtration et voir si nous atteignons des niveaux comparables à ceux de la station industrielle.

Il est important de noter que, bien que le tube PVC puisse être utilisé pour simuler les filtres cylindriques de la station PWT, il peut y avoir d'autres facteurs spécifiques à la station industrielle qui influencent les performances du traitement. Par conséquent, nous devons prendre en compte ces différences potentielles lors de la comparaison des résultats.

Nous nous assurerons également de documenter et de conserver toutes les données de mesure, y compris les dimensions du filtre et la quantité d'adsorbant utilisée, afin de pouvoir les analyser et les comparer avec les données de la station PWT ultérieurement.

Nous ajusterons ou adapterons notre expérience en fonction des informations spécifiques que nous obtenons de la station PWT, tout en continuant à suivre les meilleures pratiques en matière de traitement des eaux pour atteindre les niveaux de filtration et de traitement appropriés.

III.7. Mesure de MES :

Le but de ce travail est d'évaluer la concentration des matières en suspension dans les échantillons d'eau produite à différentes étapes de traitement. Le processus comprend la filtration des échantillons à travers des papiers filtres, le séchage des filtres et la mesure de la différence de poids avant et après filtration. Les résultats obtenus sont ensuite convertis en ppm (parties par million) en utilisant des calculs pour exprimer les concentrations en milligrammes par litre (mg/L).

Voici les noms des échantillons et les méthodes correspondantes :

1. Echantillon 1 : Eau produite brute entrée API.
2. Echantillon 2 : Eau produite brute agitée et décantée.
3. Echantillon 3 : Eau produite traitée avec chaux..
4. Echantillon 4 : Eau traitée avec chaux et flocculant.
5. Echantillon 5 : Eau produite traitée avec chaux et charbon actif.

III.7.1. Matériels utilisés :

1. Papiers filtres de grande taille (numérotés de 1 à 5).
2. Balance de précision pour peser les papiers filtres vides et ceux contenant des MES.
3. Entonnoir pour faciliter la filtration des échantillons.
4. Bêcher placé au-dessous de l'entonnoir pour recueillir les eaux passées à travers les papiers filtres.
5. Appareil de sous-vide (Selectar Vacuum) pour accélérer la filtration.
6. Étuve pour sécher les papiers filtre.

III.7.2. Mode opératoire :

- a. Nous avons pesé les papiers filtres vides avant l'expérience pour obtenir leur poids initial. Papier 1 : 1,4078 gramme Papier 2 : 1,4098 gramme Papier 3 : 1,4096 gramme Papier 4 : 1,4101 gramme Papier 5 : 1,3989 gramme
- b. Nous avons préparé 10 ml de chaque échantillon et les avons filtrés à travers les papiers filtres placés dans l'entonnoir au-dessus d'un bécher.
- c. Nous avons appliqué le vide avec l'appareil de sous-vide (Selectar Vacuum) pour accélérer la filtration.
- d. Nous avons récupéré les échantillons filtrés et placé les papiers filtres humides dans l'étuve à 105 degrés Celsius pendant 2 heures.
- e. Après 2 heures, nous avons récupéré les papiers filtres secs contenant les matières en suspension et les avons pesés à nouveau pour obtenir leur poids final.
- f. Nous avons calculé la différence de poids pour chaque papier filtre en soustrayant le poids initial du papier (étape a) au poids final du papier (après filtration).
- g. Nous avons converti les résultats obtenus en grammes en mg/L en considérant que les échantillons étaient de 10 ml.

III.7.3. Résultats et Discussions :

Cette expérience met en évidence l'efficacité de la décantation (échantillon 2) dans la réduction de la concentration des matières en suspension (MES) dans l'eau produite brute. En effet, on observe une diminution significative de la concentration de 114 ppm à 73 ppm après seulement 30 minutes de décantation en laboratoire. Cela démontre l'importance de ce processus de **décantation primaire** dans le traitement de l'eau produite de la station SBC.

De plus, l'utilisation de la chaux comme coagulant se révèle très efficace dans la réduction des MES. L'échantillon traité avec de la chaux seule présente une concentration de 27 ppm, ce qui indique une bonne capacité de coagulation. Cependant, l'ajout d'un flocculant en plus de la chaux dans l'échantillon aboutit à une concentration encore plus faible, soit 13 ppm. Cela démontre que l'utilisation de la chaux ou l'utilisation combinée de la chaux et du flocculant permet d'atteindre les normes requises pour les eaux produites en ce qui concerne la teneur en

MES. (Les échantillons 3, 4 et 5 ont réussi à atteindre les normes requises en ce qui concerne la concentration de matières en suspension (MES)). Les résultats sont organisés dans le tableau suivant :

Tableau.27. résultats MES.

Échantillon	Méthode	Poids du papier vide (g)	Poids du papier avec les MES (g)	Poids des MES (g)	Poids des MES en mg/L (ppm)
Echantillon 1	Eau produite brute entrée API	1.4078	2 ,5478	1 ,14	114
Echantillon 2	Eau produite brute agitée et décantée	1.4098	2 ,1398	0.73	73
Echantillon 3	Eau produite traitée avec chaux	1.4096	1.6796	0.27	27
Echantillon 4	Eau traitée avec chaux et floculant	1.4101	1.5401	0.13	13
Echantillon 5	Eau produite traitée avec chaux et charbon actif	1.3989	1.6589	0.26	26

III.8. Détermination de la teneur des matières grasses et des d'huiles totales (TOG) :

Nous avons envoyé trois échantillons au laboratoire de SBC à Hassi R'mel pour analyse avec l'appareil **HORIBA OCMA 500**.



Figure.29. HORIBA OCMA 500. [32]

Voici les détails des échantillons :

A. Échantillon 1 : eau produite brute (entrée API) qui a été agitée et laissée décantée au laboratoire pendant 30 minutes. Le pH de cet échantillon est acide en raison de la présence de CO₂ dans le gisement.

B. Échantillon 2 : eau produite traitée avec la dose optimale de chaux. le pH de cet échantillon a été ajusté à un milieu acide en utilisant de l'acide chlorhydrique (HCl).

C. Échantillon 3 : Il s'agit de l'eau produite traitée avec la dose optimale de chaux et passée à travers un tube en PVC contenant du charbon actif en grains. Le pH de cet échantillon a également été ajusté à un milieu acide à l'aide d'HCl.

NB : La diminution du pH des échantillons 2 et 3 à un milieu acide à l'aide d'HCl a été réalisée pour assurer les performances du test TOG.

Tableau.28. Récapitulatif des échantillons et de leurs caractéristiques pour le test TOG.

Échantillon	Traitement	Condition	pH
1	Eau produite brute (entrée API)	Agitée et laissée décantée pendant 30 minutes au laboratoire	D'origine Acide (présence de CO ₂ dans le gisement)
2	Eau produite traitée avec dose optimale de chaux	–	Milieu acide (ajusté à l'aide d'HCl)
3	Eau produite traitée avec dose optimale de chaux et passée à travers du charbon actif en grains	–	Milieu acide (ajusté à l'aide d'HCl)

III.8.1. Mode opératoire :

1. Mettre l'appareil sous tension. Assurez-vous que le panneau d'affichage s'allume.

2. Lorsque l'appareil est allumé, l'indication "WARM UP" s'affiche et la lampe reste allumée pendant 30 minutes. Cela permet la stabilisation de l'appareil. Une fois les 30 minutes écoulées, la lampe s'éteint.
3. Introduire 8 ml du solvant S-316 dans l'appareil. Vérifiez la quantité recommandée pour le solvant spécifique que vous utilisez.
4. Prenez 16 ml de l'échantillon que vous souhaitez analyser. Ajoutez quelques gouttes d'HCl (50%) à l'échantillon. Notez que vous devez utiliser la moitié (1/2) de la quantité de solvant par rapport à la quantité d'échantillon utilisée. Vous pouvez utiliser une quantité allant de 1 ml jusqu'à 16 ml d'échantillon, en fonction de l'aspect visuel.
5. Appuyez sur la touche "ENT" (entrer) de l'appareil. Cela déclenchera trois étapes de mesure : agitation, décantation, remplissage de la cellule de mesure et drainage.
6. Attendez que le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil. Le résultat sera exprimé en mg/l. [32]

Assurez-vous de suivre attentivement les instructions spécifiques fournies par le fabricant de l'appareil pour obtenir des résultats précis.



