



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



Faculté de Technologie
Département de Pétrochimie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière: Industries Pétrochimiques

Spécialité: Raffinage et Pétrochimie

Optimisation des paramètres opératoires du cyclo-séparateur pour l'amélioration du traitement des eaux huileuses du centre GS1

Réalisé par:

- Mlle Fatma Zahra CHAABNA

Encadré par:

Dr. Manel HALLASSI
Pr. Rafik BENRABAA

Année Universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie Dieu tout puissant qui m'a donné la force de mener à terme ce travail.

Je remercie sincèrement mes encadrants Dr Manel HALLASSI et Mr BENRABAA Rafik, Enseignant-chercheur à l'Université Chadli BENDJEDID-El Taref Vice-Recteur chargé de la formation supérieure de Post-Graduation, de l'Habilitation Universitaire et de la Recherche Scientifique, de m'avoir encadrée et dirigée.

Et mes sincère gratitude pour lui aussi de m'avoir suivi durant la période de préparation de ma mémoire, son aide, précieux conseils, ses remarques pertinentes et surtout pour le temps qu'il m'a accordé et ceci, malgré ses nombreuses charges.

Le travail présenté dans cette thèse a été effectué au niveau du centre GS01, J'exprime mes profonds gratitudeux aux personnels du centre de m'avoir accepté et de m'apporter de l'aide.

- *Ingénieur d'exploitation Mr TALEB Youcef et le contremaître de laboratoire Mr BOUZITOUNE Moustafa*
- *Tous les ingénieurs et techniciens du centre GS01*

Je tiens à remercier tous les enseignants du département Pétrochimie qui m'ont aidées par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de mon cursus.

Mes derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

DEDICACE

Je dédie cet humble travail à mes chers parents qui m'ont soutenue durant toute ma vie et auxquels je leurs dois tout ce que je suis aujourd'hui.

Je le dédie aussi à mes deux Sœurs NOUR et BELKIS pour leurs encouragements et soutiens.

« Que Dieu les protèges »

A mes grands parents

A mes chers oncles et cheres tantes

A mes cheres amies et chers amis

Un spéciale dédicace à ma chere chatte MASHA

Je le dédie également aux merveilleuses personnes que j'ai connues durant mes cinq année d'étude.

Merci Dieu.

Liste des abréviations :

INT : Introduction

MES : Matière en suspension

AR : Agreb

GEA : Gassi el Agreb

HP : Haute pression

BP/LP: Basse pression/ Low pressure

RVP: Reid vapeur pressure

OOS: Oil optimisation system

VRU : vapeur recovery unit

DCS : Distributed control system

KOD : Knock out drum

OIW : Oil in water

F_g : Force de gravité

F_c : Force centrifuge

m_p : Masse de la particule

ρ_p : Masse volumique de la particule

d_p : Diamètre de la particule

g : Gravité

ω : vitesse de rotation de la particule

D_c : Diamètre de l'hydrocyclone

D_u : Diamètre de la sousverse

θ : Angle du cône

Q_f : Débit d'alimentation

φ/C_w : Concentration en solides

ΔP : Chute ou perte de pression

P_e : Pression d'entrée

P_{ss} : Pression de sortie des solides

ε_s : L'efficacité de la separation

d_{50} : Diamètre de coupure

F : Rapport de fonctionnement du débit

P_e, P_{ss}, P_{si} : Pression d'entrée

η_d : L'efficacité de la séparation

C_d : Concentration d'huile à la sortie

η_t : L'efficacité totale

D_o : Diamètre de la surverse

Q_e, Q_{ss}, Q_{si} : Débits volumiques

C_{pe}, C_{ps}, C_{pi} : Concentrations à l'entrée

Liste des tableaux :

Tableau II.1 Evolution de la géométrie de l'hydrocyclone déshuileur	41
Tableau IV.1 : Données du Design	58
Tableau IV.2 : Performances du cyclo-séparateur	58
Tableau IV.3 : Normes exigées de l'eau produite	59
Tableau IV.4 : Résultats d'analyses de l'eau produite au cours du temps	59
Tableau IV.5 : Résultats d'analyses de débit et pression au cours du temps	61
Tableau IV.6 : Résultats de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite à l'entrée du cyclo-séparateur	62
Tableau IV.7 : Résultats de la teneur en MES à l'entrée du cyclo-séparateur	63
Tableau IV.8 : Résultats de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur	64
Tableau IV.9 : Quantité d'MES dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur	65
Tableau IV.10 : Résultats d'analyses de l'eau produite du cyclo-séparateur du centre WEST AGREB	66
Tableau IV.11 :Résultats d'analyses de l'eau traitée à la sortie des bacs tampons	70
Tableau IV.12 : Les caractéristiques de la pompe données par le simulateur ASPEN HYSYS	73

Liste des figures :

Figure 1 : Différentes trajectoires d'une particule contenue dans un fluide sous l'effet du mouvement rotationnel à vitesse élevée (principe de fonctionnement des cyclones)	3
Figure I.1 : Situation géographique du champ GASSI EL AGREB	8
Figure I.2 : Unité de séparation du centre GS1	9
Figure I.3 : Séparateur haute pression 10-V-27000	9
Figure I.4 : Equipement de nettoyage de sable du séparateur 10-V-27000, Le MERPRO	10
Figure I.5 : Schéma du procédé de nettoyage de sable du séparateur	10
Figure I.6 : Séparateur basse pression 10-V-255	11
Figure I.7 : Bac de stockage d'huile avec un dégazeur	11
Figure I.8 : Unité d'optimisation d'huile	12
Figure I.9 : Four de l'unité de d'optimisation 12-HF-20400	12
Figure I.10 : Echangeurs de chaleur 12-X-20400A/B	13
Figure I.11 : Schéma du DCS exposant l'unité VRU	14
Figure I.12 : Schéma interne d'un compresseur centrifuge multi- étage	15
Figure I.13 : Schéma des compresseurs 23-K-201/211	15
Figure I.14 : Schéma des compresseurs 23-K-202/222	16
Figure I.15 : Schéma de l'unité de récupération de condensat	17
Figure I.16 : Schéma interne du cyclo-séparateur	18
Figure I.17 : Deux bacs de stockage 40-T-230/231	19
Figure I.18 : Deux pompes BOOSTER 40-P-201A/B	19
Figure I.19 : Deux Filtres 40-F-201A/B	20
Figure I.20 : Skid d'injection de produit chimique	20
Figure I.21 : Pompes d'injection d'eau produite 40-P-202A/B	21

Figure II.1 : Organigramme de différentes classes des eaux usées industrielles	23
Figure II.2 : Gravité et force centrifuge	26
Figure II.3 : Cyclo-séparateur (centre GS1)	28
Figure II.4 : Dessin interne d'un Cycloséparateur	28
Figure II.5 : Spiralsep	29
Figure II.6 : Section coupée avec une vue en dessous de la section Pack	30
Figure II.7: Photo d'une pompe DGF prise au sein de GS1	31
Figure II.8 : Photo montrant le piquage de gaz	31
Figure II.9: Schéma illustrant l'acheminement de la charge	32
Figure II.10 : Hydrocyclone	33
Figure II.11 : Géométrie et principe de fonctionnement d'un hydrocyclone	34
Figure II.12 : Fonctionnement de l'hydrocyclone déshuileur	38
Figure II.13 : Géométrie de l'hydrocyclone déshuileur	38
Figure II.14 : Evolution de la géométrie de l'hydrocyclone déshuileur	40
Figure II.15 : Courbe typique de l'effet du débit sur l'efficacité de séparation	42
Figure III.1 : Teneur en hydrocarbures et en matières en suspension dans l'eau sortie cyclo-séparateur	47
Figure III.2 : Influence du débit d'alimentation sur la qualité d'eau sortie cyclo-séparateur	48
Figure IV.1 : Courbe de la teneur en hydrocarbure et débit en fonction du temps $OIW = f(t)$	60
Figure IV.2 : Courbe de matières en suspension et débit en fonction du temps $MES = f(t)$	60
Figure IV.3 : Courbe de pression d'alimentation et débit en fonction du temps $P = f(t)$	61
Figure IV.4 : Variation de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite à l'entrée du cyclo-séparateur en fonction du temps $OIW IN = f(t)$	62
Figure IV.5 : Variation de la teneur en MES à l'entrée du cyclo-séparateur en fonction du temps $MES IN = f(t)$	63
Figure IV.6 : Teneur en hydrocarbures dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur en fonction du temps $OIW = f(t)$	64
Figure IV.7 : Quantité d'MES dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur en fonction du temps $MES = f(t)$	65

Figure IV.8 : Variation de la teneur en huile à la sortie du cyclo-séparateur en fonction de la pression d'entrée	67
Figure IV.9 : Variation de la teneur en huile à la sortie du cyclo-séparateur en fonction du débit d'entrée	67
Figure IV.10 : Propositions à faire pour l'amélioration de la qualité d'eau traitée	69
Figure IV.11 : Schéma des différentes hauteurs géométriques de la pompe centrifuge	71
Figure IV.12 : Simulation de la pompe proposée	73
Figure IV.13: La courbe caractéristique de la pompe proposée donnée par le logiciel ASPEN HYSYS	74
Figure IV.14 : L'emplacement du nouveau système de prétraitement proposé avant le cyclo-séparateur (vue de haut)	75

Table des matières :

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes des annexes

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I Description de la zone d'étude	5
I.Présentation du champ	6
I.1 Description du processus de traitement d'huile du centre GS1	8
I.1.1 Circuit d'huile	8
I.1.1.1 Unité de séparation	8
I.1.1.2 Unité du système de stabilisation de l'huile (OOS)	11
I.1.2 Circuit de gaz	13
I.1.2.1 Unité de récupération des vapeurs VRU	14
I.1.2.2 Unité de compression	14
I.1.2.2.1 Compression à basse pression	15
I.1.2.2.2 Compression à haute pression	15
I.1.2.3 Unité de récupération de condensat	16
I.1.3 Circuit d'eau produite	17
CHAPITRE II Généralité sur l'eau dans l'industrie pétrolière	22
II.1.Généralité sur l'eau dans l'industrie pétrolière	23
II.1.1Introduction	23
II.1.2. Eaux industrielles	23
II.1.2.1. Différents types d'eaux usées industrielles	23
II.1.3. Eaux huileuses	24
II.1.3.1. Définition des eaux huileuses	24

II.1.3.2.Caractérisation des eaux huileuse pétrolières	24
II.2.SEPARATION DES EAUX HUILEUSES	26
II.2.1.Séparation centrifuge : principe	26
II.2.2.Cyclo-séparateur	27
II.2.2.1.Description du fonctionnement du Cyclosep	28
II.2.2.2.Spiralsep	28
II.2.2.3.Section pack	29
II.2.2.4.La pompe DGF	31
II.2.2.4.Hydrocyclone	32
II.2.2.4.1.Description de la géométrie et du fonctionnement	33
II.2.3. Géométrie et performance	35
II.2.3.1. Influence de certains paramètres sur les performances de séparation	35
II.2.3.2.Indicateurs de performance	35
II.3.2.1 Chute de pression	36
II.3.2.2 Efficacité de séparation	37
II.2.3.3. Géométrie des hydrocyclones déshuileurs	37
II.2.3.4.Régime d'écoulement	40
II.2.3.4.1 Débit	40
II.2.3.4.2 Rapport des chutes de pression (PDR)	42
II.2.3.5 Caractéristiques des composants du mélange	42
II.2.3.5.1 Distribution de taille des gouttelettes	42
II.2.3.5.2 Différence des masses volumiques	43
II.2.4. Modèle d'analyse de l'hydrocyclone	43
CHAPITRE III Problématique et moyens utilisés	45
III Problématique	46
III.1 les moyens utilisés	49
III.1.1.Simulation HYSYS	49
III.1.2.Description du simulateur HYSYS	49
III.2.Les analyses effectuées au niveau de laboratoire : Analyses (Oil in water)	50
III.2.1. La calibration de l'appareil TD500D	50

CHAPITRE IV Analyses, résultats et interprétations	57
IV.1. Comparaison entre les données du design et les données réelles du cyclo-séparateur	58
IV.1.1 Cas design	58
IV.1.1.1 Donnés design et paramètres opératoires	58
IV.1.1.2 Les spécifications exigées et les performances	58
IV.1.2 Cas réel	59
IV.2 Facteurs influençant sur la qualité de l'eau traitée	59
IV.2.1 Influence de débit sur la qualité de l'eau traitée	59
III.2.2 Influence de la pression sur la qualité de l'eau traitée	61
IV.2.3 Influence de la qualité d'eau produite sur le traitement	62
IV.3 Optimisation des paramètres de fonctionnement du cyclo-séparateur	66
IV.4 Propositions	68
IV.4.1 Le bac de stockage proposé	70
IV.4.2 Les pompes centrifuges proposées	71
IV.4.3 L'emplacement du nouveau système de prétraitement (Bac + pompe)	74
CONCLUSION GENERALE	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	77
ANNEXES	82

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

L'homme a toujours eu besoin de mélanger différents matériaux ou de les séparer. Un mélange est un système de matériaux composé de deux substances ou plus qui sont mélangées mais non combinées chimiquement [1]. La séparation de phase permet d'isoler un ou plusieurs composants contenus dans un mélange, soit pour utiliser chacun à part, soit pour purifier un élément d'un mélange contenant d'autres composants considérés nocifs ou intrus. Les mélanges peuvent être homogènes ou hétérogènes [2].

Les mélanges étudiés dans le présent travail sont constitués de différentes formes de phase (solide, liquide, gaz) dispersées (particules, gouttelettes, bulles) dans un fluide continu (liquide ou gaz). Plein d'exemples de tels mélanges, nécessitant d'être séparés, existent dans l'industrie, à noter poussière/air dans les cimenteries, sable/résidus ferreux dans les fonderies, charbon/résidus dans les mines souterraines, produits de la combustion du bois et des fossiles, produits alimentaires et bruts de pétrole.

Les deux grandes familles de techniques de séparation sont la séparation chimique (cristallisation par exemple) et la séparation mécanique (ex. filtration, sédimentation). La présente étude est dédiée à la séparation par centrifugation dans les hydrocyclones avec une entrée tangentielle.

George Stokes, avait publié un travail en 1851 expliquant l'effet de la force de trainée sur le bilan des forces agissant sur une petite particule sphérique s'écoulant à travers un fluide. Le frottement entre le fluide et la particule cause le freinage du mouvement de cette dernière la rendant vulnérable au champ de gravité qui l'attire vers le fond du récipient.

Le fonctionnement des cyclones est inspiré de la loi de Stokes, le mélange constitué d'une phase dispersée dans un fluide continu, est injecté dans le cyclone à travers une entrée tangentielle connectée à un corps cylindrique. Le mouvement transversal, à grande vitesse, se transforme en mouvement rotationnel intense par l'effet de la courbure de la paroi du cylindre. Par analogie au mouvement des satellites en orbites, les composants du mélange sont éjectés vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge, cela veut dire vers les parois du cyclone, créant une zone de dépression au centre similaire à celle dite œil du cyclone dans les tornades. La pression, donc, est élevée près des parois par l'effet des composants éjectés qui poussent et faible au centre par la tendance à créer un vide. De ce fait, une force engendrée par le gradient de pression s'oppose à la force centrifuge. A ce stade, trois trajectoires possibles sont envisageables. La première correspond au cas où la force centrifuge (multiplication de la masse par le carré de la composante tangentielle de vitesse et la distance

par rapport au centre de rotation) est supérieure à la force de pression et, donc, les composants les plus lourds sont éjectés loin du centre. La deuxième, est une trajectoire résultant d'un état d'équilibre radial entre la force centrifuge et la force due au gradient de pression. La dernière, est une aspiration des composants les plus légers vers le centre. Ici, la force de traînée agit sur la vitesse de rotation; une force de traînée faible agit en faveur de la force centrifuge. Par contre, une force de traînée élevée, diminue la vitesse de rotation et, donc, la force centrifuge favorisant l'aspiration des composants vers le centre (figure 1)

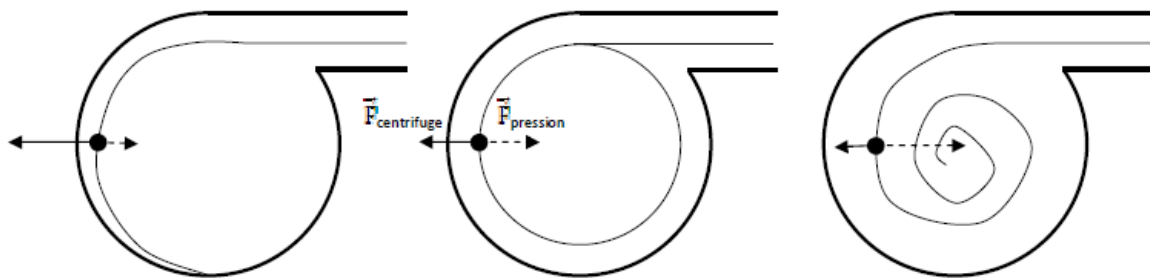


Figure 1 Différentes trajectoires d'une particule contenue dans un fluide sous l'effet du mouvement rotationnel à vitesse élevée (principe de fonctionnement des cyclones)

L'étude des hydrocyclones est motivée par leur emploi dans beaucoup de secteurs industriel à cause des avantages multiples qu'ils offrent, notamment, leur simplicité, leur compacité (10% de la surface occupée par les autres équipements traditionnels), leurs faibles coûts de fabrication et de maintenance, un temps de résidence très court (1 à 2 secondes), leur insensibilité à l'orientation à cause du champ rotationnel intense (de l'ordre de milliers de fois le champs gravitationnel) et l'absence d'organes en mouvement. Cependant, l'écoulement à l'intérieur de ces dispositifs est très complexe. L'écoulement est fortement turbulent ayant un comportement tridimensionnel, des fois, instationnaire.

A cette complexité vient s'ajouter la présence de plusieurs phases ayant des caractéristiques et des trajectoires différentes. Malgré que la technique existe depuis plus d'un siècle, des points d'interrogation concernant l'optimisation de son fonctionnement se posent toujours.

- Quelles sont les paramètres qui affectent sa performance et sous quelles conditions ?
- Quels sont les approches d'étude les plus appropriées à ce type de dispositifs (expériences, modèles théoriques, simulation numérique) ?

La présente étude a pour objectif d'ajouter un plus au savoir déjà acquis sur le fonctionnement des cyclones et plus spécialement les hydrocyclones déshuileurs qui représentent l'une des applications les plus récentes de la technique de séparation par effet centrifuge.

La littérature dans ce domaine reste insuffisante surtout pour ce qui est du champ de l'écoulement multiphasique turbulent. Jusque-là, l'étude des hydrocyclones déshuileurs est restée concentrée sur l'aspect global se basant sur ce qui se passe aux sorties de l'appareil. Très rares sont les études qui montrent des détails sur le comportement des différentes phases du mélange et en particulier celui des gouttelettes du pétrole [3].

Organisation du travail

Le mémoire relatif à cette étude est réparti sur quatre chapitres

- Le premier chapitre du présent travail est consacré à la zone d'étude, où on a donné en général une description du champ GASSI EL AGREB, et en particulier l'unité de traitement des eaux huileuses du centre de production GS1.
- Dans le deuxième chapitre, on a fait un état sur les connaissances existantes afin de retracer les travaux antérieurs entrepris par d'autres auteurs pour solutionner des problèmes similaires.
- Le troisième chapitre est consacré aux problème étudié et moyens utilisés.
- Le quatrième chapitre est consacré aux analyses réalisées suivi par l'interprétation des résultats obtenus.

CHAPITRE I
Description de la zone
d'étude

I .PRESENTATON DU CHAMP : [5]

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 12^{ème} parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2^{ème} exportateur de GNL et de GPL et 3^{ème} 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 [4].

Le site d'EL-GASSI se trouve à 100 kilomètres au sud-ouest de HASSI MESSAOUD dans une région à caractère désertique sujette aux tempêtes de sable. Les effets de neige et le séisme ne sont pas à envisager et des conditions climatiques critiques.

La région d'EL-GASSI comprend trois (03) champs producteurs de brut (EL-GASSI, ZOTTI et EL-AGREB) où on trouve quatre (04) centres de traitement de brut (West Agreb, AR06, Old Zotti et GS01), un centre de réinjection d'eau (AR02) et un centre de compression et de réinjection de gaz (New Zotti).

- El-Gassi : Superficie 207Km², découvert en 1956.
- Zotti : Superficie 77 Km², découvert en 1959.
- El Agreb : Superficie 126 Km², découvert en 1963.

La région d'El-Gassi est importante en raison de sa part dans la production des hydrocarbures du pays, toutes les quantités d'huile et de gaz produites sont acheminées vers les différents centres de stockage de la région.

Les activités principales de la région sont :

- La production d'huile (GS1, AR06, West Agreb, Zotti).
- L'injection de gaz miscible et gaz lift (Zotti).
- L'injection d'eau (AR02).

En octobre 2000, la compagnie américaine « Amerada Hess » et la compagnie pétrolière d'état algérien « Sonatrach », en formé un partenariat sous le nom de «SonaHess». La région d'EL-GASSI est importante en raison de sa part de production des hydrocarbures du pays, toutes les quantités d'huile et de gaz produites sont acheminées vers les différents centres de production de la région.

Sa production d'huile est reliée à la canalisation amenant vers Haoud EL Hamra par des pipes à partir du centre de production d'El-Gassi, un processus de réaménagement des gisements est actuellement en cours, avec notamment l'installation de nouveaux équipements de production.

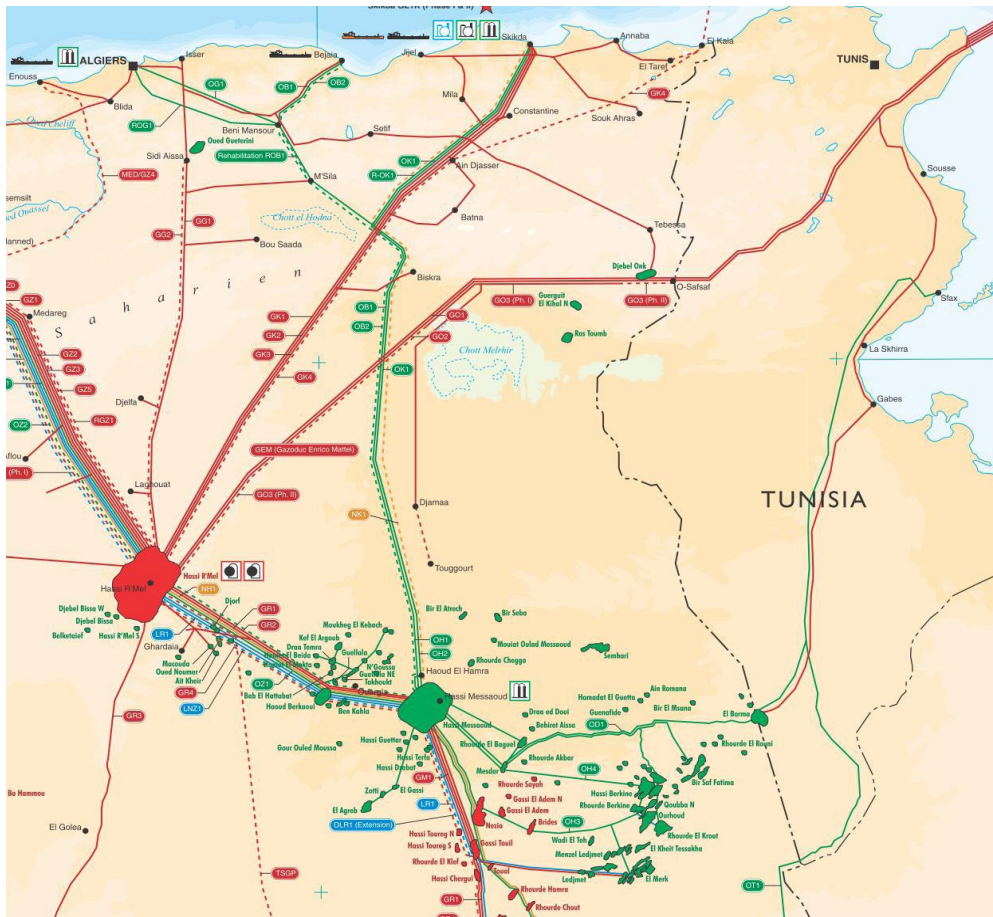


Figure I.1 : Situation géographique du champ GASSI EL AGREB

I.1 Description du processus de traitement d'huile du centre GS1

I.1.1 Circuit d'huile

I.1.1.1 Unité de séparation

Chaque centre consiste en une série de séparateurs qui reçoivent la production du champ et séparent le fluide d'arrivée en courants d'huile, de gaz et d'eau produite.

L'huile produite aux séparateurs de production d'El Agreb (AR-6 et El Agreb Ouest) s'écoule, sous le contrôle de niveau des séparateurs, vers des pompes qui font monter la pression du liquide de façon qu'elle puisse s'écouler vers El Gassi.

L'huile de production de Zotti s'écoule, sous contrôle de niveau, vers El Gassi. L'huile provenant des installations d'El Agreb et de Zotti se combine à l'huile provenant du

séparateur de production HP d'El Gassi en vue d'un traitement final dans les séparateurs BP d'El Gassi

La séparation de la production au centre GS1 est réalisée par deux séparateurs triphasiques HP et un séparateurs LP (un séparateur de test et trois de production) qui reçoivent la production du gisement et séparent le fluide entrant des flux d'huile, gaz et eau produite.



Figure I.2 : Unité de séparation du centre GS1.

Le premier étage de séparation on a séparateur HP 10-V-27000, où la séparation est triphasique (Huile, Gaz et eau) à une pression constante de valeur environ 4 Bar.



Figure I.3 : Séparateur haute pression 10-V-27000.

Le séparateur 10-V-27000, au cours de la procédure de dessablage hebdomadaire. Une fois que suffisamment de sable a accumulé dans le Tore navire Scrub, détectée par le commutateur de haut niveau LAHH 27026, L'équipement MERPRO est conçu à recevoir ce sable fluidisé et une fois le sable a été lavé une procédure finale est effectuée à diriger ce sable à l'unité de collecte adjacente pour l'élimination.

