



**OPTIMISATION DE L'EXPLOITATION DES SEPARATEURS A  
FIOUL LOURD : CAS DE LA CENTRALE THERMIQUE DE  
KOSSODO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
**MASTER**

**SPECIALITE : EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE**

-----

**Présenté et soutenu publiquement le 28/01/2021 par :**

Marina Kétsia SAMA - N° 20150005

**Directeur de mémoire : Souleymane BARRO, Ingénieur mécanicien**

**Maître de stage : Souleymane A. OUATTARA, Ingénieur électromécanicien, SONABEL**

**Jury d'évaluation du stage :**

Président : Prof. Sayon dit Sadio SIDIBE

Membres et correcteurs : Prof. Sayon dit Sadio SIDIBE  
Ing. Souleymane BARRO  
Ing. Justin BASSOLE

**Promotion [2015 / 2020]**

## DEDICACES

♥ *A ma famille,*

♥ *A mes amis,*

♥ *A tous ceux que j'aime,*

*Je dédie ce travail !!!*

## CITATION

*'' Tout ce qui se conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément. ''*

*L'art poétique (1674) de Nicolas Boileau-Despréaux*

## REMERCIEMENTS

- ☀ *Je remercie l'institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2ie) pour la formation acquise durant ces cinq (05) dernières années.*
- ☀ *Mes remerciements vont également à l'endroit de mon encadreur interne **Mr. Souleymane BARRO** pour son encadrement, sa disponibilité et son soutien.*
- ☀ *Toute ma gratitude à la SONABEL, précisément aux employés de la centrale de kossodo pour leurs soutiens, leurs partages d'expériences et leurs disponibilités.*
- ☀ *Enfin, mes vives reconnaissances à mon maître de stage **Mr. Souleymane Abasse OUATTARA** qui n'a ménagé aucun effort dans mon accompagnement pour l'élaboration du présent document.*

*A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici mes sincères remerciements.*

## **RESUME**

Le fioul lourd est le principal combustible utilisé par les moteurs thermiques pour produire l'électricité grâce à leur combustion. Il est obtenu durant le processus de raffinement du pétrole. Bien qu'il soit traité avant sa commercialisation, le fioul a besoin d'être nettoyé et séparé de ses impuretés avant son injection dans les groupes thermiques. Ce processus de traitement est effectué grâce au séparateur centrifuge. Notre mission durant le stage à la centrale thermique de Kossodo fut d'optimiser l'exploitation de ces séparateurs à fioul lourd.

De ce fait, nous avons entrepris en un premier temps d'identifier les sources de défaillances puis d'évaluer le coût de leurs impacts. Ainsi, nous évaluerons le rendement général des séparateurs à environ 55 % avec un coût de pertes qui s'élève à 94 157 324 FCFA sur notre période d'étude. Sur la base des problèmes identifiés, nous proposerons des solutions d'optimisations telles que le reparamétrage de l'automate après quelques expériences réalisées, la bonne maintenance, l'ajout de certains additifs etc.

Ainsi avons-nous réussi à remonter le rendement général autour de 96% et à réaliser un gain de 19 902 193 FCFA sur le coût initial des pertes. Ensuite nous avons effectué une étude comparative des coûts initiaux et finaux par séparateur et par mois avant d'aborder l'impact environnemental résultant de l'exploitation des séparateurs. Pour chaque impact la source est identifiée et des solutions ont été proposées. Le présent mémoire donne les détails des étapes soigneusement établies qui nous ont permis d'aboutir aux différents résultats.

### **Mots Clés**

---

- 1 - Séparateur**
- 2 - Optimisation**
- 3 - Exploitation**
- 4 - HFO**
- 5 - Kossodo**

## **ABSTRACT**

Heavy fuel oil is the main fuel used by heat engines to generate electricity through combustion. It is obtained during the process of refining petroleum. Although it is treated before it is marketed, fuel oil needs to be cleaned and separated from these impurities before it is injected into the thermal generators. This treatment process is carried out thanks to the centrifugal separator. Our mission during the internship at the thermal power station of Kossodo was to optimize the operation of these heavy fuel oil separators.

As a result, we first set out to identify the sources of failures and then assess the cost of their impacts. Thus, we will evaluate the general efficiency of the separators at around 55% with a loss cost of 94,157,324 F CFA over our study period. Based on the problems identified, we will propose optimization solutions such as reconfiguring the PLC after some experiments carried out, proper maintenance, adding certain additives, etc.

Thus we managed to raise the general yield to around 96% and achieve a gain of 19,902,193 F CFA on the initial cost of losses. Then we carried out a comparative study of the initial and final costs per separator and per month before addressing the environmental impact resulting from the operation of the separators. For each impact, the source is identified and solutions have been proposed. We now invite you to browse the document we are offering you with all the details of the carefully established steps that have enabled us to achieve these results.

### **Key words**

---

- 1 - Separator**
- 2 - Optimization**
- 3 - Exploitation**
- 4 - HFO**
- 5 - Kossodo**



I.	Economie en production de Boue et de coût d'incinération .....	60
II.	Economie en coût de pièce de rechange .....	60
III.	Economie en achat et en coût d'incinération de chiffon .....	60
IV.	Formation des agents.....	60
I.	ECONOMIE EN PRODUCTION DE BOUE ET DE COUT D'INCINERATION APRES OPTIMISATION	61
III.	ECONOMIE EN ACHAT ET EN COUT D'INCINERATION DE CHIFFON .....	63
III.	FORMATION DES AGENTS DE MAINTENANCE .....	64
CHAPITRE VI: IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE .....		66
I.	Définition.....	66
II.	Matrice de Léopold .....	66
I.	DEFINITION .....	67
II.	LA MATRICE DE LEOPOLD (KOUAKOU, 2014).....	67
CONCLUSION .....		70
BIBLIOGRAPHIE.....		a
ANNEXES.....		b

## LISTE DES CIGLES ET ABREVIATIONS

<b>2D</b>	: Deux dimensions
<b>A.T</b>	: Agent technique
<b>CCAI</b>	: Calculate Carbone Aromaticity Index
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Dioxyde de carbone
<b>D 21</b>	: Départ 21
<b>DDO</b>	: Distillated diesel oil
<b>EPC</b>	: Commande de programme Energétique
<b>FCFA</b>	: Franc de la Communauté Financière Africaine
<b>G1</b>	: Groupe 1
<b>HFO</b>	: Heavy fuel oil
<b>MT</b>	: M transmetor
<b>PCI</b>	: Pouvoir calorifique inférieur
<b>PID</b>	: Proportionnel Intégral Dérivé
<b>PT</b>	: Pression transmitter
<b>SAFELEC</b>	: Société Africaine d'Electricité
<b>SC</b>	: Safety-carb
<b>SONABEL</b>	: Société Nationale d'Electricité du Burkina
<b>TR 211</b>	: Transformateur 211
<b>TT</b>	: Température transmitter
<b>VOLTELEC</b>	: Société Voltaïque d'Electricité
<b>V1</b>	: Valve (vanne) 1

## UNITES DE MESURES

<b>Bar</b>	: Pression
<b>°C</b>	: Température
<b>Cst</b>	: Centistoke
<b>kg</b>	: Masse
<b>kg /dm<sup>3</sup></b>	: Masse volumique
<b>kV</b>	: Tension
<b>L /kg</b>	: Consommation spécifique
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	: Débit
<b>MW</b>	: Puissance

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme général de la SONABEL .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 2 : Lois des stockes (Alpha Laval, 2010).....	16
Figure 3 : Circuit combustible de la cuve tampon au séparateur (Alpha Laval, 2003).....	17
Figure 4 : Grafcet du démarrage séparateur (Alpha Laval, 2003) .....	18
Figure 5 : Présentation de l'intérieur du bol (Alpha Laval, 2003) .....	19
Figure 6 : Présentation du circuit du combustible à la sortie du séparateur .....	19
Figure 7 : Taux de pannes selon les trois grandes parties du séparateur.....	23
Figure 8 : Coût mensuel de pertes liées aux séparateurs.....	28
Figure 9 : Coûts mensuels de matériels liés aux pannes séparateurs 2020 .....	29
Figure 10 : Production mensuelle de boue-2019.....	31
Figure 11 : Production mensuelle de boue -2020.....	31
Figure 12 : Pourcentage des coûts par nature de perte .....	33
Figure 13 : Mise en évidence de l'état et de l'environnement des séparateurs .....	38
Figure 14 : Mise en évidence des conséquences du mauvais combustible sur un séparateur..	40
Figure 15 : Circuit de recirculation combustible.....	42
Figure 16 : Courbe de précision et de rapidité du système .....	43
Figure 17 : Séquence de traitement du combustible .....	44
Figure 18 : Répartition des temps d'état d'un cycle du séparateur HFO .....	50
Figure 19 : Courbe de production de Boue .....	53
Figure 20 : Heures d'indisponibilité des séparateurs selon la nature des défauts .....	55
Figure 21 : combustible instable et incompatible Figure 22 : Combustible stable et compatible .....	57
Figure 23 : Mise en évidence du gain de l'utilisation du xbbe .....	58
Figure 24 : Ecart financier financier après optimisation .....	64
Figure 25 : Pollutions engendrées par les boues solides et liquides.....	67

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Détermination du niveau de gravité des pannes sur les parties des séparateurs (NEMATCHOUA, Modeste KAMENI, 2013) , (Damba, 2020).....	23
Tableau 2 : Détail chiffré du matériel utilisé pour la maintenance curative - année 2019.....	27
Tableau 3 : Détail chiffré du matériel utilisé pour la maintenance curative - année 2020.....	28
Tableau 4 : Production de boues du mois de septembre 2019 (NEMATCHOUA, Modeste KAMENI, 2013), (Alpha Laval, 2005). ....	29
Tableau 5 : Pertes pour l'année 2020. ....	32
Tableau 6 : Pertes pour l'année 2019. ....	33
Tableau 7 : Résultat d'analyse du laboratoire du HFO. ....	34
Tableau 8 : Tableau récapitulatifs des indicateurs calculés avant optimisation .....	52
Tableau 9 : Tableau récapitulatifs des indicateurs calculés après optimisation. ....	54
Tableau 10 : Etat des heures d'indisponibilité des séparateurs selon la nature des défauts (Bouampoundi, 2020).....	55
Tableau 11 : Comparaison des caractéristiques des séparateurs - groupe par rapport au HFO. ....	56
Tableau 12 : Production de boue du mois de septembre 2019 après optimisation. ....	61
Tableau 13 : Gain financier sur incinération de boue après optimisation pour l'année 2019..	61
Tableau 14 : Gain financier sur incinération de boue après optimisation pour l'année 2020..	62
Tableau 15 : Evaluation du coût de formation des agents.....	65
Tableau 16 : Impact environnemental lié à l'exploitation des séparateurs .....	68

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'énergie électrique est l'une des énergies les plus utilisées au Burkina Faso. Elle est indispensable au développement d'un pays et contribue énormément à l'épanouissement des Hommes. Cependant, la production électrique du Burkina Faso est relativement faible. Pour augmenter cette production, le gouvernement a opté en l'an 2000 pour la création de deux nouvelles centrales thermiques : la centrale thermique de Kossodo et celle de Komsilga.

Une centrale thermique est un ensemble d'installations permettant de produire de l'énergie électrique au moyen d'un groupe électrogène. Chaque groupe est constitué d'un moteur diesel qui entraîne un alternateur, le tout assisté par une série d'équipement appelée auxiliaires, et ces ainsi que l'on produit l'électricité.

Notre stage s'est effectué à la SONABEL ; société semi étatique au capital de 63.308.270.000 de francs CFA (Société National d'Electricite du Burkina, 2018) durant la période d'août 2020 au 31 janvier 2021.

Parmi les différentes sources d'énergies qui existent, dans le renouvelable comme dans le thermique, la SONABEL dispose principalement de trois sources qui sont : l'énergie solaire, l'hydroélectricité, et l'énergie thermique.

Précisément au sein de centrale thermique de Kossodo où nous avons effectué notre étude, la principale activité est la maintenance des équipements parmi lesquels ceux qui ont objet de notre étude ; à savoir les séparateurs HFO. Notre choix d'étude s'est porté sur ces derniers car ce sont des auxiliaires indispensables dans le processus de production de l'énergie électrique en centrale. Leurs fonctions de purification et de clarification confèrent au combustible les caractéristiques idéales pour une combustion efficace. Cependant, ils connaissent des pannes récurrentes et des pertes énormes au cours de leur fonctionnement dû à la nature des combustibles, à leur paramétrage, et à leur entretien qui sont de nature à faire chuter considérablement leurs rendements de production ; ce qui engendre des pertes financières énormes. C'est au regard de ces éléments que la centrale de Kossodo nous a suggéré d'aborder le thème qui s'articule comme suit : « **optimisation des séparateurs à fioul lourd : cas de la centrale thermique de Kossodo** ».

Dans l'optique de mener à bien l'élaboration du présent document, nous procéderons au préalable à une présentation de la structure d'accueil. Nous identifierons les sources de

défaillances des séparateurs, les pertes qu'elles engendrent puis l'évaluation financière des coûts dus à ces pertes. Ensuite nous tenterons d'identifier les indicateurs sur lesquels il faut agir afin de rehausser les rendements de production puis nous proposerons d'autres solutions salvatrices. Enfin, nous essayerons d'effectuer une étude comparative des coûts d'exploitation avant et après optimisation, dans l'optique de mettre en exergue les gains financiers réalisables, avant de faire des propositions en vue de réduire l'impact environnemental lié à l'exploitation des séparateurs.

## **CHAPITRE I :**

### **PRESENTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE KOSSODO**

Ce premier chapitre porte sur la présentation du cadre de travail et du fonctionnement de la centrale de Kossodo. La présentation du cadre de travail reviendra ici à présenter la centrale thermique de Kossodo, son organisation interne et ses activités.

Le fonctionnement quant à lui, consistera à ressortir le processus de production de l'énergie électrique.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li><b>I. Présentation de la centrale de Kossodo</b></li><li><b>II. Fonctionnement de la centrale de Kossodo</b></li></ul> |
|--|

## **I. PRESENTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE KOSSODO**

La centrale thermique de KOSSODO est située dans la zone industrielle de KOSSODO, au Nord Est de la ville d'Ouagadougou. Elle contribue à satisfaire la demande en énergie électrique du RNI (Réseau National Interconnecté). Pour mener à bien sa mission, le Service Production OUAGA Nord (SPTN) est subdivisé en quatre divisions qui sont : la maintenance mécanique, la maintenance électrique, la division exploitation, la division laboratoire

## **II. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE DE KOSSODO**

L'exploitation des ouvrages est dirigée par un service de dispatching qui coordonne le démarrage ou l'arrêt des groupes. L'ordre est donné à l'opérateur de la salle de commande de la centrale qui à son tour ordonne à l'opérateur de la salle de machines, le démarrage ou l'arrêt des groupes. Les groupes délivrent une tension comprise entre 11 kV et 15KV, élevée ensuite par des transformateurs 11 /33 kV et 15/33 KV, qui est injectée sur un jeu de barres 33 kV qui desservira les départs suivants : Patte d'oie ; Ziniaré /Laye ; Ouaga 1 ; Ouaga 2.

Deux transformateurs abaisseurs TR 211 et TR 212 permettent d'abaisser la tension 33 KV en 15 KV d'où commence la distribution sur le réseau par les départs suivants : D21, D22, D23, D24, D25.

Une boucle 33 KV interconnecte Kossodo avec les autres unités de production d'électricité à savoir : la centrale thermique Ouaga I, la centrale thermique Ouaga II.

Pour la consommation interne (l'alimentation des auxiliaires des groupes, l'alimentation des différents locaux de la centrale etc.), il existe des transformateurs qui abaissent la tension 33 KV en 400V.

Étant une société d'état depuis 1995, la SONABEL est le leader dans le domaine de la production, du transport, et de la distribution de l'énergie au BURKINA FASO. Elle est constituée de plusieurs centrales thermiques dont celle de Kossodo qui compte huit groupes à ce jour, et dans laquelle a débuté un projet de renforcement de la centrale avec l'installation de trois nouveaux groupes d'une puissance de 18 MW chacune. Ce projet est financé par la Banque Islamique de Développement (BID) et permettrait de contribuer à la satisfaction de la demande en électricité qui est de plus en plus grandissante.

## **CHAPITRE II :**

### **GENERALITES SUR LE FONCTIONNEMENT DES SEPARATEURS CENTRIFUGES A DISQUES**

Dans ce chapitre nous ferons d'abord une définition de ce que c'est qu'un séparateur centrifuge à disque. Puis, à travers des schémas détaillés nous expliquerons le fonctionnement à travers deux éléments : l'organe de séparation, l'organe de commande

**I. Définition**

**II. Fonctionnement du système**

Une centrale thermique est une centrale qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur selon le principe des machines thermiques. La production de l'énergie électrique à la centrale thermique de Kossodo se fait grâce aux groupes thermiques qui sont un couplage de moteur et d'alternateur. Le moteur fournit l'énergie mécanique à l'alternateur grâce à la combustion du HFO (Heavy Fuel Oil). L'alternateur à son tour convertit l'énergie mécanique reçue du moteur en énergie électrique triphasée. Avant l'injection du combustible dans le moteur, le HFO est d'abord traité, séparé de ses impuretés et de l'eau qu'il contient. Ce processus de traitement se fait grâce à huit séparateurs de la marque Alpha Laval installés en centrale.

## I. DEFINITION

Le séparateur utilise la technique de la centrifugation d'où son nom séparateur centrifuge. La centrifugation est une technique utilisant la force centrifuge pour séparer des mélanges comme des fluides de densités différentes ou des éléments solides en suspension dans un fluide. Elle consiste à faire tourner à grande vitesse un bol contenant une pile de disque dont le nombre dépend de la taille du séparateur. En effet, la surface de séparation est directement proportionnelle à la quantité de produit séparé. La rotation du produit à une vitesse élevée permet de diriger les particules de grande densité vers les extrémités du bol. Et à un temps régulier, une chasse de boue est effectuée afin de nettoyer le bol et d'entamer un nouveau cycle de séparation. Les lois des Stokes nous montre ci-dessous que les séparateurs utilisent le même principe de séparation qu'une séparation naturelle.