Figure.30. Les étapes de la manipulation TOG. [32]

III.8.2. Résultats et discussion :

Pour l'échantillon 1, avant la décantation, la concentration d'huile et de graisse (HC) est mesurée à 1200 ppm (Donné par unidro) Cependant, après une décantation de 30 minutes, la concentration diminue à 615 ppm. Bien que cette valeur dépasse la limite acceptable de 10 ppm, on doit noter que la décantation a permis de réduire considérablement la teneur en huile et en graisse. Cela confirme l'efficacité de la décantation pour éliminer une partie significative des huiles ayant une vitesse ascendante et un pouvoir de flottation naturels pour des eaux produites de (SBC). Ce résultat renforce donc l'importance d'avoir un réservoir de décantation avant l'API pour améliorer le traitement des eaux produites de SBC.

Pour l'échantillon 2, l'utilisation de la dose optimale de chaux et une décantation de 10 minutes ont permis de réduire la concentration d'huile et de graisse à 17,7 ppm. Bien que cela ne respecte pas la norme, mais démontre les performances remarquables de la chaux dans l'élimination des huiles et des graisses. Il est possible d'ajuster les paramètres de traitement pour atteindre la conformité à la norme.

En revanche, l'échantillon 3 respecte la norme avec une concentration de 8,9 ppm. Cela confirme l'importance de la filtration et de l'adsorption comme phase finale dans le traitement des eaux produites. Ces processus permettent de réduire efficacement la teneur en huile et en graisse(HC), garantissant ainsi la conformité aux exigences réglementaires.

Tableau.29. Résultats test TOG.

Échantillon	Concentration HC (ppm)
1	615
2	17,7
3	8,9

III.9. Spectrophotomètre UV Visible Double Faisceau SHIMADZU UV-19001 :

C'est une technique d'analyse dont le principe est basé sur l'absorption de la lumière par la substance traversée. Le spectrophotomètre utilisé est de marque Shimadzu doté d'un

double faisceau l'un des faisceaux est utilisé comme référence et traverse un « blanc » d'absorbance nulle ou connue, l'autre passe par l'échantillon.

L'objectif de cette expérience est de comparer les caractéristiques d'absorbance des différents échantillons d'eau traitée avec différents procédés de traitement, tels que l'utilisation de la chaux, du flocculant et du charbon actif, ainsi que l'observation des échantillons d'eau brute.

III.9.1. Mode opératoire :

a. On a vérifié que l'appareil à UV ultraviolet était correctement installé et en bon état de fonctionnement.

- On a allumé la lampe UV pour s'assurer qu'elle fonctionnait correctement.
- On a effectué une calibration de l'appareil si nécessaire, en suivant les instructions du fabricant.

b. On a utilisé l'eau distillée pour éliminer les impuretés, réduire les interférences et standardiser l'appareil.

c. On a placé chaque échantillon dans une cuvette en quartz transparente.

d. On a positionné les cuvettes dans l'appareil à UV ultraviolet, en veillant à ce qu'elles soient correctement alignées pour les mesures.

e. On a sélectionné la longueur d'onde appropriée (de 400 nm à 1100 nm) pour les mesures d'absorbance.

f. On a pris les mesures d'absorbance pour chaque échantillon en enregistrant les valeurs correspondantes.

Voici la liste des 9 échantillons d'eau produite avec leur description correspondante dans le tableau suivant :

Tableau.30. Préparation des échantillons pour le test UV.

Échantillon	Description
B	Eau produite brute, entrée API venant des séparateurs triphasés
D	Eau produite brute agitée et laissée décantée au laboratoire pendant 30 minutes
F	Eau produite traitée au laboratoire avec la dose optimale de chaux (décantée pendant 10 minutes)
H	Eau produite après IGF (contenant un coagulant fourni par Unidro)
J	Eau traitée avec de la chaux et un flocculant
L	Eau produite traitée au laboratoire avec la dose optimale de chaux (décantée pendant 10 minutes) et passée à travers un tube en PVC contenant du charbon actif en grains
N	Eau produite avant l'IGF
P	Eau sortie de l'ACF (Activated Carbon Filter) apte à être rejetée dans l'environnement
R	Eau traitée avec de la chaux et un flocculant, passée à travers un tube en PVC contenant du charbon actif en grains

III.9.2. Résultats et discussions :

Les résultats obtenus sont par la spectrophotomètre représentés dans la figure suivante :