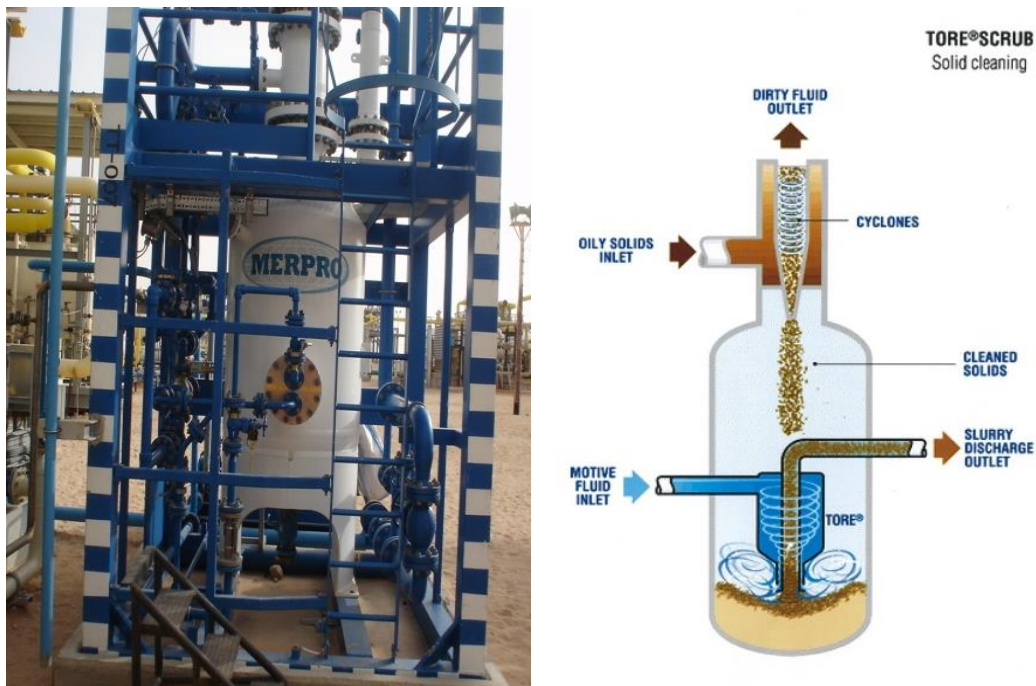


Figure I.4 : Equipement de nettoyage de sable du séparateur 10-V-27000, Le MERPRO

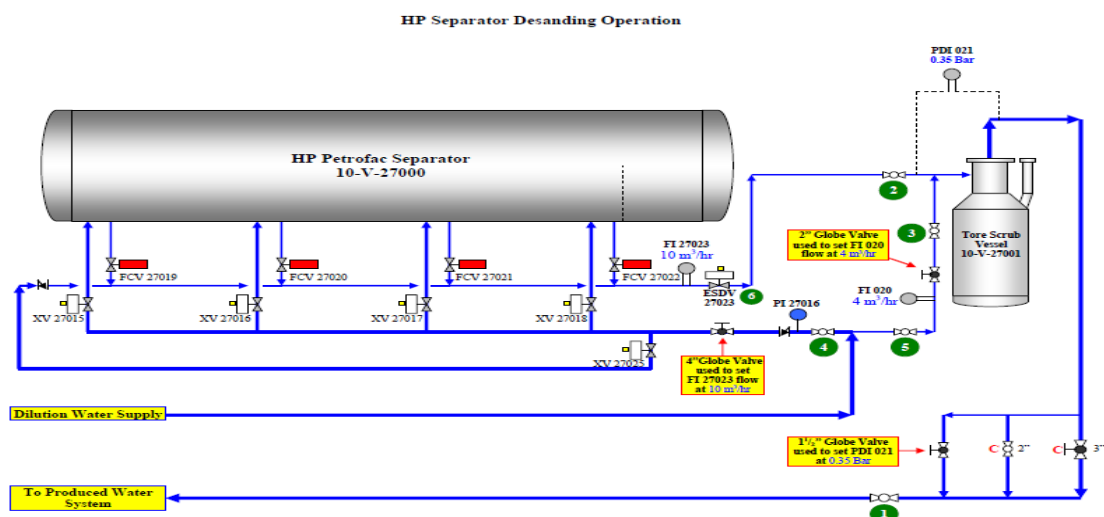


Figure I.5 : Schéma du procédé de nettoyage de sable du séparateur.

Le séparateur BP 10-V-255 est le deuxième étage de séparation, dont la séparation est triphasique (Huile, Gaz et eau) à pression constante de valeur environ 2,5 Bar.



Figure I.6 : Séparateur basse pression 10-V-255

Après séparation l'huile est dégazée pour répondre à la spécification RVP de l'huile d'exportation, puis elle est acheminée vers des installations de stockage.



Figure I.7 : Bac de stockage d'huile avec un dégazeur.

I.1.1.2 Unité du système de stabilisation de l'huile (OOS)

Cette unité se trouve en amont de la séparation BP sur le pipeline 18 pouces des centres d'El Agreb. Un écoulement d'huile est dévié vers l'unité OOS où elle est filtrée avant d'entrer dans un échangeur de chaleur qui utilise du Tri éthylène glycol à 50% dans l'eau comme fluide caloporteur.

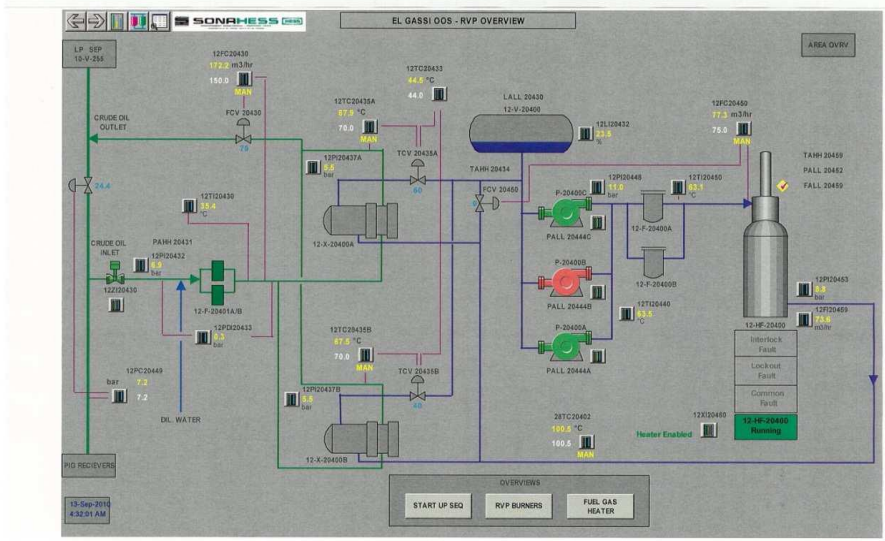


Figure I.8 : Unité d’optimisation d’huile.

L’unité OOS dispose d’un four (12-HF-20400) avec deux ventilateurs à air forcé, Il utilise le gaz pour un allumage maximum avec 4 brûleurs et un allumage minimum avec 2 brûleurs. La pression nominale du gaz au point de raccordement est de 155 barg et le gaz est préalablement saturé d’eau. Le four requiert du gaz à environ 2 barg et exempt de liquides. Pour cela, une plate-forme de conditionnement de gaz est prévue, composée d’un ballon de séparation (28-V-20400), d’un réchauffeur (28-HF-20400), d’un réducteur de pression (28-PCV-410) et de deux filtres avec un en service et un en stand-by (28-F-20400A/B).

La pression à la sortie de cette plate-forme est d’environ 25 barg et elle est ensuite réduite à la pression requise (2 barg) au niveau de la plate-forme de gestion des brûleurs.



Figure I.9 : Le four de l’unité de d’optimisation 12-HF-20400.

Le fluide caloporteur de l'unité OOS est préchauffé dans la section de convection du four, puis recirculé dans les tubes verticaux de la section de radiation. Le circuit du fluide caloporteur est une boucle fermée qui comporte trois pompes de recirculation et un bac d'expansion situé au-dessus de l'aspiration des pompes. Deux échangeurs de chaleur à 50% (12-X-20400A/B) sont utilisés, lorsque l'eau et le glycol chauffés dans les réchauffeurs passent soit par le côté calandre des échangeurs soit contournent les échangeurs, si besoin, en fonction de la température de l'huile du refoulement.

Chaque échangeur de chaleur possède une vanne de régulation aval qui est utilisée pour réguler le flux du fluide caloporteur dans l'échangeur. L'huile passe par le côté tube des échangeurs.



Figure I.10 : Echangeurs de chaleur 12-X-20400A/B.

I.1.2 Circuit de gaz

L'unité de la compression du gaz au niveau du centre GS1 a pour but de porter le gaz à une pression donnée afin assurer son acheminement en toute sécurité vers le centre Zotti.

Le processus de compression au sein du centre GS1 comporte trois étages de compression comme suit :

- Compression très basse pression TBP (VRU).
- Compression base pression BP.
- Compression haute pression HP.

I.1.2.1 Unité de récupération des vapeurs VRU

L'unité de collection des vapeurs (VRU) reçoit le gaz des ballons dégazeurs accolés aux bacs de stockage de l'huile V-203/204/ 205/206/207 sous une pression de 150mbar pour le comprimer a une pression de 2.5 Bar et l'acheminer avec le gaz du séparateur BP vers la compression BP.

Le ballon de séparation d'aspiration VRU 33-V-200 est un ballon de séparation horizontal, qui fonctionne normalement a environ 15°C et entre 100 et 270 mbar.

Les compresseurs VRU 33-K-201 A/B sont des compresseurs de gaz à déplacement positif rotatif, à un seul étage.

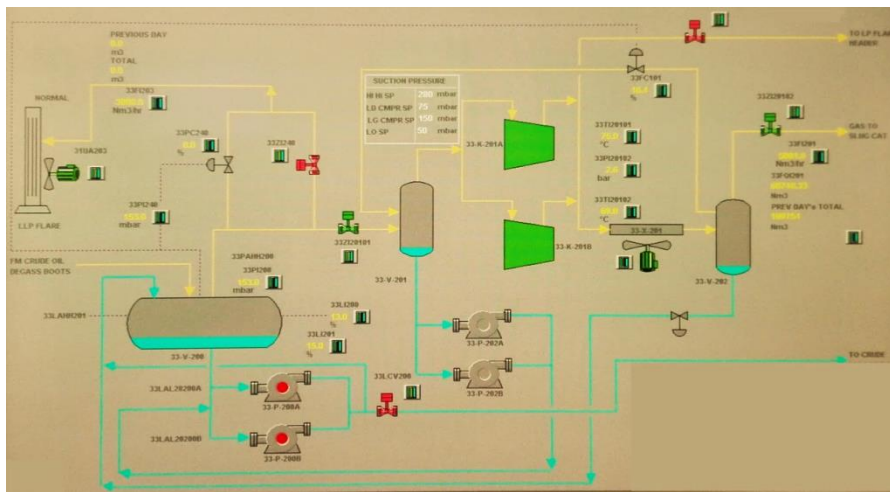


Figure I.11 : Schéma du DCS exposant l'unité VRU.

I.1.2.2 Unité de compression

Les compresseurs choisis au niveau du centre du GS1 sont de type centrifuge à multi-étage. Ils ont été choisis en raison de leur rendement, de leur fiabilité et de leur faible cout de maintenance.

Le compresseur centrifuge obtient une augmentation de pression en ajoutant de l'énergie cinétique ou de la vitesse à un jet continu de gaz grâce à un rotor ou à un étage de compression, plusieurs rotors sont généralement en séries.

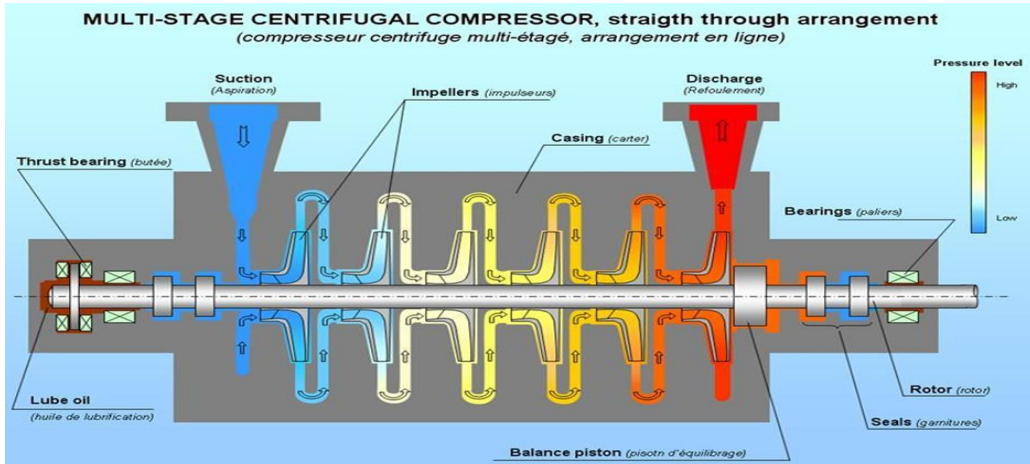


Figure I.12 : Schéma interne d'un compresseur centrifuge multi- étage.

I.1.2.2.1 Compression à basse pression

Le gaz en provenance de la séparation basse pression BP ainsi que le gaz comprimé par l'unité VRU en provenance des réservoirs de stockage sont collectés dans un piège à condensat 23-V-207. Ce gaz, sous pression approximative de 2 Bar est comprimé à 4,5 Bar par les compresseurs

BP 23-K-201/211.

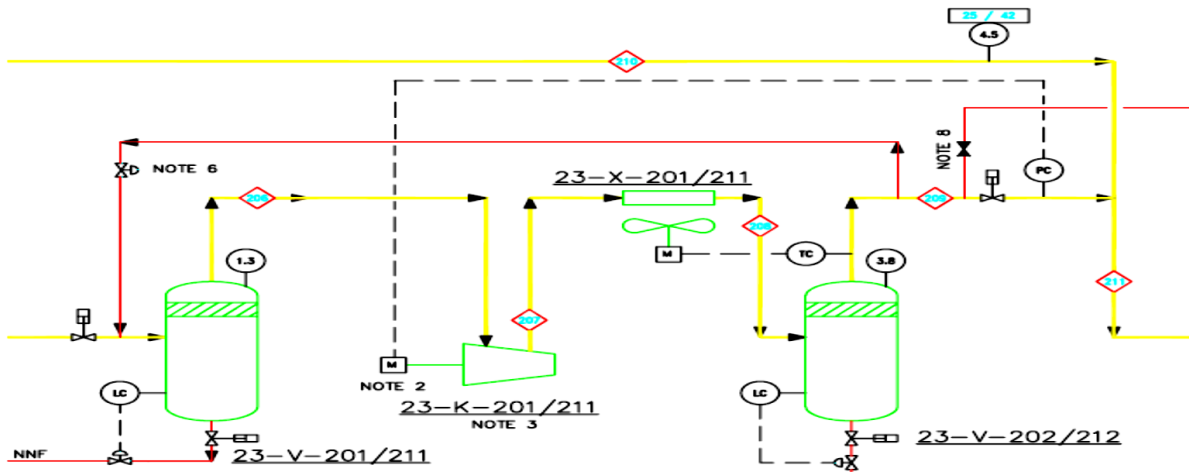


Figure I.13 : Schéma des compresseurs 23-K-201/211.

I.1.2.2.2 Compression à haute pression

Ensuite le gaz récupéré du compresseur BP combiné avec le gaz provenant du séparateur de production HP est comprimé par le compresseur haute pression de charge

d'injection miscible 23-K- 202/212/222 à 18 Bar et ensuite transporté vers centre de Zotti via pipeline 18 pouces.

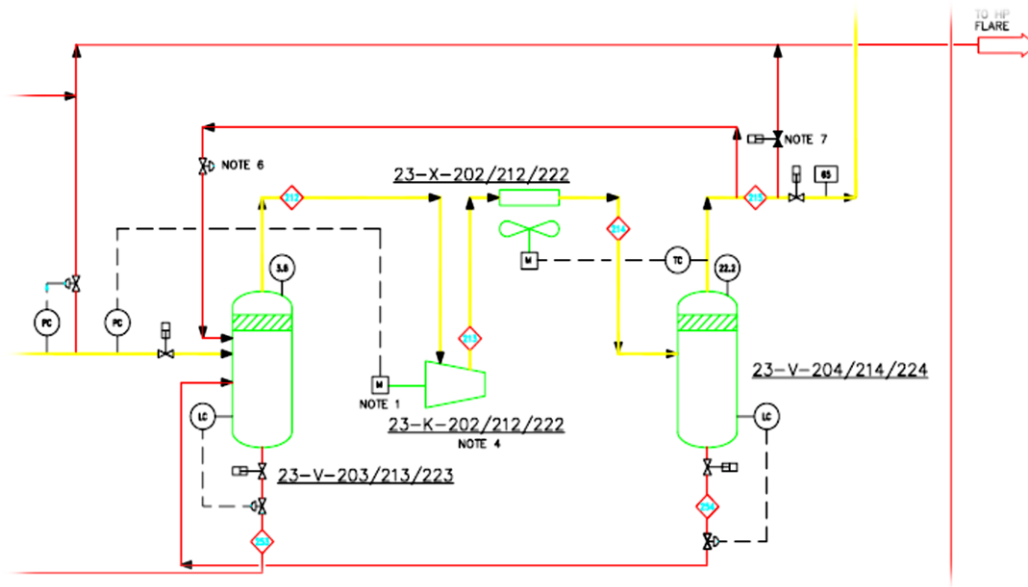


Figure I.14 : Schéma des compresseurs 23-K-202/222.

I.1.2.3 Unité de récupération de condensat

Au Centre GS1, les condensats sont récupérés des ballons de séparation KODs du refoulement et de l'aspiration des compresseurs BP de surpression des flux miscibles, associés aux condensats du ballon de slug et des drains fermés et collectés dans le ballon de condensats (23-V-206). Après la décantation des liquides

L'eau sous contrôle de niveau est envoyée vers le système de traitement de l'eau produite et les condensats sont ensuite acheminés vers le pipeline Centre GS-01-GCR de Zotti pour un nouveau traitement (via le piège de slug vers le stabilisateur de condensats). Les excédents de gaz du ballon de condensats du Centre GS-01 sont renvoyés vers les compresseurs BP.

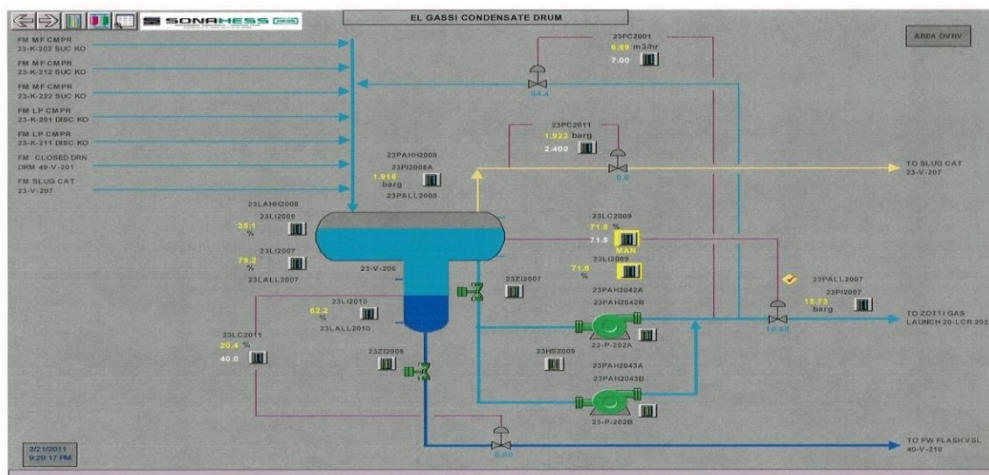


Figure I.15 : Schéma de l'unité de récupération de condensat.

I.1.3 Circuit d'eau produite

La section « Produced water » du centre de production GS01 fait collecter les eaux huileuses issus de la séparation du brut et décantation des bacs de stockage du brut afin de les séparer des différents contaminants telle que : la quantité des sédiments (sable) ou même la quantité d'huile entraînée avec ces eaux .

Ces eaux vont être traitées chimiquement et injectées dans un puit mort « GS15 ».

L'objectif du système de traitement de l'eau produite se résume comme suit:

- Le transport de grandes quantités d'eau produite avec le pétrole favorise plusieurs problèmes dont leurs conséquences sont néfastes.
- L'eau produite peut être traitée et injectée dans les réservoirs pour augmenter la pression de réservoir et par conséquent la production de pétrole.
- Elle permet de protéger l'environnement parce que la boue peut être recueillie et éliminée de façon respectueuse pour l'environnement.

Le système d'eau produite des installations de production de centre GS1 est conçu pour traiter toute la production d'eau produite de GS1. L'eau produite provient :

- Des séparateurs de production HP 10-V-27000, 10-V-250
- Du séparateur de production LP 10-V-255
- Du séparateur de test 10-V-260
- De l'installation de production de centre GS1 (Open drain 48-T-201, Condensat drum 23-V-206),

Le ballon flash d'eau produite, aussi appelé *Cyclo-séparateur*, est conçu pour déshuiler le flux entrant, retirer le pétrole et les solides et envoyer l'eau propre dans les réservoirs tampon d'eau produite. Ce ballon utilise une action cyclonique éprouvée, associée à la flottaison des gaz pour extraire le pétrole du flux d'eau produite pour obtenir des caractéristiques d'eau de sortie de 20mg/l de pétrole dans l'eau.

Des cyclones sont également utilisés pour séparer l'eau du pétrole et le sable selon la nature de leur densité.

L'alimentation d'eau produite entre dans la canalisation, qui doit être entraînée par une force centrifuge qui est le facteur principal de la séparation.

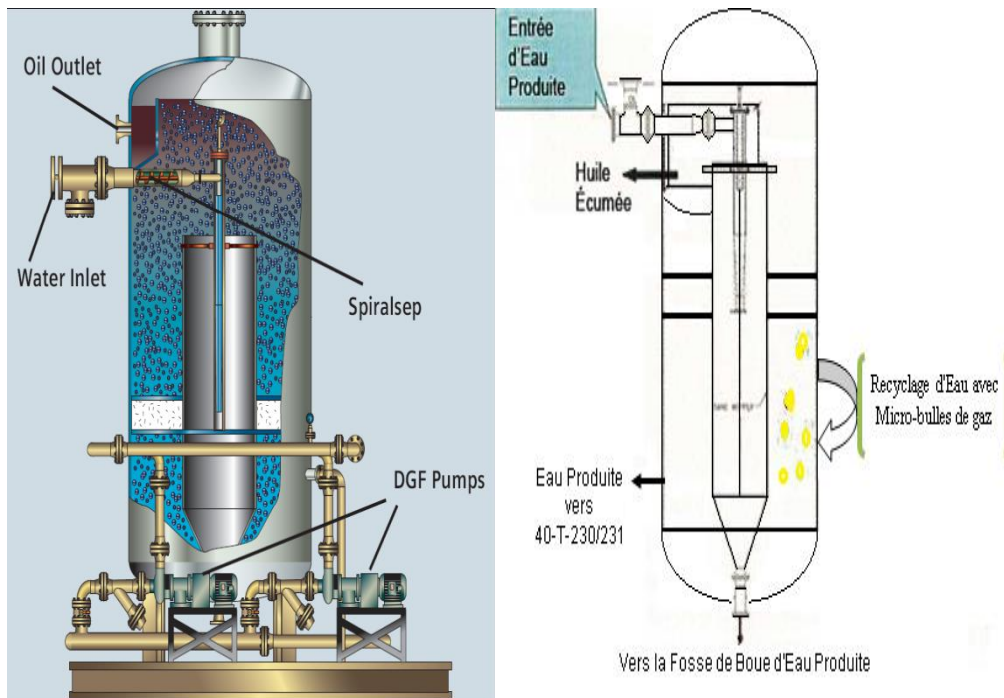


Figure I.16 : Schéma interne du cyclo-séparateur.

Après traitement l'eau produite est acheminée vers deux bacs 40-T-230/231. Les deux réservoirs stockent l'eau produite provenant du Cyclo-séparateur et alimentent les pompes « booster » d'eau produite par un flux constant d'eau exempté d'huile, et finalement les pompes d'injection d'eau produite.

Une petite quantité d'huile est séparée de l'eau au cours du stockage dans les réservoirs



Figure I.17 : Deux bacs de stockage 40-T-230/231.

Ensuite l'eau est aspirée par les pompes Booster. Les pompes « booster » d'eau produite sont des pompes centrifuges à un seul étage alimentées par un moteur électrique, et elles sont protégées par le dispositif de verrouillage qui déclenche la pompe en service en cas de niveau bas, bas dans le réservoir tampon d'eau produite sélectionné.



Figure I.18 : Deux pompes BOOSTER 40-P-201A/B.

Le dispositif de filtre d'eau produite à un débit de $200\text{m}^3/\text{h}$. avec une pression de calcul de 10Barg. Le dispositif de filtre retire tous les solides entraînés d'une taille de $25\ \mu\text{m}$ ou plus.



Figure I.19 : Deux Filtres 40-F-201A/B.

Avant d'arriver aux pompes d'injection d'eau produite, des produits chimiques (un inhibiteur de corrosion, inhibiteur de calcaire et un biocide.) de la plateforme d'injection de produits chimiques, sont injectés dans l'eau provenant des filtres.



Figure I.20 : Skid d'injection de produit chimique.

Les pompes d'injection d'eau produite sont des pompes centrifuges à huit (8) étages, entraînées par un moteur électrique de 1600kw. Chacune est capable d'un débit de 166 m³/h et d'une pression différentielle de 207bar.

Un recyclage minimum s'écoule vers l'entrée du réservoir tampon d'eau produite, contrôlé par la vanne de contrôle de débit.

Les pompes d'injection d'eau produite ont pour fonction d'augmenter la pression de l'eau produite pour qu'elle puisse être injectée dans le réservoir d'huile.

L'eau injectée permettra de maintenir la pression dans le réservoir, ce qui augmente le niveau de production de pétrole et prolonge la durée de vie du puits.



Figure I.21 : Pompes d'injection d'eau produite 40-P-202A/B.

CHAPITRE II
Généralité sur l'eau dans
l'industrie pétrolière

II.1 . Généralité sur l'eau dans l'industrie pétrolière

II.1.1 Introduction :

L'eau est une matière première consommée et produite en fortes quantités (eaux d'injection , eaux de production , eaux de process, eaux résiduaires, eaux pluviales, eaux de refroidissement, eaux de nettoyage des réservoirs, eaux sanitaires...) dans les domaines du pétrole : de l'extraction à la pétrochimie en passant par le raffinage [6] . Les eaux industrielles contiennent des composés organiques (hydrocarbures) de nature différente et de concentrations variables. Le rejet de tels effluents dans l'environnement est indésirable et est à l'origine de nombreuses contaminations des eaux de surface et souterraine [7].

II.1.2. Eaux industrielles :

La production de pétrole et de gaz est généralement accompagnée par l'usage et la production d'importants volumes d'eau pour de nombreuses applications. L'industrie du pétrole est consciente de sa dépendance à l'eau et essaye de minimiser et d'optimiser son utilisation par sa réutilisation, son recyclage lorsque l'opportunité se présente, ainsi que par l'amélioration des technologies de traitement de l'eau [8].

L'eau industrielle, comme son nom l'indique, désigne l'eau résiduaire qui provient des différents usages industriels [9] . Les caractéristiques de ces eaux sont extrêmement variables et directement liées au type d'industrie [10].

II.1.2.1. Différents types d'eaux industrielles :

On peut classer les eaux industrielles selon leur utilisation :

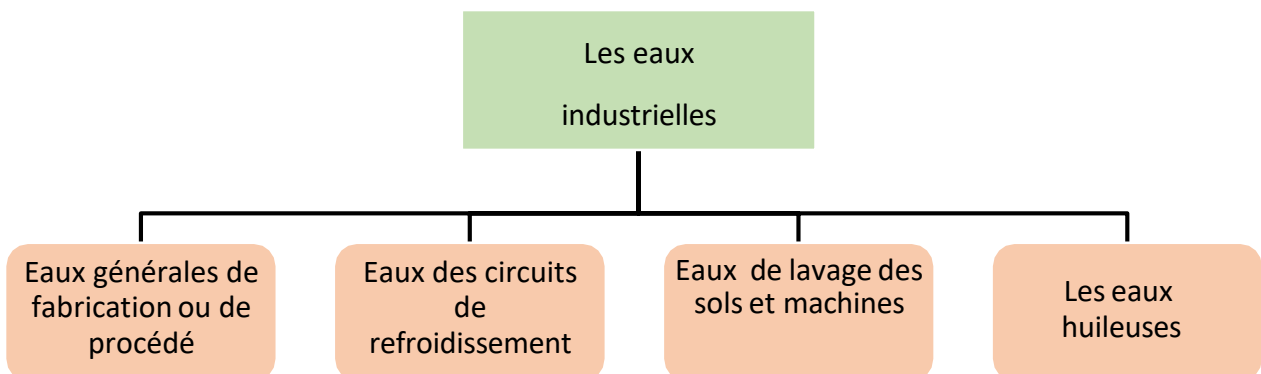


Figure II.1 : Organigramme de différentes classes des eaux industrielles [11]

II.1.3. Eaux huileuses :

II.1.3.1. Définition des eaux huileuses:

Les eaux huileuses contenant des émulsions huile-dans-eau (H / E) sont générées dans de nombreux procédés industriels [12]. Dans le cas des industries pétrolières, toute eau contenant une quantité importante ou des traces d'hydrocarbure est considérée comme une eau huileuse. Elle représente la pollution la plus importante rencontrée dans ce type d'industries [13].