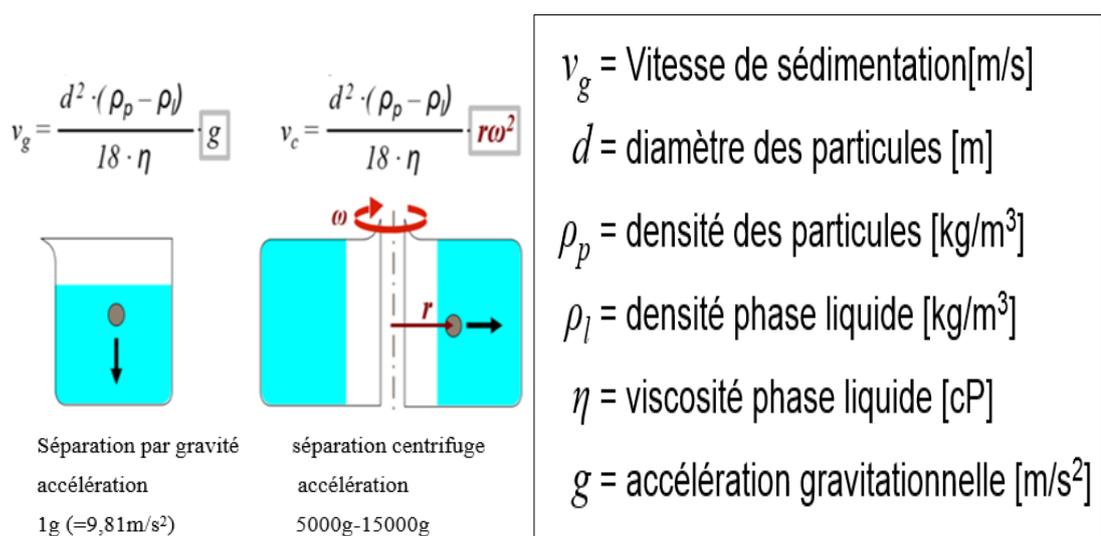


Figure 1 : Lois des Stokes (Alpha Laval, 2010)

## II. FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

Lorsque le combustible arrive en centrale, fournie par la SONABHY (société nationale burkinabè d'hydrocarbure) à raison de 175 FCFA le litre, il est testé par les laborantins afin de s'assurer qu'il correspond aux caractéristiques normalisées utilisées pour le fonctionnement des groupes. Ces caractéristiques sont la viscosité testée à 50°C dont le résultat doit être inférieur ou égal à 180 cSt, la teneur en eau qui doit être de 0.5 % du volume testé, et la densité testée à 15.6°C qui doit donner un résultat d'une valeur comprise entre 0.92 à 0.99 kg/dm<sup>3</sup> max. Si ces conditions sont réunies, le combustible est alors réceptionné et stocké dans des cuves dites de stockage puis ensuite celles dites tampon à 50°C afin qu'il y'ait une première séparation naturelle du HFO. Des cuves tampons, le HFO est dirigé vers les séparateurs grâce à des pompes d'alimentations afin qu'il subisse une deuxième séparation par centrifugation. La figure ci-dessous nous présente le circuit combustible de la cuve tampon au séparateur.

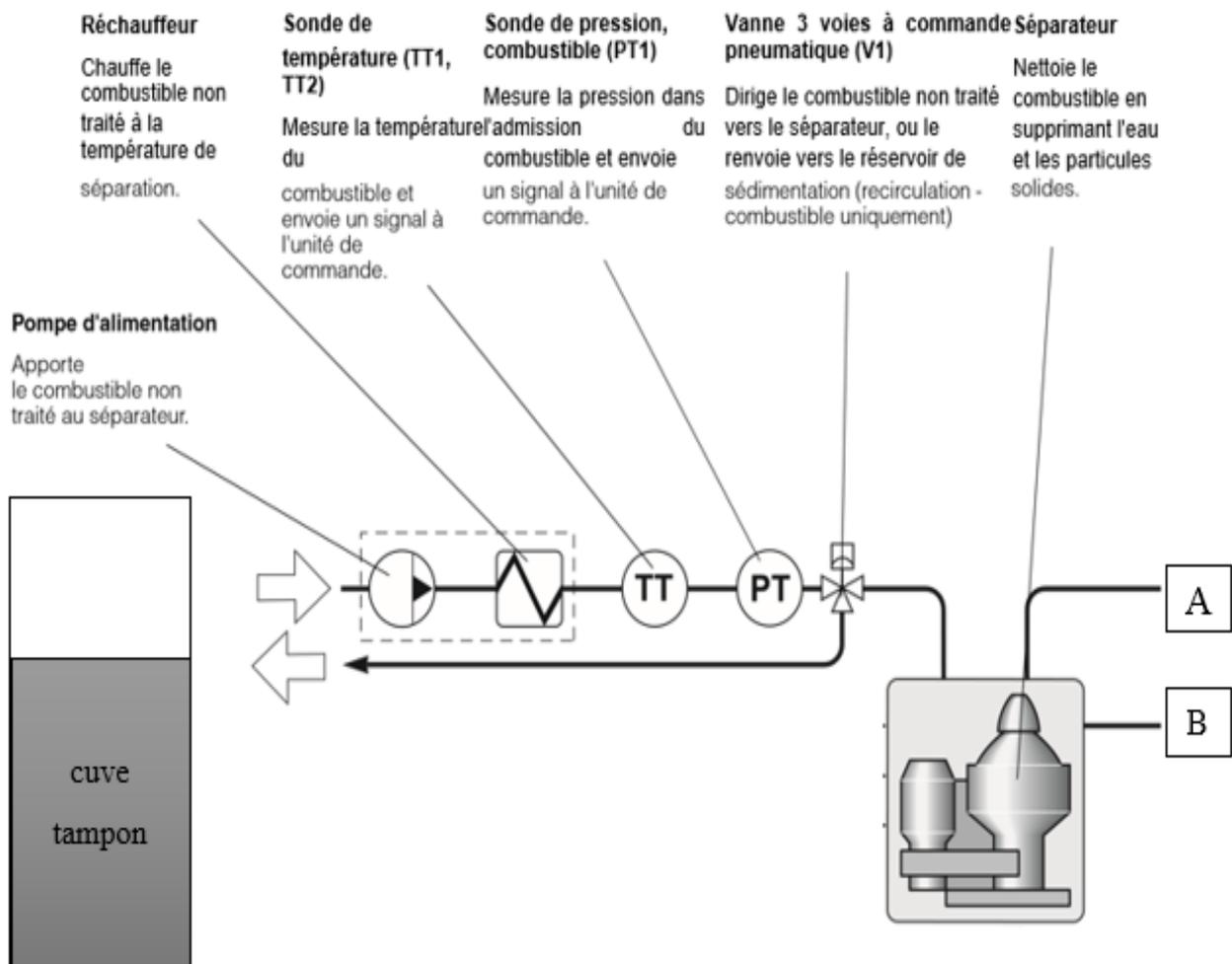
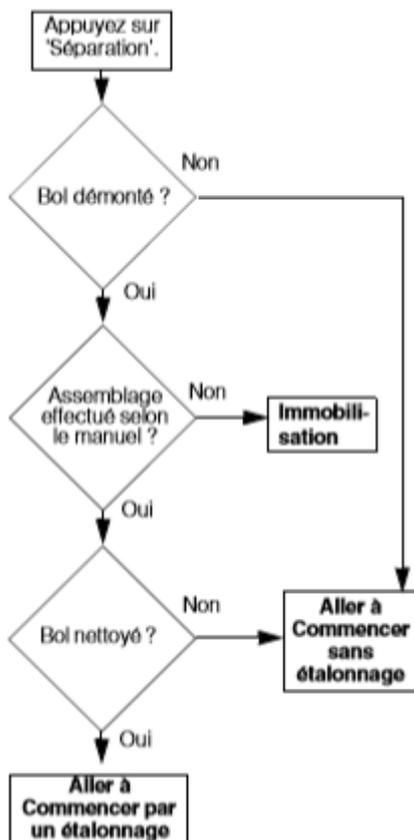


Figure 2 : Circuit combustible de la cuve tampon au séparateur (Alpha Laval, 2003)

Lorsque le séparateur est mis en marche, deux conditions doivent être réunies avant que la séparation ne débute. Ce sont la température du HFO qui doit atteindre 95°C et la vitesse de rotation du bol qui doit atteindre 9000tr/min. Pendant que la vitesse du bol augmente, le HFO est en recirculation dans un échangeur de chaleur (vapeur, HFO) jusqu'à ce qu'il atteigne la température requise pour la séparation. Les deux conditions réunies, deux cas de figures se présentent et le choix de l'un ou de l'autre se fait par l'opérateur chargé de mettre en service le séparateur.

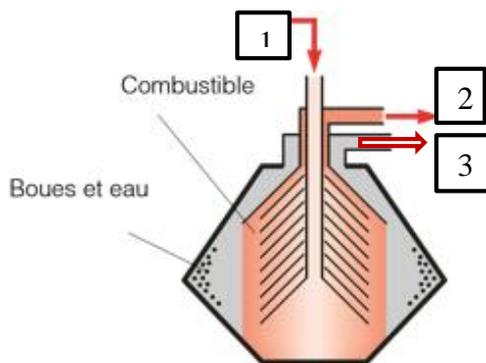
Les figures ci-dessous nous présentent les séquences de séparation commandées par l'EPC 50 (c'est l'automate du séparateur chargé de recevoir des informations sur l'état du séparateur, les afficher pour la lecture de l'opérateur et d'ordonner des commandes si nécessaires.)



✍ Selon que le bol ait été démonté ou pas, un étalonnage est réalisé afin de permettre à l'automate de déterminer le temps de remplissage d'eau de conditionnement du séparateur avant la séparation.

✍ Le grafcet à gauche représente les différentes questions auxquelles doit répondre l'opérateur lorsque les deux conditions citées ci-dessus sont réunies (température du HFO et vitesse de rotation du bol) et qu'on appuie sur la touche séparation.

Figure 3 : Grafcet du démarrage séparateur (Alpha Laval, 2005)



- ☛ 1- est l'orifice d'entrée du combustible sale
- ☛ 2- est l'orifice de sortie du combustible propre
- ☛ 3- correspond à l'orifice de sortie d'eau dans le bol durant le cycle de séparation

Figure 4 : Présentation de l'intérieur du bol (Alpha Laval, 2003)

✿ Les points 2 et 3 sont détaillés sur la figure ci-dessous (2 et 3 correspondent respectivement à la figure A et B ci-après)

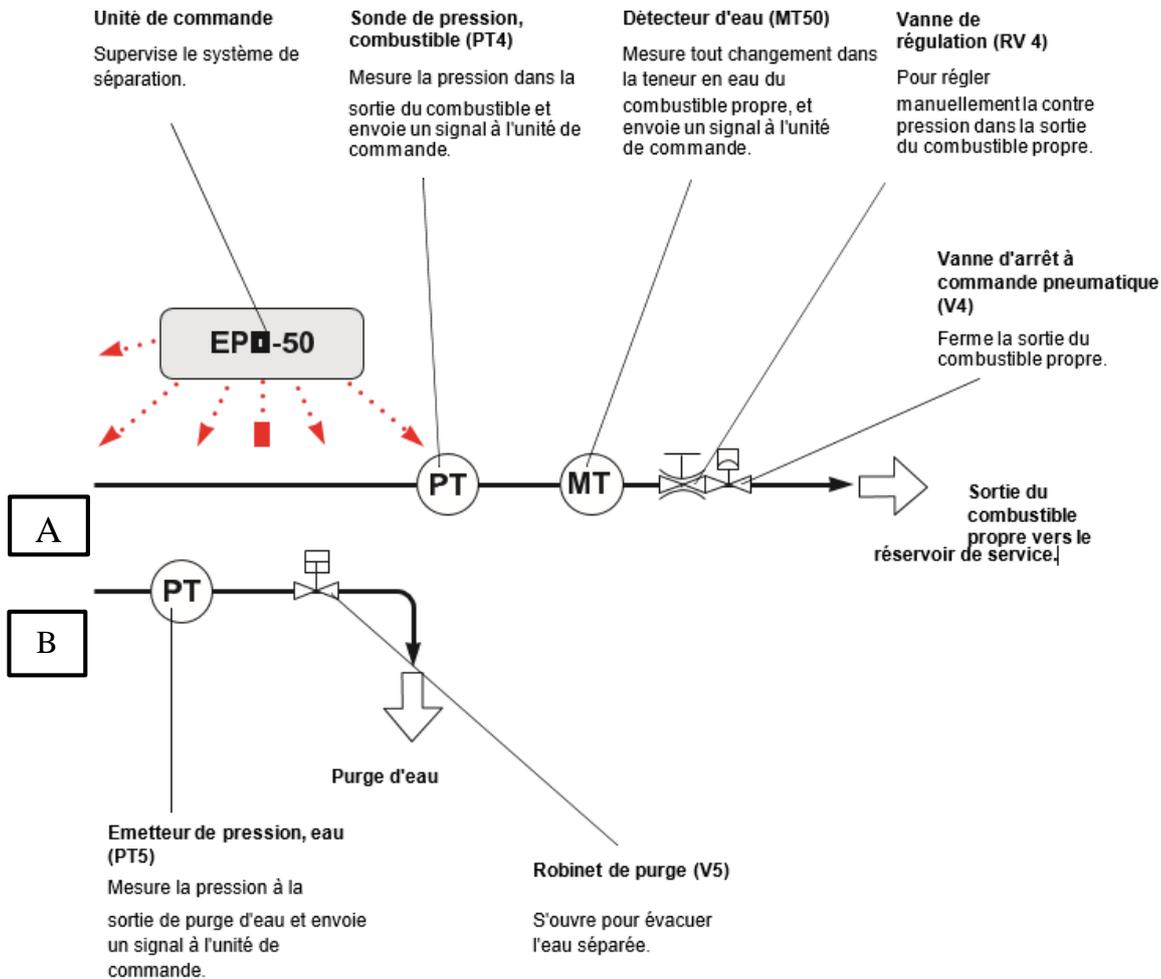


Figure 5 : Présentation du circuit du combustible à la sortie du séparateur (Alpha Laval, 2003)

**A** sur la figure précédente représente le circuit de sortie du combustible du séparateur vers la cuve journalière.

**B** représente le circuit de sortie d'eau de purge. MT est un capteur d'eau qui contrôle la teneur en eau du combustible. Lorsque cette valeur est supérieure à 0.2 %, l'automate coupe l'entrée du combustible. Cette opération peut se répéter quatre fois et la cinquième fois l'automate ordonne une grande chasse. Lorsque la grande chasse est effectuée avant la fin du cycle, cela signifie que soit il y'a trop de boue dans le bol et elle effectue une contre pression sur l'eau de conditionnement, soit la teneur en eau dans le HFO sal est très élevée, et l'eau séparée s'ajoute à l'eau de conditionnement. Après le processus de séparation, le HFO est enfin pur pour être injecté dans le groupe. On conclut donc que le séparateur est un appareil très important qui mérite une attention particulière car pour que les groupes puissent fonctionner normalement et à un coût raisonnable il faut une bonne disponibilité de HFO propre et cela passe bien sûr par la disponibilité des séparateurs.

Après une présentation du séparateur ainsi que son mode de fonctionnement, nous allons à présent identifier toutes les causes à la baisse de performance des séparateurs dans l'optique d'évaluer les pertes financières pour la centrale par rapport à l'exploitation des séparateurs.

## **CHAPITRE III :**

### **EVALUATION FINANCIERE DES PERTES LIEES AUX SEPARATEURS A FIOUL LOURD**

Dans ce chapitre, nous ferons en un premier lieu l'historiques des pannes afin d'en dégager les axes essentiels.

Ensuite, partant de cet état, nous effectuerons une classification par niveau de gravité afin de dégager les éléments essentiels sur lesquels agir.

Enfin, une fois ces éléments dégagés, nous tenterons d'effectuer une évaluation financière des pertes engendrées par chacun d'eux.

**I. Historique des défaillances courantes sur les séparateurs HFO**

**II. Détermination du niveau de gravité des pannes liées aux séparateurs**

**III. Evaluation financière des pertes engendrées par le dysfonctionnement des séparateurs**

## I. HISTORIQUE DES DEFAILLANCES COURANTES SUR LES SEPARATEURS HFO

En vue de cerner la nature des pannes qui interviennent régulièrement sur les séparateurs, nous avons entrepris de recenser les difficultés que rencontrent les techniciens sur vingt derniers mois. L'objectif est de classer ces pannes par type, par fréquence et par impact en vue de déceler les points fondamentaux sur lesquels il faudra agir pour rendre ces séparateurs plus disponibles. Les types de pannes ont été identifiés ci-dessous

### + Pannes relatives à l'unité de control

- ✧ Défaut de retour de chasse
- ✧ Défaut de mise en marche du réchauffeur à partir de l'EPC 50

### + Pannes relatives à l'unité de séparation

- ✧ Fuite de HFO au niveau du bol
- ✧ Réservoir de boue plein mais la pompe à boue ne refoule pas (car la boue est devenue compact)
- ✧ Vitesse du bol du séparateur bas
- ✧ Défaut de contre-pression PT4 basse (0.2 / 0.8 bar) puis un dégueulement après acquittement du défaut
- ✧ Paring tube bouché

### + Pannes relatives à l'unité d'entraînement

- ✧ Déclenchement du disjoncteur de la pompe d'amené
- ✧ Usure de patin de friction,
- ✧ Usure courroie,
- ✧ Usure roulement.

Le graphique ci-dessous fait un état du taux des pannes selon l'élément du système concerné. Nous pouvons voir donc que 46 % des pannes sont liées à l'unité de séparation ; 36 % à l'unité de contrôle et 18% à l'unité d'entraînement du séparateur. La majorité des défaillances étant liées au premier élément, nous y accorderont une attention particulière lors de l'élaboration de notre proposition d'optimisation.