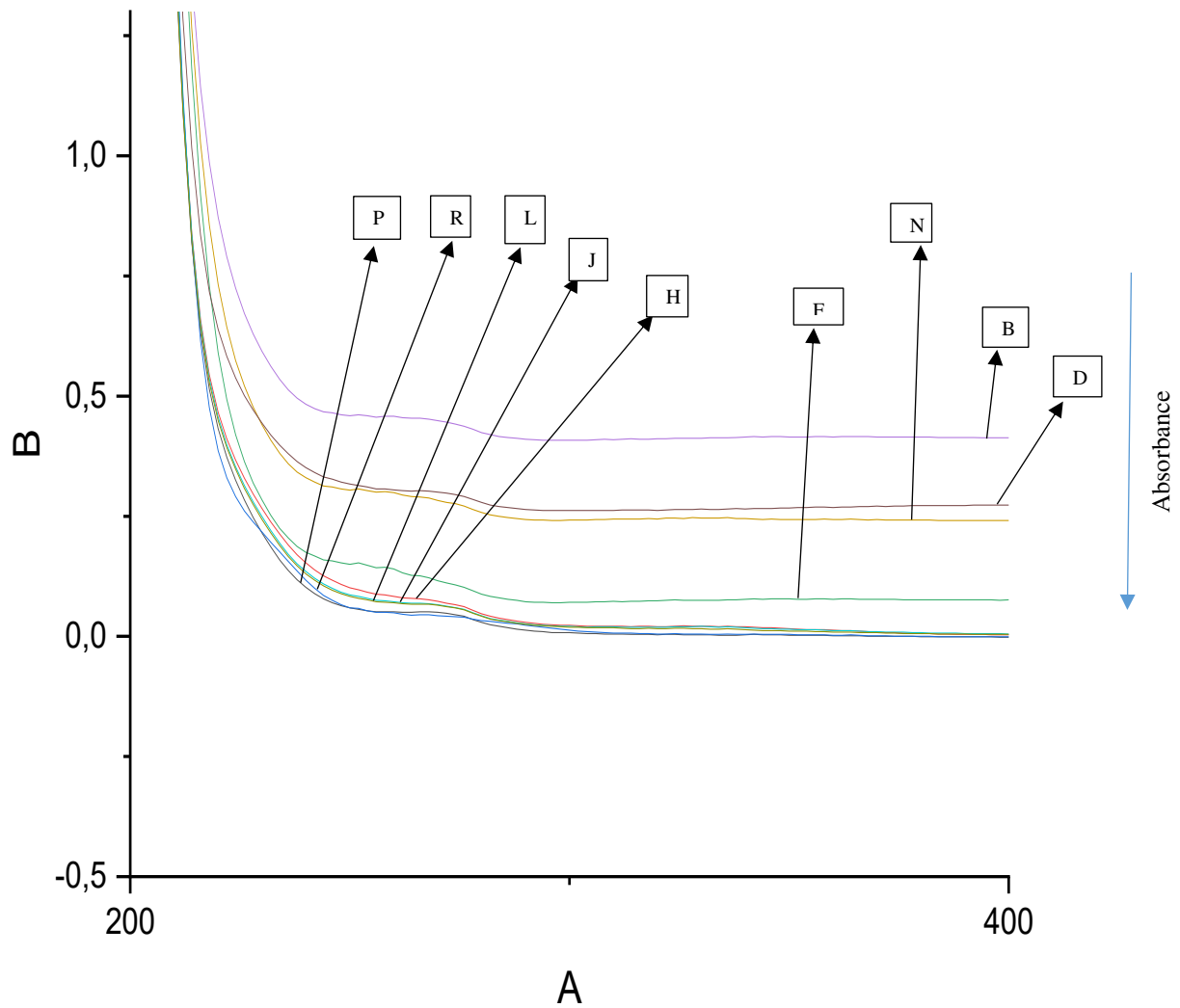


Figure.31. les spectres d'absorbances obtenus.

Les résultats des graphes confirment plusieurs aspects importants liés aux différentes étapes de traitement de l'eau dans la station PWT et au laboratoire. Voici une discussion et des commentaires sur les conclusions tirées des graphes :

1. Importance de la décantation des eaux produites avant l'entrée dans l'API : Les graphes ont montré une nette différence d'absorbance entre l'eau produite brute entrant dans l'API et l'eau produite brute agitée et décantée pendant 30 minutes. Cela renforce l'importance (**de notre proposition**) d'avoir un réservoir de décantation avant l'API pour permettre la séparation des phases et la réduction des contaminants en suspension.

2. Efficacité de la chaux comme coagulant des eaux produites de la station PWT : Les échantillons traités avec la dose optimale de chaux ont montré une réduction significative de l'absorbance par rapport aux échantillons non traités. Cela confirme que la chaux est un coagulant efficace pour agglomérer les particules en suspension et améliorer la clarté de cette eau.

3-Importance du charbon actif comme adsorbant des eaux huileuses : Les échantillons traités avec le charbon actif en grains après la dose optimale de chaux ont montré une diminution notable de l'absorbance, ce qui indique l'efficacité de l'utilisation du charbon actif comme adsorbant pour les contaminants huileux. Cela souligne l'importance d'intégrer l'étape de filtration par charbon actif dans le processus global pour éliminer les hydrocarbures et autres composés organiques présents dans cette eau produite.

4-Rôle renforcé de la flottation comme étape principale (la coagulation) : Les résultats ont montré que la flottation, combinée à la coagulation, joue un rôle clé et essentiel dans l'élimination des matières en suspension et des particules agglomérées. Même si l'utilisation d'un flocculant après l'ajout de chaux a montré une amélioration, la flottation s'est révélée plus efficace pour la séparation des particules dans ce type d'eau. Ces observations renforcent l'importance de maintenir la flottation en tant qu'étape clé du processus de traitement de l'eau dans la station PWT (séparateur IGF).

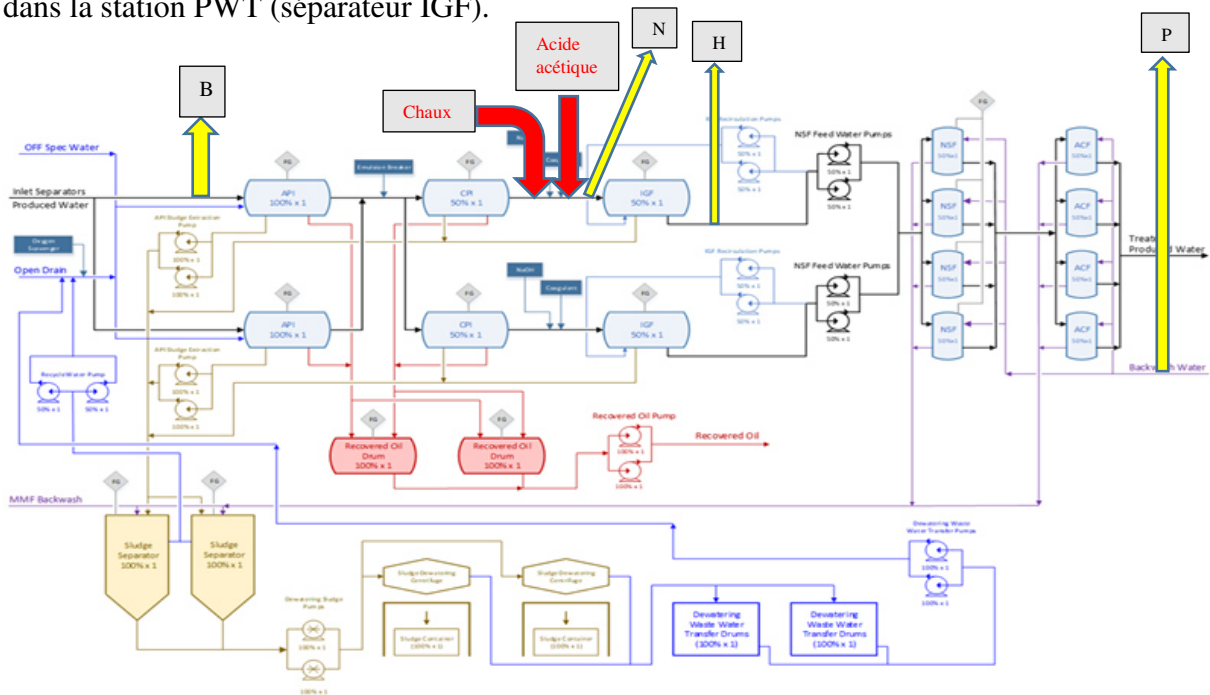


Figure.32. les points des prises des eaux produites et les points de dosage de la chaux et de l'acide acétique.

III.10. Conclusion :

Les résultats obtenus de notre étude à partir des échantillons d'eau produite de SBC ont confirmé l'importance de la décantation préalable à l'API, l'efficacité de la chaux comme coagulant économique sur ces eaux produites, l'importance du charbon actif comme adsorbant des contaminants huileux, et le rôle renforcé de la flottation comme étape principale pour le traitement des eaux produites (huileuse) après la coagulation.

Ces conclusions renforcent les propositions et les pratiques actuelles de traitement de l'eau à la station PWT et fournissent des indications précieuses pour l'amélioration continue du processus de traitement de l'eau.

Conclusion général

*Le plus grand plaisir dans la vie est
de faire ce que les gens pensent que tu ne peut
pas faire.*

Che Guevara

CONCLUSION GENERALE

Dans le domaine environnemental et des technologies de traitement des eaux, en particulier en ce qui concerne les eaux produites dans l'industrie pétrolière et gazière, leur importance en Algérie ne cesse de croître. En tant que spécialistes de ce domaine, il est de notre responsabilité de développer ces technologies dans divers aspects, qu'ils soient techniques ou économiques, et de ne pas dépendre exclusivement des ressources étrangères.