II.1.3.2. Caractérisation des eaux huileuses pétrolières :

Pour traiter un problème de pollution des eaux industrielles rejetées vers l'environnement ou destinées pour un éventuel recyclage, il est nécessaire de définir et d'évaluer les éléments susceptibles d'altérer la qualité de ces eaux ainsi que les paramètres caractéristiques de la pollution de ces eaux [14].

1. Paramètres Organoleptiques:

a. Couleur :

Les eaux huileuses fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires [15].

Généralement les eaux de production ont la couleur marron sombre qui tend vers le noir, signe de présence des hydrocarbures libres et en émulsion ainsi que des matières colloïdale en suspension [11].

b. Odeur :

Les eaux industrielles ont une odeur de moisi, signe la présence des matières organiques en décomposition [16].

c. Turbidité :

La turbidité est un indicateur essentiel de la qualité de l'eau [17]. C'est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau [18].

2. Paramètres Physico-chimiques :

a. Hydrocarbures (HC) :

La définition d'un hydrocarbure tient en deux lettres : C et H. Un hydrocarbure est une molécule composée uniquement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H). Ainsi, n'importe quel hydrocarbure a pour formule chimique brute C_xH_y , où x et y correspondent respectivement au nombre d'atomes de carbone et d'hydrogène. C'est par ce terme que l'on désigne le pétrole et le gaz naturel, des énergies fossiles [19].

L'hydrocarbure peut être présent dans l'eau sous plusieurs formes, il peut avoir une solubilité variable dans l'eau ainsi qu'il exige des traitements différents et son élimination est très complexe [20].

b. Matières en suspension (MES):

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l [21].

En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux [22].

c. Potentiel d'hydrogène (pH) :

C'est une mesure qui donne des indications sur l'acidité ou la basicité des eaux. Grâce à un pH-mètre, les mesures se font in situ [23].

d. Température :

La température de l'eau est un facteur écologique important, elle agit comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. La température des eaux huileuses variera d'une saison à l'autre et également selon l'emplacement géographique [24].

II.2.SEPARATION DES EAUX HUILEUSES :

II.2.1.Séparation centrifuge : principe

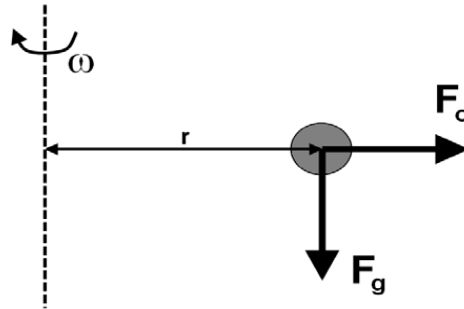


Figure II.2 : Gravité et force centrifuge.

La séparation de différentes phases liquides et solides est une étape clé dans d'innombrables procédés industriels [25].

Dans un mélange solides-liquides, les corps solides, plus denses, s'accumulent au fond du conteneur. La gravité les fait chuter. Les particules solides qui ne disposent pas d'un temps suffisant pour sédimenter entièrement, subsistent en sortie du système [26].

La séparation des composés d'un mélange est réalisable par décantation, sous l'action de la seule gravitation mais elle nécessite parfois une longue durée pour acquérir de bons résultats et est donc souvent inefficace. Il est donc plus efficace d'utiliser la centrifugation [27] .

C'est une opération de séparation utilisant la force centrifuge et fonction de la masse des particules. La force centrifuge est créée par un mouvement de rotation très rapide [28].

Ainsi, si on compare le poids d'une particule de masse à la force centrifuge appliquée pour une vitesse de rotation ω :

$$m_p = \rho_p \frac{\pi d_p^3}{6} \quad (\text{II.1})$$

$$F_g = m_p g \quad (\text{II.2})$$

$$F_c = m_p \omega^2 r \quad (\text{II.3})$$

F_g = Force de gravité.

F_c = Force centrifuge.

m_p = Masse de la particule.

ρ_p = Masse volumique de la particule.

d_p = Diamètre de la particule.

g = Gravité.

ω = Vitesse de rotation de la particule.

r = Distance du centre de rotation au centre de gravité de la particule.

On obtient ainsi les vitesses caractéristiques suivantes :

$$V_g = \frac{g (\rho_p - \rho_i) d_p^2}{18 \mu_i} \quad (\text{II.4})$$

$$V_g = \frac{\omega^2 r (\rho_p - \rho_i) d_p^2}{18 \mu_i} \quad (\text{II.5})$$

Sous l'hypothèse que la force de trainée est régie par la loi de Stokes :

$$\rho_i = \frac{V_g d_p}{\mu_i} \ll 1 \quad (\text{II.6})$$

$$\rho_i = \frac{V_c d_p}{\mu_i} \ll 1 \quad (\text{II.7})$$

Au final, on obtient :

$$V_c = \frac{\omega^2 r}{g} V_g \quad (\text{II.8})$$

On appelle le rapport $\frac{\omega^2 r}{g}$ le coefficient de centrifugation qui est directement le nombre « G » subit par la particule [29].

II.2.2.Cyclo-séparateur :

Le Cyclo-séparateur est un appareil dont la conception interne intègre plusieurs concepts afin de traiter les eaux huileuses issues de la séparation en éliminant l'huile, les gaz et les solides. Il a donc pour mission d'envoyer une eau propre vers les réservoirs tampon d'eau produite. Ce ballon flash a une capacité nominale de 30000 BEPJ et fonctionnant à 1,5barg.

Ce ballon flash utilise une action cyclonique associée à la flottaison des gaz pour retirer l'huile du flux d'eau produite, tel que cet équipement a un recyclage interne d'eau traitée pompée dans laquelle le gaz est injecté pour créer des micros bulles de gaz qui attireront et feront flotter les gouttelettes d'huile en surface.

La pression à l'intérieur est maintenue par injection du gaz de process « gaz d'amortissage », qui sera évacuée vers torche LP [30].

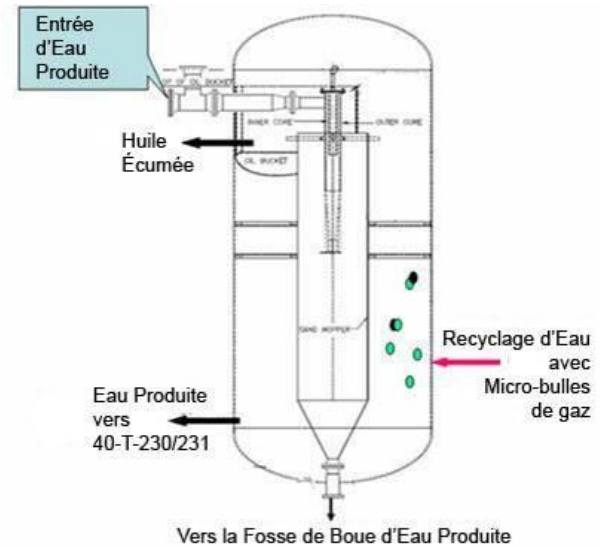


Figure II.3 : Cyclo-séparateur (centre GS1) [31] **Figure II.4 :** Dessin interne d'un Cycloséparateur.

II.2.2.1. Description du fonctionnement du Cyclosep :

Il est constitué de quatre composants principaux :

- Spiralsep ;
- Hydro-Cyclone ;
- Section pack ;
- Pompe DGF.

II.2.2.2. Spiralsep :

Il est conçu pour grandir la taille des gouttelettes d'huile avant que le cyclone ne reçoive le liquide. Les forces centrifuges générées dans l'appareil force le matériau de gravité plus lourd, tel que l'eau propre et les solides, vers le mur extérieur. Le matériau de gravité plus léger, tel que le gaz et le pétrole, se déplace vers le noyau central. Le SPIRALSEP est retiré de la cuve en retirant la bride aveugle sur l'entrée du té. Lorsque la bride est retirée, le SPIRALSEP glisse.

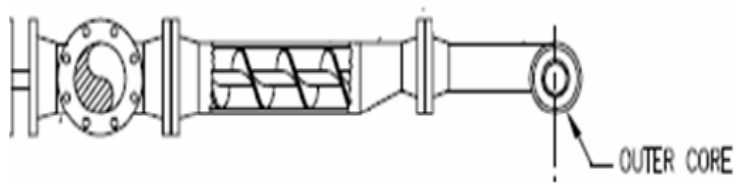
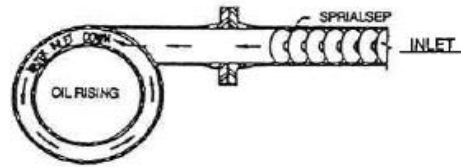


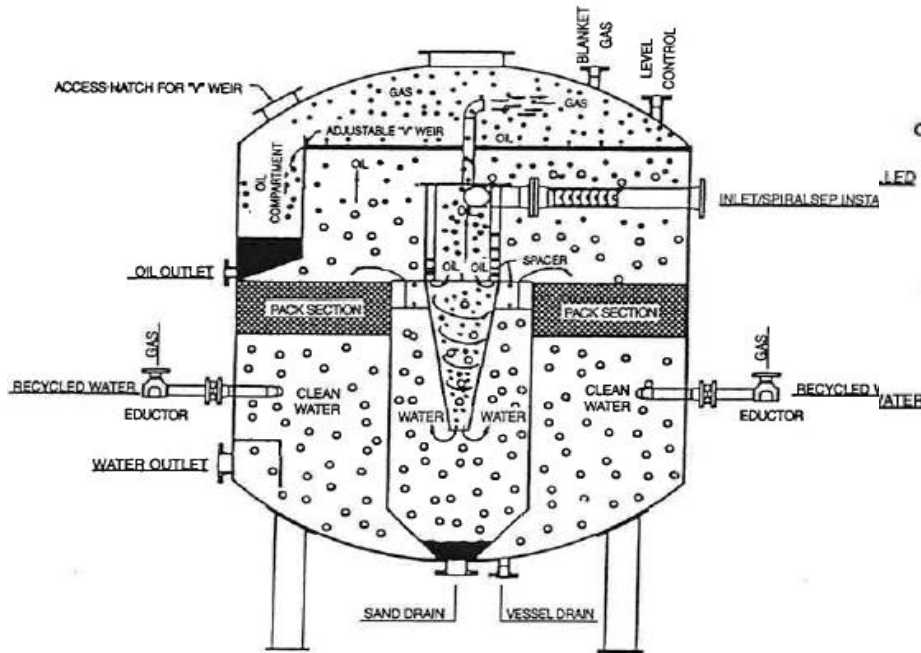
Figure II.5 : Spiralsep [32]

II.2.2.3. Section pack :

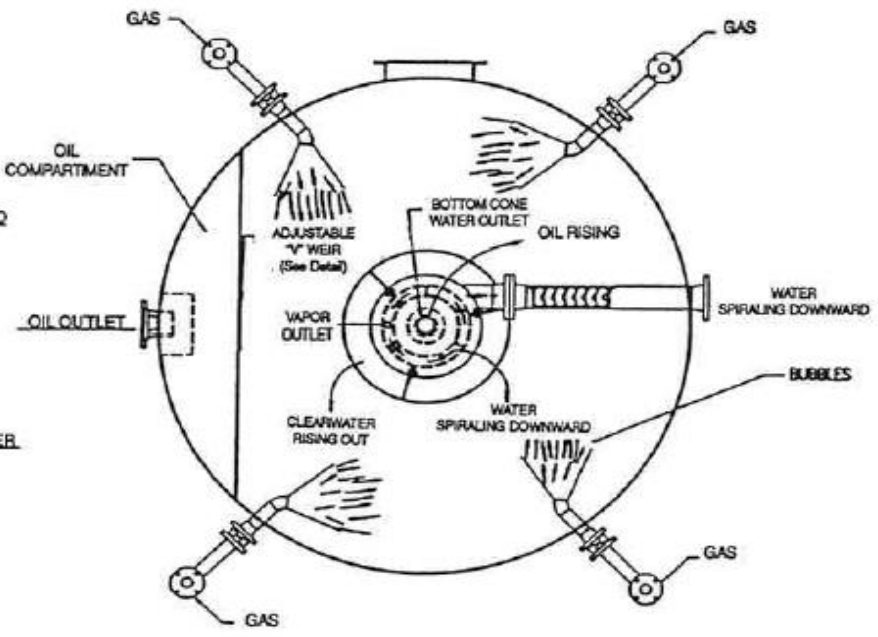
C'est un anneau constitué d'une série de plaques parallèles de milieux de coalescence, c'est donc un système de séparation physique, dont la structure et la nature oléophile permet de capturer et retenir les gouttelettes d'huile et favoriser leur fusion et ainsi leur coalescence. Tel que, Au fur et à mesure que les gouttelettes d'huiles s'accumulent, elles se confondent avec de plus grandes gouttelettes, descendant vers le bas à travers les ondulations du paquet, la nature du matériau oléophile garantit que les gouttelettes d'huile n'atteindront jamais la sortie de la dernière plaque. Ces gouttelettes d'huiles bénéficieront d'une vitesse ascensionnelle élevée grâce aux bulles de gaz fournies par la pompe DGF.



CYCLONE



CUT SECTION



BELOW PACK SECTION

Figure II.6 : Section coupée avec une vue en dessous de la section Pack

II.2.2.4.Pompe DGF :



Figure II.7: Photo d'une pompe DGF prise au sein de GS1

La seconde technologie utilisée dans le Cyclosep est la flottation par gaz dissous, où des bulles de gaz sont générées pour assister la flottation, d'où son nom : flottation assistée, basée sur l'utilisation des pompes de gaz dissous.

Le Cyclosep a un recyclage interne d'eau traitée pompée à l'aide des pompes DGF de capacité de 15 m³/h chacune, une en service et l'autre en stand-by, dans laquelle le gaz de process est injecté et dissous pour créer des microbulles de 1 à 100 microns qui attireront et feront flotter les gouttelettes d'huile (25-30) microns en surface.

L'eau refoulée de la pompe de recyclage pénètre dans le Cyclosep par trois points d'entrée (buses), installée sous la section pack, espacés autour du périmètre du récipient, pour que les microbulles soient réparties également à l'intérieur du ballon.



Figure II.8 :Photo montrant le piquage de gaz

Chaque point d'entrée au refoulement de pompe est équipé d'une vanne sphérique « zone de dépression », qui permet de contrôler la contre pression de la pompe pour séparer les gaz dissous de la solution et former des microbulles. Cette vanne permet aussi de contrôler la taille et la quantité des bulles de gaz.

La décharge de la pompe DGF sert également à maintenir la section d'emballage propre de l'accumulation (huile/eau) grâce à l'introduction de bulles de gaz.

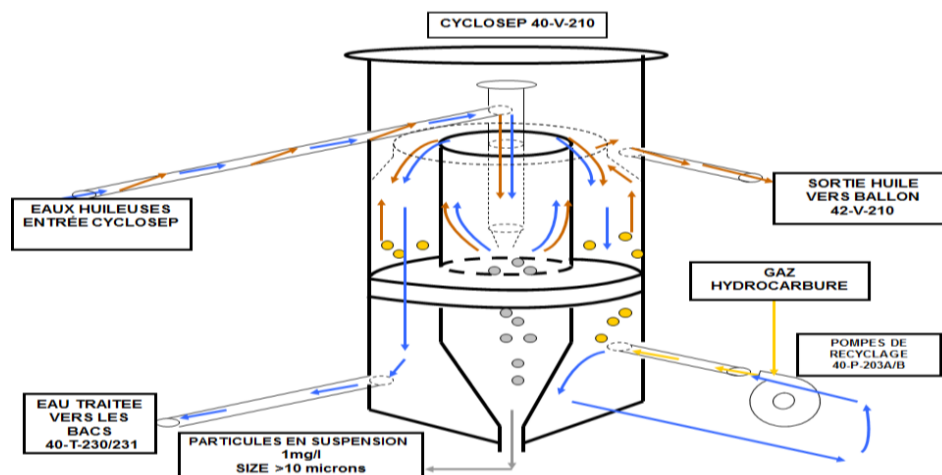


Figure II.9: Schéma illustrant l'acheminement de la charge

II.2.2.4. Hydrocyclone :

Les HYDROCYCLONES sont des dispositifs utilisés pour la séparation centrifuge. Compacité, efficacité, fiabilité et faibles coûts de maintenance sont leurs principales caractéristiques. Bien que les hydrocyclones aient été utilisés à des fins industrielles pendant plus de cent ans, mais ces dernières années, l'application des séparateurs liquide-liquide devient vaste. Les hydrocyclones de déshydratation peuvent être utilisés pour raffiner le pétrole brut [33] et les hydrocyclones de déshuilage peuvent être utilisés dans les plates-formes offshore pour raffiner les eaux usées huileuses [34].

C'est un appareil utilisé dans les procédés de classification des particules, composé d'une section cylindrique supérieure et d'une section conique inférieure. Ils sont capables de traiter des effluents avec de fortes concentrations en huile, ce qui les rend très sollicités dans les installations de production [35].

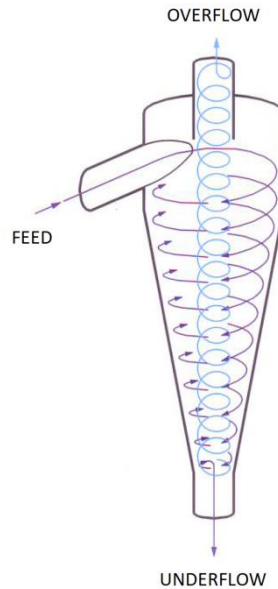


Figure II.10 : Hydrocyclone [36]

II.2.2.4.1. Description de la géométrie et du fonctionnement :

Le cyclone est muni d'une entrée placée tangentielle dans un corps cylindrique. Cette disposition permet de transformer le mouvement de translation en mouvement de rotation.

L'effet de la rotation sur le mélange, dans une vue de dessus, est décrit dans l'introduction (Figure Int.1). Les composants éjectés vers la paroi sous l'effet de la force centrifuge, ont une trajectoire descendante tandis que les composants aspirés vers le centre sous l'effet de la dépression continuent leur trajectoire vers le haut (Figure II.2).

Des études antérieures ont constaté (ex. Peng et al., 2001) que les cyclones cylindriques provoquent une atténuation de la vitesse tangentielle en fonction de la longueur du corps cylindrique par l'effet du frottement. Cela, justifie l'emploi d'une partie conique pour compenser la perte en intensité de rotation par une accélération dans la section réduite du cône.

Les particules séparées sont collectées dans un bac en bas du cyclone. On peut remarquer, aussi, qu'un petit cylindre pénètre du haut du cyclone avec une certaine profondeur. Ce petit cylindre a pour objectif d'éviter l'aspiration des particules directement de l'entrée vers la sortie en haut du cyclone à travers la couche limite qui se développe près des parois supérieures. En créant un espace annulaire, les particules, supposées être transportées vers le bas, auront plus de chance de subir l'effet de la rotation du fluide dans le corps du cyclone.

La figure II.10 illustre la géométrie d'un hydrocyclone conventionnel avec les dimensions de ses différentes parties. A noter que les dimensions sont, en générale, exprimées en termes de ratios par rapport au diamètre de référence qui est celui du corps cylindrique (chambre de rotation). L'entrée tangentielle a une section rectangulaire mais des entrées à sections circulaires peuvent être utilisées aussi.

Les cyclones peuvent être combinés en parallèle pour augmenter la quantité de solides séparés ou en série pour affiner la séparation des particules à des diamètres plus fins.

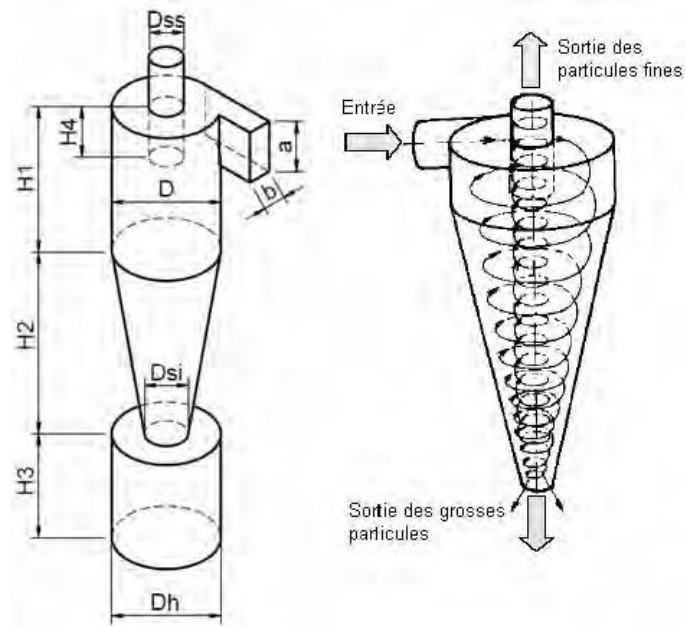


Figure II.11 : Géométrie et principe de fonctionnement d'un hydrocyclone.[3]

On peut agir sur différents paramètres pour contrôler le fonctionnement de l'hydrocyclone :

- Paramètres géométriques
 - diamètre de l'hydrocyclone D_c
 - diamètre de la surverse D_o
 - diamètre de la sousverse D_u
 - angle du cône θ
 - conditions opératoires
 - concentration en solide φ ou C_ω
 - débit d'alimentation Q_f
 - présence ou non de surpression à la surverse et/ou à la sousverse pour forcer l'écoulement
- [37]

II.2.3. Géométrie et performance

Le fonctionnement est évalué à travers deux indicateurs de performance principaux qui sont l'efficacité de séparation et la chute de pression. La géométrie, le régime d'écoulement, et les propriétés des fluides sont les trois groupes de paramètres qui affectent la performance de ces appareils de séparation.

II.2.3.1. Influence de certains paramètres sur les performances de séparation [37]

D'une manière générale, il est admis que :

- Une augmentation du diamètre du cyclone apporte :
 - une augmentation de la taille de coupure,
 - une augmentation de la capacité de traitement,
 - une amélioration de la qualité de la classification.
- Une augmentation du diamètre de la buse de sousverse apporte :
 - une diminution de la taille de coupure.
 - une augmentation de la capacité de traitement,
- Une augmentation du diamètre de la buse de surverse apporte :
 - une augmentation de la capacité de traitement,
 - une augmentation de la taille de coupure.
- Une augmentation de la longueur de la partie cylindrique de l'hydrocyclone apporte :
 - une augmentation de la capacité de traitement,
 - une amélioration de la qualité de la classification.
 - une diminution de la taille de coupure,
- Une augmentation du diamètre de l'alimentation apporte :
 - une augmentation de la capacité de traitement,
 - une détérioration de la qualité de la classification.
 - une augmentation de la taille de coupure,
- Une augmentation de la densité de pulpe de l'alimentation apporte :
 - une augmentation de la capacité de traitement,
 - une augmentation de la taille de coupure.

II.2.3.2. Indicateurs de performance :

La performance de l'hydrocyclone est évaluée par deux indicateurs principaux ; l'efficacité de séparation et la chute de pression. Le premier représente un gain et le deuxième

représente une perte. L'amélioration de l'efficacité de séparation ne peut être jugée positive que si la perte de charge (chute de pression) est maintenue constante ou, mieux, diminuée.

II.2.3.2.1 Chute de pression [3]

La chute de pression ΔP est la différence entre la pression à l'entrée P_e et à la sortie du cyclone P_{ss}

$$\Delta P = P_e - P_{ss} \quad (\text{II.9})$$

Le mouvement rotationnel à haute vitesse, responsable de la séparation des particules, est généré par l'effet d'une pression élevée à l'entrée du cyclone. Des dispositifs, tels les ventilateurs ou des pompes sont utilisés pour générer l'écoulement du mélange aux vitesses désirées et pour vaincre la chute de pression ayant lieu dans le cyclone. Donc, la chute de pression représente un surcoût qui doit être contrôlé pour une meilleure rentabilité de l'équipement de séparation. La définition de la chute de pression a causé beaucoup de confusion aux chercheurs.

La mesure de la pression, se faisant au niveau des parois à l'entrée et à la sortie du cyclone, donne une lecture de la pression statique. Rigoureusement parlant, c'est la chute de la pression totale (statique + dynamique) qui doit être mesurée ce qui est très difficile à effectuer à cause du mouvement rotationnel. C'est ce mouvement rotationnel qui stock la pression dynamique ($\frac{1}{2} \rho U^2$, U étant la vitesse). Si l'on revient à la pression statique au niveau de la sortie, elle est maximale aux niveaux des parois à cause du mouvement rotationnel, ce qui donne une valeur surestimée. En d'autres termes, la valeur mesurée est supérieure à la pression moyenne au niveau de la sortie et qui devrait être utilisée. Certains chercheurs ont considéré que le terme de la pression dynamique négligé devrait être presque égal à la surestimation par la mesure de la pression statique aux parois (Chen et Shi, 2007).

D'autres pensent que l'erreur engendrée par cette hypothèse pourrait atteindre (Cortés et Gil, 2007). Théoriquement, la chute de pression peut être décomposée en trois contributions : due à l'élargissement et au rétrécissement brusques au niveau de l'entrée et de la sortie, due au frottement à l'intérieur du cyclone et due à la chute de la pression dynamique étant une énergie stockée dans le fluide s'écoulant en un mouvement rotationnel à travers le conduit de sortie (voir Hoffmann et Stein, 2008). C'est le troisième terme qui contribue le plus dans la chute de pression totale. La contribution du premier terme est, par contre, très faible.

II.2.3.2 Efficacité de séparation

L'efficacité de séparation ε_s est le rapport de la fraction massique des particules solides séparées au fond du cyclone et la fraction totale des particules à son entrée. Son complément, basé sur la fraction massique des particules à la sortie, peut être utilisé également. Cette approche permet d'évaluer l'efficacité de séparation globale basée sur les débits massiques \dot{m} (Hoffmann et Stein, 2008)

$$\varepsilon_s = \frac{\dot{m}_{si}}{\dot{m}_e} = 1 - \frac{\dot{m}_{ss}}{\dot{m}_e} \quad (\text{II.10})$$

\dot{m}_{si} , \dot{m}_e , \dot{m}_{ss} sont les débits massiques des particules au fond, à l'entrée et à la sortie du cyclone.

Un paramètre plus significatif est l'efficacité de séparation partielle. Elle permet de détecter la contribution de chaque groupe de particules de tailles différentes. L'efficacité de séparation globale dans ce cas est la fonction de distribution cumulative des efficacités partielles. Elle permet d'attribuer une probabilité de séparation aux particules selon leurs tailles. En définissant un diamètre de coupure d_{50} comme étant la taille des particules ayant des probabilités égales d'être séparées ou emportées par le courant du fluide, on peut juger l'efficacité de séparation d'un cyclone. Les cyclones ayant des diamètres de coupure plus petits sont considérés comme étant plus efficaces.