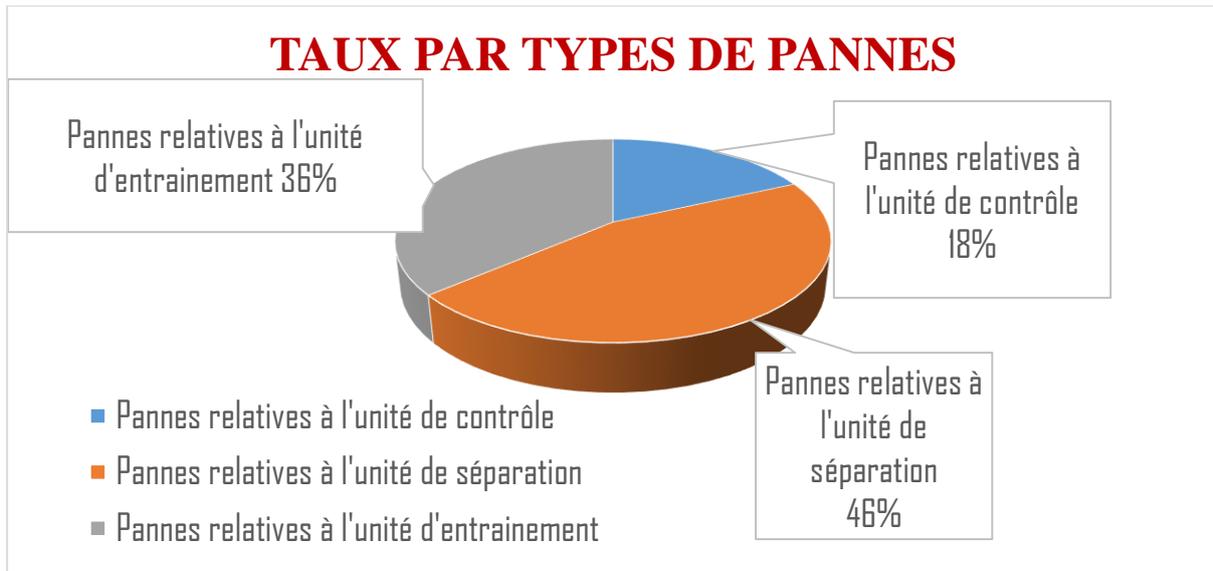


Figure 6 : Taux de pannes selon les trois grandes parties du séparateur

## II. NIVEAU DE GRAVITE DES PANNES DES SEPARATEURS

Effectuons une analyse des scénarios en vue de détecter le niveau de gravité des pannes sur les différentes parties des séparateurs. Elle suit une méthode appelée FMEA (failure mode and effects analysis). Il comprend 3 indicateurs (la probabilité, l'impact, détectabilité) dont le niveau d'importance est compris entre 1 et 10. Le produit de ces 3 indicateurs nous informe sur la gravité des conséquences des pannes sur les parties mentionnées ci-dessus.

$$\oplus \text{ Gravité} = \mathbf{P \cdot I \cdot D} \quad (1)$$

Tableau 1 : Détermination du niveau de gravité des pannes sur les parties des séparateur (Damba, 2020)

	Unité de contrôle	Unité de séparation	Unité d'entraînement
<b>Probabilité (fréquence) (p)</b>	3	10	4
<b>Impact (I)</b>	10	10	6
<b>Détectabilité (d)</b>	2	2	2
<b>Criticité (gravité)</b>	60	200	48

☞ Les valeurs sont déterminées à partir d'une échelle de 1 à 10. Pour l'impact et la probabilité, plus les valeurs tendent vers 10, cela signifie indépendamment que la probabilité que la panne arrive est très élevée avec un impact très grave. Concernant la détectabilité, lorsque la valeur tend vers 10 cela signifie que la panne est facilement détectable. Les valeurs attribuées dans le tableau précédent peuvent changer d'un opérateur à un autre mais reste toujours voisines !!

- ☞ Si le seuil de criticité est inférieur à 125, la panne est acceptable et maîtrisée sinon il faudra mettre en place un plan d'action pour supprimer les causes.
- ☞ Si le seuil de l'impact supérieur à 9, risque non acceptable, plan d'action à mettre en place.

Dans notre contexte, la criticité de l'unité de séparation est supérieure à 125 et les niveaux d'impacts de l'unité de contrôle et l'unité de séparation supérieurs à 9. Des actions doivent donc être menées afin d'optimiser le fonctionnement du système de séparation.

### **III. EVALUATION FINANCIERE DES PERTES ENGENDREES PAR LE DYSFONCTIONNEMENT DES SEPARATEURS**

#### **III.1 Pertes relatives à l'utilisation des chiffons**

Il est difficile de quantifier le combustible absorbé par les chiffons lors du nettoyage des séparateur en cas de fuite ; car jusqu'à présent il n'existe pas de procédés mis au point pour recueillir et quantifier ces dernières. Cependant nous savons que ces fuites de combustibles sont nettoyées par des chiffons dans le souci du bon entretien des séparateurs. La conséquence de cette situation c'est que nous nous retrouvons avec des chiffons imbibés qui constituent des déchets qu'il faudra éliminer. Ils sont éliminés par des incinérateurs qui eux-mêmes utilisent du combustible (DDO) pour fonctionner, par conséquent cela engendre des coûts. Les coûts afférant à l'utilisation des chiffons peuvent être évoqués sur deux axes principaux :

- ☞ Les coûts liés à l'achat des chiffons
- ☞ Les coûts liés à l'incinération des chiffons

#### **☼ Pertes liées à l'achat des chiffons**

Nous savons que les chiffons sont utilisés principalement pour le nettoyage des différents équipements de la centrale, cependant il est difficile de quantifier la part de chiffon dédiée principalement à l'utilisation des séparateurs. Toute fois nous avons effectué un sondage auprès des manœuvres qui sont les utilisateurs principaux des chiffons au sein de la centrale. Ce sondage nous a permis d'estimer à 50 %, la quantité totale de chiffon utilisé dans le nettoyage des séparateurs sur la période de notre étude. Ainsi nous avons entrepris, avec l'aide de la section magasin, d'établir l'état de commande des chiffons depuis le mois de janvier 2019 jusqu'au mois d'août 2020 ; dans l'optique de déterminer les coûts afférant à l'achat et à

l'utilisation des chiffons suite aux fuites du séparateur. Ces données sont résumées comme suit :

\* 2019 : 7 700 kg de chiffons utilisés

\* 2020 : 7 800 kg de chiffons utilisés

Sachant que la quantité de chiffon utilisée pour le nettoyage des séparateurs est estimée à 50% de la commande total, déterminons donc la quantité équivalente ( $Q_e$ ) pour la période de janvier 2019 à août 2020 :

$$\oplus Q_e = (7\,700 + 7\,800) \text{ kg} \times (50/100) \quad (2)$$

$$Q_e = 7\,750 \text{ Kg}$$

Nous pouvons estimer que 7 750 kg de chiffons sont exclusivement utilisés pour le nettoyage des fuites ; et si l'on part du fait que 600 kg de chiffons correspond à 1 balle de chiffons nous en déduisons que les 7 750 kg représente 12.9 balles de chiffons, or le coût unitaire d'une (1) balle de chiffon s'élève à 204 000 F CFA. Le coût d'achat de chiffon ( $Q_c$ ) s'estime donc à :

$$\oplus Q_a = \text{Coût unitaire} * \text{nombre de balle} \quad (3)$$

$$= 204\,000 \times 12.9$$

$$Q_a = 2\,631\,600 \text{ F CFA}$$

On estime à 2 631 600 F CFA le coût résultant de l'achat des chiffons pour le nettoyage des fuites des séparateurs sur la période de l'étude.

#### ❁ Pertes liées à l'utilisation de l'incinérateur

Les déchets solides équivalant aux 7 750 Kg (chiffons imbibés) devraient être incinérés en centrale, Or ces incinérateurs consomment du combustible (DDO) pour fonctionner, lequel combustible est payé par la centrale ce qui équivaut à des coûts supplémentaires.

Pour cela nous avons entrepris de déterminer la quantité de combustible nécessaire pour brûler 1Kg de déchet. Sur la base des données de consommation en centrale, on estimerait à environ 2000 l par mois la quantité de combustible consommée par l'incinérateur pour brûler en moyenne 600 kg de déchets solides (chiffons imbibés) ; soit une consommation spécifique de 3.33 l/kg. La quantité de combustible consommée par l'incinérateur pour brûler les déchets solide ( $Q_{CS}$ ) égale :

$$\oplus Q_{CS} = \text{consommation spécifique} * \text{quantité de chiffon} \quad (4)$$

$$Q_{CS} = 3.33 * 7\,750 = 25\,807.5$$

$$Q_{CS} = 25\,807.5 \text{ L}$$

Avec un coût sur le marché de 300 F le litre de DDO, le coût d'incinération ( $C_{IS}$ ) revient à :

$$\oplus C_{IS} = \text{coût unitaire DDO} * \text{quantité consommée} \quad (5)$$

$$C_{IS} = 25\,807.5 * 300 = 7\,742\,250$$

$$C_{IS} = 7\,742\,250 \text{ FCFA}$$

Le coût d'incinération s'élève donc à 7 742 250 FCFA sur la période de janvier 2019 à août 2020.

Les coûts totaux ( $C_T$ ) relatifs aux pertes liées au nettoyage des fuites séparateurs si incinération il y a eu lieu s'élèvent à :

$$\oplus C_T = C_{IS} + Q_a \quad (6)$$

$$C_T = 2\,631\,600 + 7\,742\,250 = 10\,373\,850$$

$$C_T = 10\,373\,850 \text{ FCFA}$$

### III.2 Les pertes dues aux opérations de maintenances curatives

Les maintenances préventives prévues par le constructeur sur ces équipements s'effectuent au bout de 4000 h et 12000 h de fonctionnement. L'intervention mécanique et électrique à but curatif se fait presque chaque semaine. Le coût du matériel pour la période de janvier 2019 à septembre 2020 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Détail chiffré du matériel utilisé pour la maintenance curative - année 2019

Mois	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
AVRIL	Non return valve kit 1767071.80	2	61 229,05	122 458,10
MAI	Moteur belt pulley 572348.01	1	529 784	529 784
JUILLET	Inspection kit 564917-01	1	529 865	529 865
	Valve block water1765927-01	1	965 256	965 256
	Flow valve(SV10) 1766037.07	1	965 256	965 256
	Flow valve (SV 15) 1766037.02	1	27 550	27 550
	Flow valve (SV 16) 1766037.03	1	27 185	27 185
AOUT	Non return valve kit 1767071.80	1	61 229,05	61 229
SEPTEMBRE	Overhaul kit 564919.01	3	2 041 477,16	6 124 431
	Valve block water 1765927-01	1	965 256	965 256
	Flow valve(SV10) 1766037.07	1	965 256	965 256
	Flow valve (SV 15) 1766037.02	1	27 550	27 550
	Flow valve (SV 16) 1766037.03	1	27 185	27 185
OCTOBRE	Inspection kit 564917-01	3	529 865	1 589 595
	Kit d'inspection 56385901	2	187 833	375 666
	Overhaul kit 566375.05	1	3 953 348	3 953 348
	Motor 573570.02	1	674 979	674 979
	Noyau d'accouplement 573568.80	1	695 314	695 314
	Overhaul kit 564919.01	1	2 041 477,16	2 041 477
NOVEMBRE	Kit d'inspection 563859.01	1	187 833	187 833
	Inspection Kit 56636501	1	1 285 945	1 285 945
DECEMBRE	Non return valve kit 1767071.80	1	61 229,05	61 229
	Overhaul kit	1	2 041 447	2 041 447
	Kit d'inspection 563859-01	1	187 833	187 833

Le tableau précédent est l'historique de sortie du magasin des pièces de rechanges relatifs aux pannes des séparateurs. Nous enregistrons un total de **24 432 927,84** FCFA pour l'année 2019. A partir de ce tableau nous réaliserons l'histogramme des coûts ci-dessous afin d'identifier les mois durant lesquels la SONABEL a le plus dépensé.

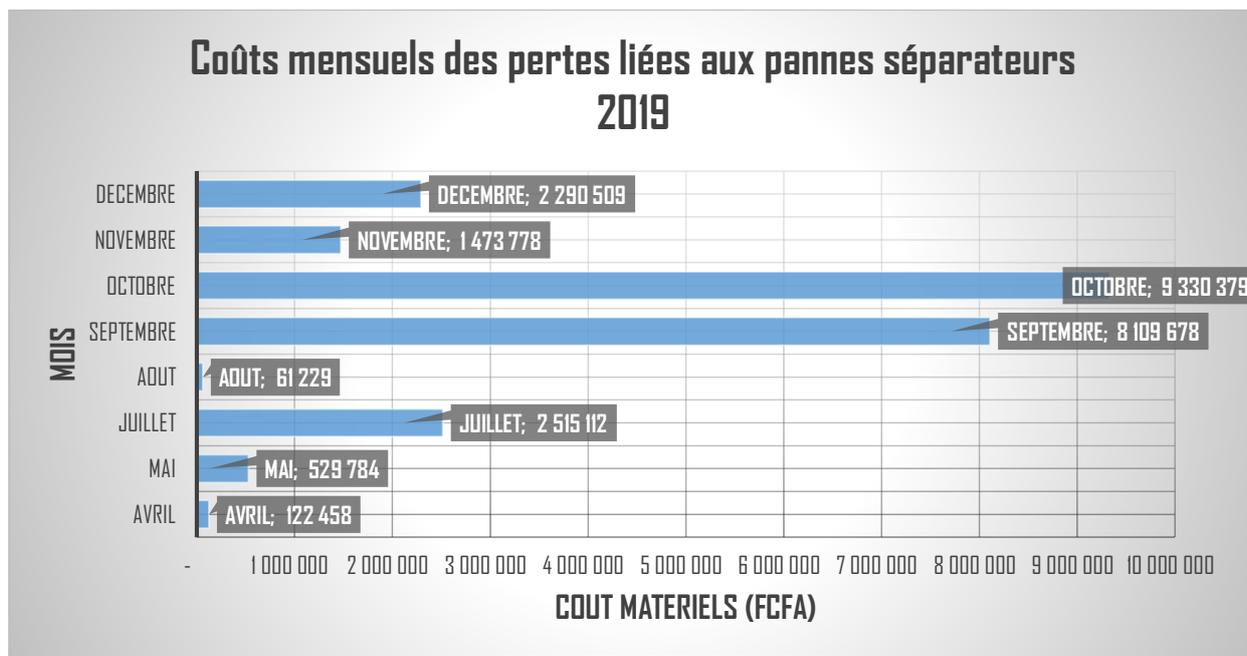


Figure 7 : Coût mensuel de pertes liées aux séparateurs

Tableau 3 : Détail chiffré du matériel utilisé pour la maintenance curative - année 2020

Mois	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
JANVIER	Kit d'inspection 563859-01	1	187 833	187 833
MARS	Réchauffeur à vapeur : tube heat pac CBM 70/40	1	3 789 300	3 789 300
	Manomètre 54305405	4	43 238	172 952
	Inspection kit 564917-01	1	529 865	529 865
	Kit d'inspection 563859-01	1	187 833	187 833
	Paring tube rep 4 566642-80	1	1 141 970	1 141 970
AVRIL	Embrayage centrifuge 564594-80	1	1 501 036	1 501 036
	Inspection kit 564917-01	3	529 865	1 589 595
	Value assembly 1766444-02	1	997 028	997 028
	Inspection kit 566365-01	3	1 285 945	3 857 835
	Flow valve(SV16) 1766037-01	1	27 185	27 185
MAI	Paring tube 55661880	1	1 648 464	1 648 464
	Embrayage centrifuge 564594-80	1	1 501 036	1 501 036
	In and outlet pipe 563092-80	1	3 750 762	3 750 762
	Inspection kit 56636501	1	1 285 945	1 285 945
	Non return valve 1767071-81	2	61 269	122 538
SEPTEMBRE	Bloc de friction 564557-80	5	21 491	107 455
	Paring tube 566618	1	2 395 554	2 395 554

Le tableau précédent est l'historique de sortie du magasin des pièces de rechanges relatifs aux pannes des séparateurs. Nous avons un total de **24 855 455,55** F CFA pour l'année 2020. A partir de ce tableau nous réaliserons l'histogramme des coûts ci-dessous afin d'identifier les mois durant lesquels la SONABEL à le plus dépensé.

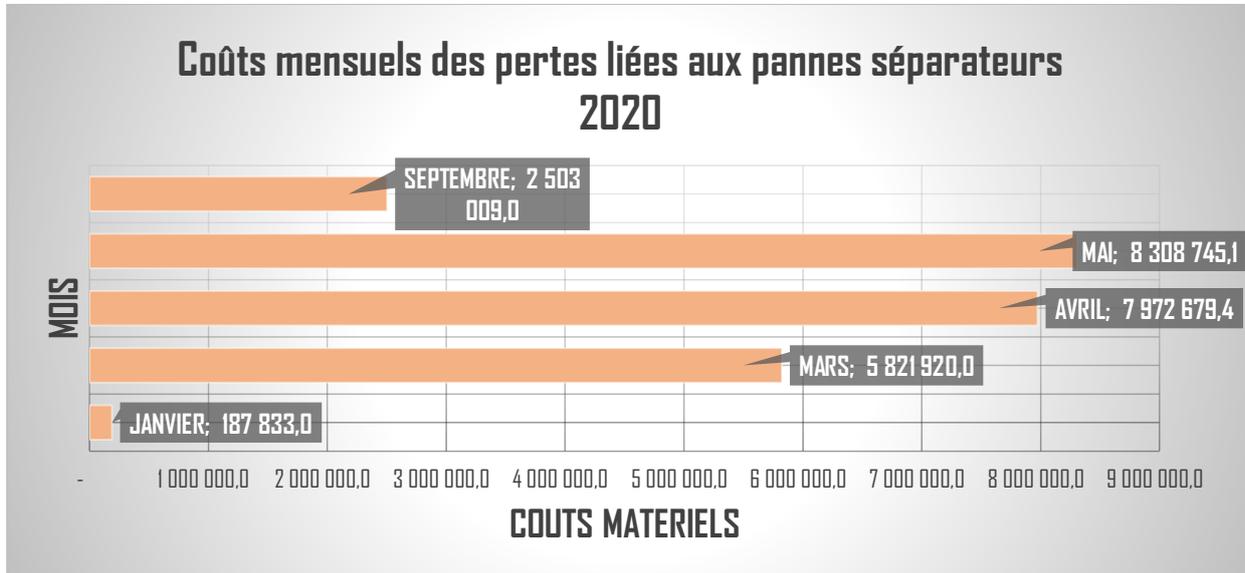


Figure 8 : Coûts mensuels de matériels liés aux pannes séparateurs 2020

### III.3 Les pertes dues aux résidus (boue + eau huileuse) obtenus après séparation

Déterminons la production de boues pour le mois de septembre 2019 (cf. annexe 2)

Tableau 4 : Production de boues du mois de septembre 2019 (NEMATCHOUA, Modeste KAMENI, 2013), (Alpha Laval, 2005)

SEPARATEURS	HFO3 S825	HFO4 S825	HFO7 S845	HFO8 S845	HFO/DDO S841	HFO10 S871
Heure de marche (h) : <b>a</b>	266	94		252		0
Durée de séparation (h) : <b>b</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Durée de chasse (h) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	472,47	166,96	-	447,60	-	-
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	519,72	183,66	-	805,68	-	-
Production totale de résidus(l)	1 509,06					
Cout d'incinération (700F/l)	1 056 342					

⊙ **La durée de séparation b** est déterminée grâce au paramètre **PR1** correspondant au délai de chasse. Il est compris entre **[0 et 300] minutes**. Il est paramétré sur 30 minutes dans notre contexte.

⊙ **La durée de chasse c** équivaut à la somme des tâches des sous-séquences de la séquence de chasse. Trois séquences différentes s'effectuent au cours de la chasse :

☞ Séquence de déplacement (étape 1)

☞ Séquence de vidange (étape 2)

☞ Test d'étanchéité du bol/du détecteur d'eau (étape 3)

$$\oplus C = \sum (Ti\ 70 + Ti\ 71 + Ti\ 72 + Ti\ 73 + Ti\ 74 + Ti\ 75 + Ti\ 62) \quad (cf.\ annexe\ 1)$$

✧ **Ti 70 = 15 s**

✧ **Ti 71 = 20s**

✧ **Ti 72 = 150 s**

✧ **Ti 73 = 10 s**

✧ **Ti 74 = 3 s**

✧ **Ti 75 = 15s**

✧ **Ti 62 = 60s**

⊙ **La quantité de résidus d** est fournie par le constructeur dans le tableau des données techniques.