À travers nos études, nous avons conclu que l'efficacité de la chaux en tant que coagulant dans le traitement de ces eaux est élevée. Malgré son effet sur l'augmentation de la valeur de pH, cela n'a pas un impact majeur sur son utilisation, car nos eaux sont généralement acides et il est possible d'ajuster le pH en ajoutant un acide faible. Nous avons également constaté l'importance de l'étape de flottation en combinaison avec la coagulation dans le traitement de ces eaux huileuses. De plus, le rôle de la filtration sur charbon actif est essentiel en tant qu'étape essentielle et finale du processus de traitement. Nous avons également mis en évidence l'importance de notre proposition d'ajouter une pré-décantation en amont de la première étape de la station de traitement.

En investissant dans la recherche et le développement de solutions adaptées, nous pouvons contribuer à la préservation de l'environnement et à une gestion efficace des eaux produites, tout en renforçant notre indépendance nationale dans ce domaine crucial.

Bibliographie

Liste des Références bibliographiques

- [1] "Description de module IV," Manuel, SONATRACH, pp. 1-11.
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonatrach>
- [3] https://www.wikiwand.com/de/Medgaz#Media/Datei:Algeria_pipelines_map.jpg
- [4] <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTiEq6CIVsUfFM2EP8r8oSXpv6hB8bbtVmJiGUHjgzt9Sxi4wNv&fbclid=IwAR3ZL0qFIXaLKFhLvS2jWTtetA57CQzS2uG6xrVZzHLn0MuhNHjf4V63Nkg>
- [5] <https://www.aps.dz/economie/118142-le-premier-ministre-inaugure-a-hassi-r-mel-le-projet-boosting-3?fbclid=IwAR2VsQ-1m3j2R0gFo-mxR-b9RYe7Ub6Yq9y2a-oOvetMcwd4tYqpo2SLElk#:~:text=La%20technique%20utilis%C3%A9e%20consiste%20%C3%A0,des%20installations%20de%20traitement%20existantes>
- [6] https://prezi.com/p/edr-djghm6sn/station-boosting-centre/?fallback=1&fbclid=IwAR2Vpdq7f0nhK4u6n8avmYiBL9ikY99862xAdz_DjsRCxJui8Si1pIKwVA8
- [7] manuel : Design et spécifications techniques module IV, volume 7, SONATRACH.
- [8] N. Bret-Rouzaut and J.-P. Favennec, "Recherche et production du pétrole et du gaz : réservoirs, coûts, contrats. Nouvelle édition revue, actualisée et enrichie," Paris : Technip, 2011.
- [9] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Eau_produite?fbclid=IwAR0-5SEWqzr5BQ-aswCT-vQqOoK-x2RsE-NKLn_9-tyB_f4hg3NacjJCUi8
- [10] Bouchad, J. Franquin, and Institut Français du Pétrole. "Les Traitements des Eaux dans l'Industrie Pétrolière." Paris Cedex 16 : Technip, 1972.
- [11] TOTAL. "Exploration et production, le processus, les eaux de rejet, Manuel de formation, Cours EXP-PR-PR190, dernière révision 0,1." Mai 2007.
- [12] UNIDRO S.P.A., "Manual d'opération et de maintenance pour 3009-Z-961," Boosting Phase III, lieu : Hassi R'Mel (Algérie), 21 janvier 2020.
- [13] <https://fr.forain.net/products/filtration-et-separation/separateurs-triphases>
- [14] UNIDRO S.P.A., "Vessel Data Sheet - API SEPARATOR for 3003-Z-961," Doc. No. V-215A-801-A-030L, Unidro Doc. No. 1375-31-D111-01, Hassi Rmel Boosting Phase III Project - Algérie, Training pour les opérateurs, produced water treatment (PWT) package, 2020.
- [15] <https://unidro.com/api-separators/>
- [16] UNIDRO S.P.A., "Vessel Data Sheet - CPI SEPARATOR for 3003-Z-961," Doc. No. V-215A-801-A-031L, Unidro Doc. No. 1375-31-D111-02, Hassi Rmel Boosting Phase III Project - Algérie, Training pour les opérateurs, produced water treatment(PWT) package, 2020.

[Références]

[17] <https://unidro.com/cpi-coaleser>

[18] UNIDRO S.P.A., "Vessel Data Sheet - IGF SEPARATOR for 3003-Z-961," Doc. No. V-215A-801-A-032L, Unidro Doc. No. 1375-31-D111-03, Hassi Rmel Boosting Phase III Project - Algérie, Training pour les opérateurs, produced water treatment (PWT) package, 2020.

[19] <https://unidro.com/what-we-do/engineered-products/flotators/>

[20] "Tank Drawing-OXYGEN SCAVENGER TANK for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des réservoirs atmosphériques - RESERVOIR D'INJECTION OXYGEN SCAVENGER, doc.no. V-215A-801-A-061C - Unidro).

[21] "Machinery Drawing - Dosing Pumps for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des machines - Pompes de dosage, doc. no. V-215A-801-A-121C - Unidro).

[22] "Tank Drawing - CAUSTIC SODA TANK (GRP) for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des réservoirs atmosphériques - RESERVOIR DE SOUDE CAUSTIQUE- GRP, doc. no. V-215A-801-A-057C - Unidro).

[23] "Tank Drawing-EMULSION BREAKER TANK for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des réservoirs atmosphériques - RESERVOIR DE BRISEUR D'EMULSION, doc no. V-215A-801-A-056C - Unidro).

[24] "Tank Drawing COAGULANT TANK for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des réservoirs atmosphériques - RESERVOIR DE COAGULANT, doc. no. V-215A-801A-062C - Unidro).

[25] "Tank Drawing - POLY PREPARATION TANK for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble des réservoirs atmosphériques - RESERVOIR POUR LA PREPARATION DE POLYELECTROLYTE, doc. no. V-215A-801-A-060C - Unidro).

[26] "Assembly Drawing - NUTSHELL FILTER for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble, doc. no. V-215A-801-A-065C - Unidro doc. no. 1375-21-D151-04).

[27] "Assembly Drawing - ACF for 3009-Z-961," (Plan d'ensemble, doc. no. V-215A-801-A-066C - Unidro doc. no. 1375-21-D151-05).

[28] "Machinery Drawing - Sludge Centrifuges for 3009-Z-961," (Plan de détail des machines - Centrifuges pour la Déshydratation des Boues, doc. no. V-215A-801-A-105C - Unidro doc,no. 1375-21-M121-07).

[29] "MSDS for Filter Media for Produced Water Treatment Package," (Fiches de données de sécurité des média filtrants, doc. no. V-215A-801-A-450 - Unidro doc. no. 1375-01-L811-01).

[30] UNIDRO S.P.A, " 4d-4_PWT_package_normal_operation" Hassi Rmel Boosting Phase III Project - Algérie, Training pour les opérateurs , produced water treatment (PWT) package, 2020.

[31] UNIDRO S.P.A, " 5d-1_PWT_package_Much_Low_flow " Hassi Rmel Boosting Phase III Project - Algérie, Training pour les opérateurs, produced water treatment (PWT) package, 2020.

[32] Laboratoire SBC III hassi r'mel.