II.2.3.3 Géométrie des hydrocyclones déshuileurs :

Le pétrole (phase secondaire) est plus léger que l'eau et, donc, s'écoule vers le centre de l'hydrocyclone puis vers la sortie supérieure (Fig.II.11). L'efficacité de séparation est définie dans l'équation I.11 (Colman et Thew, 1980; Colman et al., 1980; Meldrum, 1988; Simms et al., 1992; Gomez et al., 2003).

$$\varepsilon_s = \frac{Q_{ss}C_{Ps}}{Q_eC_{Pe}} = 1 - \frac{Q_{Si}C_{Pi}}{Q_eC_{Pe}} \quad (\text{II.11})$$

Où Q_e , Q_{ss} , Q_{Si} , sont les débits volumiques à l'entrée, à la sortie supérieure et à inférieure. C_{Pe} , C_{Ps} , C_{Pi} Sont les concentrations du pétrole à l'entrée, à la sortie supérieure et à la sortie inférieure.

Le noyau de pétrole, se formant au centre il est contrôlé par les différents paramètres affectant l'efficacité de l'hydrocyclone et qui sont détaillés dans la section qui suit.

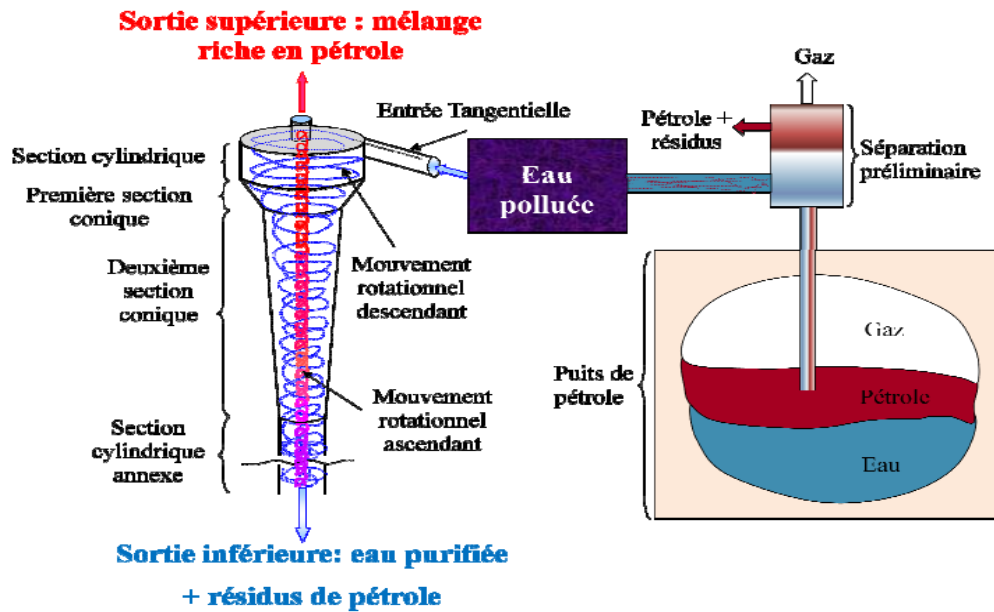


Figure II.12 : Fonctionnement de l'hydrocyclone déshuileur.

La figure II.12 illustre les différentes particularités de l'hydrocyclone déshuileur. Il est caractérisé par l'ajout d'une ou plusieurs entrées pour générer un écoulement axisymétrique stable évitant ainsi l'oscillation du noyau de pétrole séparé au centre de l'hydrocyclone (Colman et al. 1980). Aussi deux parties coniques sont employées. La première, ayant un angle plus large, sert à accélérer l'écoulement rotationnel généré dans la partie cylindrique. La deuxième, plus longue avec un angle d'inclinaison très petit, permet de prolonger le temps de résidence des gouttelettes d'huile dans le dispositif tout en maintenant l'intensité du mouvement rotationnel. La dernière partie cylindrique est le lieu de séparation de gouttelettes plus fines en prolongeant le temps de résidence. La longueur de cette dernière partie est limitée par l'espace disponible dans les champs du pétrole préservant l'un des avantages des hydrocyclones qui est la compacité. On peut remarquer, aussi, que le cylindre de la sortie supérieure n'est pas plongé dans le corps de l'hydrocyclone. Ce plongement était nécessaire pour le cas de la séparation de particules solides supposées être collectées en bas du cyclone.

Il a été trouvé que les particules pouvaient être capturées dans les couches limites qui se développent près des parois et dans lesquelles l'effet de la viscosité est plus important qu'ailleurs dans le cyclone affaiblissant l'effet de la force centrifuge. Un tel phénomène est appelé "court-circuit" formé par la trajectoire des particules migrant directement de l'entrée vers la sortie supérieure. Si l'on revient au cas de l'hydrocyclone déshuileur, le fait que le

pétrole soit collecté au niveau de la sortie supérieure élimine le besoin de prolonger un cylindre pour créer l'espace annulaire qui n'est plus nécessaire.

Depuis son invention dans les années 1970, la géométrie de l'hydrocyclone a subi une multitude de changements visant l'amélioration et l'optimisation de son fonctionnement. Les premiers modèles avaient des corps complètement cylindriques et des sorties tangentielles. Leur efficacité était médiocre (aux environs de 65 %, voire Colman et al., 1980). L'hydrocyclone présenté dans la figure II.11 est le premier modèle atteignant 98 % d'efficacité rendant l'appareil acceptable d'un point de vue industriel.

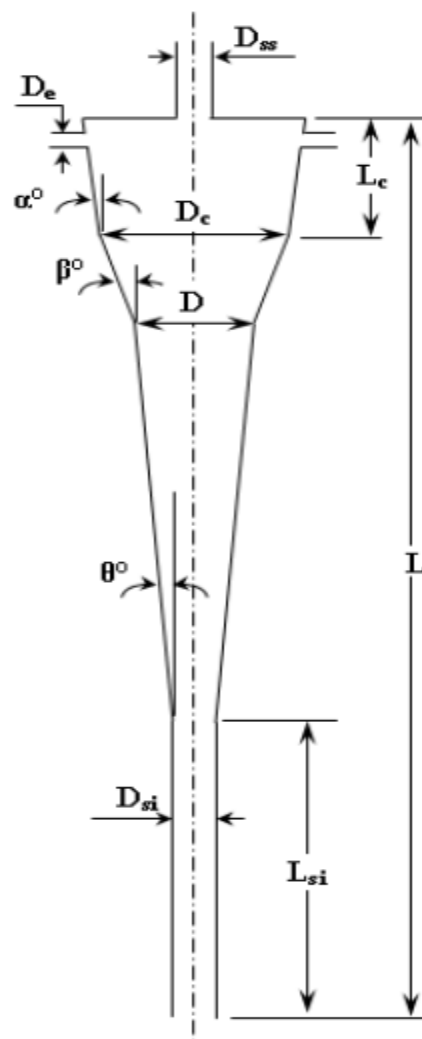


Figure II.13 : Géométrie de l'hydrocyclone déshuileur.

Dans les années 2000, les études d'optimisation de la géométrie, généralement basées sur des expériences très coûteuses, ont été abandonnées malgré quelques tentatives rares (Belaidi et Thew, 2003 ; Hashemi et al., 2004). Actuellement, le progrès dans le domaine

informatique encourage les chercheurs à aborder de nouveau le sujet de l'optimisation de la géométrie avec des coûts et des efforts raisonnables. La figure II.13 et le tableau II.1 résumant l'évolution de la géométrie de l'hydrocyclone déshuileur (pour plus de détails voir Kharoua et al., 2009).



Figure II.14 : Evolution de la géométrie de l'hydrocyclone déshuileur.

II.2.3.4 Régime d'écoulement :

II.2.3.4.1 Débit :

La phase secondaire, composée de gouttelettes liquides, a un comportement différent des particules solides. En effet, une gouttelette peut se déformer, se fragmenter ou coalescer avec d'autres gouttelettes. L'intensité du débit à l'entrée de l'hydrocyclone a pour effet de déclencher le mécanisme de séparation puis d'augmenter, brusquement, l'efficacité sous l'effet d'une force centrifuge croissante. A un certain seuil du débit, le phénomène de fragmentation commence, donnant naissance à des gouttelettes plus fines, plus difficiles à séparer et automatiquement perdue avec l'eau à purifier en bas de l'hydrocyclone. Les effets opposés de la force centrifuge croissante et du phénomène de fragmentation causent la

stabilisation de l'efficacité de séparation formant un palier dans la courbe liant les deux paramètres (Fig. II.14). Quand le débit atteint un deuxième point critique, l'effet de la fragmentation des gouttelettes devient aussi important que l'efficacité de séparation chute brusquement. Le rapport entre les deux points caractéristiques limitant le palier (Figure II.14) est appelé rapport d'arrêt (turndown ratio) qui est en générale entre 2 à 7.

Tableau II.1 Evolution de la géométrie de l'hydrocyclone déshuileur. (Voir Fig II.12)

	D $/D_e$	D_{ss} $/D_c$	D_e/D_c	D_{si} $/D_c$	L_e $/D_c$	L_{si} $/D_c$	L $/D_c$	α°	β°	θ°
Colman et thew (1983)	0.5	\leq 0.07	0.175 (2 entrées)	0.25	1	10	~22.5	0	10	0.75
Hargreaves et Silvester (1990)	0.75	\leq 0.07	0.676 (1 entrée à section rectangulaire)	0.25	0.5	10	21	0	10	0.75
Young et al. (1994)	-	0.039	0.25	0.33	0-2	9	-	0	6	-
Wesson et Petty (1994) : mini hydrocyclone $D_s \leq 10$ mm	-	0.24	0.24	0.22	1	13.5	21	0	6	-
Thew (2000) : entrée spirale unique	0.75	-	Plus large que la conception avec 2 entrées	0.375	0.375	10	26- 33	0	10	0.75
Belaidi et Thew (2003) : chambre de rotation conique	0.475	0.2- 0.6	~0.15	~0.24	~0.36	~4.7	~13	<10	10	1

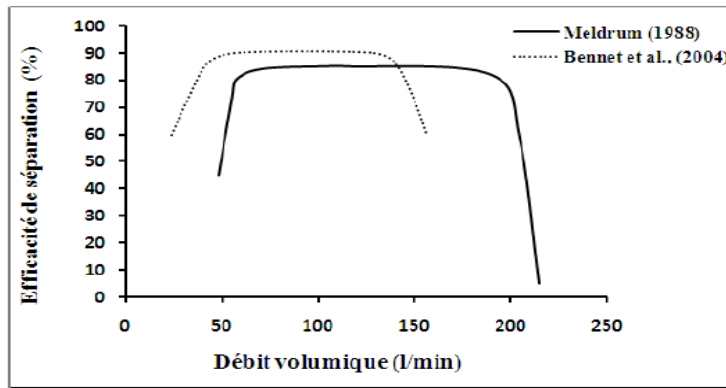


Figure II.15 : Courbe typique de l'effet du débit sur l'efficacité de séparation.

Le fractionnement du débit entre l'écoulement ascendant et celui descendant est exprimé par un indicateur appelé rapport de fractionnement du débit F . Les valeurs usuelles de ce rapport varient entre 2 et 3. Sachant que la concentration du pétrole à l'entrée de l'hydrocyclone est, en générale inférieure à 1 %. Il est préférable de diminuer le rapport de fractionnement du débit aux environs de 1% pour minimiser la quantité de l'eau s'écoulant avec le pétrole séparé. Colman et Thew (1980) avaient présenté l'idée de sorties coaxiales en haut du dispositif. L'eau formant un anneau autour de l'huile sera collectée dans l'espace annulaire entre les deux sorties coaxiales.

$$F = \frac{Q_{SS}}{Q_e} = \frac{Q_e - Q_{Si}}{Q_e} \quad (\text{II.12})$$

II.2.3.4.2 Rapport des chutes de pression (PDR)

Les pressions à l'entrée et aux sorties de l'hydrocyclone peuvent, aussi, être utilisées pour contrôler son bon fonctionnement. Ce paramètre, défini dans l'équation II.13, doit être maintenu à des valeurs typiques entre 1.7 à 2 pour un bon fonctionnement de l'appareil.

$$PDR = \frac{P_e - P_{SS}}{P_e - P_{Si}} \quad (\text{II.13})$$

P_e , P_{SS} , et P_{Si} sont les pressions à l'entrée, la sortie supérieure et la sortie inférieure de l'hydrocyclone.

II.2.3.5 Caractéristiques des composants du mélange

II.2.3.5.1 Distribution de taille des gouttelettes

Toujours basé sur la loi de Stokes, on peut remarquer que les gouttelettes les plus grosses ont une vitesse de séparation plus grande et sont plus vulnérables à l'effet de la force centrifuge. Il a été trouvé qu'un prétraitement du pétrole brut peut contribuer

considérablement à améliorer l'efficacité de séparation en employant des coalesceurs (Sinkler et al. 1999), par exemple, pour augmenter la taille des gouttelettes avant de les injecter dans l'hydrocyclone. Une autre méthode est de rajouter de l'eau chaude au brut et de mixer le mélange à faible vitesse (Hashemi et al., 2004).

II.2.3.5.2 Différence des masses volumiques

La différence des masses volumiques du pétrole et de l'eau est, en générale, entre 50 et 300 kg/m³ (Thew, 2000). Les faibles différences des masses volumiques correspondent aux bruts lourds comme celui du Canada. Leur séparation est très coûteuse.

La viscosité : à une température élevée la viscosité de l'eau et de l'huile chute, ce qui facilite le mouvement des gouttelettes. Les températures optimales sont entre 60°C et 115°C (Thew et Smith, 1998). Hachemi et al. 2004 ont trouvé 40 à 50°C pour les bruts lourds du Canada.

La présence du gaz : le gaz peut être présent sous deux formes : dissout ou libre. Les deux travaux existant dans la littérature (Smyth et Thew, 1996 ; Belaidi et Thew, 2003), ayant étudié les deux aspects séparément, ont trouvé des résultats qualitativement similaires. Les performances de l'hydrocyclone se dégradent à des fractions de gaz élevées..

II.2.4 Modèle d'analyse de l'hydrocyclone

L'hydrocyclone est le procédé de séparation accéléré. Son concept de travail principal est de remplacer l'accélération gravitationnelle qui dirige la vitesse de décantation au moyen de l'accélération centrifuge supérieure. MA et AURELLE ont proposé une approche nouvelle de prévoir l'efficacité hydrocyclone, appelée *le modèle d'analyse trajectoire pour l'hydrocyclone biphasique (liquide-liquide)*, fondée sur la loi de STOKE.

En fait, ce modèle peut prévoir, par l'équation théorique, l'efficacité de séparation par classe des gouttelettes d'huile de toute taille dans les eaux résiduaires ; à la différence des autres modèles qui sont basés sur les concepts du modèle empirique et de la similarité. Ainsi, il est très pratique de comprendre l'effet des paramètres reliés à la performance d'hydrocyclone. Le modèle est constitué des équations qui dirigent 3 éléments de vitesse des gouttelettes d'huile à l'intérieur du cyclone, comme montré ci-dessous.

$$\int_{R_{ZVV}}^{R_d} \frac{dR}{U} = \int_0^L \frac{dZ}{W} \quad (\text{II-14})$$

$$U = \frac{\Delta\rho d^2 V^2}{18 \mu R} \quad (\text{II-15})$$

$$V = \left(\frac{Q}{\pi D_t^2}\right) \left(\frac{D_n}{R}\right)^{0.65} \quad (\text{II-16})$$

Pour l'hydrocyclone triphasique, la perte de charge entre l'entrée et la sortie d'huile (Poil), entre la sortie d'eau (Pw) et la sortie de MES (Pss) peuvent être calculée par les équations suivantes

$$\Delta P_{water} = 49.8 \frac{Q^{2.12}}{D^4} \text{ bar} \quad (\text{II-17})$$

$$\Delta P_{SS} = 21 \frac{Q^{2.34}}{D^4} \text{ bar} \quad (\text{II-18})$$

$$\Delta P_{oil} = 55 \frac{Q^{2.03}}{D^4} \text{ bar} \quad (\text{II-19})$$

Pour la détermination de l'efficacité, on a le model empirique établie par THEW et son collègue COLMAN, où il a fait une estimation pour un diamètre de coupure $d_{75\%}$

$$\eta_d = 1 - e^{-1.8\left(\frac{d}{d_{75\%}}\right)^{-0.19}} \quad (\text{II-20})$$

$$d_{75\%} = \left[\frac{0.01\mu (D_n)^3}{\Delta\rho Q}\right] \quad (\text{II-21})$$

L'estimation de de la concentration d'huile à la sortie est calculé à partir de l'efficacité théorique

$$C_d = \frac{(1-\eta_d)C_{od}}{(1-R_f)} \quad (\text{II-22})$$

L'efficacité totale représente la concentration entre l'entrée et la sortie

$$\eta_t = \frac{1}{(1-R_f)} \frac{1}{C_o} \sum_{d_{max}} \eta_d C_{od} \quad 100\% \quad (\text{II-23})$$

CHAPITRE III
Problématique et Moyens
utilisés

III. Problématique :

La problématique des systèmes de séparation, réside dans le fait que certains séparateurs ne respectent pas les critères de conception actuels. De plus, la difficulté de procéder à l'échantillonnage de l'effluent ne permet pas de déterminer avec certitude les ouvrages véritablement problématiques. Les séparateurs hydro-cycloniques ne sont pas des séparateurs qui fonctionnent en continu avec un débit en huile et d'eau prévisible. Malgré ces difficultés, une campagne de vérification de la performance de ces systèmes de séparation a permis de conclure que, dans la variété des modèles de conception, certains séparateurs doivent être étudiés pour s'assurer de leurs performances.

De plus, les séparateurs conformes aux exigences de la norme de conception sont sujets au vieillissement et à la dégradation. Un suivi de leurs capacités fonctionnelles doit donc être fait par des tests d'étanchéité et des inspections rigoureuses. Avec des effectifs restreints et dans un contexte économique plus difficile, la maintenance normale des équipements peut être compromise.

Mis à part les défauts conceptuels, d'autres facteurs peuvent amoindrir la performance des systèmes de récupération des huiles. Les matières en suspension, un sous-dimensionnement ce qui nous mène à des paramètres de fonctionnement non compatible avec la charge à traiter.

Donc l'objectif de notre étude se résume à une évaluation des anomalies de fonctionnement du Cyclo-séparateur.

Sachant que notre but est d'avoir une eau traité suivant les normes suivantes :

- Une quantité d'huile dans l'eau égale ou inférieure à **20 ppm**.
- Une quantité de matière en suspension égale ou inférieure à **10 mg/l**.

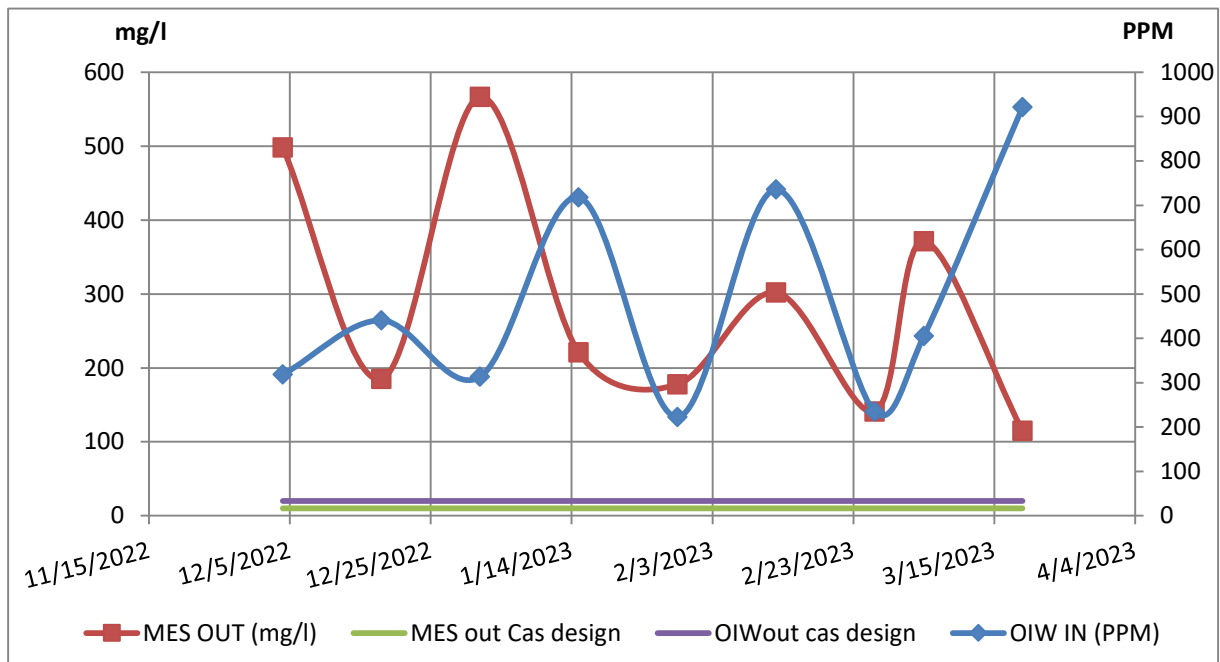


Figure III.1 : Teneur en hydrocarbures et en matières en suspension dans l'eau sortie cyclosep.

D'après la Figure III.1 , on voit bien qu'on n'arrive pas à atteindre les normes exigées en terme de MES et de teneur en hydrocarbures dans l'eau à la sortie du cyclo-séparateur.

Les valeurs enregistrées sont toujours supérieure à celles exigées ce qui suppose que le cyclo-séparateur ne fonctionne pas correctement et ne joue pas son rôle convenablement avec les conditions actuelles.

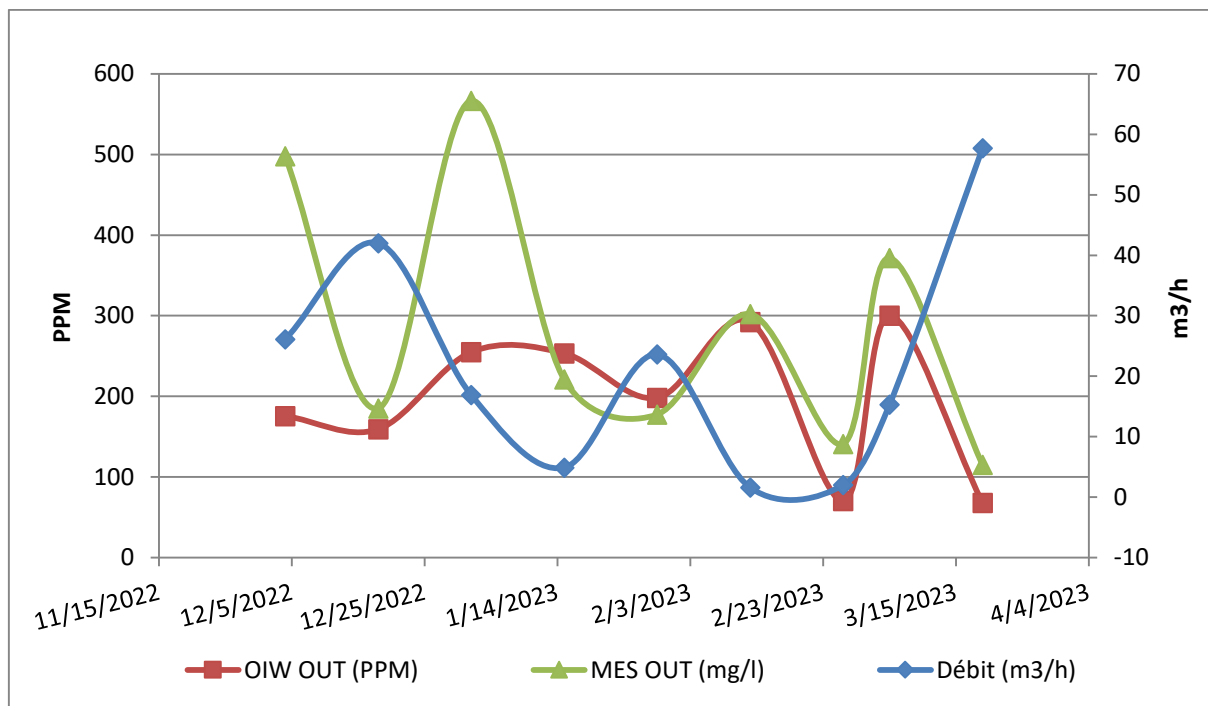


Figure III.2 : Influence du débit d'alimentation sur la qualité d'eau sortie cyclo-séparateur.

La Figure III.2 , nous montre l'impact du débit d'alimentation sur la qualité d'eau traitée au niveau du cyclo-séparateur. Les quantités d'huile et de MES ont tendance à diminuer avec l'augmentation du débit d'alimentation, ce qui donne un meilleur rendement et un traitement plus efficace.

Notre étude se base sur le fait que le débit d'alimentation joue un rôle crucial dans le traitement de l'eau produite, influençant positivement les résultats.

III.1. les moyens utilisés :

III.1.1.Simulation avec HYSYS :

La simulation peut être définie comme l'utilisation d'un modèle mathématique pour générer une description du comportement d'un système physique (procédé).

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement d'un système à étudier. Ces équations sont souvent des relations de conservation de masse, d'énergie et des équations de conservation de la quantité de mouvement.

L'avantage majeur de la simulation est de fournir un aperçu du précis comportement du système réel. Cet aperçu peut être difficile à avoir à travers l'expérience et l'intuition seule, en particulier pour les systèmes complexes avec plusieurs variables interactives.

La simulation peut être classée comme une méthode commode qui est économique et sans danger pour la compréhension du comportement du procédé réel, sans intervention sur le procédé en cours de fonctionnement [38].

III.1.2.Description du simulateur HYSYS : [39]

Le logiciel HYSYS, l'un des outils de calcul de la simulation, utilisé en génie des procédés et développé par la société canadienne HYPROTECH, a pour but, non seulement de simuler, mais aussi de traiter tous les problèmes afférents aux phénomènes de transfert de chaleur et de matières dans les domaines chimiques, pétrochimiques, raffinage du pétrole et d'une vaste gamme de problèmes, allant des séparations bi et/ou triphasiques simples, de la compression à la distillation et la transformation chimique. Il offre, également la possibilité de calculer toutes les propriétés physiques et thermodynamiques des fluides. En outre, il présente l'avantage d'effectuer les calculs.

Les différentes tâches que devrait effectuer simulateur de procédés sont :

- Le calcul des flashes ;
- La résolution des bilans de matière et d'énergie ;
- L'optimisation du procédé ;
- Le dimensionnement des équipements industriels.

Et pour la réalisation de celle-ci, un simulateur doit contenir :

- Une bibliothèque de modèles de calcul des propriétés physiques et thermodynamiques des corps purs et des mélanges, associée à une banque de données de corps purs ;
- Une bibliothèque des modules standards de simulation des opérations unitaires les plus couramment présentées dans un procédé de fabrication ;
- Une bibliothèque de modules de méthodes numériques algébriques.

III.1.2. Les analyses effectuées au niveau de laboratoire : Analyses (Oil in water) [40]

Les tests effectués au niveau de laboratoire sur l'eau produite comprennent: la MES, la mesure du pH, la densité et la température, « Oil in Water »

La dernière analyse c'est une analyse très importante vis-à-vis les impacts environnementaux, la quantité de l'huile dans l'eau ne doit pas dépasser un seuil spécifique afin de pouvoir réinjecter l'eau dans les puits. Cette analyse caractérise aussi la performance du cyclosep.

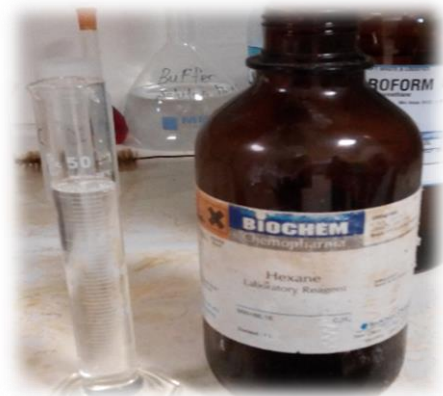
III.1.2.1. La calibration de l'appareil TD500D.