Le graphique ci-dessous nous expose la production mensuelle des boues par séparateur pour l'année 2019

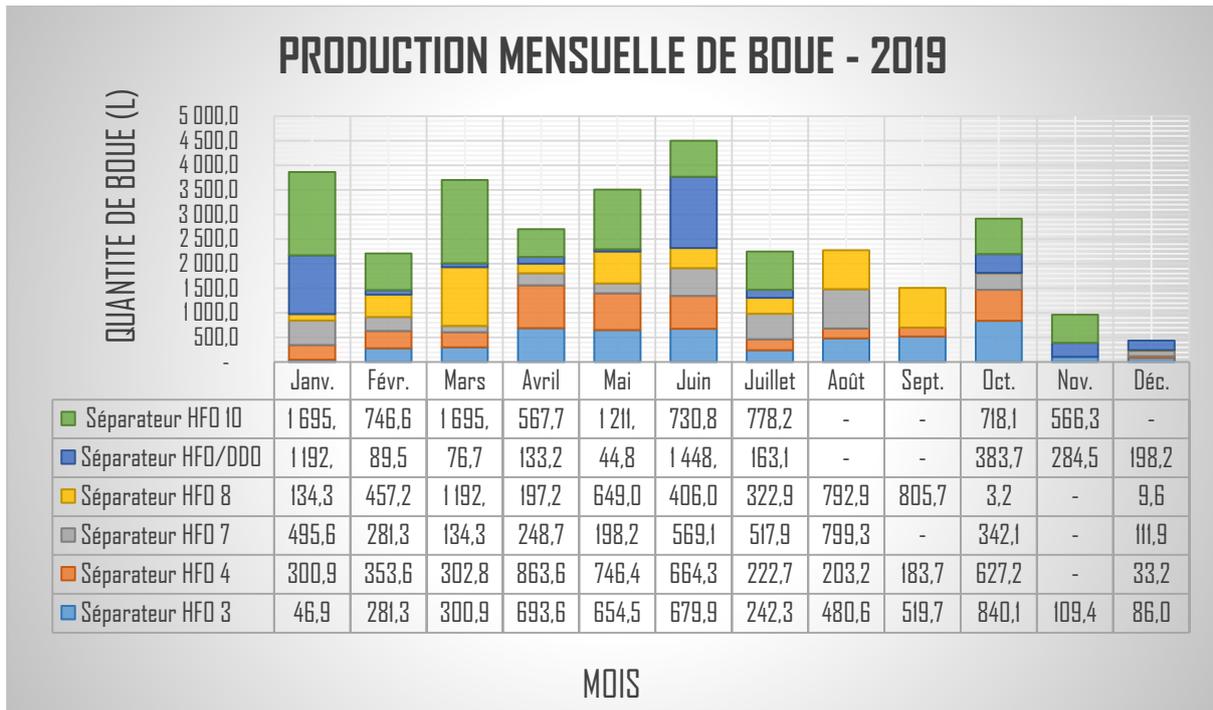


Figure 9 : Production mensuelle de boue-2019.

Le tableau suivant nous donne un état de la production mensuel de boues par séparateur pour l'année 2020.

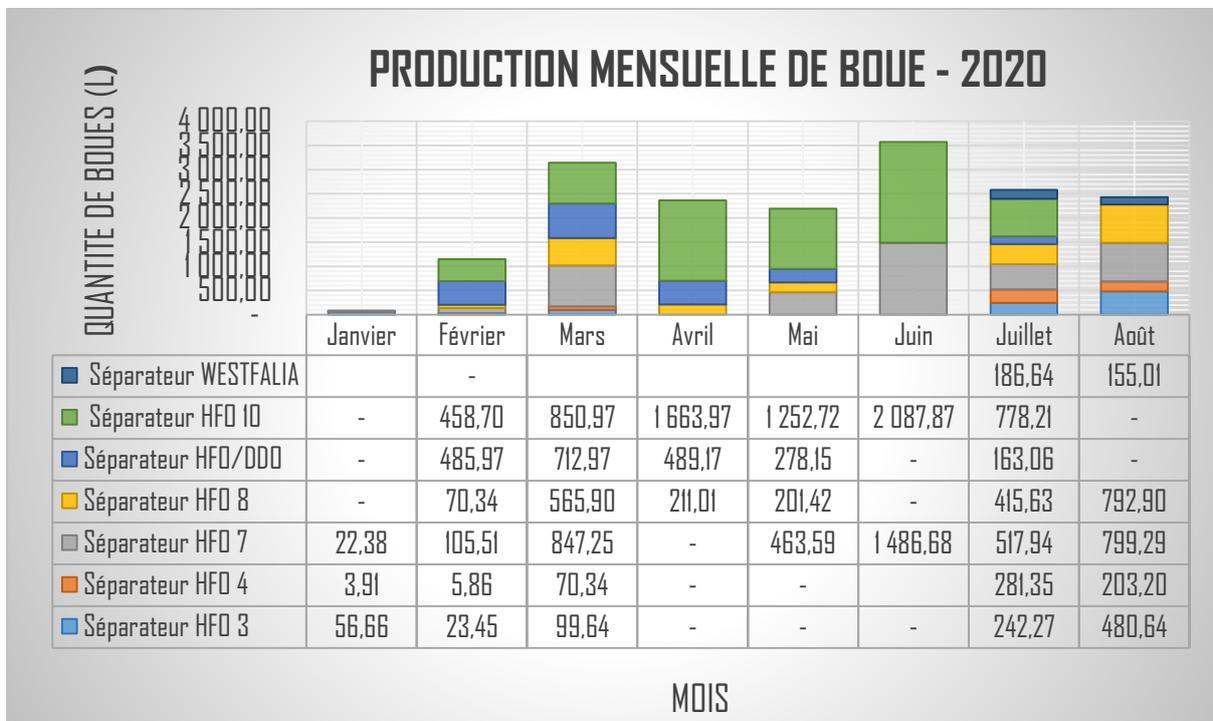


Figure 10 : Production mensuelle de boue -2020

Le tableau ci-dessous nous donne un état financier et quantitatif de la production des boues et du coût de leurs incinérations pour l'année 2020

Tableau 5 : Pertes pour l'année 2020

<b>PERTES POUR L'ANNEE 2020</b>		
MOIS	DECHETS (L)	COUTS (FCFA)
Janvier	82,95	58 063,94
Février	1 149,82	804 872,93
Mars	3 147,06	2 202 941,28
Avril	2 364,15	1 654 904,65
Mai	2 195,89	1 537 120,00
Juin	3 574,55	2 502 186,38
Juillet	2 398,46	1 809 569,50
Août	2 276,02	1 701 721,07
<b>TOTAL</b>	<b>17 188,89</b>	<b>12 271 379,75</b>

 **Ce tableau nous donne un état de pertes chiffrées en FCFA pour l'année 2020.**

Le tableau suivant nous donne un état financier et quantitatif de la production des boues et du coût de leurs incinérations pour l'année 2019.

Tableau 6 : Pertes pour l'année 2019

PERTES POUR L'ANNEE 2019		
MOIS	DECHETS (L)	COUTS (FCFA)
Janvier	3 865,77	2 706 036,33
Février	2 209,63	1 546 739,60
Mars	3 702,89	2 592 022,12
Avril	3 621,26	2 534 881,83
Mai	3 504,49	2 453 146,15
Juin	4 498,43	3 148 900,22
Juillet	2 247,12	1 572 986,73
Août	2 276,02	1 593 214,92
Septembre	1 509,06	1 056 341,03
Octobre	2 914,37	2 040 060,34
Novembre	960,22	672 152,26
Décembre	438,90	307 229,13
<b>TOTAL</b>	<b>31 748,16</b>	<b>22 223 710,66</b>

✚ Ce tableau nous donne un état de pertes chiffrées en FCFA pour l'année 2019.

Le graphique ci-dessous nous donne une idée de la répartition des pertes chiffrées en coûts en fonction de la nature de ces pertes. Nous en ferons un commentaire lors de l'analyse de la problématique dans les pages suivantes.

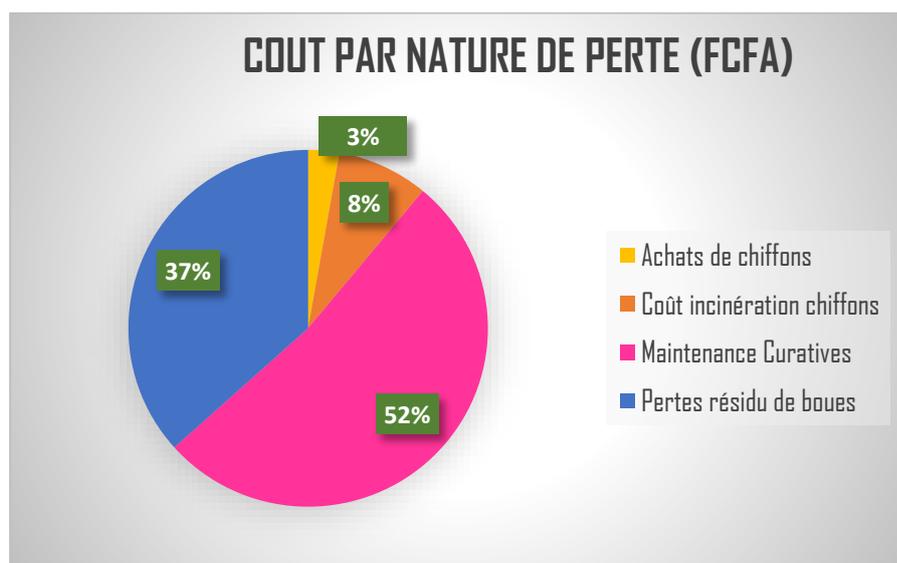


Figure 11 : Pourcentage des coûts par nature de perte

## Résumé :

Les pertes relatives à l'utilisation des chiffons sont :

- ☞ **Les pertes dues à l'achat et l'incinération des chiffons**
- ☞ **Les pertes dues aux opérations de maintenance curative**
- ☞ **Les pertes dues aux résidus (boue eau huileuse) obtenus après séparation du HFO**

Ceux-ci peuvent être évalués en franc CFA afin de mesurer la perte sur le plan financier ; Toutefois certains aspects ne peuvent être évalués économiquement par manque de données ou d'information dont l'apport nous serait nécessaire pour cette quantification.

Cependant, avec les données que nous avons réussies à collecter nous avons fait une estimation approximative des pertes sur le plan financier, quoiqu'inférieure aux pertes réelles car celles liées aux fuites séparateurs sont impossibles à déterminer pour l'heure. Établissons un bilan financier total des pertes engendrées ci-dessus :

### III.4 Analyse de la problématique

- ✿ **L'analyse de l'historique des pannes** révèle que la majorité des pannes survenues concerne le corps du séparateur à 46% contre 18 % pour l'unité de contrôle et 36 % pour l'unité d'entraînement du séparateur. Il est donc évident que cette partie du séparateur requiert une attention particulière lors de l'élaboration de notre présent rapport.
- ✿ **L'analyse des graphiques des coûts mensuels des pertes** expose un gonflement des coûts dans les mois de septembre et octobre pour l'année 2019 ; puis mars, avril, mai pour l'année 2020.

Pour l'année 2020, cela s'explique aisément par le fait que la centrale était approvisionnée en combustible de mauvaise qualité (mauvaise stabilité) durant ces périodes. Cette situation a eu pour conséquence d'obtenir à vive fréquence les séparateurs. On assistait constamment donc à des poses pour entretien, nettoyage et remplacement de pièces usées. D'ailleurs la tendance du graphique de production de boues mensuelles est de nature à confirmer cette affirmation pour l'année 2020. Les résultats d'analyse du laboratoire présentés ci-dessous nous informent plus profondément sur cette situation. (*Voir annexe 4 pour les résultats et observations des mois de mars, avril, juin*)

Tableau 7 : Résultat d'analyse du laboratoire du HFO pour le mois de mai 2020.

<b>PARAMETRES</b>	0428T <sub>1</sub> 030427T <sub>1</sub> O <sub>3</sub>	11JP3420/11JP3421	11HK1561/11KN7015
<b>Provenance</b>	PUMA/COTONOU	LOME	OSPP
<b>Quantité</b>	45000	45000	45000
<b>Densité à 15°C</b>	0.967	0.972	0.962
<b>PCI (kJ/kg)</b>	41295	41220	41370
<b>Viscosité à 50°C</b>	184.06	158.49	173.54
<b>CCAI</b>	835	842	831
<b>Teneur en eau (% V)</b>	0.2	0.2	0.2
<b>COMMENTAIRES DU CHEF DE DIVISION LABORATOIRE</b>	<p>*Stabilité et compatibilité mauvaises.</p> <p>*Viscosité au-delà de la limite maxi admissible.</p> <p>*Il y a risque accru de formation de boue au niveau *des séparateurs et colmatage de filtre</p>	<p>*Paramètres physico-chimiques mesurés dans l'ensemble bons.</p> <p>*Le combustible peut être autorisé au dépotage</p>	<p>*Stabilité et compatibilité mauvaise</p> <p>*Il y a risque accru de formation de boue au niveau des séparateurs et colmatage de filtre</p>

Nous y reviendrons dans la partie *Étude de la situation actuelle des séparateurs* dans les points suivants.

☛ **L'analyse du secteur 2D des coûts par nature de perte** dévoile cependant que les plus grosses pertes financières liées aux séparateurs à fuel lourd sont dues aux opérations de maintenance curatives (52 %). Elle est suivie par les pertes liées aux coûts d'incinération des boues de séparations. Le coût d'achat des chiffons (3 %), qui n'est malgré tout pas à négliger, est la moins élevée après celui de l'incinération des déchets solides (Chiffons imbibés, 8%)

Le système de centrifugation est un procédé visant à extraire les impuretés du combustible en vue d'assurer une combustion la plus complète possible au sein du moteur. Par conséquent, il joue un rôle important dans la production de l'énergie électrique. Une mauvaise qualité du combustible peut engendrer des dysfonctionnements pour les moteurs, dégrader la consommation spécifique et faire chuter le taux de conversion d'énergie calorifique en énergie mécanique ; par conséquent le rendement général de production d'énergie. Ces différents

éléments impactent sur la disponibilité du groupe pour des raisons de maintenance ou de réparation. Un moteur arrêté occasionne des pertes énormes à la SONABEL puisque l'énergie n'est plus produite.

C'est dans le souci de minimiser ces pertes occasionnées par les dysfonctionnements liés aux séparateurs que nous avons entrepris de mener une étude visant à analyser des défaillances courantes sur les séparateurs à fuel lourd, d'en dégager les causes puis de faire des propositions en vue d'optimiser le rendement et la disponibilité de ceux-ci. Le tableau ci-dessous résume les pertes relatives aux chiffons, à l'incinération de boue et aux coûts de rechange de pièce.

Année	Chiffon (F CFA)	Incinération de boue (F CFA)	Rechange de pièce (F CFA)
Pertes 2019	5 180 125	22 223 710,66	24 432 927,84
Pertes 2020	5 187 000	12 271 379,75	24 855 455,55

Après une énumération des sources de dépense des séparateurs HFO, il ressort que la centrale de kossodo à dépenser **94 157 323,14 F CFA** dû à l'utilisation des chiffons, à la maintenance curative et à l'incinération des boues produites après séparation sur notre période d'étude. La liste n'est cependant pas exhaustive. Dans le prochain chapitre, nous allons identifier les indicateurs de performances sur lesquels il faut agir pour améliorer les rendements de production. Ensuite nous proposerons d'autres pistes de solutions qui ne sont pas directement liées au fonctionnement des séparateurs.

## **CHAPITRE IV:**

### **OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE DES SEPARATEURS A FIOUL LOURD**

Dans ce chapitre, nous ferons ressortir en un premier lieu les principales causes au fonctionnement non optimal des séparateurs.

Ensuite, nous détecterons les indicateurs appropriés sur lesquels agir pour rendre optimal un équipement de cette nature.

Enfin, sur la base de quelques expériences et propositions, nous tenterons d'améliorer le rendement de ces équipements.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li><b>I. Les sources de la baisse de performance.</b></li><li><b>II. Les indicateurs de performance.</b></li><li><b>III. Optimisation et bilan expérimentaux.</b></li></ul> |
|--|

## I. LES SOURCES DE LA BAISSÉ DE PERFORMANCE DES SÉPARATEURS.

### I.1 Etude de la situation actuelle du séparateur.

Durant notre période d'étude nous avons pu noter quelques irrégularités sur les séparateurs. Observons au travers des photos commentées ci-dessous l'état physique de quelques séparateurs.