Annexe

Annexe

1. Des images réels :

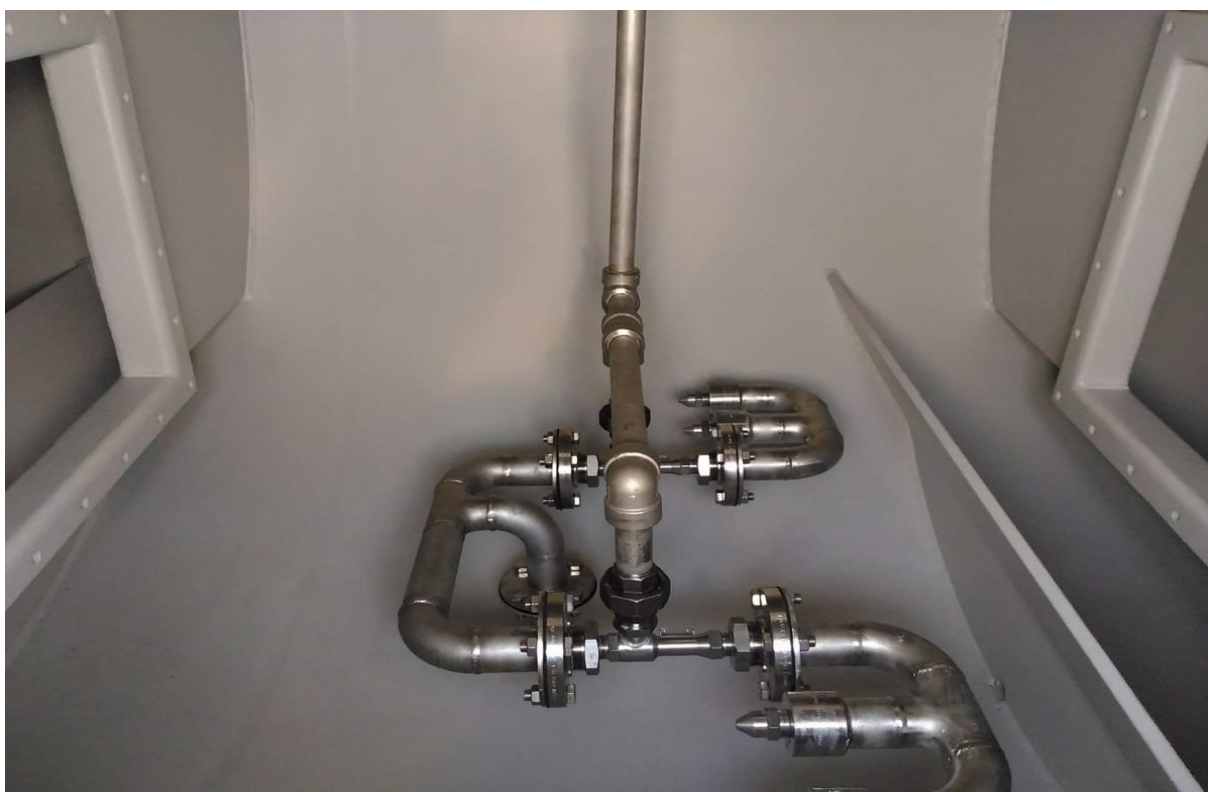
1/API :



2/CPI :



3/IGF :



4/Station PWT (source unidro) :



2. Résolution des problèmes sur l'eau produite traitée hors spécification :

I. Eau produite traitée hors spécification (off spec treated PW) :

Si les paramètres de l'eau produite traitée à la sortie de l'unité PWT (3009-TP-009) ne reflètent pas la qualité attendue, se reporter à la procédure suivante:

1. Contrôler le débit à l'entrée de l'unité

Est-ce qu'il correspond aux paramètres de projet ?

1.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

1.2. NON: Est-il majeur que le paramètre de projet?

1.2.1. OUI: les paramètres de processus de l'unité pourraient nécessiter du réglage. Veuillez contacter le Vendor pour assistance.

1.2.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

2. Contrôler la qualité de l'eau à l'entrée de l'unité.

Est-ce que la qualité correspond aux paramètres de projet?

2.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

2.2. NON: les paramètres de processus de l'unité pourraient nécessiter du réglage. Veuillez contacter le Vendor pour assistance.

3. Contrôler l'état des unités de dosage de produits chimiques.

Est-ce que les produits chimiques sont présents dans les réservoirs de stockage?

3.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

3.2. NON: remplir les réservoirs de stockage avec les produits chimiques.

4. Contrôler l'état des produits chimiques.

Est-ce que les produits chimiques sont en bon état (non détériorés) est-ce que les produits chimiques sont corrects?

4.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

4.2. NON: renouveler les produits chimiques/remplir avec les produits corrects.

5. Contrôler l'état des transmetteurs de débit (FT-9632, FT-9633A/B, FT-96336A/B).

Est-ce que les transmetteurs fonctionnent correctement ?

5.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

5.2. NON: étalonner/configurer/réparer les FT défectueux

6. Contrôler l'état des analyseurs de pll (AT-9631A/B).

Est-ce que les analyseurs (AT-9631A/B) fonctionnent correctement?

6.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

6.2. NON: étalonner/configurer/réparer le AT défectueux

7. Contrôler l'état des pompes de dosage.

Est-ce que les pompes de dosage fonctionnent correctement ?

7.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

7.2. NON: réparer la pompe défectueuse.

8. Contrôler les débits de produits chimiques.

Est-ce que les débits de produits chimiques sont corrects?

8.1. OUI: contrôler la qualité d'eau à la sortie

Est-ce qu'elle est dans les paramètres de projet ?

8.1.1. OUI: FIN de la procédure de résolution de problèmes.

8.1.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

8.2. NON: Reset des paramètres des contrôleurs de rapport de débit.

9. Contrôler la qualité de l'eau produite en aval des Séparateurs API (Z-001A/B).

Est-ce qu'elle est dans les paramètres de projet?

9.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

9.2. NON: Le réglage du seuil intérieur du API Separator (Z-001A/B) peut être requis. Contacter les spécialistes pour assistance.

10. Contrôler la qualité de l'eau produite en aval des Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B/C/D).

Est-ce qu'elle est dans les paramètres de projet?

10.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

10.2. NON: Vérifier le niveau de liquide dans la boîte des huiles (LI-9637A/B) du Séparateur IGF (Z-003A/B).

Est-ce qu'il est dans les paramètres de projet?

10.2.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

10.2.2. NON: si nécessaire, étalonner/configurer/réparer les paramètres du transmetteur.

11. Vérifier la pression différentielle entre les unités NSF (Z-004A/B/C/D).

Est-ce que PDI-9631 est dans les paramètres de projet?

11.1.OUI: procéder avec l'étape suivante.

11.2. NON: vérifier le débit à travers chaque unité NSF en service (Z-004A/B/C/D) avec FG-9633A/B/C/D. Commencer le contre-lavage sur l'unité NSF (Z-004A/B/C/D) avec le débit d'entrée le plus bas.

11.2.1. Les débits d'eau de contre-lavage (entrée et sortie) sont-ils correct pendant toute la phase (FIC-9637, FIC-9640)?

11.2.1.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

11.2.1.2. NON: ajuster le débit de contre-lavage d'entrée/sortie selon les chiffres de projet.

11.2.2. Est-ce que la pression du fuel gaz est dans la plage de projet pendant les phases de contre- lavage?

11.2.2.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

11.2.2.2. NON: réguler la pression du fuel gaz selon les chiffres du projet.

12. Vérifier la pression différentielle entre les unités ACF (7-005A/B/C/D).

Est-ce que le valeur de PDI-9632 est dans les paramètres de projet?

12.1. OUI: recommencer la procédure de résolution de problèmes du point I ou contacter le Vendor pour assistance.

12.2. NON: vérifier le débit à travers chaque unité ACF en service (Z-0054A/B/C/D) avec FG- 9634A/B/C/D. Remplacez le média et démarrer le contre-lavage sur l'unité ACF (Z-005A/B/C/D) avec le débit d'entrée le plus bas.

12.2.1. Pendant le contre-lavage, le débit de l'eau de contre-lavage est-il conforme aux paramètres de projet (FIC-9640)?

12.2.1.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

12.2.1.2. NON: réguler le débit de contre-lavage selon les chiffres du projet.

13. Vérifier encore l'eau produite traitée de l'unité PWT (3002-TP-009).

Est-ce qu'elle est encore hors des paramètres de projet?