A-préparation de la solution de 1000ppm:

1)- Mettre 0.1ml de brut dans une fiole.



2)- Ajouter environ 50ml de solvant {hexane}, fermer et mélanger les deux produits



3) Ajuster avec le solvant jusqu'au trait de 100.)



B-préparation de la solution de 250ppm :

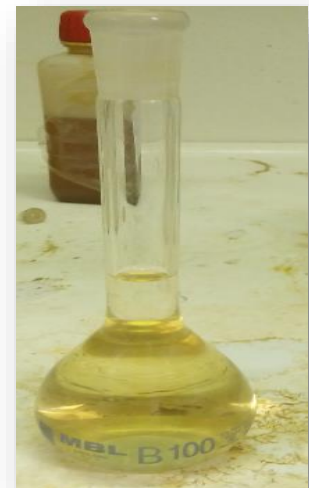
1) -Prendre 25ml de la solution précédente et la mettre dans une fiole.



2) -Ajouter environ 50ml de solvant (hexane)
-Fermer et mélanger les deux solutions



3) - Ajuster avec le solvant jusqu'au trait de 100.



C-Calibration:

1) -Remplir avec une seringue les $\frac{3}{4}$ d'une cuvette avec du solvant neuf (hexane) et essuyer la cuvette.

2)-Mettre la cuvette avec l'adaptateur dans l'appareil et fermer le capot.



-Presser le bouton <on/off>

et attendre la fin du countdown.

-Presser le bouton <cal> puis le bouton <ENT>.

-Presser encore <ENT> pour lire la valeur du blanc.

-Retirer la cuvette du blanc

-Remplir au $\frac{3}{4}$ une nouvelle cuvette avec la solution 250ppm et essuyer la cuvette.

- Mettre la cuvette avec l'adaptateur dans l'appareil et fermer le capot.

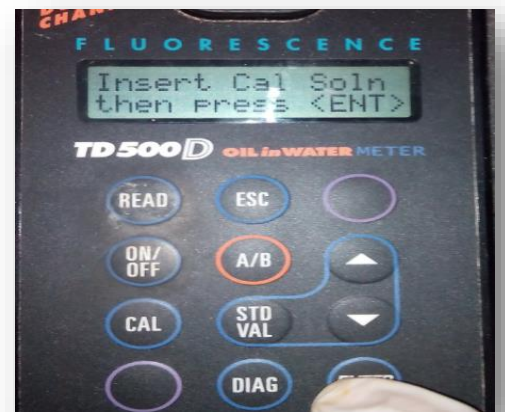
-Presser <ENT> pour lire la valeur.

-Presser <ENT> pendant 10s pour enregistrer la calibration.

-Presser <stdval> .

-Ajuster la valeur a 25 par les touches up Δ ou down ∇

-Aresser <ENT>pour accepter la calibration.



D- Détermination de la quantité d'huile dans l'eau par la méthode d'extraction liquide-liquide TD500D:

Pour avoir la quantité d'huile dans l'eau, on a appliqué l'opération de l'extraction liquide-liquide par solvant.

Extraction liquide-liquide des hydrocarbures libres de l'échantillon d'eau par l'hexane, qui permet de dissoudre la quasi –totalité des molécules organique grâce à son pouvoir d'extraction important et l'appareil TD500 nous donne directement la concentration en hydrocarbures après extraction.

Réactifs :

- Hexane.
- Acide chlorhydrique.

Matériels nécessaires:

- TD500 (Oil in water mètre).
- Ampoules à décanter de 250ml.
- Fioles de 500ml.
- Entonnoir.
- Pipette.
- Micropipette.

Mode opératoire:

- Cette étape va permettre la séparation entre les molécules d'hydrocarbures qui se transfèrent par dissolution sélective dans l'hexane.
- Le mode opératoire de cette extraction est le suivant :
- Prendre 100ml de l'échantillon dans une fiole de 500ml.
- Ajouter 10ml du solvant hexane.
- Ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique.
- Bien agiter la solution pendant deux minutes (02 minutes).
- Mettre le mélange dans une ampoule à décanter pour séparer les deux phases.
- Remplir $\frac{3}{4}$ du volume de la cellule porte échantillon avec la phase huileuse.
- Bien nettoyer la cellule avant de la mettre dans l'adaptateur du TD 500D.
- Fermer le couvercle de l'appareil de mesure TD500D.
- Appuyer sur la touche ON/OFF.

- Appuyer sur la touche READ pour obtenir le résultat.



E- Analyses (MES)

Les matières en suspension correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. Cette méthode permet de mesurer la teneur en matière solide en suspension de dimension donnée, dans l'eau.

✓ Principe:

L'eau est filtrée et le poids des matières solides retenues par le papier filtre est déterminé par pesée différentielle.



Matériels utilisés :

Papier filtre de 10 μm .

- Eau distillée.
- Pompe à vide.
- Dispositif de filtration.
- Creusets.
- Etuve de séchage.
- Pincette.
- Balance de précision.



Mode opératoire :

- On soutire 250 ml de l'échantillon après décantation.
- Mettre le papier filtre avec le creuset dans l'étuve à 105°C pendant 2h.
- Refroidir le papier filtre avec le creuset dans le dessiccateur en verre.
- Avant la filtration, on pèse le papier filtre avec le creuset soit (M1).
- Placer le papier filtre dans le dispositif de filtration.
- Mettre la prise d'essai de 250 ml dans l'entonnoir de filtration.
- Mettre en marche la pompe à vide. La filtration commence et les MES sont retenues sur le papier filtre.
- Sécher le papier filtre placé dans un creuset dans l'étuve à 105°C.
- Après refroidissement, on pèse le papier filtre avec le creuset, soit (M2).

La concentration en matière solide en suspension peut être calculée à partir de la relation suivante :

$$\text{MES} = [M2-M1] /v \times 1000 \text{ (mg/l)}$$

Avec :

- MES : matière en suspension.
- M2: masse du filtre après filtration.
- M1: masse du filtre avant filtration.
- v : volume de l'échantillon filtré.

CHAPITRE IV
Analyses, résultats et
interprétations

Dans ce chapitre, on va mettre en œuvre une série d'analyses sur notre eau produite avant et après traitement dans le cyclo-séparateur, dans le laboratoire du centre GS1 et les prendre comme références d'étude en les comparant avec les données conceptuelles existantes, afin de pouvoir construire une optimisation des paramètres de fonctionnements, en se basant sur les résultats obtenus.

IV.1. Comparaison entre les données du design et les données réelles du cyclo-séparateur

IV.1.1 Cas design

Les données de conception et de performance suivantes ont été obtenues à partir du P&ID de l'unité et les fiches techniques du cyclo-séparateur.

IV.1.1.1 Donnés design et paramètres opératoires

Tableau IV.1 : Données du Design

Pression d'entrée (Barg)	5.0
Pression de service (Barg)	1.5
Température (°C)	-5/75
Capacité du cyclo-séparateur EL-GASSI 40-V-210 (bbl/j)	30,000
Capacité du cyclo-séparateur W. EL-Agreb 40-V-30012A/B (bbl/j)	25,000

IV.1.1.2 Spécifications exigées et performances

Les performances du cyclo-séparateur sont résumées ci-dessous, notons que la teneur en hydrocarbures et en matières en suspension sont basées respectivement sur la dimension de la gouttelette d'huile et de la particule solide.

Tableau IV.2 : Performances du cyclo-séparateur.

Qualité d'eau produite à l'entrée du cyclo-séparateur	
Huile	≤ 650 mg/litre ayant une taille de gouttelette supérieure à 50 microns
Solides	≤ 50 mg/litre ayant une taille de particules solides supérieures à 10 microns
Qualité d'eau produite à la sortie du cyclo-séparateur	
Huile	≤ 20 mg/litre ayant une taille de gouttelette supérieure à 50 microns
Solides	≤ 1 mg/litre ayant une taille de particules solides supérieures à 10 microns

Tableau IV.3 : Normes exigées de l'eau produite.

Les spécifications exigées	
Huile	≤ 20 mg/litre ayant une taille de gouttelette supérieure à 50 microns
MES	≤ 10 mg/litre ayant une taille de particules inférieure à 10 microns

IV.1.2 Cas réel

Après avoir pris plusieurs échantillons de l'eau produite à l'entrée et à la sortie du cyclo-séparateur, nous avons effectué des analyses au laboratoire pour déterminer la teneur en hydrocarbures et la quantité de matière en suspension.

Tableau IV.4 : Résultats d'analyses de l'eau produite au cours du temps.

Temps	Débit (m ³ /h)	OIW IN (PPM)	OIW OUT (PPM)	MES IN (mg/l)	MES OUT (mg/l)
04/12/2022	26,1	318,4	175,7	514,5	498
18/12/2022	42	440,6	159,3	259	185
01/01/2023	16,9	313,5	254,9	705	566,5
15/01/2023	4,9	718	253,4	224,5	221
29/01/2023	23,6	222,6	198,2	251	177,5
12/02/2023	1,6	735,4	292,4	575	302
26/02/2023	2	234,8	70,2	145,5	141
05/03/2023	15,3	405	300	405	371,5
19/03/2023	57,7	921	68	216	115

À partir de ce tableau IV.4, on a tracé les courbes ci-dessous pour montrer les facteurs qui influent sur le traitement et les performances du cyclo-séparateur.

IV.2 Facteurs influençant sur la qualité de l'eau traitée

IV.2.1 Influence de débit sur la qualité de l'eau traitée

Le cyclo-séparateur fonctionne actuellement avec un débit variable vu qu'il reçoit sa charge directement de la séparation à différentes pressions. Cette variation de débit présentée dans les courbes suivantes indique son influence sur le traitement.

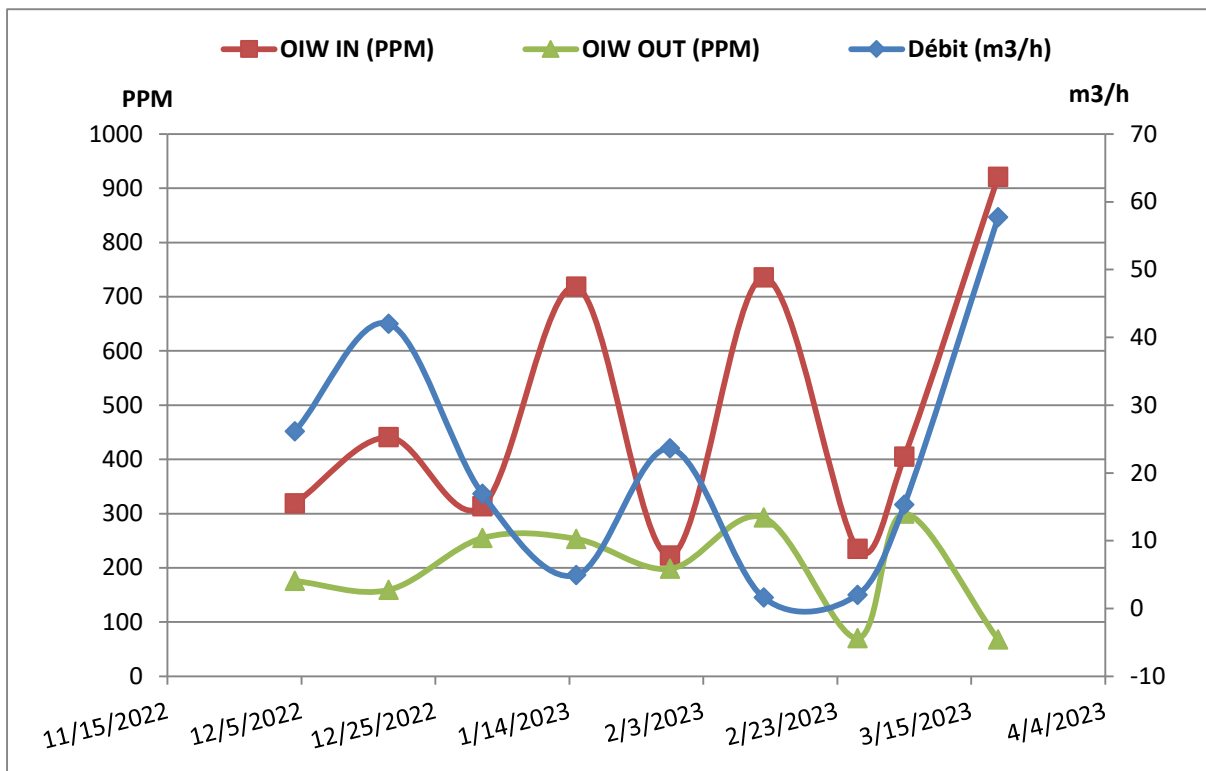


Figure IV.1 : Courbe de la teneur en hydrocarbure et débit en fonction du temps
 $OIW = f(t)$.

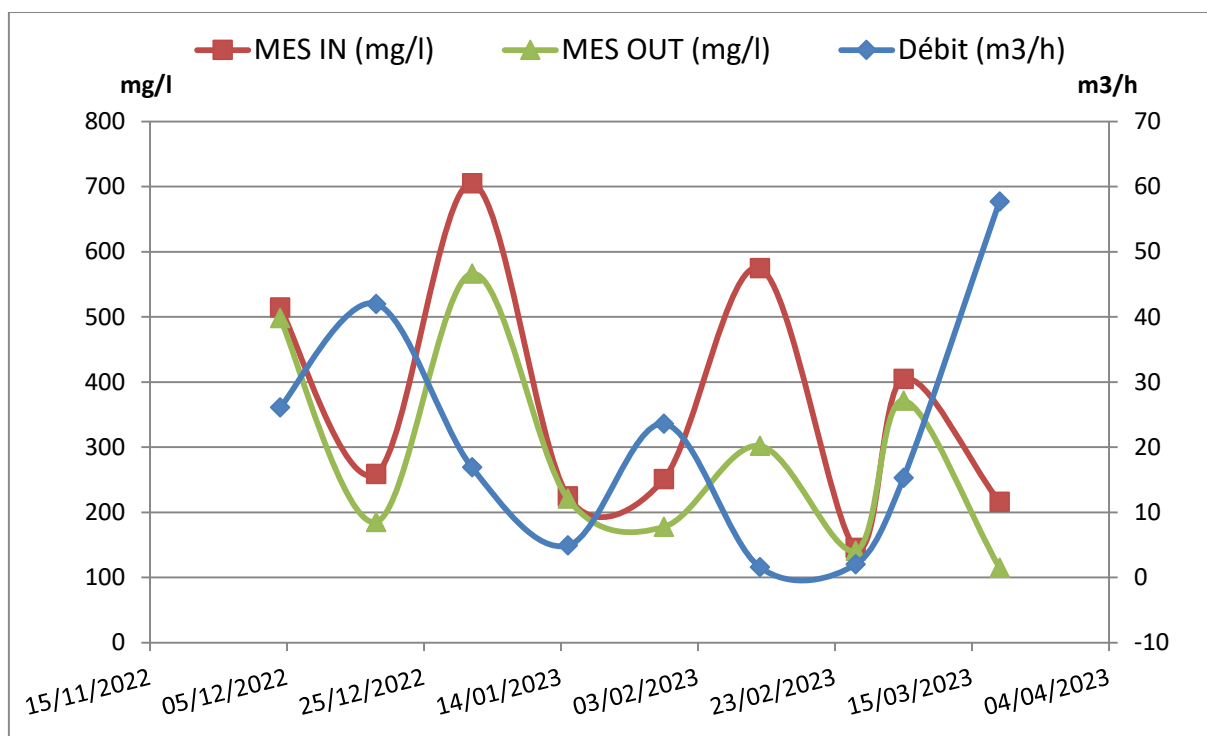


Figure IV.2 : Courbe de matières en suspension et débit en fonction du temps $MES = f(t)$.

D'après les Figure IV.1 et IV.2, on remarque que l'augmentation du débit a un impact positif sur l'efficacité de traitement.

III.2.2 Influence de la pression sur la qualité de l'eau traitée

Tableau IV.5 : Résultats d'analyses de débit et pression au cours du temps.

Temps	Débit (m3/h)	Pression (Bar_g)
04/12/2022	26,1	1,59
18/12/2022	42	3,7
01/01/2023	16,9	0,73
15/01/2023	4,9	0,08
29/01/2023	23,6	1,33
12/02/2023	1,6	0,01
26/02/2023	2	0,02
05/03/2023	15,3	0,61
19/03/2023	57,7	6,52

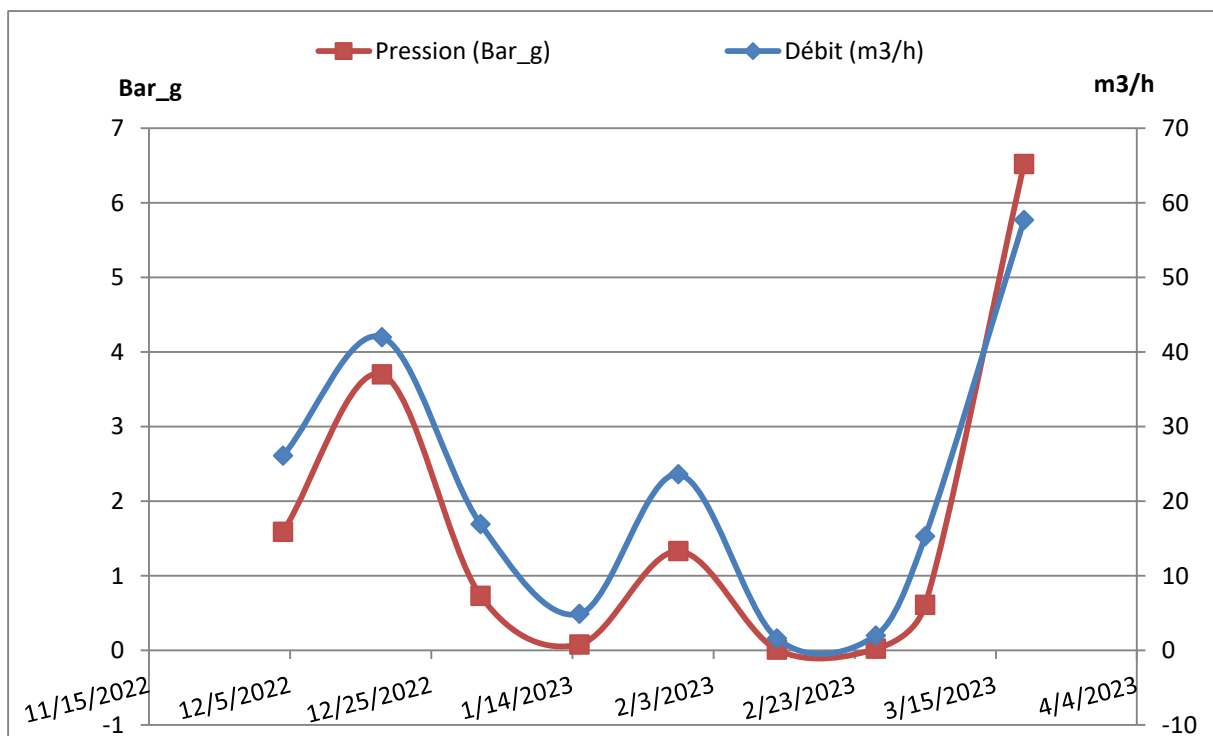


Figure IV.3 : Courbe de pression d'alimentation et débit en fonction du temps $P = f(t)$.

La figure IV.3 nous montre que le débit d'alimentation est proportionnel à la pression assurée à l'entrée du Cyclo-séparateur, ce qui nous laisse à dire que la pression a la même influence que le débit sur le traitement.

IV.2.3 Influence de la qualité d'eau produite sur le traitement

Tableau IV.6 : Résultats de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite à l'entrée du cyclo-séparateur.

Temps	OIW IN Cas réel (PPM)	OIW IN cas design (PPM)
04/12/2022	318,4	650
18/12/2022	440,6	650
01/01/2023	313,5	650
15/01/2023	718	650
29/01/2023	222,6	650
12/02/2023	735,4	650
26/02/2023	234,8	650
05/03/2023	405	650
19/03/2023	921	650

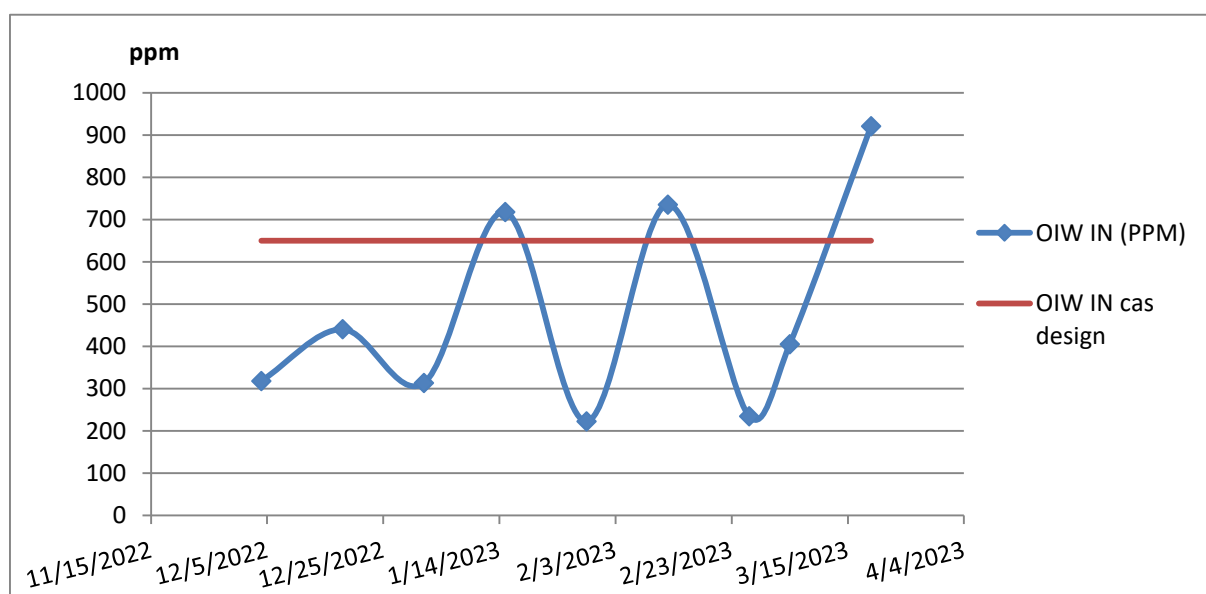


Figure IV.4 : Variation de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite à l'entrée du cyclo-séparateur en fonction du temps $OIW\ IN = f(t)$.

En comparant les valeurs de la teneur en huile du cas réel à la valeur du cas design (650ppm), on peut dire qu'ils sont relativement proches.

Tableau IV.7 : Résultats de la teneur en MES à l'entrée du cyclo-séparateur.

Temps	MES IN cas réel (mg/l)	MES in cas design (mg/l)
04/12/2022	514,5	50
18/12/2022	259	50
01/01/2023	705	50
15/01/2023	224,5	50
29/01/2023	251	50
12/02/2023	575	50
26/02/2023	145,5	50
05/03/2023	405	50
19/03/2023	216	50

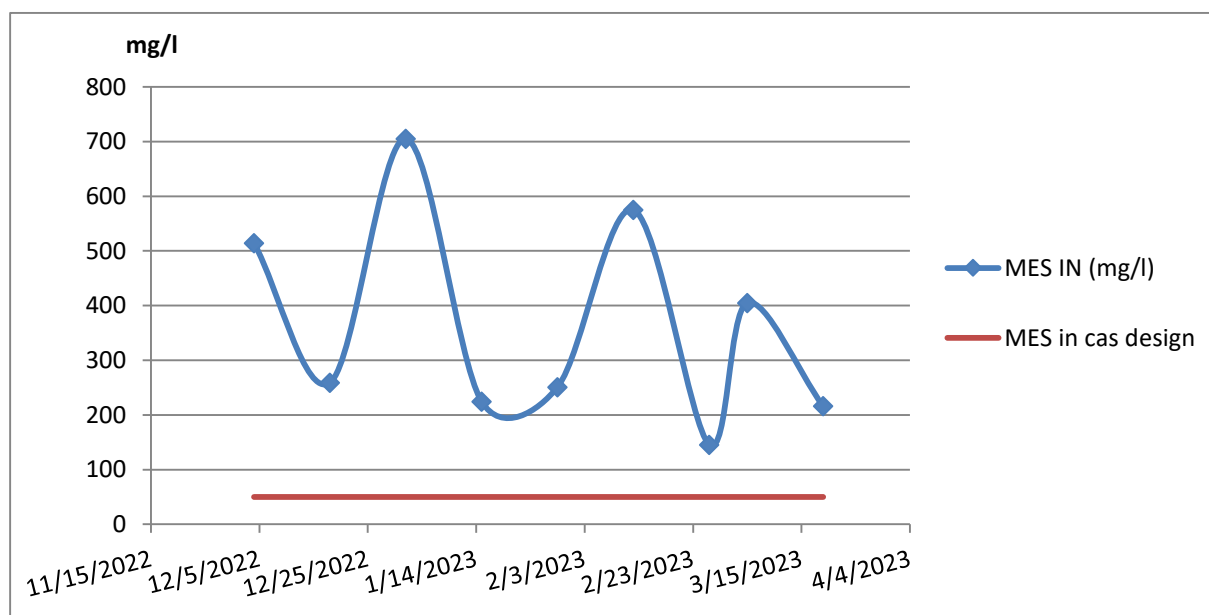


Figure IV.5 : Variation de la teneur en MES à l'entrée du cyclo-séparateur en fonction du temps $MES\ IN = f(t)$.

La figure IV.5 montre que la quantité de MES dans l'eau à l'entrée du cyclo-séparateur est toujours supérieure à celle exigée par le design (50 mg/l).

Tableau IV.8 : Résultats de la teneur en hydrocarbure dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur.

Temps	OIW IN (PPM)	OIW OUT (PPM)	OIWout cas design (limite exigée ≤ 20 ppm)
04/12/2022	318,4	175,7	20
18/12/2022	440,6	159,3	20
01/01/2023	313,5	254,9	20
15/01/2023	718	253,4	20
29/01/2023	222,6	198,2	20
12/02/2023	735,4	292,4	20
26/02/2023	234,8	70,2	20
05/03/2023	405	300	20
19/03/2023	921	68	20

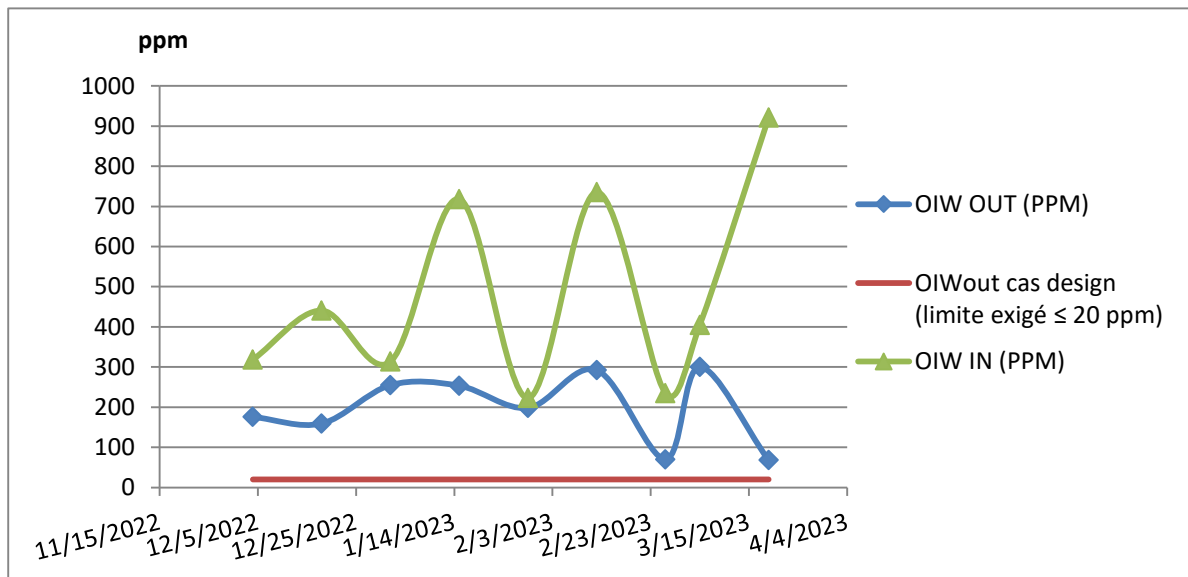


Figure IV.6 : Teneur en hydrocarbures dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur en fonction du temps $OIW = f(t)$.