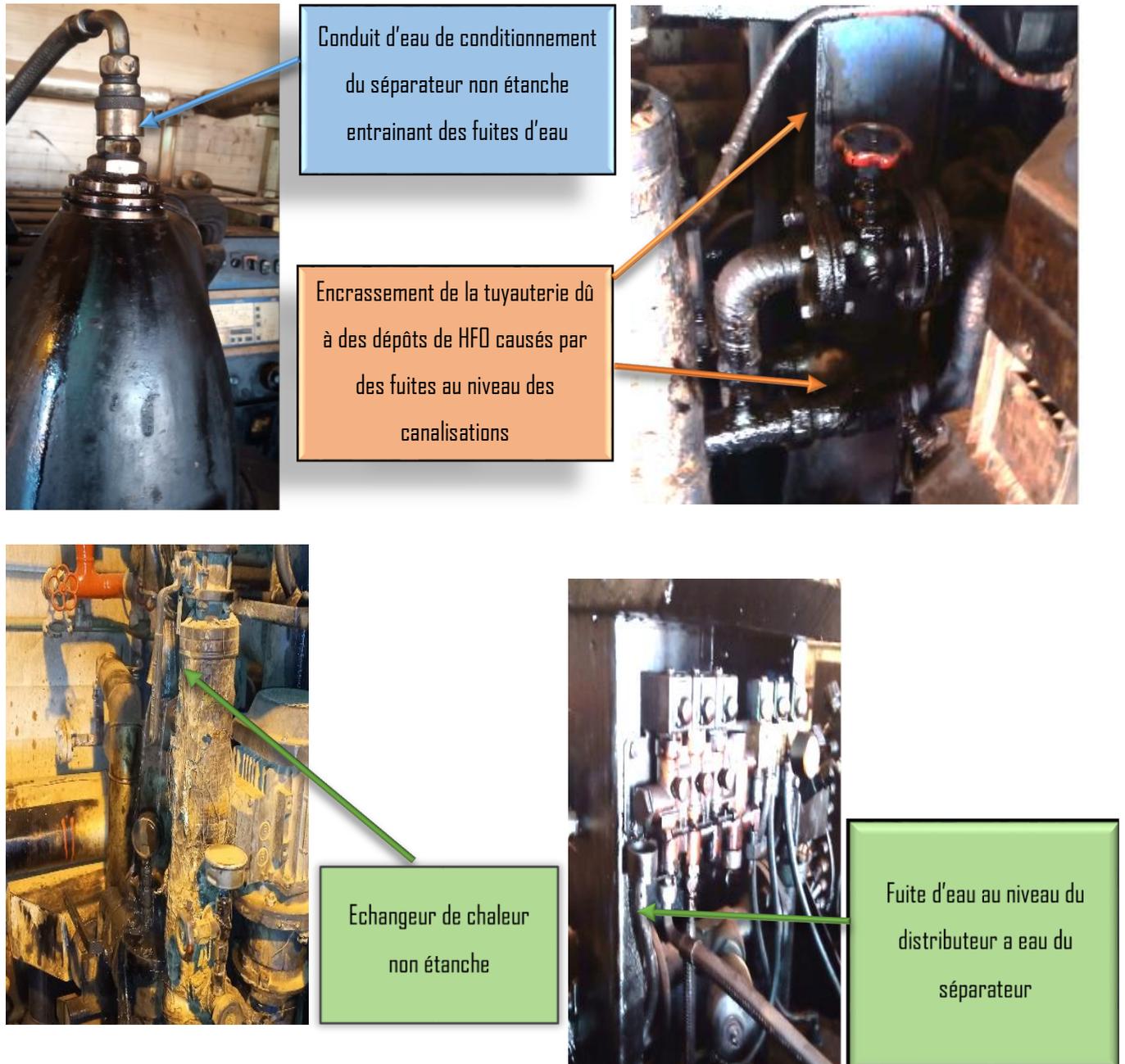


Figure 12 : Mise en évidence de l'état et de l'environnement des séparateurs

## I.2 Analyse des causes relatives à la baisse de performance du séparateur

La baisse de performance du séparateur est liée à plusieurs facteurs, tant interne qu'externe au séparateur. Cependant les défauts probables, en lien avec les éléments internes du séparateur, énumérés par le constructeur dans le manuel de maintenance ne sont pas les seules causes impactant sur la performance du système ; examinons-en quelques unes :

### ✿ La qualité du combustible

La SONABEL se ravitaille en combustible par le biais de la SONABY au moyen de citernes qui lui livrent le carburant destiné aux groupes électrogènes. Toutefois, pour un fonctionnement optimal des groupes, le combustible doit répondre à certains critères qui touchent la viscosité, la densité, et une bonne teneur en eau. Il arrive parfois que ces critères ne soient pas respectés et dans ce cas il n'y a pas que les groupes qui en souffrent car d'autres composants comme les pompes assurant la circulation du fluide à travers tout le circuit sont aussi affectés. Pour qu'il y ait une bonne séparation du combustible à température ambiante, il faut :

- ☞ Une viscosité de 180 cSt
- ☞ Une densité de 0,92-0,99 kg /litre

Pour la plupart des cas, le problème a trait à la viscosité du HFO ; Dans le cas où elle est au-dessus de la plage, il y'aura une grande résistance lors de l'aspiration du combustible par les pompes de transferts entraînant parfois de fort appel de courant qui pourraient entraîner la détérioration des équipements électriques si les protections ne répondent pas assez rapidement.

Dans le cas où le combustible parvient dans le bol du séparateur il en résulte après quelque temps un dépôt conséquent de HFO au tour du bol, à l'intérieur du bol ainsi qu'à des parties sensibles du système du fait de la forme pâteuse du HFO liée à sa mauvaise qualité. De ces dépôts, il en résulte la détérioration des joints d'étanchéités de l'assemblage du bol, lesquels coûtent très chers d'autant plus qu'ils ne sont disponibles que par lot. Ainsi, plus le combustible est de mauvaise qualité, plus il y'a d'arrêt pour réparation des séparateurs ce qui engendre beaucoup de pertes et en coûts de pièces de rechange et en gain financier suite à l'arrêt des groupes.

Il en résulte parfois que le dépôt soit assez conséquent pour empêcher la rotation du bol comme le montre les images ci-dessous :



Figure 13 : Mise en évidence des conséquences du mauvais combustible sur un séparateur.

#### ❖ Non suivies du planning de maintenance

A la conception d'un équipement le constructeur fait cas de tout ce qui pourraient jouer sur le bon fonctionnement de l'équipement. Parmi ces directives, figure les temps de maintenance prévisionnelle. Le non-respect de ces entretiens, pourrait impacter considérablement la performance de l'équipement. Comme tout équipement, le séparateur a un calendrier de maintenance, établie par le constructeur, qui lorsqu'il n'est pas respecté peut entraîner sa détérioration. Par définition, la maintenance consiste à intervenir sur un équipement avant qu'il ne tombe en panne. Tout équipement est un assemblage de plusieurs composants et pièces qui ont chacune une durée de vie. Le but de la maintenance est de s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement et cela nécessite le nettoyage, le contrôle et le remplacement régulier des composants adéquats selon la périodicité d'entretien. Dans notre cas, le manque de rigueur entraîne constamment des défaillances telles que :

- ❖ La détérioration des joints d'étanchéité entraînant ainsi des fuites du fluide en interne comme en externe
- ❖ Les blocs de friction, généralement au nombre de trois adhèrent aux parois d'un disque lié par une courroie plate à l'axe du bol du séparateur afin de lui communiquer le mouvement rotatif du moteur d'entraînement. Il peut arriver qu'il soit lissé du fait des frottements et s'ils ne sont pas remplacés lors de la maintenance il peut en résulter une baisse de la vitesse de rotation du bol dû au mauvais état de ce composant.

- ✧ Les roulements facilitent la rotation de l'axe du bol du séparateur. Lorsqu'ils sont usés, la vitesse à laquelle tourne l'axe s'en trouve réduite à cause des frottements. Lorsque ce frottement perdure il peut en résulter un grippage pouvant provoquer la cassure de l'arbre du bol du séparateur.
- ✧ En effectuant la maintenance on pourrait desceller la naissance de fissures sur certains composants et ainsi y remédié avant quel ne s'aggrave. Le non-respect du planning de maintenance dans ce cas pourrait endommager le séparateur.

#### ✿ **Formation des agents**

La qualité d'un travail est fonction de plusieurs paramètres tels que l'utilisation d'outils adéquats, la qualification de la main d'œuvre et bien d'autres paramètres. Attardons-nous sur la qualification de la main d'œuvre. Lorsqu'un agent n'est pas qualifié et doit intervenir sur un équipement, du fait qu'il ne maîtrise pas l'équipement, il peut arriver qu'il détériore en montant mal un composant ou en comprenant de travers une consigne émise par le système. Un séparateur HFO hors service engendre beaucoup de perte car cela forcerait soit l'arrêt du groupe ou son fonctionnement par du DDO qui présente le double inconvénient de la cherté de coût et du faible pouvoir calorifique par le HFO.

#### ✿ **Défaut de régulation**

Les séparateurs HFO disponibles sur la centrale sont conçus initialement pour chauffer le HFO à séparer avec des résistances chauffantes. Mais dans le but de moins polluer l'environnement et de faire des économies d'énergie, la SONABEL a opté pour le chauffage du HFO avant la séparation avec de la vapeur d'eau. Cette vapeur est obtenue grâce aux gaz d'échappements qui à la sortie du groupe se dirigent selon le besoin soit vers la chaudière pour produire la vapeur d'eau où vers la cheminée pour être rejeté dans l'air.

\* **Séquence de démarrage : circuit de recirculation combustible :**

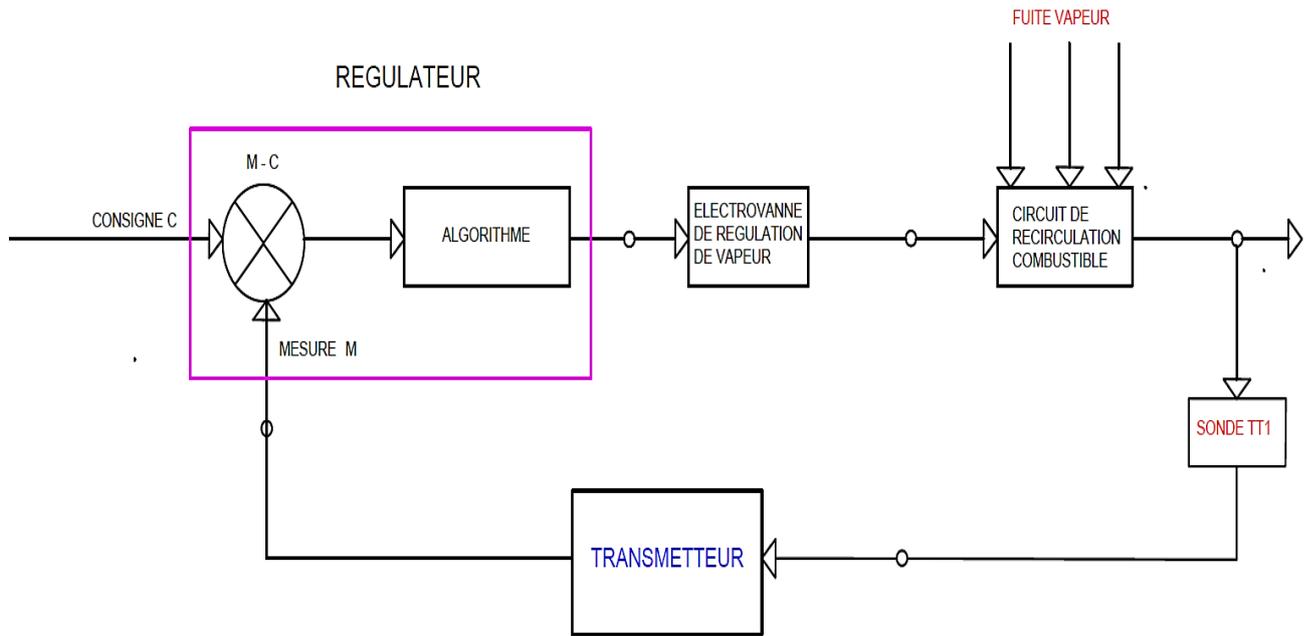


Figure 14 : Circuit de recirculation combustible

Il arrive fréquemment que, pendant la séquence de démarrage, la température du HFO pour les séparateurs 7 et 8 des Groupes 6 et 7 n'atteignent pas sa valeur de consigne (95°C). Le régulateur PID étant défectueux, cela pose un problème de **rapidité** et de **précision** du système.

☞ **Conséquence :** Système totalement indisponible car le séparateur n'admettra jamais le combustible au sein du bol tant que la consigne ne sera pas atteinte. Sur une période de **42 min 93 s**, correspondant au temps qui s'écoule entre le conditionnement du combustible et la fin du premier cycle, nous avons **0 m3** de HFO traité sur plus de **0.7 m3** qui aurait dû être traité. Cette période est déterminée en sommant les paramètres **Ti 50 à Ti 75** correspondant aux séquences de « **démarrage sans étalonnage + chasse** »

☞ **Causes techniques : Fuite sur le circuit vapeur, mauvaise isolation des conduites**

Nous avons tracé deux courbes sur la base des caractéristiques du séparateur dans un fonctionnement normal et pendant un cas anormal de fonctionnement en vue d'apprécier l'erreur statique et la rapidité du système pendant la séquence de démarrage. Ce temps est obtenu en sommant les sous temps des paramètres **Ti 50 à Ti 63** correspondant à la séquence de démarrage sans étalonnage. Elle s'évalue à **6.8 minutes**.

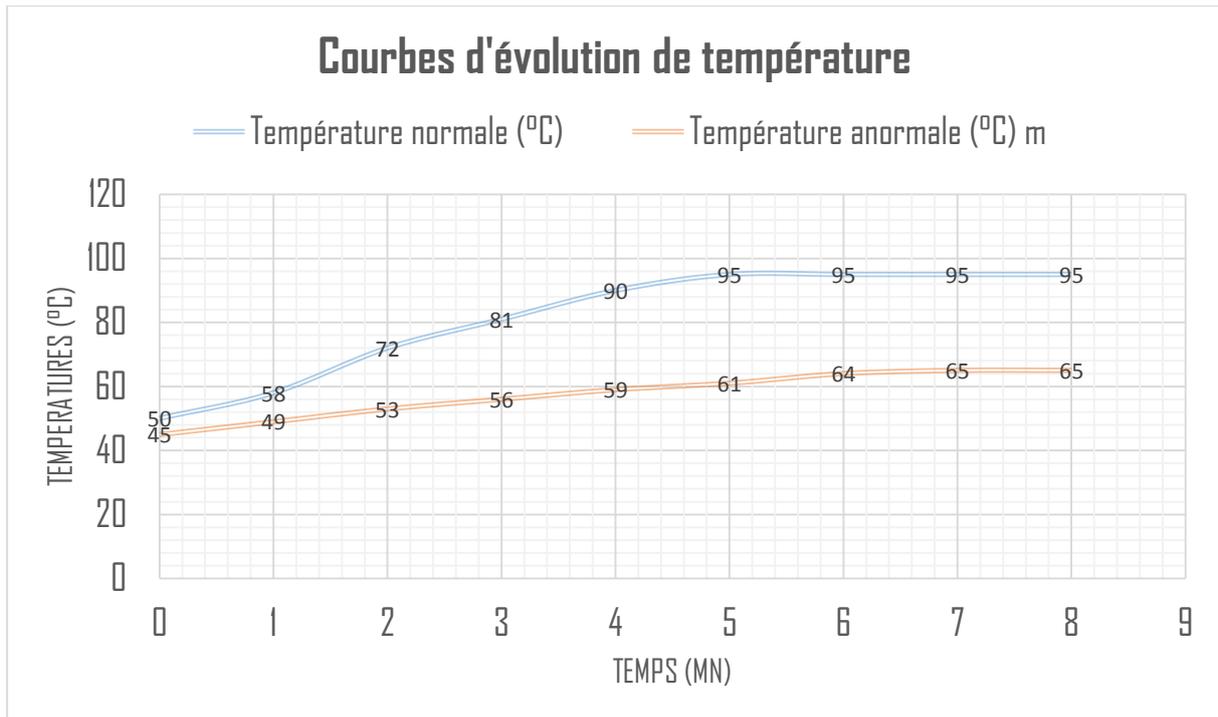


Figure 15 : Courbe de précision et de rapidité du système

Ces deux graphiques nous montrent la précision et la rapidité du système dans son fonctionnement normal et celle actuelle. Dans le fonctionnement normal (courbe bleue), la rapidité du système est de  $R1 = 5$  minutes tandis qu'elle est de 6 minutes pour la courbe rouge. Le système est donc plus lent dans son fonctionnement actuel.

Quant à la précision du système, elle s'apprécie en calculant l'erreur statique **E** en régime stable comme suit :

$$\oplus E = \text{mesure} - \text{consigne} \quad (7)$$

$$E = 95^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$E = 30^{\circ}\text{C}$$

#### L'erreur de précision

$$\oplus E_p (\%) = (E/C) * 100 \quad (8)$$

$$E_p = \left(\frac{30}{95}\right) * 100 = 31.58 \%$$

$$E_p = 31.58 \%$$

La précision actuelle du système s'éloigne donc de celle de la consigne à 31.58 %.

*NB : La rapidité traduit pratiquement la durée transitoire. Elle s'exprime par le temps de réponse  $T_e$  ou temps d'établissement qui est le temps mis par la mesure pour atteindre sa valeur définitive à  $\pm 5\%$  de sa variation tout en se maintenant dans cette zone de  $\pm 5\%$ .*

**\* Séquence de traitement du combustible**

Lors de la séquence de séparation, l'automate effectue des tests d'étanchéités afin de s'assurer de l'absence de fuite combustible. Ainsi, l'alimentation est désactivée avec la fermeture de la vanne V1 et la sortie combustible propre est fermée (vanne V4). Une sonde de pression PT4 compare la valeur de consigne (2 bars) à la valeur mesurée. Une baisse de pression de plus d'un (01) bar indique que le bol présente une fuite : l'alarme **A57** déclenche.

Dans ces conditions le régulateur devrait mettre l'actionneur V1 en mode recirculation ce qui augmente les micro-arrêts du système ; donc les défauts de qualité. Dans le statu quo, le dysfonctionnement de la régulation sur certains séparateurs entraîne la poursuite de l'alimentation. Les micro-arrêts sont évités mais pas les fuites, d'où pertes de combustible.

**Causes techniques : joints d'étanchéités situés sur la périphérie du bol endommagé ; fuites au niveau de l'eau de fermeture.**

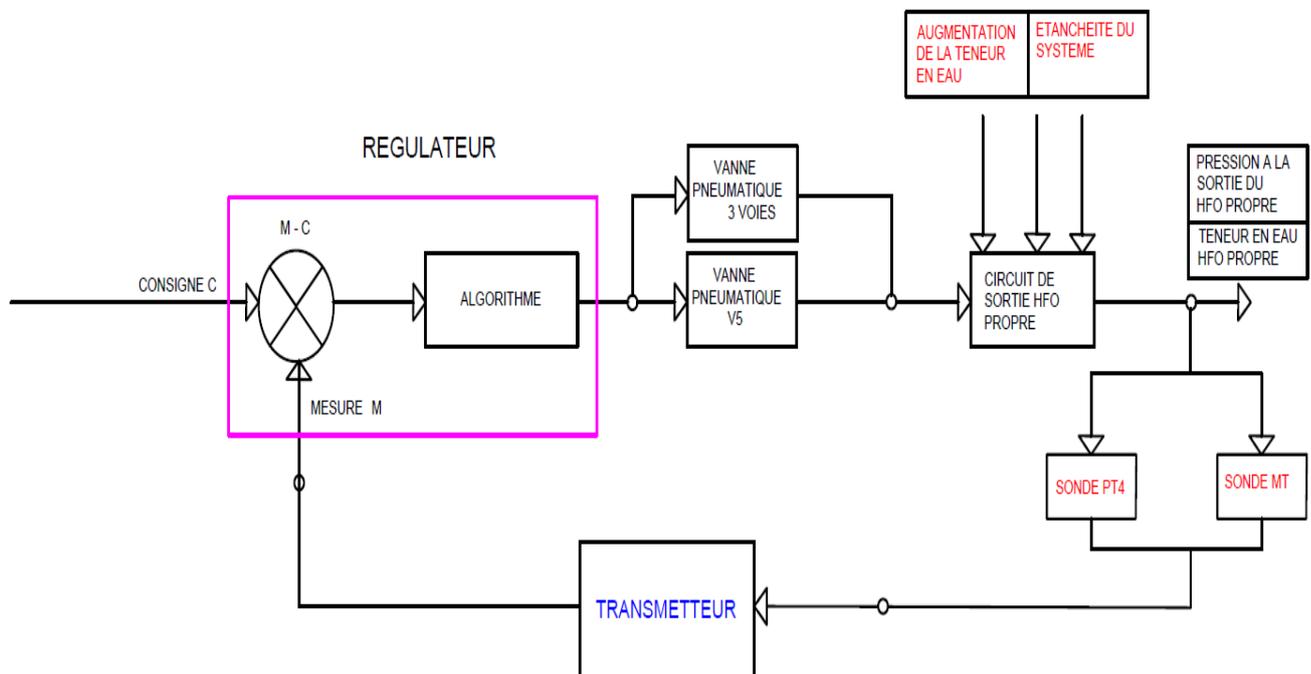


Figure 16 : Séquence de traitement du combustible

Le combustible nettoyé qui sort du séparateur est testé en vue de détecter des traces d'eau. Le signal émis par le capteur MT50 est envoyé de façon continue à l'EPC50. Une valeur de référence est enregistrée. EPC 50 compare le signal avec la valeur de référence. Un écart important par rapport à la valeur de référence (augmentation de la valeur du trigger jusqu'à 100% suivant les paramètres Fa21/Fa22) entraîne une évacuation d'eau par V5.