13.1. OUI: recommencer la procédure de résolution de problèmes du point 1 or ou contacter le Vendor pour assistance.

13.2. NON: FIN de la procédure de résolution de problèmes.

II. Haut Débit différentiel entre les trains A et B des Séparateurs CPI et IGF :

En cas d'haut alarme différentielle liée au débit d'eau produite (PW) entre les trains A et B des Séparateurs CPI et IGF, se reporter à la procédure suivante:

1. Contrôler le niveau de liquide des Séparateurs IGF (Z-003A/B).

Pour chaque Séparateur IGF (Z-003A/B), est-ce que le niveau de liquide est dans les paramètres de projet?

1.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

1.2. NON: Est-ce qu'il y a des pertes du Séparateur IGF (Z-003A/B)?

1.2.1. OUI: identifier et éliminer la cause des pertes.

1.2.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

2. Contrôler les lignes en entrée et sortie entre les Séparateurs CPI (Z-002A/B) Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B et P-001C/D).

Est-ce qu'il y a des pertes des lignes d'eau produite?

2.1. OUI: identifier et éliminer la cause des pertes.

2.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

3. Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B et P-001C/D).

Est-ce que les Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B/C/D) sont en fonction?

3.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

3.2. NON: Ajustez les réglages des contrôle loops afin de démarrer automatiquement les 3. Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B and P-001C/D) selon la logique. Si nécessaire, changer la sélection de la pompe en service (HS-9642A/B).

4. Contrôler la pression de décharge (PG-9642/B/C/D) des Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B and P-001C/D).

Est-ce qu'elle est dans les paramètres de projet?

4.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

4.2. NON: Contrôler la performance des Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001 A/B/C/D).

4.2.1. Est-ce qu'elles fonctionnent comme prévu (c'est-à-dire selon les courbes du fabricant)?

4.2.1.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

4.2.1.2. NON: changer la sélection de la pompe de l'Eau d'Alimentation IGF NSF en service (P-001A/B/C/D) (HS-9642A/B).

5. Contrôler le strainer en entrée des Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P-001A/B/C/D).

Est-ce que la perte de pression du strainer (PG-9643A/B/C/D) est conforme aux paramètres de projet?

5.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

5.2. NON: nettoyer le strainer en entrée des Pompes de l'Eau d'Alimentation IGF NSF (P001A/B/C/D).

6. Contrôler le niveau de liquide dans les chambres de collecte (L1-9633A/B) des Séparateurs PI (Z-002A/B).

Les niveaux de liquide sont-ils très différents ou hors des paramètres de projet?

6.1. OUI: vérifiez les conditions des mixers statiques (LM-003A/B) and contactez le Vendor pour assistance.

6.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

7. Contrôler le niveau de liquide dans les Séparateurs CPI (Z-003A/B).

Pour chaque Separator CPI (Z-002A/B), est-ce qu'il est dans le paramètres de projet?

7.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

7.2. NON: Est-ce qu'il y a des pertes des Séparateur CPI (Z-003A/B)?

7.2.1. OUI: identifier et éliminer la cause des pertes.

7.2.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

8. Contrôler à nouveau la différence de débit d'eau produite (PW) entre les trains A et B des Séparateurs CPI et IGF.

Est-ce qu'elle est hors des paramètres de projet (FDA-9633AA)?

8.1. OUI: recommencer la procédure de résolution de problèmes du point I ou contacter le Vendor pour assistance.

8.2. NON: FIN de la procédure de résolution de problèmes.

III. Boues Off spec aux Containers des Boues (SD-001A/B)

En cas de production de boues anormale par les Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B).

1. Contrôler les boues déchargées à la sortie des Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-00A/B).

N'y a-t-il pas de boues déshydratées?

1.1. OUI: contrôler si les lignes de bous sont sales ou bouchées. Si nécessaire, les-déboucher.

1.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

2. Contrôler la qualité des boues à l'entrée Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE- 001A/B).

Y at-il seulement de l'eau (pas de boue, ni de solides) déchargés dans les Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B)?

2.1. OUI: vérifier la qualité de l'eau produite (PW) à l'entrée de l'unité PWT. Est-ce que le total des solides en suspension est plus bas que le paramètres de projet? 2.1.1.1. OUI: réduire la fréquence de déshydratation des boues. FIN de la procédure de résolution de problèmes.

2.1.1.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

2.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

3. Contrôler le fonctionnement des Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B).

Est-ce qu'elles fonctionnent correctement ?

3.1. OUI: procéder avec l'étape suivante.

3.2. NON: contacter le Vendor pour assistance.

4. Contrôler le système de préparation et d'injection de polyelectrolytes.

Est-ce que la solution de polyelectrolyte diluée est correctement préparée?

4.1. procéder avec l'étape suivante.

4.2. NON: ajuster le réglage de l'unité de préparation et d'injection de polyelectrolyte. Si nécessaire, contacter le Vendor pour assistance.

5. Contrôler les eaux déchargées des Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B) aux Réservoir d'eau de décharge de déshydratation (D-002A/B).

Y a-t-il des boues dans les eaux déchargées aux Réservoir d'eau de décharge de déshydratation (D-002A/B)?

5.1. OUI: Contrôler les Centrifuges pour la Déshydratation des Boues (DE-001A/B) et contacter le Vendor pour assistance.

5.2. NON: procéder avec l'étape suivante.

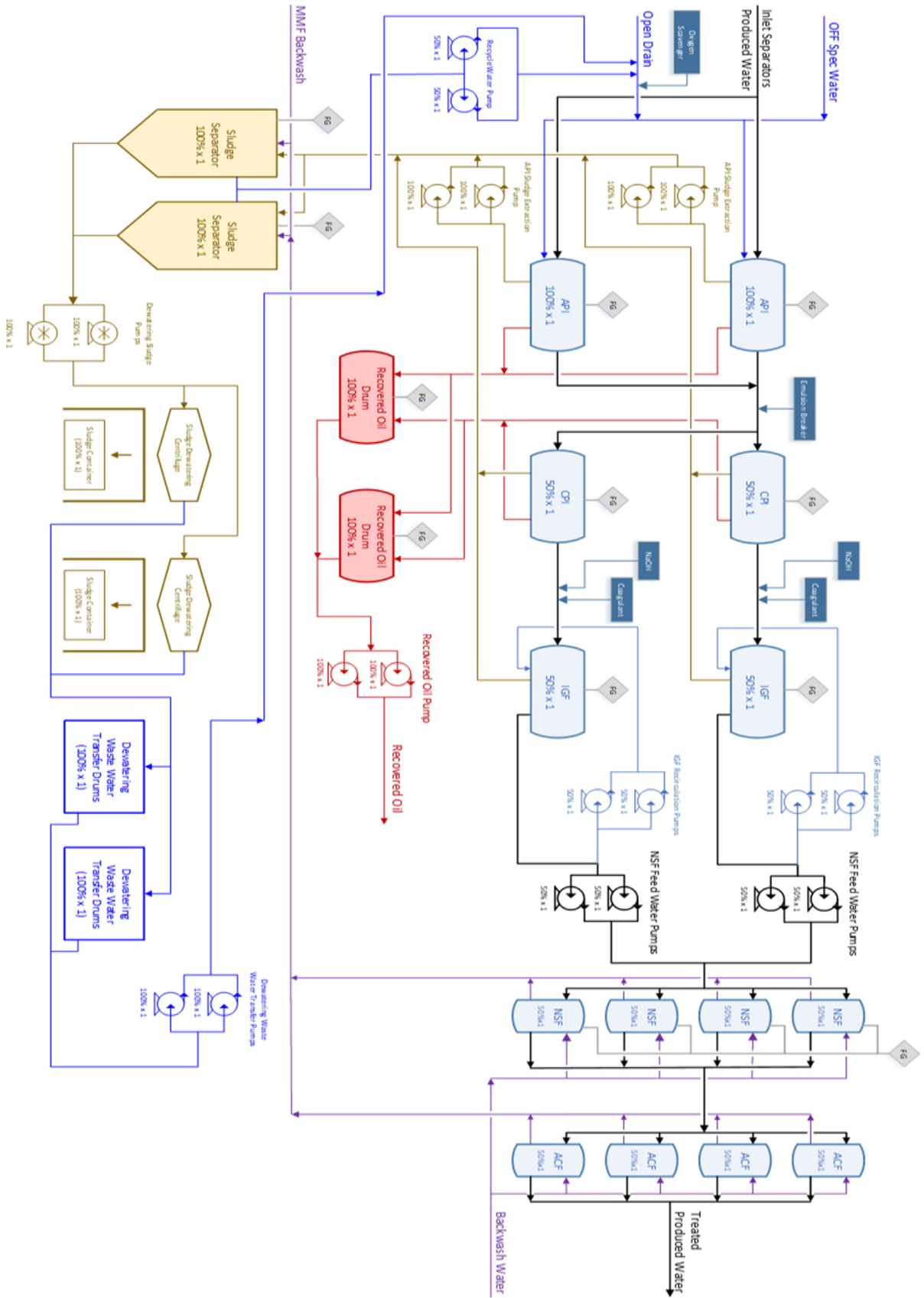
6. Contrôler à nouveau la qualité des boues à la sortie des Centrifuges pour la Déshydratation Boues (DE-001A/B).