A la sortie du cyclo-séparateur, la performance de celui-ci dans le cas design est égale ou inférieure à 20 ppm de teneur en huile dans l'eau traité, dans notre cas cette donnée n'est pas atteinte ce qui implique que nos résultats de traitement d'eau produite dans le cyclo-séparateur ne suivent pas le cas design donc les performances conceptuelles de l'équipement ne sont pas exploitées.

Tableau IV.9 : Quantité d'MES dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur.

Temps	MES IN (mg/l)	MES OUT (mg/l)	MES out Cas design (limite exigée ≤ 10 mg/l)
04/12/2022	514,5	498	10
18/12/2022	259	185	10
01/01/2023	705	566,5	10
15/01/2023	224,5	221	10
29/01/2023	251	177,5	10
12/02/2023	575	302	10
26/02/2023	145,5	141	10
05/03/2023	405	371,5	10
19/03/2023	216	115	10

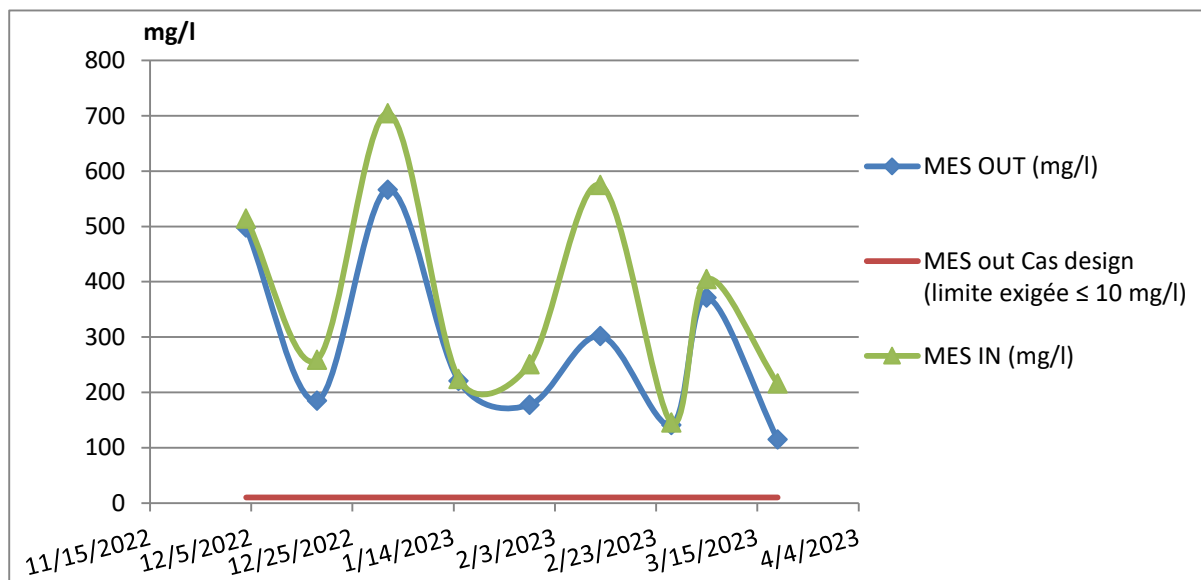


Figure IV.7 : Quantité d'MES dans l'eau produite issue du cyclo-séparateur en fonction du temps $MES = f(t)$.

D'après ces figures, on remarque que les valeurs de MES à l'entrée du cyclo-séparateur dépassent toujours les exigences conceptuelles, ce qui amoindrit l'efficacité de traitement dans le cyclo-séparateur et altère la qualité de l'eau requise en terme de MES.

Cependant, une nette amélioration a pu être obtenue grâce à une décantation au niveau des bacs tampon et une filtration avant l'injection dans le réservoir.

En conclusion, c'est sur ces trois facteurs (Pression, débit, OIW IN) que va se baser notre optimisation pour atteindre la qualité de l'eau exigée.

IV.3 Optimisation des paramètres de fonctionnement du cyclo-séparateur

D'après l'étude qu'on a faite, on a conclu que pour avoir un meilleur traitement et atteindre les performances du cyclo-séparateur du centre GS1, il faut faire une optimisation des paramètres influents sur l'eau traitée.

Pour l'optimisation de la pression et du débit, on a pris comme référence les résultats obtenus de l'eau traitée au niveau du cyclo-séparateur du centre WEST AGREB, la pression optimum est déterminée suivant la qualité de l'eau à la sortie.

Tableau IV.10 : Résultats d'analyses de l'eau produite du cyclo-séparateur du centre WEST AGREB.

Pression <i>Bar</i>	Débit <i>m³/h</i>	OIW IN <i>ppm</i>	OIW OUT <i>ppm</i>
2	71.3	336	181.4
3	87.5	275.1	79.8
4	102.2	352.1	38.9
4.8	132.5	380	20.6

Le tableau IV.10 exprime une variation de pression et de débit d'alimentation du cyclo-séparateur, les résultats nous montrent l'impact des paramètres opératoires sur la qualité d'eau traitée.

Rappelons l'objectif de notre étude est d'atteindre une eau avec une concentration d'hydrocarbures égale ou inférieure à 20 ppm donc satisfaire les performances du cyclo-séparateur, on remarque alors que cette valeur ne peut être réalisé qu'avec une pression de **4.8 bar** et un débit de **132.5 m³/h**.

Cette pression est proche de la pression donnée dans le cas design, de là nous exigeons que les performances données dans le cas design doivent être respectées.

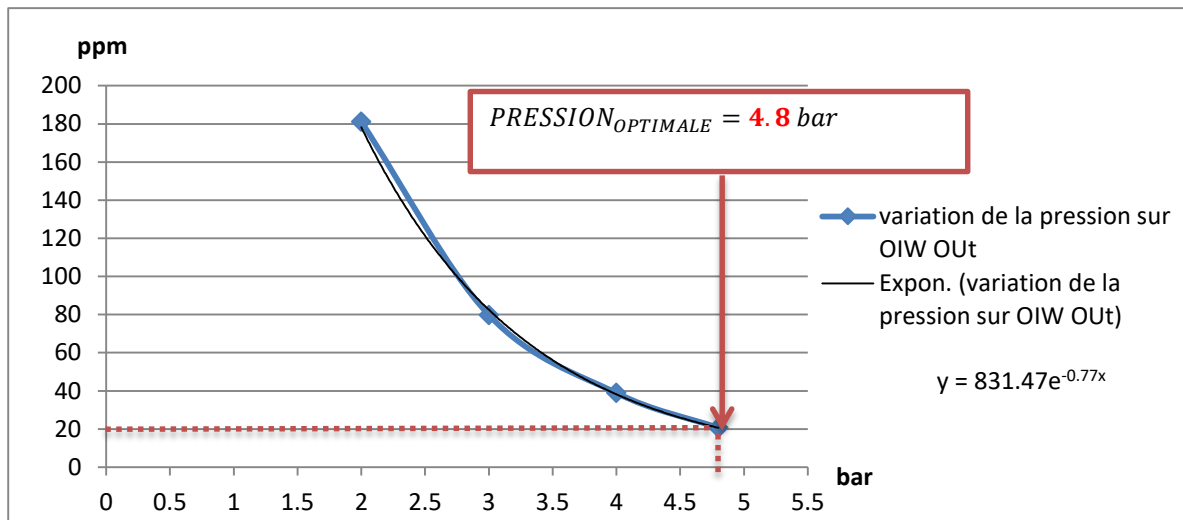


Figure IV.8 : Variation de la teneur en huile à la sortie du cyclo-séparateur en fonction de la pression d'entrée.

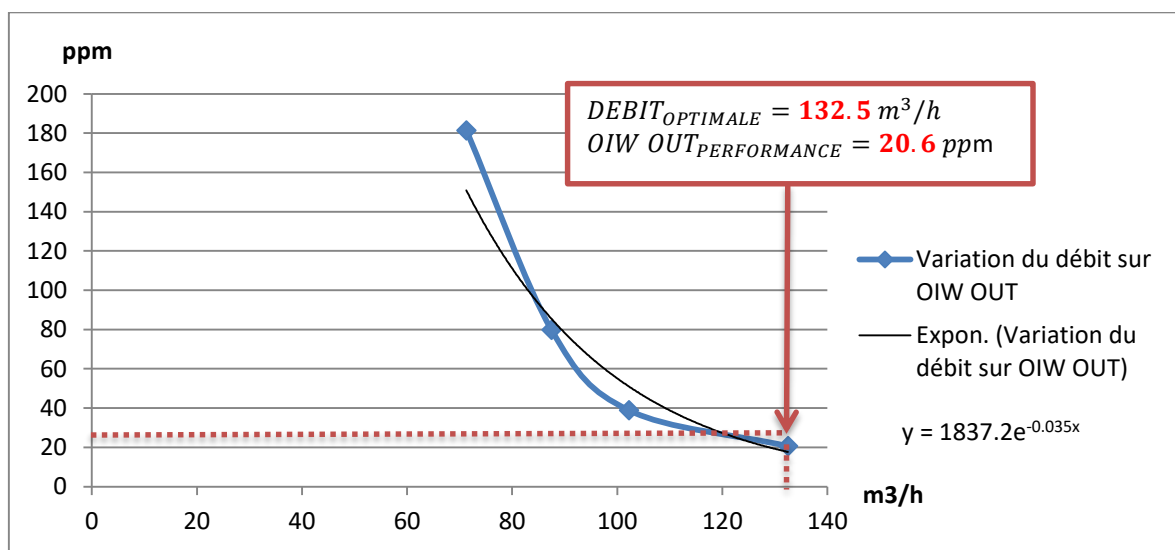


Figure IV.9 : Variation de la teneur en huile à la sortie du cyclo-séparateur en fonction du débit d'entrée.

Par contre pour les matières en suspension, l'un des facteurs qui influe sur le traitement n'est pas respecté, donc un prétraitement en amont du cyclo-séparateur est nécessaire pour atteindre les performances données.

IV.4 Propositions

Cette partie est consacrée aux propositions d'amélioration pour atteindre les paramètres optimums du cyclo-séparateur.

- Un bac de stockage d'une capacité de 500 m^3 pour la récupération et le traitement préliminaire de l'eau produite venant de la séparation et de la fausse des bacs de stockage de brut.
- Deux pompes centrifuges, une en service et l'autre en stand-by pour assurer le débit et la pression optimal à l'entrée du cyclo-séparateur.
- Un débitmètre ultrasonique et deux vannes régulatrices de débit.

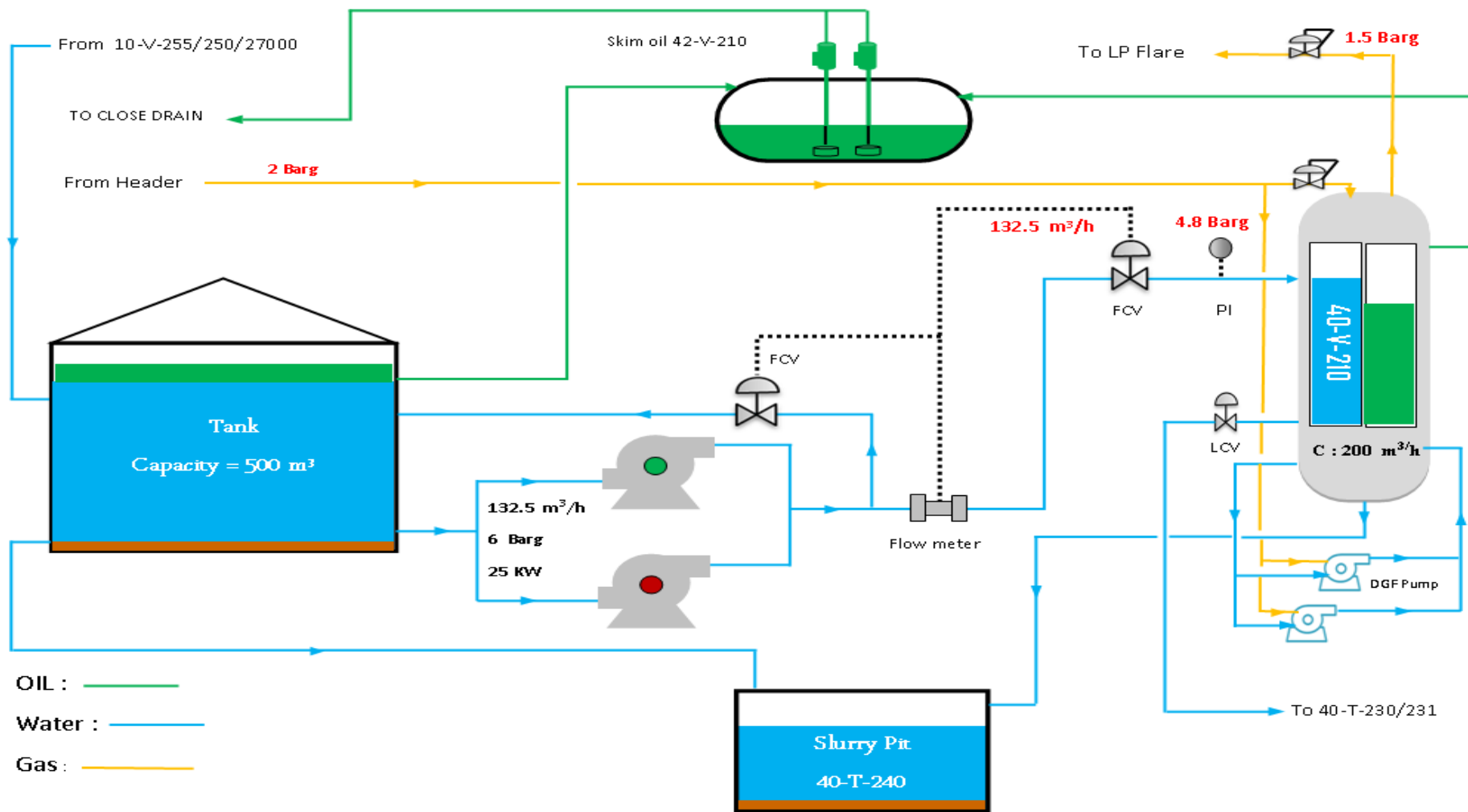


Figure IV.10 : Propositions d'amélioration de la qualité d'eau traitée.

IV.4.1 Le bac de stockage proposé

On a proposé la mise en place d'un bac de stockage d'une capacité de 500 m³, qui va recevoir l'eau produite provenant des séparateurs 10-V-255/250/2700/260 et une légère quantité venant de la fausse des bacs de stockage d'huile, le but de la disposition de ce bac est de faire un traitement préliminaire et cela par une décantation des trois phases existantes (l'eau, l'huile et les solides).

Les caractéristiques de ce bac seront les même que ceux des bacs tampons déjà existants dans l'unité d'eau produite, avec un lessivage des solides accumulés au fond du bac vers la fosse à boue 40-T-240 slurry pit, par contre l'huile écrémées sera envoyée vers le ballon 42-V-210 skim oil.

Ce traitement va nous permettre d'atteindre les performances désirées au niveau du cyclo-séparateur, on a vu dans les analyses effectuées que le seul facteur qu'on n'a pas pu y remédier été le taux de matières en suspension exigé à l'entrée, donc la suggestion d'un bac et d'un prétraitement à l'amont du cyclo-séparateur pour diminuer la quantité d'MES et avoir une qualité d'eau suivant les performances désirées est nécessaire.

Tableau IV.11 Résultats d'analyses de l'eau traitée à la sortie des bacs tampons.

Temps	MES INTLET TANK mg/l	MES OUTLET TANK mg/l
19/03/2023	502	392.5
05/03/2023	429	289.5
26/02/2023	566.5	397.5
12/02/2023	238	167

Le tableau IV.11 donne l'amélioration de la qualité de l'eau par une diminution de plus de **100 mg/l** en MES, donc au niveau du bac de stockage il y a un traitement par décantation.

IV.4.2 Les pompes centrifuges proposées

Pour atteindre les paramètres opératoires optimaux (un débit de $132.5 \text{ m}^3/\text{h}$ et une pression de 4.8 barg), on a proposé l'emplacement de deux pompes centrifuges après le bac.

Dans cette partie, on a fait une simulation avec le logiciel ASPEN HYSYS pour nous permettre d'avoir les caractéristiques adéquates afin d'avoir une pompe qui réalise notre suggestion et suivant une hauteur manométrique.

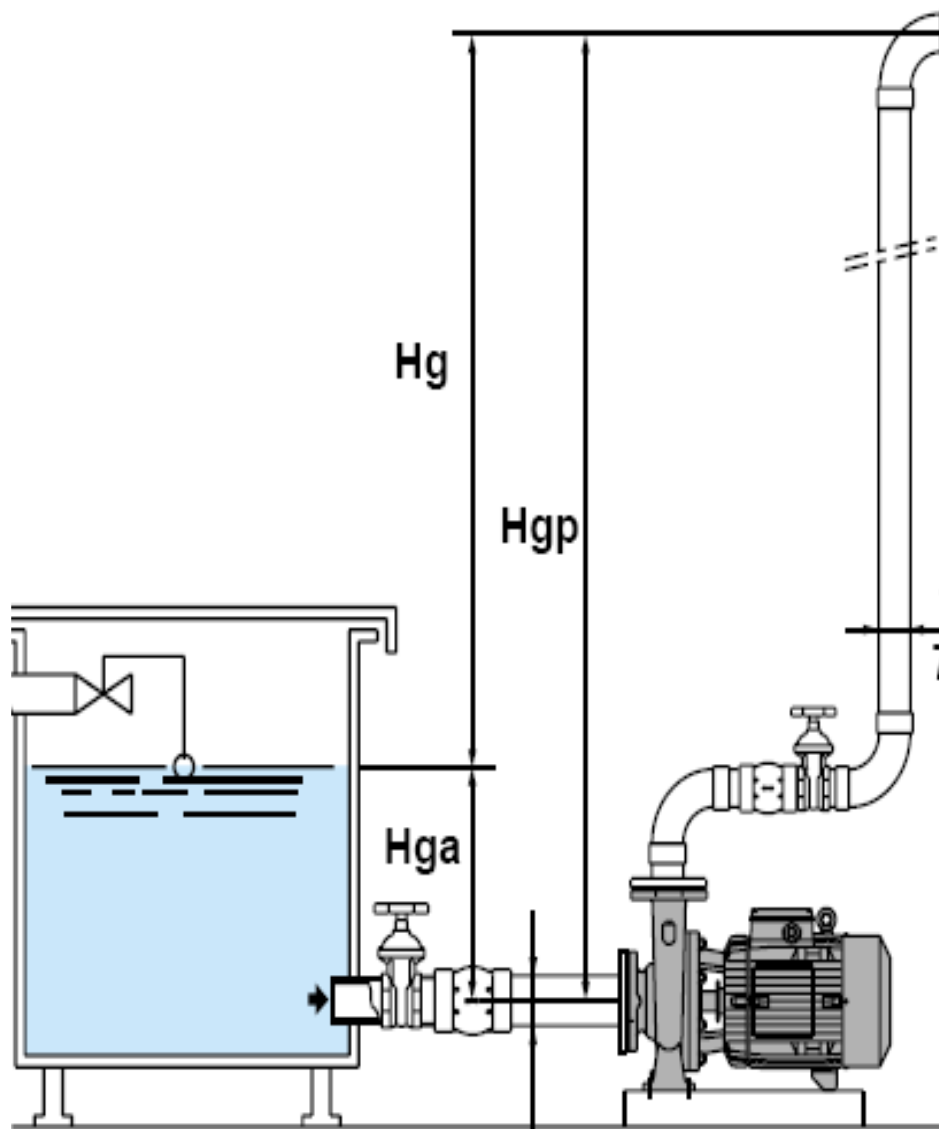


Figure IV.11 : Schéma des différentes hauteurs géométriques de la pompe centrifuge.

Q (débit) = **132.5** m³/h

- Hga (hauteur géométrique à l'aspiration) = 3,5 m
- Hgp (hauteur géométrique au refoulement) = 40,03 m
- Tuyau d'aspiration 5 m de longueur diamètre DN 152.4 mm avec 1 Coude et 1 clapet de pied
- Tuyau de refoulement 80 m de longueur diamètre DN 203.2 mm avec 1 clapet de non-retour, 1 vanne et 13 coudes

Hg = Hgp - Hga = 40.03 - 3,5 = **36,53** m Hauteur géométrique de l'installation

Δpc = somme des pertes de charge

Aspiration

5 m de tuyau Ø 203.2	pc = 0,03 m
1 Clapet de non-retour	pc = 0,5 m
1 Vanne	pc = 0,05 m

Refoulement

80 m de tuyau Ø152.4	pc = 2,10 m
1 clapet de non-retour	pc = 0,5 m
1 vanne	pc = 0,05 m
13 coudes	pc = 0,39 m

Totale Δpc = 3,62 m

Compte tenu que le calcul a été fait avec des tuyaux neufs, il faut apporter une augmentation de 15 à 20% pour le vieillissement et l'entartrage, donc les pertes totales Δpc sont de **5,12** m environ.

La hauteur manométrique totale que la pompe doit atteindre est donc

$$\begin{aligned} \text{Hmt} &= \text{Hg} + \Delta p = \text{Hgp} - \text{Hga} + \Delta p_c \\ &= 36,53 + 5,12 = \mathbf{41,65} \text{ m} \end{aligned}$$

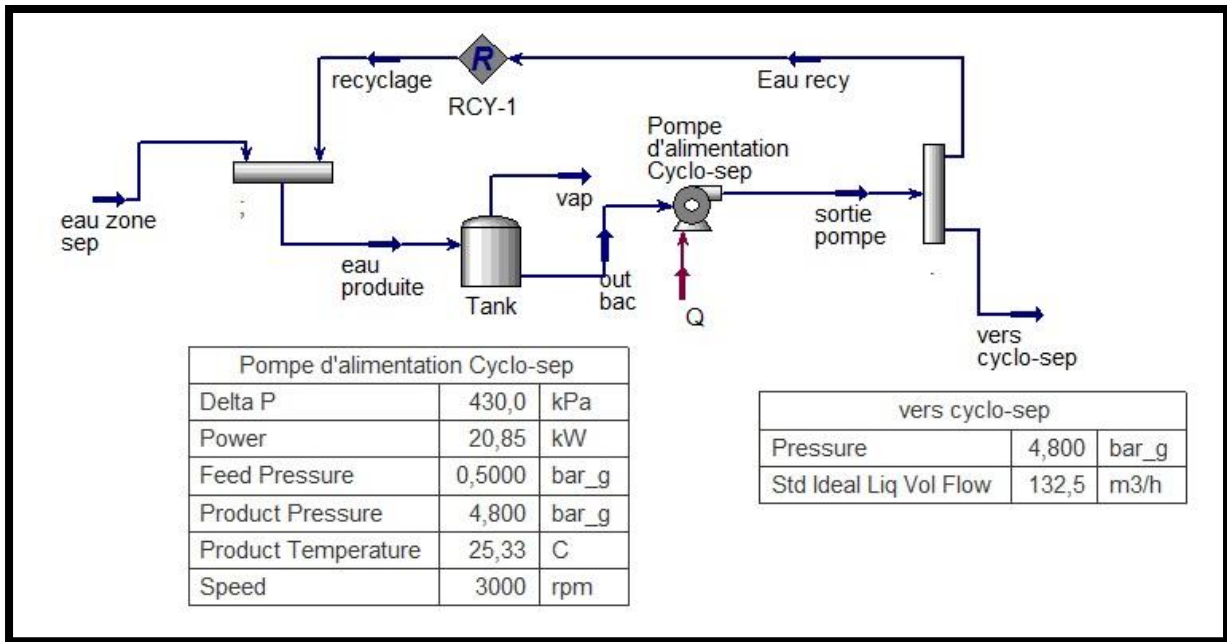


Figure IV.12 : Simulation de la pompe proposée.

D'après la simulation on a pu avoir les caractéristiques de la pompe qui sont détaillé dans le tableau suivant :

Tableau IV.12 : Les caractéristiques de la pompe données par le simulateur ASPEN HYSYS.

Pompe		
Vitesse	3000	rpm
Puissance	20.85	kw
Capacité	132.5	m ³ /h
Pression d'aspiration	0.5000	barg
Pression de refoulement	4.800	barg
Température	25.33	°C
Hauteur manométrique totale	41.65	m

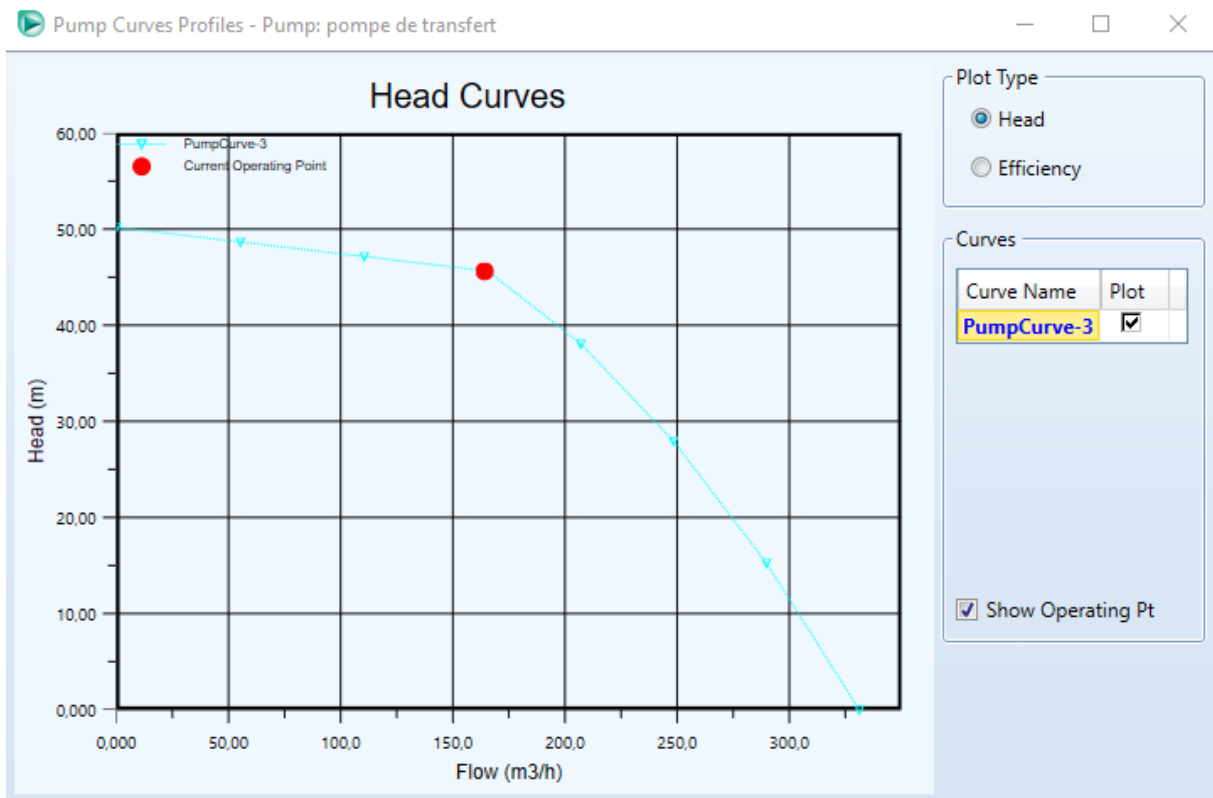


Figure IV.13: La courbe caractéristique de la pompe proposée donnée par le logiciel ASPEN HYSYS.