Deux consignes sont donc envoyées à l'automate via le capteur MT 50 : 100 % de teneur d'eau dans le combustible propre ou la purge est ordonnée via V5 et 70% ou la purge s'arrête. La défektivité du système de régulation sur certains séparateurs est de nature à empiéter sur sa précision ce qui engendre des non qualité du produit finale. En effet lorsque la valeur du trigger atteint 100% et que l'ouverture de la vanne V5 n'est pas commandée par l'automate, la qualité du combustible se retrouve considérablement dégradée par de l'eau. La rapidité et la précision du système est mis en cause lorsqu'après la purge, la valeur du trigger descend en dessous de 70 % sans que la vanne ne se ferme. Elle provoque la réintroduction de la boue préalablement séparée au sein du combustible propre. Cela dégrade également la qualité du combustible.

Nous avons effectué un prélèvement du combustible à la sortie d'un séparateur à la régulation défectueuse puis nous avons effectué une comparaison avec les caractéristiques réellement attendues.

## II. LES INDICATEURS DE PERFORMANCE

### II.1 Identification des indicateurs de performance : *application de la TPM (OUAZZANI, 2020)*

La TPM est une démarche qui a pour objectif la fiabilité et le rendement maximal des équipements sur toute leur durée de vie, en y associant tout le personnel de l'entreprise, qui va pouvoir développer ses compétences.

L'objectif de la TPM est de faire fonctionner les installations le plus efficacement possible. En effet, la panne, le ralentissement involontaire, le manque de précision provoquent des défauts, des pertes (mises au rebut) et ne permettent donc pas une production efficace.

Les principales caractéristiques d'une démarche TPM sont les suivantes :

☞ Elle a pour objectif l'amélioration du rendement global des installations,

- ☞ Elle cherche à établir un système global de maintenance pour toute la durée de vie des installations,
- ☞ Elle implique la participation de l'ensemble du personnel depuis les opérateurs jusqu'aux dirigeants,
- ☞ Elle implique la participation de tous les services, notamment la conception, l'exploitation et la maintenance,
- ☞ Elle utilise comme moyen de motivation, les activités autonomes du personnel, organisé sous forme de groupes de travail.

## II.2 Amélioration du rendement des machines

### II.2.1 Les pertes de rendement

#### ⊗ Pertes de rendement dues aux pannes (pertes de type 1)

Il s'agit des pertes occasionnées par tous les types de pannes, chroniques ou imprévues.

Les pannes entraînent du gaspillage de temps de production (arrêt de la production) ainsi que des pertes de matières (par mise au rebut des produits non conformes).

L'objectif sera donc de se rapprocher du « zéro panne » ; pour cela, deux types d'actions seront mises en place :

- ☞ Organisation performante de la maintenance (auto-maintenance, maintenance préventive).
- ☞ Amélioration de l'outil de production afin d'éliminer les pannes récurrentes.

#### ⊗ Pertes de rendement dues aux réglages (pertes de type 2)

Le temps qui s'écoule entre le début de la sortie des produits défectueux et le moment où le produit redevient conforme aux critères définis par le Service Qualité est perdu.

#### ⊗ Pertes de rendement dues aux arrêts mineurs (pertes de type 3)

Les arrêts mineurs d'une ligne de production sont causés par des perturbations momentanées telles que la détection d'un trop-plein, d'un bourrage... La ligne est alors arrêtée ou fonctionne à vide. Ces perturbations sont différentes des pannes car bien souvent il suffit de débloquer le produit en cours de fabrication ou d'actionner un simple bouton de relance pour que la production du lot reprenne normalement. Ces arrêts sont particulièrement gênants dans le cadre d'une production automatisée et leur comptabilisation en temps est souvent difficile.

#### ⊗ Pertes de rendement dues aux ralentissements (pertes de type 4)

Ce sont des pertes dues aux diminutions d'allure de la ligne : son allure réelle est maintenue

inférieure à son allure théorique maximale.

❁ **Pertes de rendement dues aux défauts de qualité (pertes de type 5)**

Les défauts de qualité entraînent des pertes de rendement : en cas de mise au rebut, le temps et les matières utilisées sont perdus ; en cas de réparation, des temps supplémentaires doivent être consacrés pour arriver à rendre le produit conforme. Ces pertes sont identifiables sur la base des heures d'indisponibilités des séparateurs.

❁ **Pertes de rendement dues aux démarrages (pertes de type 6)**

Des pertes de production, inhérentes au procédé de fabrication, peuvent survenir à chaque démarrage en attendant la stabilisation des conditions de fabrication (montée en température, en vitesse...).

Tant que le niveau de qualité requis pour les produits n'est pas atteint, les temps et les matières utilisées sont perdus. Dans notre contexte, ces pertes peuvent être évaluées durant la séquence d'étalonnage constitué des temps des paramètres **Ti 50 à Ti 61**. Elle est fonction de la taille du séparateur. Sur la base des tailles existantes dans la centrale de kossodo, elle est inférieure ou égale à **24min 06 secondes**.

**Ti 50 = 60s; Ti 51 = 15 s; Ti 52 = 4 min; Ti 53 = 15 min; Ti 55 = 0 s; Ti 56 = 3 s; Ti 57 = 15 s; Ti 58 = 35 s max; Ti 59 = 170 s; Ti 60 = 25 s max; Ti 61 = 15 s. (confer annexe 1)**

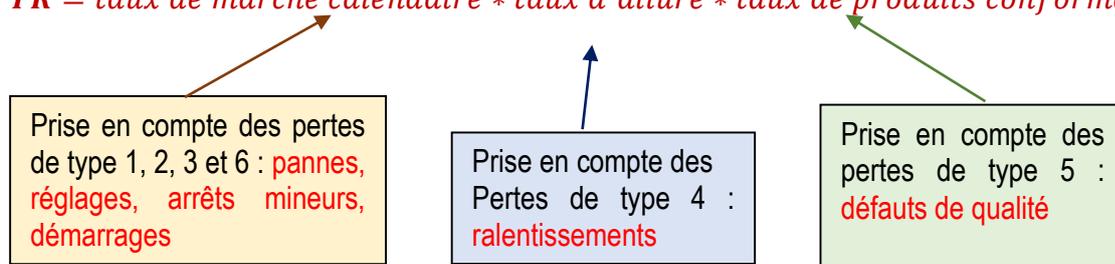
**II.2.2 La mesure du rendement**

Le rendement d'un outil de production est mesuré par un pourcentage, appelé « taux de rendement » (TR).

Le principe de la mesure est le suivant : à partir d'un « taux de rendement » de 100%, purement théorique (les machines fonctionneraient en permanence à vitesse maximale, sans panne, sans réglage et sans aucun produit non conforme !), les temps des différentes pertes de rendement (classées au paragraphe précédent en 6 catégories) sont mesurés et retranchés à 100% pour obtenir le « taux de rendement » réel de l'installation.

**TR = taux de marche calendaire \* taux d'allure \* taux de produits conformes**

(8)



### ✚ Détermination du taux de marche calendaire

Le taux de marche calendaire est le pourcentage de temps où la ligne est effectivement en fonctionnement, comparé à son temps total d'ouverture.

$$\oplus \text{ Taux de marche calendaire} = \frac{\text{temps de marche}(T_m)}{\text{temps de charge}(T_c)} \quad (9)$$

#### \* Calcul du « temps de charge » (ou « temps d'ouverture ») :

Il s'agit du temps de fonctionnement quotidien, normalement prévu pour l'installation (la base du calcul pourra également être hebdomadaire ou mensuelle, choisie en fonction de la précision de mesure des temps). Dans notre contexte, ce temps correspondra à un cycle de traitement du combustible. Ce paramètre (**Pr1**) est réglé à 30 minutes sur nos séparateurs.

#### \* Calcul du « temps de marche » :

Il s'agit du temps pendant lequel l'installation a réellement fonctionné (et à l'allure normalement prévue). Les temps d'arrêts sont estimés à 110 secondes. Nous expliciterons l'obtention de ce temps plus bas dans la partie « *expériences sur les séparateurs* ».

$$\oplus T_m = \text{Temps de charge} - \text{temps d'arrêts} \quad (10)$$

NB : Compte tenu de la qualité du combustible, la chasse et par ailleurs le temps de cycle est effectué en moyenne toute les 25 minutes.

$$T_m = 1500 \text{ secondes (25 mn)} - 110 \text{ secondes} = 1\,390 \text{ secondes}$$

$$T_m = 1\,390 \text{ secondes}$$

$$\text{Taux de marche calendaire} = \frac{1\,390}{1\,800} = 0.77 \text{ soit } 77\%$$

$$\text{Taux de marche calendaire} = 77\%$$

### ✚ Détermination du taux d'allure

Le taux d'allure est le rapport entre la vitesse réelle de fonctionnement choisie pour la ligne et la vitesse maximale.

$$\oplus \text{ Taux d'allure} = \frac{\text{allure réelle } (A_r)}{\text{allure nominale } (A_n)} \quad (11)$$

Dans notre contexte, l'allure nominale correspond au temps d'un cycle soit 30 minutes.

L'allure réelle chronométré est en moyenne de : 25 minutes

$$\text{Taux d'allure} = \frac{25}{30} = 0.83 \text{ soit } 83 \%$$

$$\text{Taux d'allure} = 83\%$$

### ✚ Détermination du taux de produits conformes

Le taux de produits conformes est le rapport entre le nombre de produits conformes réellement obtenus et le nombre théorique de produits qui auraient dû sortir conformes, compte tenu des matières premières utilisées. Dans notre contexte, il s'agira d'un rapport entre la quantité de combustible propre produite par cycle sur celle théorique à produire. Ces valeurs sont fonction de la taille du séparateur.

Le débit de sortie du combustible propre est de 1.6 m<sup>3</sup>/h (séparateur 7) soit 0.027 m<sup>3</sup>/mn.

$$\oplus \text{ Taux de produit conforme} = \frac{\text{nombre de produit conforme (Nc)}}{\text{nombre de produit théorique (Nt)}} \quad (12)$$

Pour une durée réelle de cycle de 30 mn, le nombre de produit théorique équivaut à : 30 \* 0.027 soit 0.8 m<sup>3</sup> pour le cycle.

Pour une durée réelle de cycle de 25 min ; le nombre de produit conforme équivaut en moyenne à : 0.027\* 25 = 0.7 m<sup>3</sup>

Cependant tous le combustible introduit dans le séparateur ne ressort pas propre par la vanne V4. Une partie va en boues et la quantité de boues efficace obtenues en un cycle (30 minutes) équivaut à : 1.8 litres soit 0.0018 m<sup>3</sup>. Le taux de produit conforme équivaut à :

$$\text{Taux de produit conforme} = \frac{0.7 - 0.018}{0.8} = 0.872 \text{ soit } 87.2 \%$$

Le taux de rendement générale équivaut à : 0.77 \* 0.83 \* 0.872 = 0.5573 soit 55.73 %

$$TR = 0.77 * 0.83 * 0.872 = 0.5573 \text{ soit } 55.73 \%$$

$$TR = 55.73 \%$$

### NB : Ordres de grandeur

Le taux de rendement dépend du type de fabrication et du procédé ; il n'y a donc pas de taux de rendement standard applicable à toutes les installations. Néanmoins, les ordres de grandeur suivants doivent être au moins obtenus :

- \* Taux de rendement TR de 85 % (composé des trois taux ci-dessous),
- \* Taux de marche calendaire de 85 %,
- \* Taux d'allure de 75 %,
- \* Taux de produits conformes de 95 %.

Si une de ces valeurs n'est pas atteinte, une source de gains considérables est disponible et une démarche de type TPM est particulièrement indiquée.

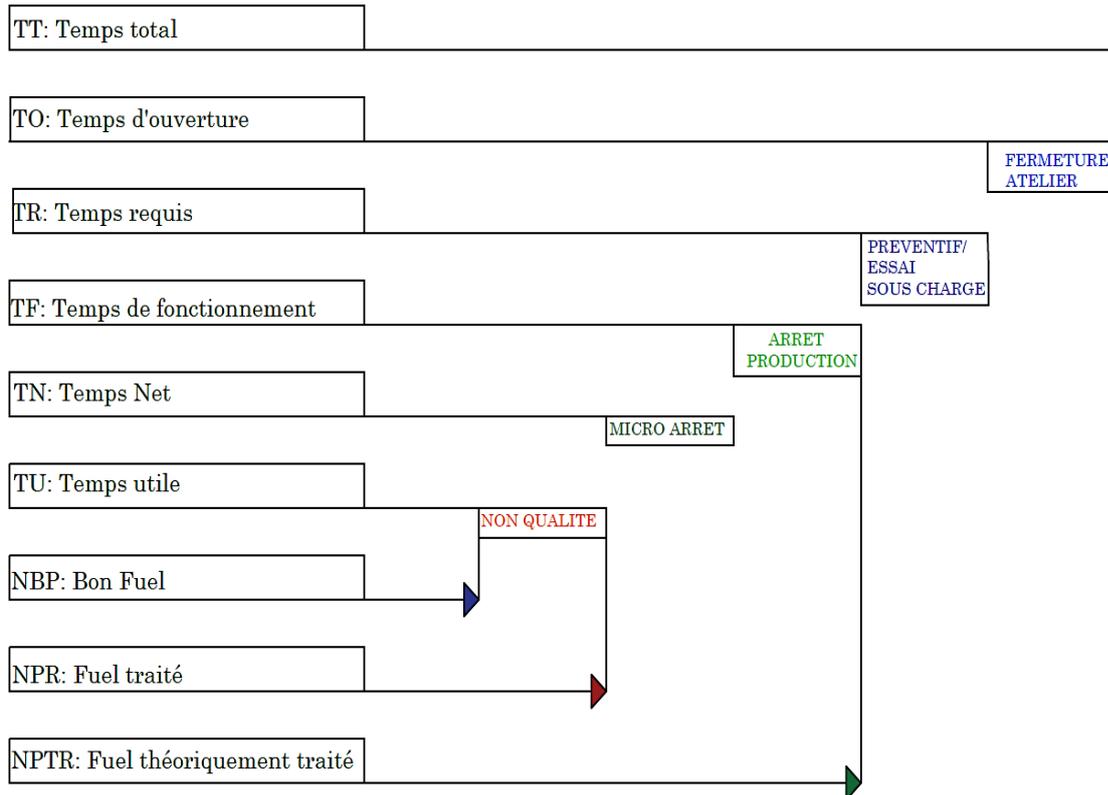


Figure 17 : Répartition des temps d'état d'un cycle du séparateur HFO

Du **temps total (TT)**, enlevons le temps de fermeture de l'atelier. Il reste le temps d'ouverture. **Au temps d'ouverture (TO)**, retirons le temps lié aux interventions préventives nous obtenons **le temps idéal de fonctionnement**. A ce temps on soustrait les pertes par arrêt (pannes, réglages...) : il reste **le temps brut de fonctionnement**, duquel nous soustrayons la non-performance (marche à vide, diminution d'allure...). Il reste le **temps net de fonctionnement**. En retirant la non-qualité (défauts, pertes au démarrage), il reste **le temps utile**.

### III. OPTIMISATION ET BILANS EXPERIMENTAUX

#### III.1 État actuel des indicateurs des séparateurs

L'atteinte des objectifs de notre travail nécessite, une bonne connaissance de l'état de fonctionnement des installations existantes sur le plan de la disponibilité, des maintenances correctives et la maîtrise des pertes en combustible ainsi que des coûts alloués à l'élimination des eaux huileuses résiduelles. Pour y parvenir, nous nous sommes intéressés au nombre de cycles par séparateur afin :

- ☞ D'évaluer la performance des équipements ;
- ☞ De trouver les variables de contrôle adéquats pour améliorer ces performances.

L'arrêt de production pour tout le cycle est de **110 secondes**. En effet, on a une pause pour la purge du système (selon le paramètre **Ti 61** compris entre **[0 et 30]** réglé à **15 secondes**). Lorsque la vanne est fermée, le système attend le résultat de la purge suivant le paramètre **Fa 26** compris entre [0 et 30] seconde réglé à **5 secondes**. Nous savons cependant, suivant le paramètre **Fa 28** que le nombre de purge lorsqu'il s'agit du HFO est compris entre **[0 et 20]** réglé à **5**. Ainsi le temps total ( $T_{total}$ ) pour la purge dans un cycle de 30 minutes équivaut à :

$$\oplus T_{total} = \text{temps de purge} * \text{nombre de purge avant chasse} \quad (13)$$

$$T_{total} = 15 * 4 = 60$$

$$T_{total} = 60 \text{ secondes}$$

Le temps total d'attente ( $T_{td}$ ) de résultat de purge par l'automate pour un cycle équivaut à :

$$\oplus T_{td} = \text{temps d'attente} * \text{nombre de purge avant chasse} \quad (14)$$

$$T_{td} = 5 * 4 = 20$$

$$T_{td} = 20 \text{ secondes}$$

Lors de la séparation, le système effectue un test d'étanchéité suivant le paramètre **Ti 66** compris entre [0 ; 30] réglé à **30 secondes** afin de s'assurer de l'absence de fuite. La Vanne V1 rebascule le combustible en mode recirculation et vanne V4 est fermée. Cela explique la valeur de **110 secondes** d'arrêt total pour tout le cycle.

Les micro-arrêts apparaissent en moyenne tous les **6 minutes** et durent au maximum **80 secondes**, soit **4 micro-arrêts** pour ce cycle.

Le TRG (taux de rendement général) est de **55.73 %**, ce qui veut dire que l'on produit

bien **33.44 minutes** sur **60**. La centrale perd **26.56 minutes** de production sur **60** ; avec un débit théorique maximal de **9 m<sup>3</sup>/h**, on a **3.98 m<sup>3</sup>** de HFO supplémentaire qu'il aurait dû traiter pendant les **26.56 minutes** perdues.