La production de boues se produit-elle comme prévu ?

8.3. YES: FIN de la procédure de résolution de problèmes.

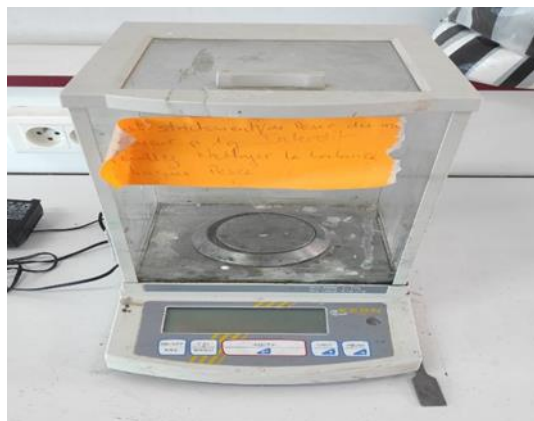
8.4. NON: recommencer la procédure de résolution de problèmes du point I ou contacter le Vendor assistance.

3. Shéma PFD :



4. Matériel utilisé dans la partie expérimentale :

La balance :



L'appareil sous-vide :



L'étuve :



Le spectrophotomètre :



Le jart test :



5. Expérience supplémentaire :

On a mené une autre expérience (étude) sur l'utilisation de la dose optimale de la chaux comme coagulant sur un échantillon prélevé avant l'API (avant l'émulsion brecker) et passé sur le filtre à charbon actif en PVC après une décantation de 10 minutes. Les résultats obtenus sont les suivants :

Échantillon	MES (ppm) (Laboratoire de ST, Université BBA)	TOG (ppm) (Centre de Recherche et Développement de Boumerdes, CRD)
Pré-API	32	13

Ces résultats suggèrent la possibilité de ne pas utiliser l'émulsion brecker et le filtre à coquille de noix (NSF) dans la station de traitement des eaux (PWT) de SBC III à Hassi Rmel. Toutefois, il est essentiel de noter que ces résultats doivent être confirmés par des études supplémentaires. De plus, il convient de prendre en compte le faible débit actuel de 23 m³/h, car cela peut influencer les performances du traitement, notamment en ce qui concerne les émulsions et la diminution des émulsifiants. Par conséquent, il est nécessaire de mener davantage de recherches afin d'évaluer l'efficacité à long terme de l'utilisation de la chaux comme coagulant dans ces conditions spécifiques.

En plus, d'après l'efficacité approuvée de la chaux, confirmée par nos études sur les MES, nous confirmons la possibilité d'utiliser la chaux dans les différentes phases, telles que les réservoirs existants ou les réservoirs que nous avons proposés.

6. Description et détail des procédés de NSF :

DESCRIPTION		OPERATING STATUS		SERVICE OPERATION AND BACKWASH									
		W	S	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9
STEP STATUS		WAIT	SERVICE	WAIT	PAUSE	LEVEL LOWERING	PAUSE	GAS SCOURING	MOIST PHASE SCOURING	PAUSE	BACKWASH	SETTLING	PRE-RUN
OPERATING STATUS		W	S	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9
STEP		W	S	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DURATION (1)		min	12 h	-	1	4	1	1	2	1	12	2	10
PRODUCED WATER (INCL. RECYCLES)		m ³ /h	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5
PRODUCED WATER (EACH FILTER)		m ³ /h	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FUEL GAS FLOW RATE		bar	-	-	-	59 - 69	-	146 - 170	150 - 180	-	-	-	-
FUEL GAS PRESSURE		bar	-	-	-	2.4	-	1.1	1.2	-	-	-	-
BACKWASH WATER FLOW RATE		m ³ /h	-	-	-	21.5	-	-	46	-	40	-	41
BACKWASH WATER VOLUME		m ³	-	-	-	1.4	-	-	1.4	-	8	-	6.9
SEQUENCE VALVE													
NUTSHELL FILTER Z-004A													
XV/9031A		FUEL GAS SCOURING EXT											
XV/9032A		FUEL GAS LEVEL LOWERING INLET											
XV/9033A		SERVICE / PRE-RUN INLET											
XV/9034A		BACKWASH OUTLET											
XV/9035A		BACKWASH INLET											
XV/9036A		LEVEL LOWERING / PRE-RUN OUTLET											
XV/9037A		SERVICE OUTLET											
XV/9038A		FUEL GAS SCOURING INLET											
XV/9039A		SLUDGE SEPARATOR BACKWASH WASTE WATER INLET											
PM/001 A/B/C/D		100% FEED WATER PUMPS											
PM/002 A/B		WELL INJECTION TRANSFER PUMP											
EQUIPMENT & COMMON FACILITIES													

Refer to: V-215A-801-A-020C, Sheet 09
 (1) Normal conditions: 0°C, 1.013 bara



Sequence Chart for 2009-Z-961
 HASSI RWEL BOOSTING PHASE III PROJECT
 NUTSHELL FILTERS Z-004A