La figure IV.14 présente le point de fonctionnement qu'on désire avoir et sa compatibilité avec la courbe caractéristique de la pompe proposée. Ce qui nous laisse conclure que la pompe simulée par le logiciel ASPEN HYSYS est la pompe appropriée pour satisfaire les exigences des paramètres de fonctionnement optimaux.

IV.4.3 L'emplacement du nouveau système de prétraitement (Bac + pompe)

L'emplacement idéal pour l'installation du système de prétraitement recommandé précédemment est exposé dans la figure IV.15



Figure IV.14 : L'emplacement du nouveau système de prétraitement proposé avant le cyclo-séparateur (vue de haut).

CONCLUSION GENERALE

Après une série d'analyses effectuées au niveau du laboratoire et une étude comparative des performances du cyclo-séparateur entre le cas design et le cas réel en faisant varier le débit et la pression d'eau d'alimentation produite, on a pu déduire qu'un débit minimal de **132.5 m³/h** et une pression de **4.8 barg** à l'entrée, nous permettra d'obtenir la qualité d'eau requise à la sortie du Cyclo-séparateur en terme de teneur en hydrocarbures inférieure à **20 ppm**.

Étant donné que la pression et le débit d'alimentation du Cyclo-séparateur dépendent des conditions opératoires de la séparation et qui n'atteignent pas les valeurs optimales indiquées précédemment, l'installation d'un bac tampon et de deux pompes centrifuges en amont du cyclo-séparateur est indispensable pour assurer les paramètres de fonctionnement optimaux et répondre ainsi aux spécifications exigées pour l'injection dans le réservoir.

✓ *Recommandations*

Il est souhaitable d'effectuer une étude technico-économique pour évaluer la rentabilité de cette modification proposée et poursuivre ce travail en utilisant un traitement chimique pour réduire la teneur en matières en suspension (MES) et la concentration des métaux dans l'eau injectée.

Références bibliographique

Références bibliographique :

[1] : Site d'internet <https://www.thpanorama.com/blog/cultura-general/los-tipos-de-mezclas-ms-importantes.html>

[2] : Site d'internet <https://www.nagwa.com/fr/explainers/540137393417/>

[3] : Kharoua Nabil , ETUDE DE L'AERODYNAMIQUE ET DE LA FILTRATION DE PARTICULES DANS UN CYCLONE SEPARATEUR , Thèse de doctorat. UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE

[4] : M.REKIS et A.REZEG «Dimensionnement d'un ballon bi-phasique de récupération de condensat à l'UTBS», Mémoire de Master, université Mohamed Khider Biskra, Algérie (2012).

[5] : Manuel de description de centre process GS1, Documents Sonahess.Gassi El Agreb.

[6] : SBAI, Abdallah; AMIRA, Amar; YOUNSI, Maamar ; CARACTERISATION DES EAUX USEES INDUSTRIELLES DE LA RAFFINERIE DE SBAA ADRAR. Mémoire de Master, Université Ahmed Draïa –Adrar , 2015

[7] : EPPM « Engineering procurement and Project Management », Mode Opérateur des Equipement de la Station de Déshuilage UTBS a HMD, 2010

[8] : lenntech water treatment solutions ; site d'internet https://www.lenntech.com/Data-sheets/FR_LT_leaflet_oil%20&%20gas_rev00.pdf

[9] : site d'internet <http://www.vedura.fr/environnement/>

[10] : site d'internet https://www.dictionnaire-environnement.com/eau_industrielle_ID1237.html

[11] : **Ikram, B.** and **K.M. Hayet**, Optimisation des paramètres physico-chimique dans le processus du traitement des eaux huileuses. 2016, Mémoire mastèr, Université Abderrahmane Mira, Bejaia

[12] : *OULAD LAID Assia et REZGUI Halima* ; L'étude des procédés de déshuilage des eaux huileuse dans l'industrie pétrolière , Mémoire de Master, Université de Ghardaia ,2020

[13] : Daoudi Abdallah , Dridi Abdelkrim et Nadjia Abdelhak ; Evaluation des paramètres de fonctionnement au niveau de l'unité de traitement des eaux huileuses. Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakdhar- ELOued , 2021

[14] : Meriem,B.,Analyse de la performance du traitement de l'unité de déshuilage de Hassi R'melet application du traitement par photocatalyse hétérogène solaire aux eaux huileuses. 2016, Mémoire mastèr, Université M'hamed Bougara, Boumerdès

[15] : site d'internet : <https://www.1h2o3.com/apprendre/parametres-des-eaux-usees/quelles-sont-les-caracteristiques-des-eaux-usees/>

[16] : Lotfi, K.M., Traitement des eaux usées industrielles de la raffinerie de SBAA Adrar. 2017, Mémoire mastèr, Université Ahmed Draia, ADRAR

[17] : article sur internet : L'EAU L'INDUSTRIE LES NUISANCES , Mesure et traitement de la turbidité en production d'eau potable ; 18 novembre 2016 Paru dans le N°396 à la page 83 Rédigé par : Françoise BRETON ; <https://www.revue-ein.com/article/mesure-et-traitement-de-la-turbidite-en-production-d-eau-potable>

[18] : CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique. MA. 103 – Tur. 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 2016, 11 p.

[19] : magazine sur internet : GEO, Hydrocarbure : définition, classification et utilisation. Nastasia Michaels Publié le 26/10/2022 , <https://www.geo.fr/environnement/hydrocarbure-definition-classification-et-utilisation-193625>

[20] : Msaboue Mohamed Limam foyle et Merragueb abderrahime khelifa , Traitement des effluents de l'industrie pétrolière par procédé membranaire. 2022 ; Mémoire master. Université de Tissemsilt

[21] : QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX DE SURFACE: CADRE GÉNÉRAL, Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" Novembre 2005 https://document.environnement.brussels/opac_css/doc_num.php?explnum_id=5378

[22] : site d'internet : <https://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieus-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-deau/2-bonne->

qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires/

[23] : Zouaghi Fatima Zohra et Hamdane Loubna. Traitement des eaux contaminées par les Produits pétroliers: cas du complexe DE RHOURE-NOUSS , 2016. Mémoire master, Université Oum El Bouaghi

[24] : Abdulrzak,A., Industrial Waste water Characteristics.2014:p.3

[25] : Alfa Laval – technologie des séparateurs centrifuges à disques . Pour contrôler la séparation des liquides et solides site d'internet : <https://www.alfalaval.com/globalassets/images/local/france/projets/a-proteins/ppm-00087-technologie-des-separateurs-centrifuges.pdf>

[26] : Séparateur centrifuge à assietes Guide des techniques des industries de procédé, Process's . site d'internet : <http://processs.free.fr/Pages/VersionWeb.php?page=0453>

[27] : Bernard Veynachter et Pascal Pottier, Centrifugation et décantation, Techniques de l'ingénieur, F2730, mars 2007

[28] : site d'internet : <https://www.legarrec.com/entreprise/centrifugation/>

[29] : BOUGUENDOUZ Ahmed , Etude des performance hydrodynamique dans un séparateur de type cyclone, 2018. Mémoire master , UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

[30] : documentation du centre GS1, SONATRACH , EL GASSI, HASSI MESSAOUD.

[31] : documentation SONAHES

[32] : Manuel opératoire du centre de traitement GS1

[33] : A. Belaidi, M. T. Thew, S. J. Munaweera, “Hydrocyclone performance with complex oil–water emulsions in the feed” in Can. J. Chem. Eng., Vol. 81, 2003, pp. 1159–1170.

[34] : C. Gomez, J. Caldenty, S. Wang, “Oil/water separation in liquid/liquid hydrocyclons: part 1experimental investigation”, in SPE J., Vol. 7, 2002, pp. 353–372.]-[R. G. Devorak, “Separation of light dispersions in long hydrocyclones”, Master of Science Thesis No. 1338609, Michigan State University, 1989

[35] : Selon le rapport 42 de l'académie des sciences, 1998

[36] : hydrocyclone wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrocyclone>

[37] : Aurélien Davailles ; Effet de la concentration en solide sur les performances de séparation d'un hydrocyclone (simulations numériques et expériences de références)2011. Thèse de doctorat, UNIVERSITE DE TOULOUSE

[38] : **A.C.DIMIAN**. Integrated Design and Simulation of Chemical Processes. First edition ELSEVIER. 2003. 680p. ISBN 0-444-82996-2

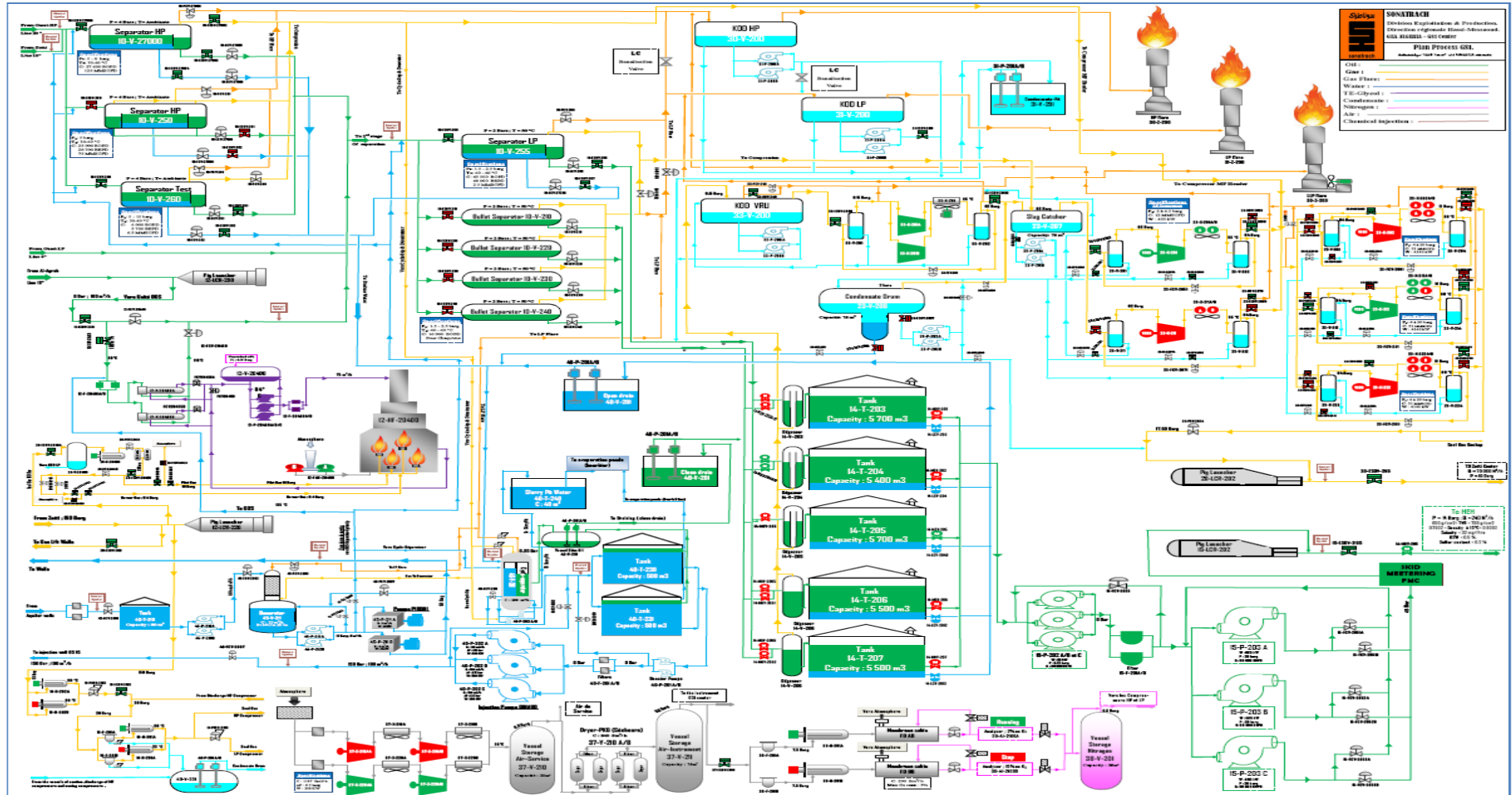
[39] : **User guide HYSYS. 8.8**, éditions. 2016, HYPROTECH

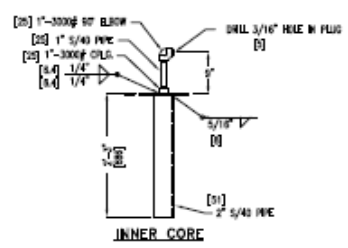
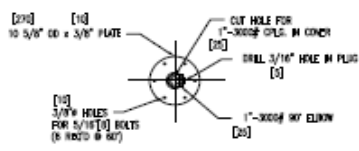
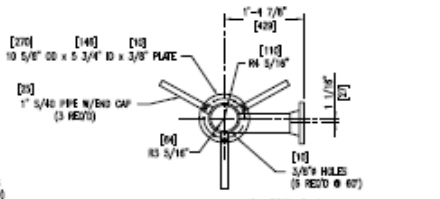
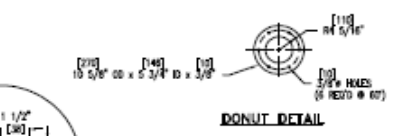
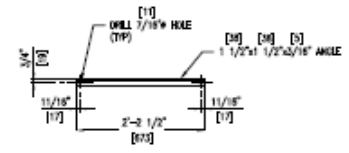
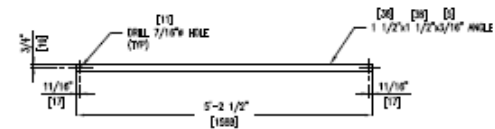
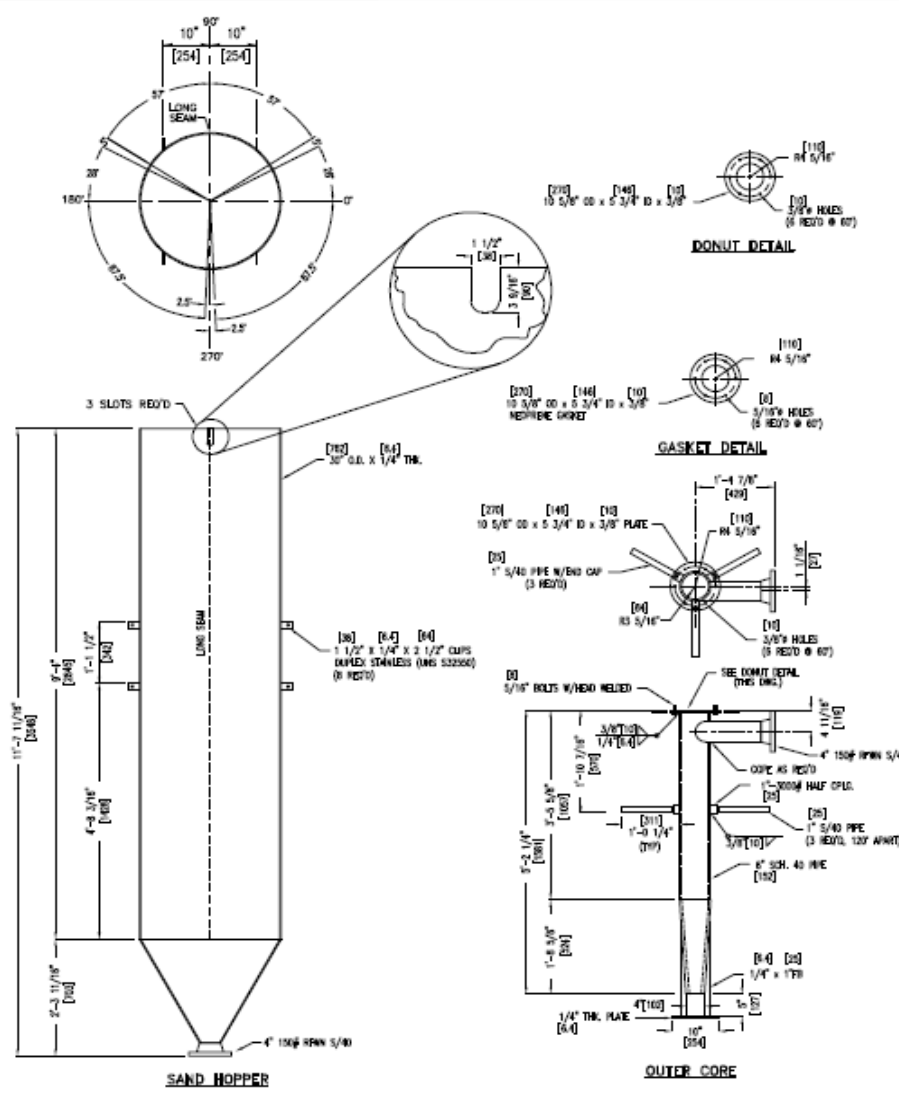
[40] : Mode opératoire des analyses (Oil in water/MES), centre GS1

Annexes

ANNEXE A

Plan du process du centre GS1





NOTE:
 1. ALL MATERIAL SHOWN ON THE DRAWING TO BE DUPLEX STAINLESS STEEL (UNS S32200)
 2. ALL INTERNAL BOLTS TO HAVE INSULATION MT (WASHERS, SLEEVES, ETC.) & MATERIAL IS TO BE DUPLEX STAINLESS STEEL (UNS S32200)

NO COMMENT

25112-100-V1A-MW00-00005-002
Supplier Document Status
Code 1

Code 1 = Work may proceed, submit certified print.
 Code 2 = Revise and resubmit. Work may proceed subject to resolution of indicated comments.
 Code 3 = Revise and resubmit. Work may not proceed.
 Code 4 = Review not required. Work may proceed.

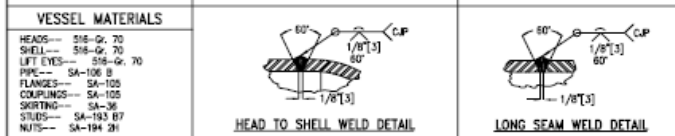
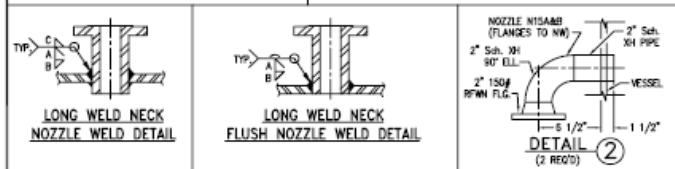
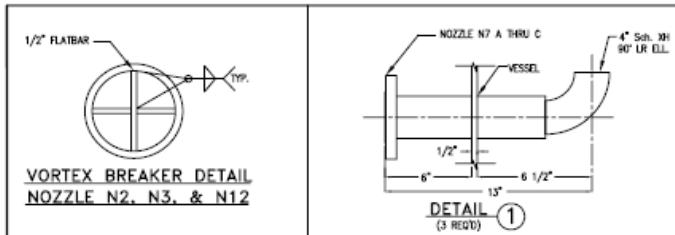
Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design details, calculations, analyses, test methods, or materials developed or selected by the Supplier and does not relieve the Supplier from full compliance with contractual obligations.

Responsible Engineer - **Richardson, David**
 Date Signed - **10/18/05**
 VPTL - **VPTL-00798**
 Equipment No. - **40-V-210**



<p>THIS CERTIFIED DRAWING RELEASED FOR:</p> <p><input type="checkbox"/> APPROVAL _____ INITIAL & DATE _____</p> <p><input type="checkbox"/> PREPARATION _____</p> <p><input type="checkbox"/> AS BUILT _____</p> <p>CERTIFIED BY: _____</p> <p>DATE: _____</p>	<p>THIS PRINT IS THE PROPERTY OF AND CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION OF MONOSEP CORP. AND IS TO BE KEPT CONFIDENTIAL. REPRODUCTION OF ANY PART THEREOF OR USE FOR PURPOSES OTHER THAN THOSE EXPRESSLY PERMITTED BY MONOSEP CORP. IS FORBIDDEN.</p> <p style="text-align: center;">30M CYCLOSEP-P® BECHTEL/SONAHESS EL GASSI HOPPER DETAILS</p> <p style="text-align: right;"> PATENT DEVICE WIPO PNT NUMBER: 01/04/07 SPRING PNT NUMBER: 01/11/03 CYCLOSEP PNT NUMBER: 04/02/03 US PNT NUMBER: 03/07/03 </p> <p style="text-align: right;"> DATE: 10/18/05 BY: [Signature] MCO-3222-C-HOP </p>
--	---

REVISION HISTORY			
NO.	DATE	DESCRIPTION	BY
1	10/18/05	ISSUE FOR APPROVAL	DC
2	10/18/05	ISSUE AS BUILT FOR FINAL WORK-COMP	DC



CYCLOSEP SPECIFICATIONS DESIGN DATA

MATERIAL: ALL MATERIALS SHALL BE IN ACCORDANCE WITH SPECIFICATIONS.

PIPE WELDING ACCORDING TO ANSI B31.3 YES NO

CODE STAMPING IS REQUIRED YES NO

NATIONAL BOARD OF REGISTRATION DESIGNED AND FABRICATED PER ASME CODE SECTION VIII DIV. 1, 2004

DESIGN PRESSURE: 5 barg (73 psf)

DESIGN TEMPERATURE: 75°C / -5° (167°F)

OPERATING PRESSURE: 1.5 barg (22 psf)

OPERATING TEMPERATURE: 50°C (122°F)

CORROSION ALLOWANCE: 3mm (0.125")

SEISMIC ZONE: N/A

WIND LOAD: 180 km/h (112 mph)

SHELL THICKNESS: 13mm (0.500" NOM.)

HEAD THICKNESS: 13mm (0.500" NOM.)

VESSEL DIM.: OD: 2134mm (84")

HYDRO-TEST PRESSURE: 5/5, 3658mm (144")

HYDRO-TEST TEMPERATURE: 1.3 X MAWP

TYPE OF HEADS: AMBENT

RADIOGRAPHY: 2.1 ELL W/25F

POST WELD HEAT TREAT: 100%

VESSEL WEIGHT EMPTY: 4,685 kg (10,328 lbs)

VESSEL WEIGHT AT HYDRO: 20,722 kg (45,684 lbs)

EXT. PAINT PER SPECIFICATION 3PS-NX00-F00001 PAINT SYSTEM B

INT. PAINT PER SPECIFICATION 3PS-NLG-F0010

PIPING SPECIFICATIONS

CODE:

1) ANSI B31.3

MATERIALS:

1) PIPE - ASTM A-106 GRADE B

2) TUBING - ASTM A-209, TYPE 316 SS.

3) BUTTWELD FITTINGS - ASTM A-234 GRADE WPB

4) PIPE FLANGES - ASTM A-105

5) FLANGE BOLTING - STUDS-ASTM A-193 GR.B7, TEFLON COATED NUTS-ASTM A-194 GR.H, TEFLON COATED

6) GASKET - 150# F/F - MANVILLE M80 OR EQUAL 150# RF - FLEXITAC TYPE C01 W/304 SST WOUND TEFLON-FILLED

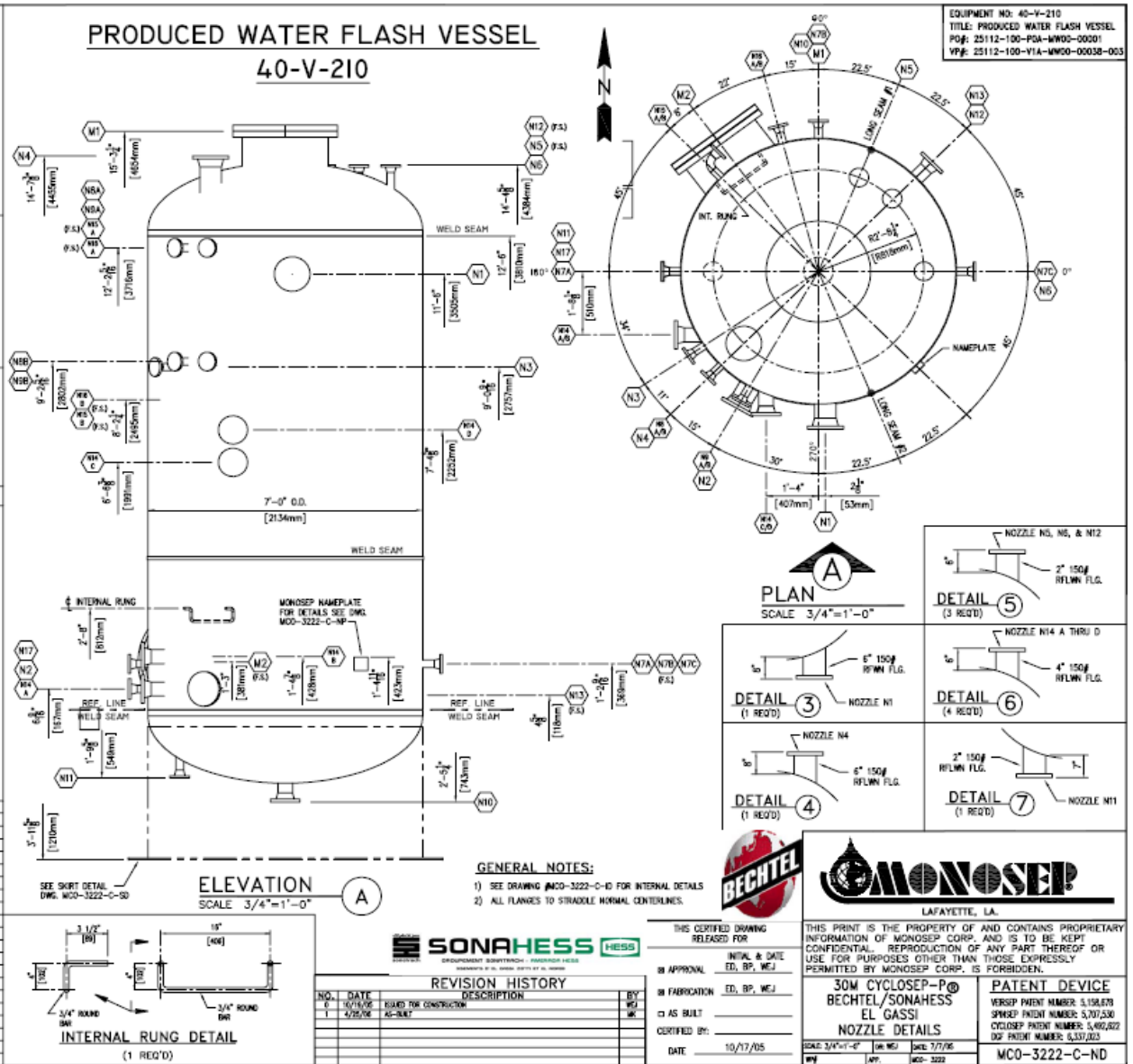
7) BOLTS & NUTS - INTERNAL - TP 316 SS EXTERNAL - TP 316 SS