Tableau 8 : Tableau récapitulatifs des indicateurs calculés avant optimisation

Indicateurs	Valeurs	Interprétations
TRS=TRG	<b>55.73%</b>	<b>3.98 m<sup>3</sup></b> de HFO supplémentaire qu'il aurait dû traiter en plus des <b>5.016 m<sup>3</sup></b> traités par heure
Disponibilité	<b>77 %</b>	Mauvaise disponibilité
Taux d'efficacité	<b>83 %</b>	La qualité de combustible dégrade l'efficacité de séparation
Taux de qualité	<b>87.2 %</b>	On perd en qualité <b>12.8 m<sup>3</sup></b> de HFO traité sur <b>100</b>

### III.2 Expérience sur les séparateurs

Avec une qualité de combustible respectant les caractéristiques requises, l'amélioration de la performance des séparateurs est rapidement remarquable. Le temps de cycle initialement choisie arrive à terme sans être interrompu par la totalité des purges ordonnées par l'automate via le capteur MT50. Cette situation est possible mais incertaine car l'approvisionnement en combustible de qualité inadéquate est très fréquent. Ainsi, compte tenu de la qualité du combustible, nous avons mené une expérience sur les séparateurs visant à effectuer une itération sur le temps de cycle à différentes valeurs du paramètre **Fa28**. Ainsi nous avons pu observer le comportement du séparateur quant à la quantité de boues produites, celle du maximum de combustible récupérable dans l'optique d'identifier les paramètres optimaux de fonctionnement dans notre présent contexte.

Avec un séparateur qui venait de finir son entretien prévisionnel, nous avons réglé la valeur du paramètre Fa28 au maximal, c'est-à-dire 20 purges par cycle afin de nous assurer que les temps de cycles arrivent à terme sans que la séparation ne soit interrompue par la purge. Nous avons ensuite fait varier le temps de cycle afin d'observer la production de boues. Le graphique ci-dessous nous présente les résultats de l'expérience

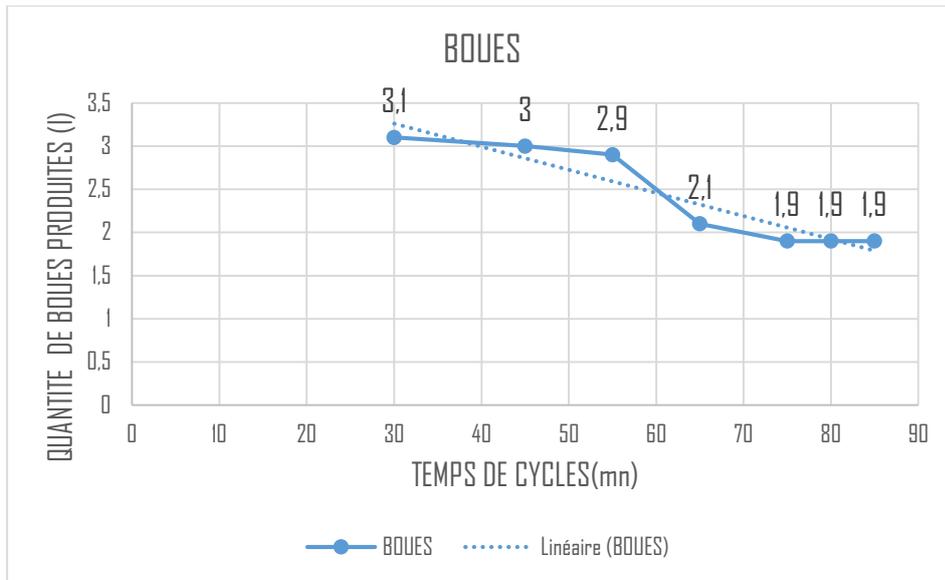


Figure 18 : Courbe de production de Boue

La courbe de tendance (courbe linéaire) montre clairement une chute de la production de boue avec l'augmentation du temps de cycle. A partir de 75 minutes, la production de boues se stabilise et n'augmente plus peu importe l'augmentation du temps de cycle. Ce temps représente pour nous le temps optimal à partir duquel le maximum de déchet est extrait du combustible à traiter. En l'absence de fuite tout ce qui est récupéré de la boue représente un gain pour le combustible propre.

Sur la base de ce temps optimal, nous avons effectué une variation du paramètre Fa28 afin de déterminer le nombre minimal de purge qui puisse permettre à la séparation de terminer le cycle. Le paramètre Fa 28 est désormais compris entre [0 et 20] réglé à 7.

### III.3 Optimisation par augmentation de la durée du cycle.

Avec le nouveau temps de cycle obtenu, reprenons l'expérience précédente ; nous obtenons :

☞ Le Temps de marche devient : 4500 secondes (75 minutes) – 130 secondes (micro arrêts)

☞  $\approx 4380$  secondes Taux de marche calendaire  $= \frac{4380}{4500} = 0.973$  soit 97.3 %

☞ Le taux d'allure devient :  $\frac{75}{75} = 1$  soit 100%

☞ Le taux de produit conforme devient :  $\frac{(0.027*75)-0.0019}{0.027*75} = 0.99$  soit 99 %

☞ Le taux de rendement global devient :  $0.973 * 1 * 0.99 = 0.96$  soit 96 %

Le TRG (taux de rendement général) remonte à **96 %**, ce qui veut dire que l'on produit bien **57.6 minutes** sur **60**. L'entreprise perd **2.4 min** de production sur **60** ; avec un débit théorique maximal de **9 m<sup>3</sup>/h**, on n'a plus que **0.36 m<sup>3</sup>** de HFO supplémentaire qu'il aurait dû traiter pendant les **2.4 minutes** perdues.

Tableau 9 : Tableau récapitulatifs des indicateurs calculés après optimisation

Indicateurs	Valeurs	Interprétations
TRS=TRG	<b>96%</b>	Seulement <b>0.36 m<sup>3</sup></b> de HFO supplémentaire qu'il aurait dû traiter sur <b>8.64 m<sup>3</sup></b> traités par heure
Disponibilité	<b>97.3 %</b>	Disponibilité Fortement améliorée
Taux d'efficacité	<b>100 %</b>	L'efficacité de séparation est totale
Taux de qualité	<b>99.9 %</b>	On perd en qualité <b>0.1 m<sup>3</sup></b> de HFO traité sur <b>100</b>

### III.4 Méthode ABC

#### ✿ Optimisation par ajout d'additif

La méthode ABC repose sur la loi de Pareto qui permet de déterminer les principales causes des pertes à partir d'un historique (pannes, pertes de matières, consommation de pièces). C'est un outil de prise de décision qui permet de suggérer objectivement des éléments classés par ordre d'importance. Dans le cadre de notre étude nous nous intéresserons à l'historique des pannes du séparateur de janvier 2019 à aout 2020

Tableau 10 : Etat des heures d'indisponibilité des séparateurs selon la nature des défauts (Bouampoundi, 2020).

Nature du défaut	Nombre	Indisponibilité (H)	Pourcentage (%)	Pourcentage cumulé (%)
Inétanchéité des joints	17	34	33,66	33,66
Disfonctionnement vanne et clapet anti-retour du combustible	8	16	15,84	49,50
Pièce d'entraînement du séparateur défectueuse (courroie, bloc de friction, patin de friction)	5	10	9,90	59,41
Remplacement Overhaul kit	6	30	29,70	89,11
Remplacement vanne du circuit alimentation en eau	4	6	5,94	95,05
Pannes électriques	1	2	1,98	97,03
Panne circuit chauffage combustible	2	3	2,97	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>101</b>		

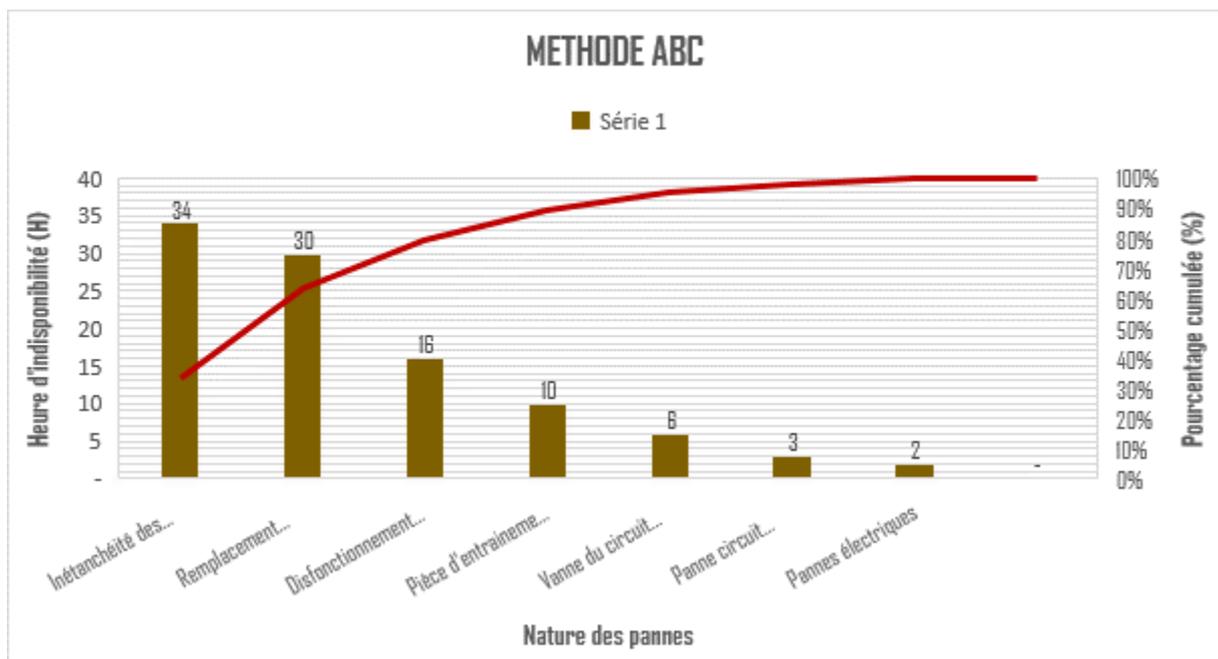


Figure 19 : Heures d'indisponibilité des séparateurs selon la nature des défauts

## COMMENTAIRE

- ☞ **La zone A** : on constate que le remplacement des joints, le dysfonctionnement des vannes et clapets anti retour du combustible engendrent les plus grands temps d'indisponibilité des séparateurs. On doit donc appliquer une maintenance préventive aux équipements concernés.
- ☞ **Ceux de la zone B** les pièces d'entraînement du bol et les circuits d'eau constituent le deuxième ensemble qui mérite plus de suivis
- ☞ **Ceux de la zone C** concernant les pannes électriques et les circuits vapeur une maintenance corrective peut y être appliquée

La méthode ABC représente bien d'une façon synthétique les éléments les plus significatifs d'un lot suivant les critères de regroupement choisis mais ne permet pas de classification fine des équipements pour une analyse descendante dans les détails. Cependant elle permet de cibler les points qui méritent plus d'attention afin d'éviter des coûts excessifs liés à la maintenance curative. De ce qui ressort des résultats de la méthode ABC, les joints constituent les points sensibles qui méritent le plus de suivis. Or, la qualité du combustible et la constance de marche déterminent la durée de vie des joints. Nous allons donc proposer une méthode d'amélioration de cette qualité dans le but d'envisager l'application d'une politique de maintenance préventive des séparateurs.

Tableau 11 : Comparaison des caractéristiques des séparateurs - groupe par rapport au HFO.

	Densité 15°C	Viscosité 50°C	Teneur en eau
Données du séparateur (max)	1kg/m <sup>3</sup>	700	
Données du groupe (max)	0,92	180	0,5%

Les caractéristiques du HFO demandées en centrale sont compatibles avec la consigne donnée par les constructeurs des séparateurs. En plus de la viscosité, densité, et la teneur en eau, deux paramètres déterminent la qualité de séparation du HFO. Ce sont la stabilité et la compatibilité du combustible. Lorsque le combustible arrive en centrale, ces deux paramètres sont également contrôlés.

La stabilité c'est la capacité du combustible à maintenir ces propriétés tout au long du transport jusqu'à son injection dans le groupe.

La compatibilité c'est la capacité du combustible à se mélanger à un autre combustible tout en restant stable au cours du temps. Les sources de provenance du combustible sont :

Cotonou et Lomé.

Les figures ci-dessous nous présentent les résultats de quelques tests effectués au laboratoire de la centrale avant le dépotage du combustible.



Figure 20 : Combustible instable et incompatible Figure 21 : Combustible stable et compatible

Ces tests s'effectuent entre le combustible de chaque nouveau camion et le combustible déjà présent dans les cuves de stockage. La figure 21 présente un étalage non homogène avec plusieurs niveaux de concentration de couleur. Cela signifie que les combustibles testés ne sont pas stables. Par contre sur la figure 22 on observe un étalage homogène. Cela signifie que les combustibles testés sont stables. Pour remédier à ce problème d'instabilité il existe des additifs qui peuvent être ajoutés au combustible lors du dépotage afin de réduire considérablement les réactions chimiques entre les combustibles de sources différentes. Ce sont le **XBEE** et le **SC 5100 heavy**. Ces deux produits jouent principalement les rôles suivants :

- ❖ Amélioration de l'indice de stabilité du combustible (Antioxydant)
- ❖ Réduction de la viscosité sans que la densité du combustible soit modifiée
- ❖ Réduction de l'acidité du combustible
- ❖ Réductions des asphaltènes
- ❖ Nettoyage du circuit combustible
- ❖ Réduction de  $\text{CO}_2$  dégagé lors de la combustion
- ❖ Augmentation du rendement de la combustion

La dose économique la plus recommandé est de 1/4000. Cela équivaut à mettre 1L d'additif pour 4000 L de combustible. Nous avons donc envisagé une utilisation de ce produit en vue d'améliorer considérablement la qualité du combustible utilisé en centrale. L'objectif sera de montrer qu'en utilisant des additifs nous réussirons à faire des gains considérables sur les coûts engendrés par les séparateurs dû à l'utilisation d'un combustible instable et par conséquent appliquer une politique de maintenance préventive sur ces derniers. Pour la suite nous prendrons le XBEE comme produit de référence concernant le prix d'achat.

Cependant, nous nous sommes butés à deux difficultés essentielles à savoir :

- ✍ La non autorisation d'accès au combustible à des fins de manipulations
- ✍ L'indisponibilité du produit sur le marché.

Par ailleurs, conjointement avec la division laboratoire, nous avons menés des tests avec un équivalent (produit total) qui nous a donné les résultats satisfaisants sur la viscosité (passé de 172 cSt à 99.6 cSt) mais non satisfaisant pour la compatibilité qui n'a aucun résultat concluant.

Tout de même, nous pensons que si l'utilisation du XBEE est effective, on pourrait avoir des hypothèses de résultats que nous présentons sur la figure ci-dessous ; cela parce que des résultats concluants ont déjà été obtenus par des laboratoires reconnus tels qu'*Inter Tech, Caleb Brett* (Intertek, 2019) et son utilisation est reconnue et recommandée par certains équipementiers tels que *Caterpillar et Wartsila* (xbec, 2020). Sur cette figure nous pouvons voir que l'utilisation de l'additif xbee permet de réduire considérablement la quantité de boue produite durant le cycle de séparation.

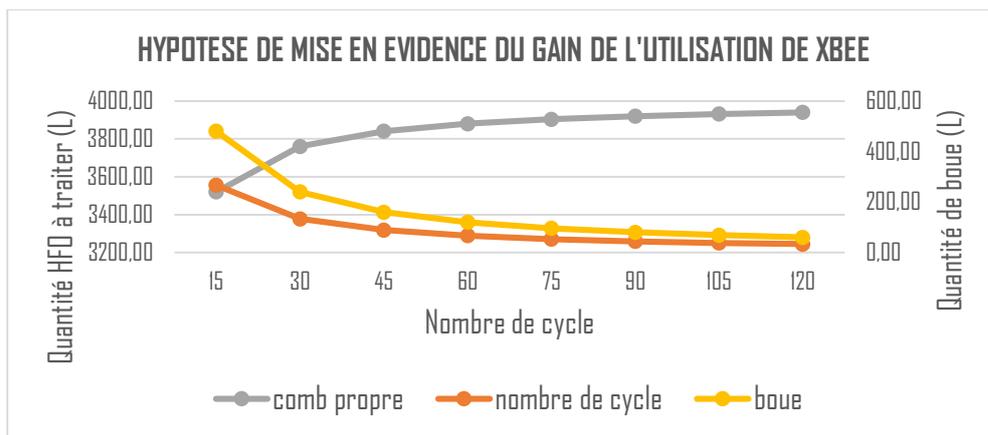


Figure 22 : Hypothèse de mise en évidence du gain de l'utilisation de XBEE sur les séparateurs

Ce produit coûte environ 30 710 FCFA le litre. En cas d'approvisionnement en combustible incompatible, l'additif pourra être utilisé pour éviter tout risque d'agression du combustible se trouvant déjà dans la cuve. On estimerait à 60 citernes de 45m<sup>3</sup> de combustible incompatible reçue sur une période de 6 mois environ dans l'année. Evaluons donc CA (coût d'achat de l'additif sur notre période d'étude).

$$\oplus CA = \text{Quantité achetée} * \text{Prix unitaire (1litre)}$$

$$\oplus CA = \frac{(\text{Nombre de citerne} * \text{Volume d'une citerne})}{\text{Quantité combustible requis pour 1L de XBEE}} * \text{Prix unitaire d'un litre de XBEE} \quad (15)$$

$$CA = \frac{(10(3 + 6) * 45000)}{4000} * 30\,710 = 31\,093\,875 \text{ FCFA}$$

$$CA = 31\,093\,875 \text{ F CFA}$$

## **CHAPITRE V:**

### ANALYSE FINANCIERE

Ce chapitre consistera à effectuer une étude comparative de coût, par rapport aux différentes sources de pertes, dans l'optique d'évaluer les gains financiers qu'il serait possible de réaliser par la mise en œuvre des propositions d'optimisation faites dans les chapitres précédents. Par la suite, un bilan financier sera établi sur la base des coûts initiaux, des gains financiers puis des charges d'exploitation en vue d'apprécier le cash-flow final.

**I. Economie en production de Boue et de coût d'incinération**

**II. Economie en coût de pièce de rechange**

**III. Economie en achat et en coût d'incinération de chiffon**

**IV. Formation des agents**

## I. ECONOMIE EN PRODUCTION DE BOUE ET DE COUT D'INCINERATION APRES OPTIMISATION

Tableau 12 : Production de boue du mois de septembre 2019 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3 S825	HFO4 S825	HFO7 S845	HFO8 S845	HFO/DDO S841	HFO10 S871
Heure de marche (h) : <b>a</b>	266	94		252		0
Durée de séparation (h) : <b>b</b>	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Durée de chasse (h) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	202.59	71.59	-	191.93	-	-
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	222.85	78.75	-	345.47	-	-
Production totale de résidus(l)	647.07					
Coût d'incinération (700F/l)	<b>452 947.45</b>					

Nous avons calculé la quantité de boue obtenue à partir d'une durée de séparation **b=0,5** minutes. Après optimisation le temps de séparation est passé à **b=75 minutes**. Ce qui nous permet donc de calculer la nouvelle quantité produite. Le tableau précédent nous présente que le coût d'incinération de boue passe de **1 056 342 FCFA** à **452 947.45 FCFA**. Soit un gain financier de **603 394.5 FCFA** pour le mois de septembre 2019. Les tableaux 13 et 14 font ressortir les gains réalisés sur notre période d'étude après optimisation.