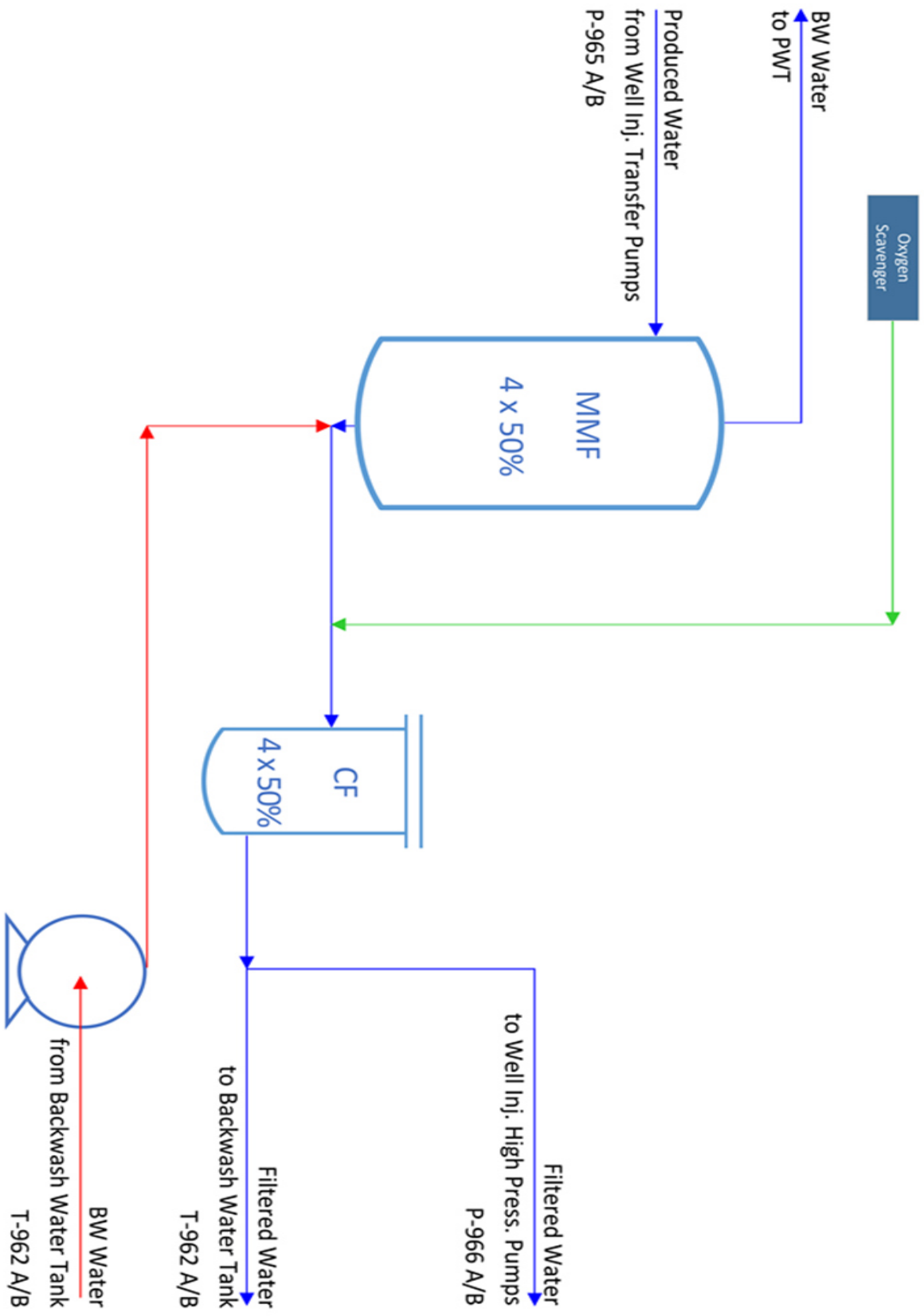
Company Doc No: 0-15717-215A-801-A
 Contractor Doc No: V-215A-801-A-020C
 Vendor Doc No: 1375-215A-801-A
 SHEET 10 OF 27

REV 4

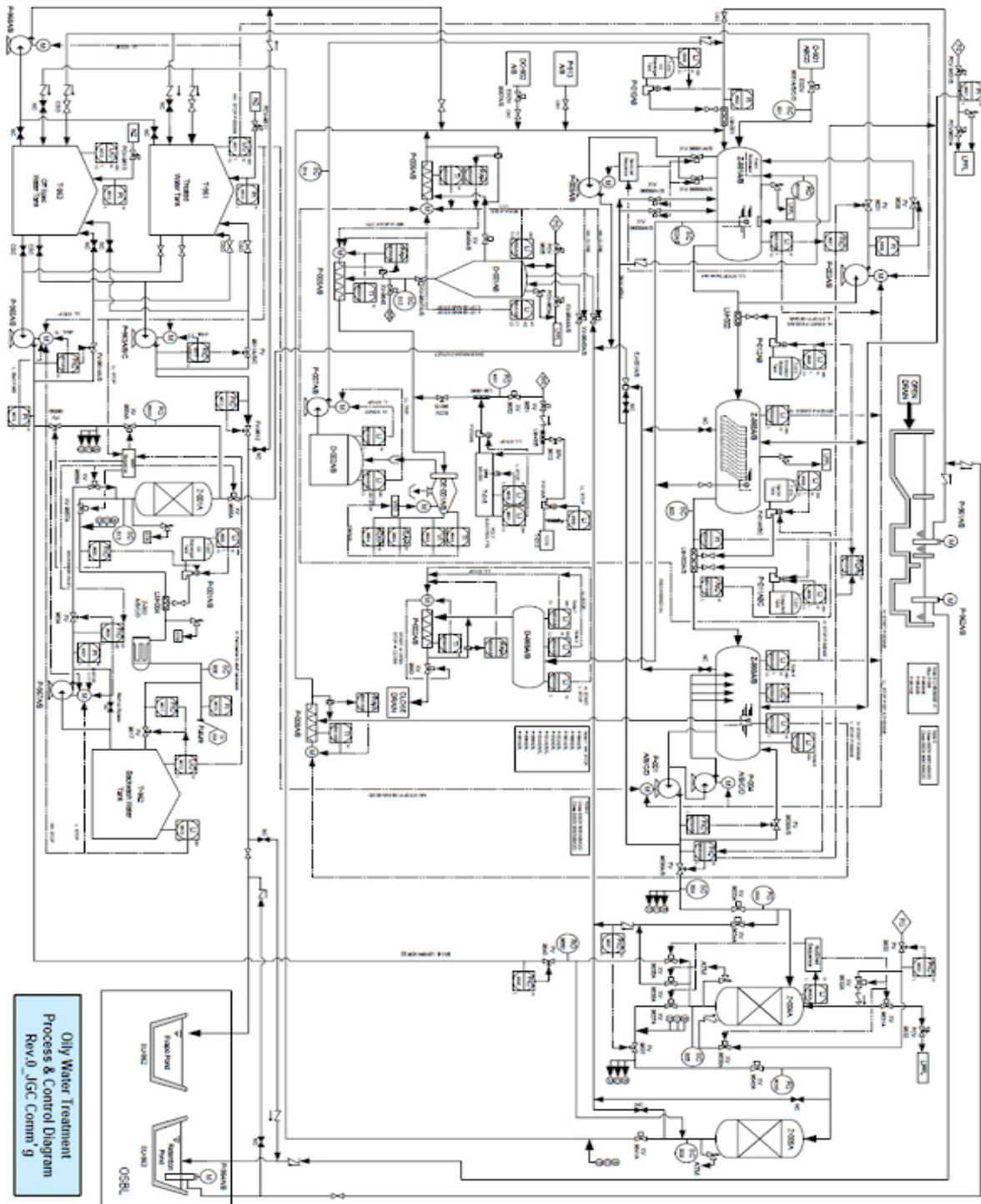
7. Inlet produced water quality :

Parameter		Concentration
		Design [mg/l]
Hydrocarbons	mg/l	1200
Inorganic contaminants		
Total Dissolved Solids (TDS)	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
Mercury (Hg)	mg/l	Trace
Potassium (K)	mg/l	220
Sulfate (SO ₄)	mg/l	50
Bicarbonate (HCO ₃)	mg/l	170
Calcium (Ca)	mg/l	6600
Magnesium (Mg)	mg/l	870
PH	-	4.5 - 6.5
Suspended Solids	mg/l	120
Kjeldahl Nitrogen	mg/l	< 30
Total Phosphorus	mg/l	< 10
Density	kg/ m ³	1150

8. Shéma PWF :



9. PID de PWT :



10. Vue d'ensemble PWT :