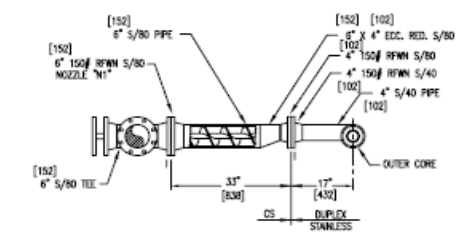
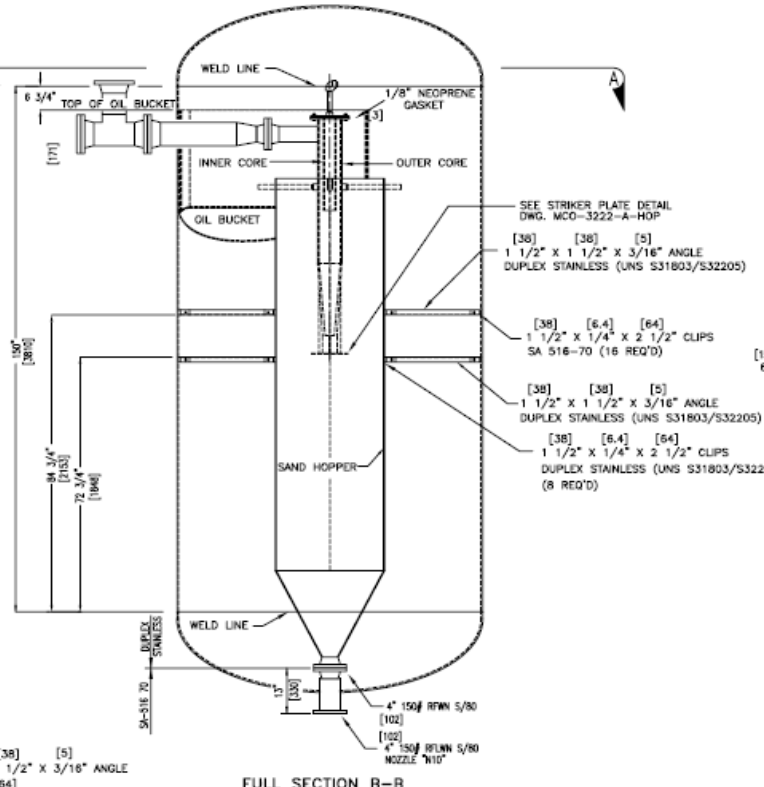
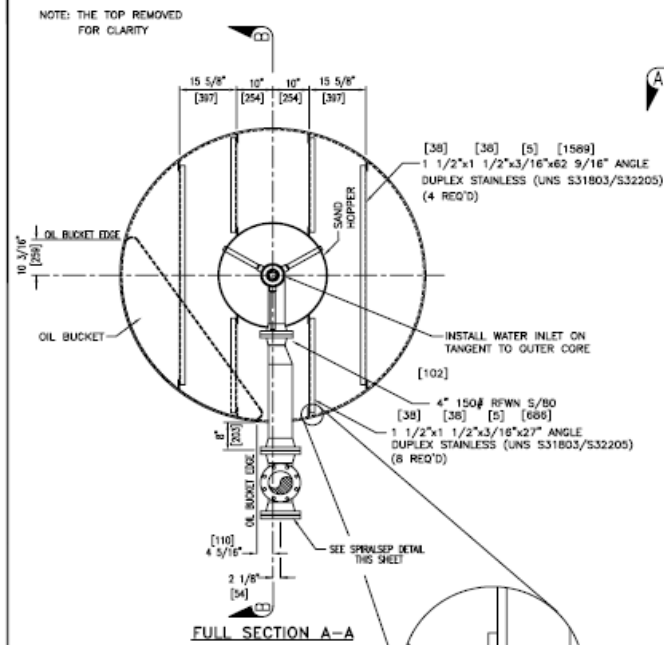
WALL THICKNESS:

1) 1/2" - 2" PIPE - SCH. 40

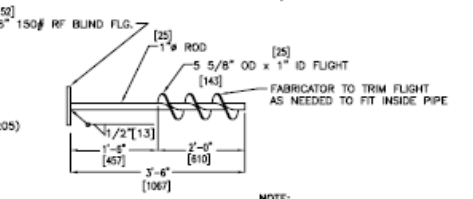
2) 3" - 6" PIPE - SCH. 40

MARK	QTY	SIZE	RATING	LWN LENGTH	SERVICE	FLG.	NOZZLE REPAD	WELD SIZE				INT. PROJ. (MIN)	EXT. PROJ.	WELD SIZE			
								A	B	C	D			A	B	C	D
N1	1	8"	150#	RFLWN	WATER INLET	SA-105					NOTE 1	DETAIL-3	F.P.	3/8	3/8		
N2	1	8"	150#	RFLWN	WATER OUTLET	SA-105						DETAIL-3	F.P.	3/8	3/8		
N3	1	2"	150#	RFLWN	OL. OUTLET	SA-105						DETAIL-5	F.P.	3/8	3/8		
N4	1	4"	150#	RFLWN	PSV RELIEF	SA-105						DETAIL-4	F.P.	3/8	3/8		
N5	1	2"	150#	RFLWN	PS	SA-105						DETAIL-5	F.P.	3/8	3/8		
N6	1	2"	150#	RFLWN	BLANKET GAS	SA-105						DETAIL-5	F.P.	3/8	3/8		
N7 A-C	3	2"	150#	RFLWN	PUMP DISCH.	SA-105						DETAIL-1	F.P.	3/8	3/8		
N8 A/B	2	2"	150#	RFLWN	OL. LC	SA-105						DETAIL-1	F.P.	3/8	3/8		
N9 A/B	2	2"	150#	RFLWN	OL. LC	SA-105						DETAIL-1	F.P.	3/8	3/8		
N10	1	4"	150#	RFLWN	DRAIN	SA-105					NOTE 1	DETAIL-3	F.P.	3/8	3/8		
N11	1	2"	150#	RFLWN	DRAIN	SA-105						DETAIL-7	F.P.	3/8	3/8		
N12	1	2"	150#	RFLWN	PUMP GAS	SA-105						DETAIL-5	F.P.	3/8	3/8		
N13	1	4"	150#	RFLWN	PUMP SUCT.	SA-105						DETAIL-5	F.P.	3/8	3/8		
N14 A-D	4	4"	150#	RFLWN	ANKLE	SA-105						DETAIL-6	F.P.	3/8	3/8		
N15 A/B	2	2"	150#	RFLWN	WATER LC	SA-105						DETAIL-2	F.P.	3/8	3/8		
N16 A/B	2	2"	150#	RFLWN	WATER LC	SA-105						DETAIL-1	F.P.	3/8	3/8		
N17	1	2"	300#	RFLWN	TI	SA-105						DETAIL-1	F.P.	3/8	3/8		
M1	1	24"	150#	RFLWN	MANNAY	SA-105						FLUSH	10"	F.P.	3/8	3/8	
M2	1	24"	150#	RFLWN	MANNAY	SA-105						FLUSH	10"	F.P.	3/8	3/8	





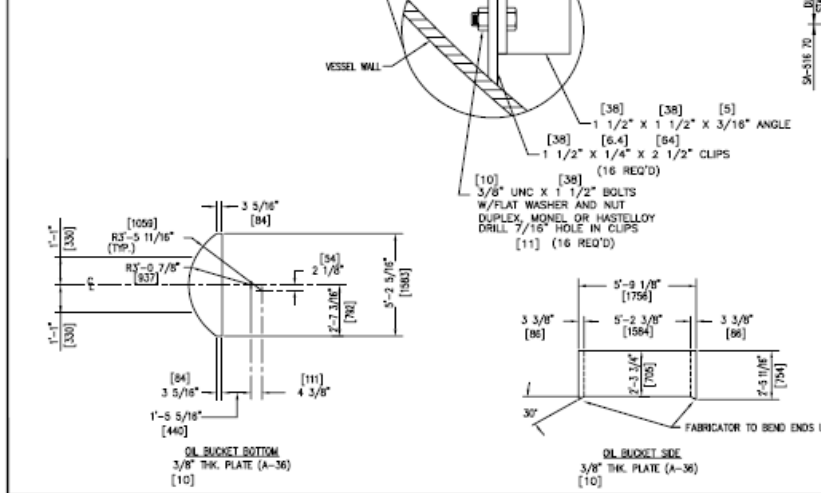
PLAN VIEW
 SPIRAL ASSEMBLY DETAIL
 SCALE: 3/4"=1'



SPIRAL DETAIL
 SCALE: 3/4"=1'

NOTE:
 SPIRAL MATERIAL TO BE CARBON STEEL AND TO BE PAINTED PER SONAHESS SPECIFICATION 3PS-NLGG-10010

NOTE:
 1. ALL INTERNAL BOLTS TO HAVE MOLYBDENUM (MOLY, SODIUM, ETC.) & NICKEL 5 TO BE SUPPLIED CONFORMS TO (UNS S31803/S32205)



REVISION HISTORY			
NO.	DATE	DESCRIPTION	BY
1	10/24/05	DESIGNED FOR CONSTRUCTION	WEJ
2	4/25/06	REVISED AS NEEDED	WEJ
3	4/25/06	AS-BUILT	WEJ

THIS CERTIFIED DRAWING RELEASED FOR:
 INITIAL & DATE
 APPROVAL: ED, BP, WEJ
 FABRICATION: ED, BP, WEJ
 AS BUILT
 CERTIFIED BY:
 DATE: 10/17/05

BECHTEL

SONAHESS

MONOSEP

LAFAYETTE, LA.

THIS PRINT IS THE PROPERTY OF AND CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION OF MONOSEP CORP. AND IS TO BE KEPT CONFIDENTIAL. REPRODUCTION OF ANY PART THEREOF OR USE FOR PURPOSES OTHER THAN THOSE EXPRESSLY PERMITTED BY MONOSEP CORP. IS FORBIDDEN.

30M CYCLOSEP-P
 BECHTEL/SONAHESS
 EL GASSI
 INTERNAL DETAILS

PATENT DEVICE
 VERSEP PATENT NUMBER: 5,158,678
 SPINSEP PATENT NUMBER: 5,007,530
 CYCLOSEP PATENT NUMBER: 5,462,022
 DRG PATENT NUMBER: 6,537,023

SCALE: 3/4"=1'-0" (SEE SHEET) DATE: 7/22/05
 VP: MCO-3222

MCO-3222-C-ID

Produced Water rate 30,000 BWPD
Turndown rate 14,200 BWPD

55-P-207
55-P-208

40-V-210
PRODUCED WATER FLASH VESSEL
TYPE: INDUCED GAS FLUATION
2134mm (84") I.D. x 3010mm (12'-6") S/D
DESIGN: 5 BARS (73 PSIG) @ 70% (1577)
OPERATING: 1.5 BARS (22 PSIG) @ 50% (525)
WATER RATE: 30,000 BPD

40-P-203 A/B
RECYCLE PUMP
MONOSEP DGF MODEL #250A-R518(MONOC)
MOTOR: WARELU 22 K.W. (30 HP) IAL. COND.
3550 RPM W/ SPARE HEADS

EQUIPMENT NO: 40-V-210
TITLE: PRODUCED WATER FLASH VESSEL
PNO: 25112-100-VIA-MW00-00001
VPI: 25112-100-VIA-MW00-00003-005

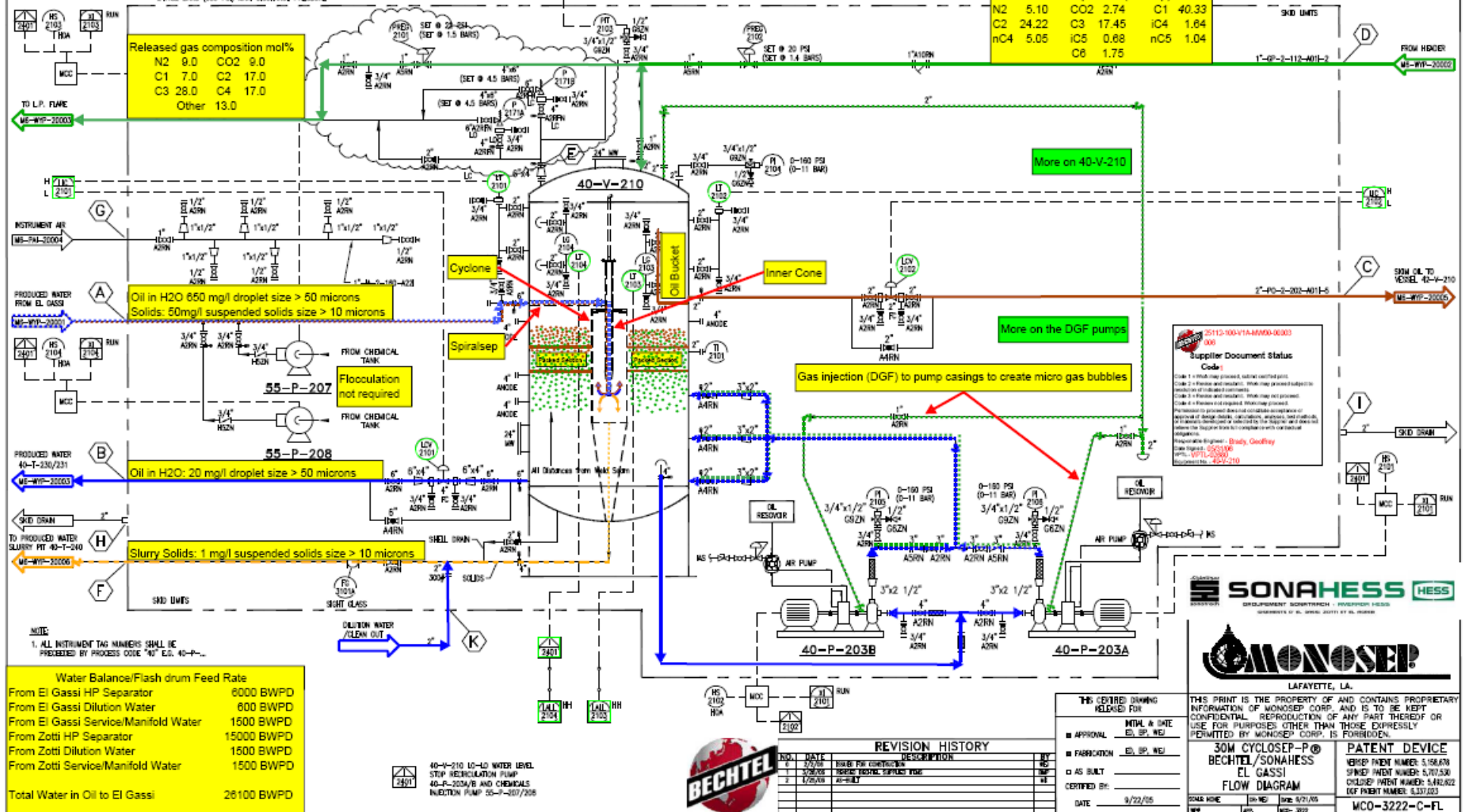
CHEMICAL INJECTION PUMP
TYPE: MILTON ROY MODEL RA1117-1525SERV11N
SMPLER (MILROY PUMP), MOTOR: WARELU 0.18 K.W.
DESIGN: RATED FOR 15.1 GPM MAX. FLOW AT 1500 RPM
24.132 BARS (350 PSIG) MAX. DISCHARGE PRESSURE

Blanket Gas Composition (HP Sep) Mol%

N2	5.10	CO2	2.74	C1	40.33
C2	24.22	C3	17.45	iC4	1.64
nC4	5.05	iC5	0.68	nC5	1.04
		C6	1.75		

Released gas composition mol%

N2	9.0	CO2	9.0
C1	7.0	C2	17.0
C3	28.0	C4	17.0
Other		13.0	



NOTE
1. ALL INSTRUMENT TAG NUMBERS SHALL BE PRECEDED BY PROCESS CODE "40" E.G. 40-P-...

Water Balance/Flash drum Feed Rate

From El Gassi HP Separator	6000 BWPD
From El Gassi Dilution Water	800 BWPD
From El Gassi Service/Manifold Water	1500 BWPD
From Zotti HP Separator	15000 BWPD
From Zotti Dilution Water	1500 BWPD
From Zotti Service/Manifold Water	1500 BWPD
Total Water in Oil to El Gassi	26100 BWPD

40-V-210 LO-LO WATER LEVEL STOP RECIRCULATION PUMP
40-P-203A/B AND CHEMICALS INJECTION PUMP 55-P-207/208

2512-100-VIA-MW00-00003
Supplier Document Status
Code 1 - Work order process, initial certified print
Code 2 - Review and approval, work order process subject to modification of individual components
Code 3 - Review and approval, work order process
Code 4 - Review and approval, work order process
Permission to proceed does not constitute acceptance of approval of design, materials, construction, installation, or performance. The Supplier shall be responsible for compliance with contractual obligations.
Responsible Engineer: Brady Goodley
Date Signed: 05/21/05
VPI: 25112-100-VIA-MW00-00003-005
Document No: 457-210

SONAHESS HESS
EQUIPMENT IDENTIFICATION - INSTRUMENTATION
MONOSEP

MONOSEP
LAFAYETTE, LA

THIS PRINT IS THE PROPERTY OF AND CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION OF MONOSEP CORP. AND IS TO BE KEPT CONFIDENTIAL. REPRODUCTION OF ANY PART THEREOF OR USE FOR PURPOSES OTHER THAN THOSE EXPRESSLY PERMITTED BY MONOSEP CORP. IS FORBIDDEN.

30M CYCLOSEP-P®
BECHTEL/SONAHESS
EL GASSI
FLOW DIAGRAM

PATENT DEVICE
US PATENT NUMBER: 5,158,678
SPRINT PATENT NUMBER: 5,767,530
DGF PATENT NUMBER: 5,182,822
DGF PATENT NUMBER: 5,137,023

DATE: 9/22/05

REVISION HISTORY

NO.	DATE	DESCRIPTION	BY	NO.
1	2/27/05	ISSUE FOR CONSTRUCTION	MB	1
2	3/24/05	ISSUE FOR INSTRUMENTATION	MB	2
3	5/25/05	REVISED INSTRUMENT TAG NUMBERS	MB	3





SONAHES



GROUPEMENT SONATRACH - HESS
GISEMENTS D'EL GASSI, ZOTTI ET EL AGREB

2 Introduction

The purpose of this report is to provide a summary of the performance history of the MONOSEP (Cyclosep-P) Produced Water Flash Vessels against the documented performance requirements. These units were installed at the GS-1 and West Agreb Production Centres as part of the Produced Water (PW) treatment upgrades installed under the GCR Project.

Since there is no documented performance test procedure for the Monosep units, the site performance test is based on a comparison of the actual unit performance against the unit design and performance specifications.

3 Design Specifications

The following design and performance specification have been obtained from numerous sources, including unit P&IDs and Bechtel unit specifications.

Design Data & Operating Data

The Monosep unit design parameters are listed below, as per the current P&IDs:

<i>Design Pressure (barg)</i>	5.0
<i>Operating Pressure (barg)</i>	1.5
<i>Design Temperature (°C)</i>	-5 / 75
<i>Design Water Rate 40-V-210 (bbl/d)</i>	30,000
<i>Design Water Rate 40-V-30012A/B (bbl/d)</i>	25,000

Performance Specifications

The performance specifications of the Monosep units are summarised below. Note the target outlet oil and solids content are based on minimum droplet and particle sizes respectively. This is due to the fact the unit relies on achieving minimum settling velocities for efficient separation, and this is not possible for very fine droplet and particle sizes.

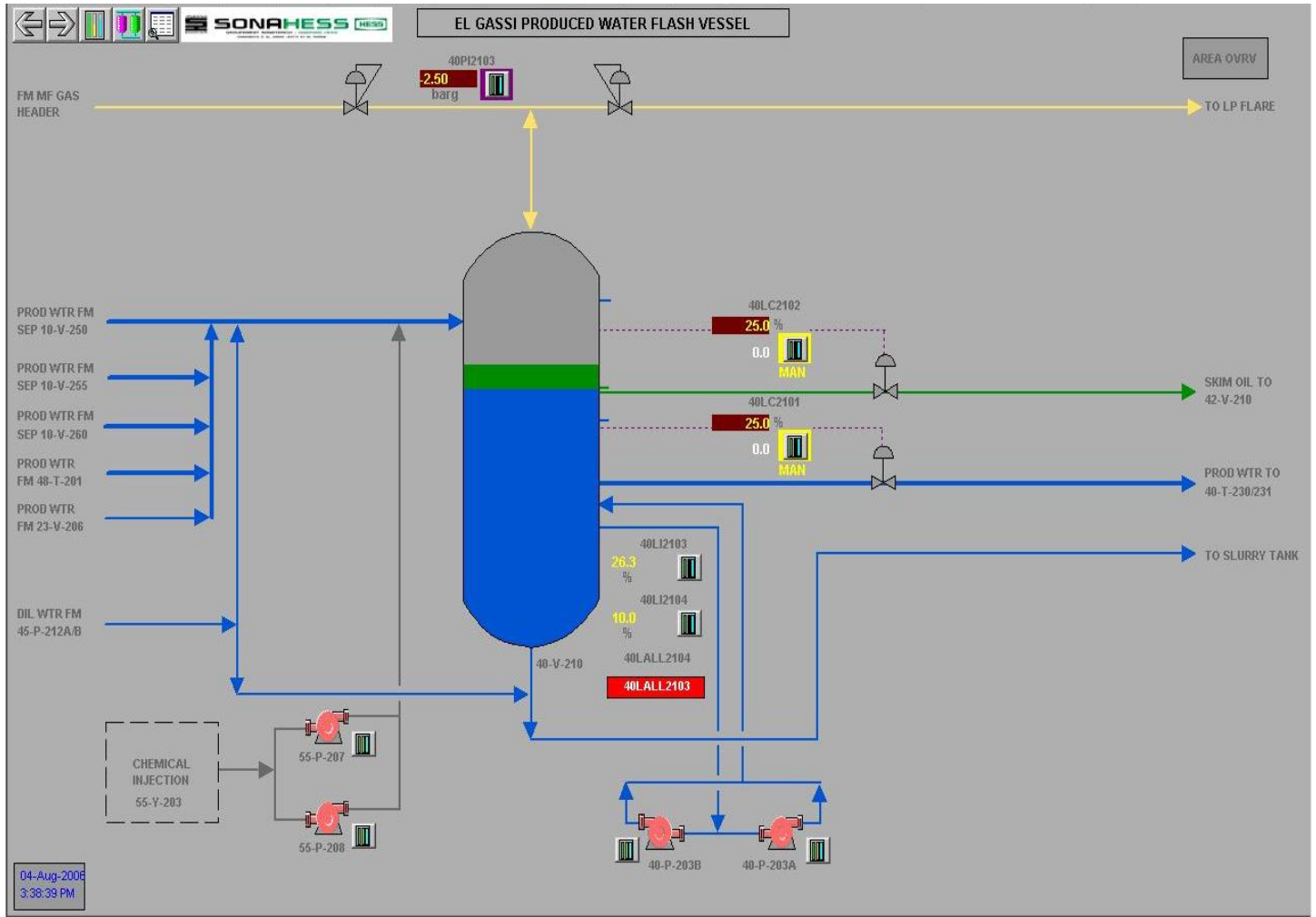
Produced Water Feed	
<i>Oil</i>	< 650 mg/liter having droplet size greater than 50 microns
<i>Solids</i>	< 50 mg/liter suspended solids of size greater than 10 Microns
Produced Water Outlet	
<i>Oil</i>	< 20 mg/liter with droplet size greater than 50 microns
<i>Solids</i>	< 1 mg/liter suspended solids of size greater than 10 Microns

SONAHESS CORPORATION			
VESSEL NAME	PRODUCED WATER FLASH VESSEL		
DESIGN CODE	ASME VIII DIV. 1 ED 2004		
CONTENTS	PRODUCED WATER		
DESIGN PRESSURE	5 barg	AT	75°C
MAWP	6.386 barg @ 75°C		10.057 barg @ 21.1°C
DESIGNATED LOCATION	EL GASSI		
RADIOGRAPHY	100%	CA	3mm
HYDROTEST PRESSURE	6.54 barg	DATE	
MATERIAL (EXT.)	SA-516-70	(INT.)	UNS S31803
WEIGHT (EMPTY)	17.945 kg	(OP.)	37.396 kg
VESSEL SIZE	2134mm OD x 3912mm T/T		
PWHT	N/A		
TAG. NO.	40-V-210		
PO NUMBER	25112-100-POA-MW00-00001		
MATERIAL THICKNESS	HEAD 13mm	SHELL	13mm

2010 6 1

ANNEXE E

Schéma de l'unité Cyclosep capturé à partir du système DCS



Résumé :

Les cyclo-séparateurs ne sont pas des séparateurs qui fonctionnent en continu avec un débit en huile et en eau prévisible. De plus, ces séparateurs correspondent aux sujets de vieillissement et de dégradation, de ce fait une campagne de vérification de la performance de ces systèmes de séparation a permis de conclure que, dans la variété des modèles de conception, certains séparateurs devaient être étudiés pour s'assurer de leurs performances. Il existe d'autres facteurs qui peuvent amoindrir la performance des systèmes de récupération des huiles et des matières en suspension ce qui nous mène à des paramètres de fonctionnement non compatible avec la charge à traiter.

C'est pour cela l'objectif de notre étude ce résume à une évaluation des anomalies de fonctionnement du Cyclo-séparateur, à partir de la variation du débit et de la pression d'alimentation et leurs effets sur la teneur en hydrocarbure et la quantité de matière en suspension à la sortie du cyclo-séparateur.

Mots clé :

Cyclo-séparateur, Matière en suspension, Teneur en hydrocarbure, pression, Débit, Hydro-cyclone.

Abstrat :

The cyclo-separators are not separators which operate continuously with a predictable flow of oil and water. Furthermore, these separators correspond to subjects of aging and degradation, as result, a performance verification company of these separation systems concluded that the variety of designs models of some separators should be studied to ensure their performance. There are other factors that may affect the performance of oil and slurry recovery systems, which leads us to an operating parameters that are not compatible with the load to be processed.

For this reason the aim of our study is to summarize an evaluation of operating anomalies of the cyclo-separator, from the change in flow rate and the feed pressure and their effects on the oil in water content and the quantity of slurry at the exit of the cyclo-separators.

Keywrds :

Cyclo-separator, Slurry, Oil in water, Pressure, Flow rate, Hydro-cyclone.

ملخص :

الفاصل الحلقية ليست فواصل تعمل بشكل مستمر مع تدفق الزيت والماء الذي يمكن التنبؤ به. بالإضافة إلى ذلك ، تتوافق أجهزة الفصل هذه مع موضوعات التقادم والتدهور ، وبالتالي فإن حملة التحقق من أداء أنظمة الفصل هذه جعلت من الممكن استنتاج أنه في مجموعة متنوعة من نماذج التصميم ، يجب دراسة فواصل معينة لضمان أدائها . هناك عوامل أخرى يمكن أن تقلل من أداء أنظمة استعادة الزيوت والمواد الصلبة العالقة ، مما يؤدي إلى معلمات تشغيل غير متوافقة مع الحمل المراد معالجته. هذا هو السبب في أن الهدف من دراستنا يتلخص في تقييم حالات التشغيل الشاذة للفاصل الحلقي ، من تباين معدل التدفق وضغط الإمداد وتأثيرهما على الزيت في محتوى الماء وكمية المواد الصلبة العالقة عند المخرج من الفاصل .

الكلمات الدالة:

فاصل سيكلو ، ملاط ، زيت في الماء ، ضغط ، معدل التدفق ، إعصار هيدروليكي.