Tableau 13 : Gain financier sur incinération de boue après optimisation pour l'année 2019

<b>GAIN APRES OPTIMISATION POUR L'ANNEE 2019</b>			
<b>MOIS</b>	<b>Coût d'incinération avant</b>	<b>Coût d'incinération après</b>	<b>Gain financier</b>
Janvier	2 706 036,33	1 163 402,78	1 542 633,55
Février	1 546 739,60	664 582,89	882 156,70
Mars	2 592 022,12	1 114 514,74	1 477 507,38
Avril	2 534 881,83	1 088 788,03	1 446 093,80
Mai	2 453 146,15	1 054 085,90	1 399 060,25
Juin	3 148 900,22	1 351 543,03	1 797 357,19
Juillet	1 572 986,73	675 894,91	897 091,82
Août	1 593 214,92	683 153,08	910 061,84
Septembre	1 056 341,03	452 947,45	603 393,58
Octobre	2 040 060,34	876 061,63	1 163 998,71
Novembre	672 152,26	289 241,46	382 910,80
Décembre	307 229,13	131 736,48	175 492,65
<b>TOTAL</b>	<b>22 223 710,66</b>	<b>9 545 952,41</b>	<b>12 677 758,26</b>

Tableau 14 : Gain financier sur incinération de boue après optimisation pour l'année 2020

<b>GAIN APRES OPTIMISATION POUR L'ANNEE 2020</b>			
<b>MOIS</b>	<b>Coût d'incinération avant</b>	<b>Coût d'incinération après</b>	<b>Gain financier</b>
Janvier	58 063,94	24 897,18	33 166,76
Février	804 872,93	345 955,00	458 917,93
Mars	2 202 941,28	946 144,86	1 256 796,42
Avril	1 654 904,65	712 631,51	942 273,14
Mai	1 537 120,00	661 378,74	875 741,26
Juin	2 502 186,38	1 076 707,64	1 425 478,74
Juillet	1 809 569,50	777 678,49	1 031 891,01
Août	1 701 721,07	729 961,27	971 759,80
<b>TOTAL</b>	<b>12 271 379,75</b>	<b>5 275 354,69</b>	<b>6 996 025,07</b>

Le gain total qu'on aurait pu faire sur ces deux années s'élève à :

$$\oplus \text{ Gain total} = \text{gain 2019} + \text{gain 2020}$$

$$\oplus 12\,677\,758.56 + 6\,996\,025.07 = 19\,673\,783.32$$

$$\text{Gain total} = 19\,673\,783.32 \text{ FCFA} \quad (16)$$

## II. ECONOMIE EN PIECE DE RECHANGE APRES OPTIMISATION

Si nous parvenons à régler le problème d'incompatibilité et de stabilité par l'ajout du XBEE, cela signifie que toutes les pièces dont l'usure est provoquée par la qualité du combustible ne devraient pas figurer sur l'historique de sortie des pièces d'entretien curatif des séparateurs. Nous avons donc calculé le coût de rechange de ces pièces ( $C_R$ ) qui s'élève à 26 135 360 FCFA. En soustrayant ce gain financier au coût initial alloué aux pièces de rechange, le coût des pièces de rechange initial ( $C_{PI}$ ) devient :  $49\,288\,383,4 - 26\,135\,360$  soit 23 153 023,4 FCFA

$$\oplus C_{PI} = \text{Coût initial} - C_R \quad (17)$$

$$= 49\,288\,383.4 - 26\,135\,360 = 23\,153\,023.4$$

$$C_{PI} = 23\,153\,023.4 \text{ FCFA}$$

## III. ECONOMIE EN ACHAT ET EN COUT D'INCINERATION DE CHIFFON

Il est difficile d'évaluer en gain financier l'économie que l'on peut faire sur l'achat des chiffons et leurs coûts d'incinérations. Cependant :

- ☞ Si les maintenances préconisées au niveau de la méthode ABC sont appliquées de façon rigoureuse,
- ☞ S'il y'a une politique de suivi rigoureux des bacs à boues (environ chaque 2h),
- ☞ Si des bacs de rechange pour la récupération de boues sont prévus, nous sommes certains qu'un gain d'au moins 50% est réalisable sur les dépenses d'achat de chiffon et de leur coût d'incinération car, on utilise plus de chiffons pour le nettoyage du déversement de combustible que pour l'entretien des séparateurs

Les coûts relatifs à l'utilisation des chiffons calculés préalablement sur la période de janvier 2019 à Août 2020 étant de 10 373 850 FCFA nous estimons que nous pourrions obtenir un gain minimal de 5 186 925 FCFA

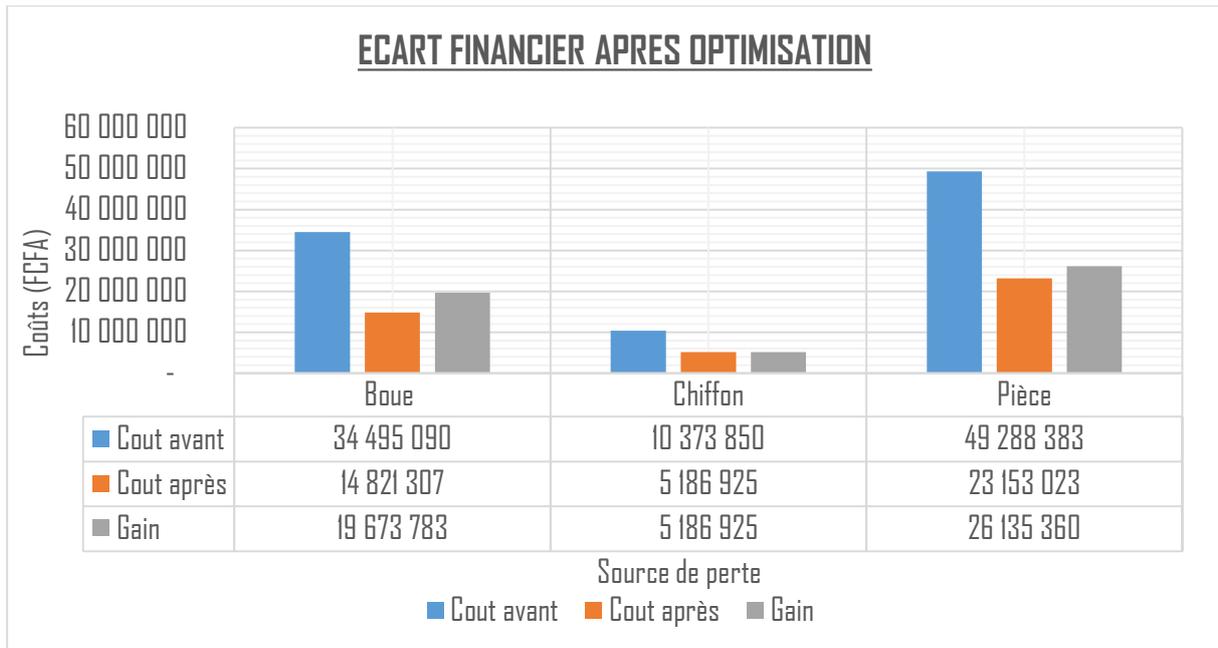


Figure 23 : Ecart financier financier après optimisation

Le graphique ci-dessus expose l'écart de gain obtenu sur les différentes sources de pertes après optimisation du système.

### **BILAN FINANCIER**

Si nous effectuons un état des gains obtenu suite à nos propositions d'optimisation, nous pouvons dégager un bilan financier (BF) que nous calculerons comme suit :

$$\begin{aligned} \oplus BF &= \text{coût initial des pertes} - \sum(\text{gain financiers}) + \text{coût achat additif} \\ &= 94\,157\,324 - 50\,996\,068 + 31\,093\,875 = 74\,225\,131 \end{aligned}$$

$$BF = 74\,225\,131 \text{ FCA}$$

En appliquant nos solutions d'optimisation, nous arrivons donc à réduire les coûts initiaux de 21.14 % soit un gain total final de **19 902 193 FCFA** sur le coût initial

### **III. FORMATION DES AGENTS DE MAINTENANCE**

L'entretien de séparateurs se fait par les agents de la SONABEL principalement les électriciens et les mécaniciens. Cependant par manque d'expertise, certaines pannes sont mal diagnostiquées, et par conséquent on a une indisponibilité des séparateurs supérieure au temps maximal normal de résolution de la panne. À cet effet, les séminaires de formation doivent être organisés au moins une fois par an dans l'optique de former le personnel de la centrale à mieux

maitriser le fonctionnement du séparateur ou de tout autre appareil. Il est important d'avoir au moins un expert en séparateur dans chacune des divisions de maintenance qui, à leur tour, se chargeront de former les autres agents :

Le scénario de formation ci-dessous serait en effet intéressant pour la centrale :

- \* 01 électricien
- \* 01 mécanicien
- \* 01 exploitant

Tableau 15 : Evaluation du coût de formation des agents.

Profil agents	A.T. Electricien	A.T. Mécanicien	A.T. Exploitant	TOTAL (FCFA)
Nombre	1	1	1	
Jours	15	15	15	
Frais de mission	1 000 000	1 000 000	1 000 000	3 000 000
Logement	700 000	700 000	700 000	2 100 000
Restauration	300 000	300 000	300 000	900 000
Billet avion	9 90 000	9 90 000	9 90 000	2 970 000
Assurance santé	50 000	50 000	50 000	150 000
<b>TOTAL (FCFA)</b>				<b>9 120 000</b>

Après optimisation sur l'exploitation des séparateurs nous avons pu proposer des solutions à coût raisonnables, afin que si elles sont appliquées, la SONABEL puisse réduire ces dépenses dues à l'utilisation des séparateurs tout en améliorant le taux de disponibilité de ces derniers. Ce gain financier s'élève à **19 902 193 FCFA** sur le coût initial des dépenses. Le prochain chapitre abordera les conséquences sur l'environnement de l'exploitation des séparateurs. Nous résumerons tout ce chapitre à l'aide d'un tableau dite "matrice de Léopold."

## **CHAPITRE VI:**

### **IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'EXPLOITATION DES SEPARATEURS.**

Dans ce dernier chapitre, nous ferons en un premier lieu une brève définition de ce que c'est que l'impact environnemental. Ensuite nous résumerons le reste du chapitre dans un tableau dite « matrice de Léopold » ou nous ferons ressortir les différentes sources de pollutions engendrées par l'exploitation inadéquates des séparateurs, la nature de pollution, le milieu affecté, les conséquences qui en découlent et enfin des propositions de solutions.

**I. Définition**

**II. Matrice de Léopold**

## I. DEFINITION

L'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications négatives et positives de l'environnement engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa fin de vie. Les principaux indicateurs qui sont pris en compte pour l'évaluation d'un impact environnemental sont : l'air, l'eau, les ressources du sol et la santé humaine. Notre étude portera sur l'impact du processus de traitement du HFO avant l'injection dans les groupes.

## II. LA MATRICE DE LEOPOLD (KOUAKOU, 2014)

Durant le processus de traitement du HFO, les déchets séparés du combustible propre devraient être recueillis dans des bacs à boues afin de faciliter leur stockage et leur incinération. Cependant les pompes à boues des séparateurs ne sont pas assez puissantes pour pomper la boue jusqu'au bac. C'est ainsi que les pompes et leur bac à boues ont été remplacés par des démis barriques de 200L transversalement coupées afin de recueillir la boue émise lors des différentes chasses des séparateurs. Mais cette méthode a pour seul avantage l'évacuation de la boue des séparateurs et présente des insuffisances. D'où notre intérêt à faire une notice d'impact environnementale qui portera principalement sur l'impact social, sanitaire et économique. Nous utiliserons la matrice de Léopold.



Déversement de boues car le bac est trop plein.



Accumulation de déchets solides (Chiffons imbibés) et posé dans la nature.

Tableau 16 : Impact environnemental lié à l'exploitation des séparateurs

Phase du projet	Activité source d'impacts	Impact	Description de l'impact	Milieu récepteur	Propositions de solutions
<b>Dépotage</b>	Dépotage du combustible	Pollution de l'air et du sol	Déversement du combustible au sol dû à l'inétanchéité des vannes et des pompes	Sols, air, agents de dépotage	Remplacer ou réparer les équipements défectueux. Equiper convenablement les agents en E.P.I
<b>Phase de séparation du combustible</b>	Centrifugation du combustible	Dégagement des odeurs polluantes du HFO	Fuite combustible qui pollue l'air ambiant pouvant entraîner: Ingestion de vapeur de combustible qui peut causer une pneumopathie d'inhalation et des irritations des voies respiratoires et des muqueuses	Air ambiant, contact humain,	Etancher les fuites
					Fournir des caches nez anti odeur adaptés aux personnes en charge des séparateurs
					Améliorer l'aération (plus d'ouverture)
		Ne pas stocker la boue dans les locaux séparateurs			
		Boue sur le sol du local séparateur	Augmentation du risque d'incendie	Sols, Humains	Etancher les fuites Remplacer les bacs à boue régulièrement

<b>Phase du projet</b>	<b>Activité source d'impacts</b>	<b>Impact</b>	<b>Description de l'impact</b>	<b>Milieu récepteur</b>	<b>Propositions de solutions</b>
<b>Post séparation</b>	Incinération de chiffon et de boue	Pollution de l'air ambiant par la fumée	Dégagement de CO <sub>2</sub> dans la nature	Nature	Réunir toutes les conditions pour une bonne combustion
	Stockage de déchets	Pollution du sol et de l'air	Stockage excessif et trop prolongé des déchets à l'air libre	Nature	Éliminer rapidement les déchets stockés: faire incinérer à Boromo
<b>Entretien salles et séparateurs</b>	Nettoyage de la salle, Maintenances curatives	Contact cutané avec le HFO	Cela peut provoquer des dermatoses, des lésions cancéreuses	Techniciens, manœuvres	Porter des habits convenables qui protègent tout le corps, porter des gants adaptés au travail

Après notre étude nous avons jugé intéressant d'énumérer les différents impacts qu'on l'activité de séparation des boues sur la nature, les sols, ainsi que les ses exploitants tout en prenant le soin de proposer des solutions afin d'atténuer ces impacts

## **CONCLUSION**

Au cours de ce stage, nous avons énormément appris. Ayant suivis des cours au préalable sur les centrales thermiques à combustible, ce fut une belle expérience de pouvoir côtoyer les agents qui y travaillent, de poser des questions concernant les notions non comprises et surtout d'obtenir des réponses claires et satisfaisantes. A notre arrivée en centrale nous n'avions aucune connaissance concernant les séparateurs centrifuges. Mais, durant nos recherches il est ressortit que ce sont des appareils très utilisés dans le domaine agroalimentaire, du transport, le domaine pharmaceutique et industriel. Cela vient témoigner de l'importance de notre choix d'étudier le séparateur. Sur notre période d'étude qui s'étendait de janvier 2019 à août 2020, la SONABEL a fait des pertes financières s'élevant à 94 157 324 F CFA due à la mauvaise compatibilité du combustible reçu en central, cela entraîne une intervention régulière sur les séparateurs, d'où des rechanges de pièces à une fréquence anormale. Par conséquent la SONABEL a opter pour une maintenance curative des séparateurs. Cette façon d'exploiter les séparateurs n'étant pas la meilleure, nous avons donc proposé d'utiliser des additifs qui permettront aux combustibles d'être stable lorsqu'ils se mélangeront à des combustibles de sources différentes et instables. Par conséquent, cela permettra d'augmenter la disponibilité des séparateurs, et d'y appliquer la maintenance préventive. Cette étude qui a concerné la centrale thermique de kossodo pourrait s'étendre sur toutes les centrales thermiques de la SONABEL afin d'optimiser l'exploitation de tous ces séparateurs car nous avons pu obtenir un gain de 21.14 % sur les pertes initiales soit un gain total de 19 902 193 FCFA.

## BIBLIOGRAPHIE

- Alpha Laval. (2003, fév). Description du système. Tumba, suède.
- Alpha Laval. (2005, oct). SU Liste des paramètres.pdf. Tumba, suède.
- Alpha Laval. (2010, mars 18). Théorie de la séparation.pps. suède, Tumba, suède.
- Bouampoundi, D. T. (2020, 09 26). ETUDE ET AMELIORATION DES PERFORMANCES DU GROUPE N°6 DE LA CENTRALE DE KOSSODO. Ouagadougou. Consulté le 10 20, 2020
- Damba, D. D. (2020, 07). Module 2 gestion des risques.ppsx. *Gestion des projet séquence 2 gestion des risques*.
- Intertek, C. B. (2019). *Test de stabilité des fiouls lourds*. Consulté le 12 02, 2020, sur [WWW.xbee.fr>certifications PDF Web results INTERTEK CALEB BRETT Test de stabilité des fiouls lourds - Xbee](http://WWW.xbee.fr/certifications/PDF/Web%20results/INTERTEK%20CALEB%20BRETT%20Test%20de%20stabilite%20des%20fiouls%20lourds%20-%20Xbee)
- KOUAKOU, M. (2014). Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES). Consulté le 11 01, 2020
- NEMATCHOUA, Modeste KAMENI. (2013, mars 20). Consulté le oct 03, 2020, sur [documentation.2ie-edu.org](http://documentation.2ie-edu.org):  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php%3Fexplnum\\_id%3D1810&ved=2ahUKEwi0yeHv3fXtAhXlwAIHHWlQC\\_YQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw2mJyEcF3xByfnNPrFJxLY4](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php%3Fexplnum_id%3D1810&ved=2ahUKEwi0yeHv3fXtAhXlwAIHHWlQC_YQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw2mJyEcF3xByfnNPrFJxLY4)
- OUAZZANI, H. E. (2020). Consulté le oct 20, 2020, sur [academia: https://www.academia.edu/11512594/M%C3%A9thodes\\_de\\_maintenance\\_TPM\\_Totale\\_Productive\\_Maintenance](http://academia.edu/11512594/M%C3%A9thodes_de_maintenance_TPM_Totale_Productive_Maintenance)
- Safety Carb. (2019). *SC5100*. Consulté le 11 20, 2020, sur Safety Carb additif: [www.safety-carb.com](http://www.safety-carb.com)
- Société National d'Electricite du Burkina. (2018, mai 14). Consulté le oct 14, 2020, sur site web du ministère de l'énergie du Burkina: <https://energie.bf/sonabel/>
- xbee. (2020). Consulté le 12 02, 2020, sur <https://xbee.com/>
- xbee enzyme fuel technologie. (2002). Consulté le 11 25, 2020, sur <https://www.xbee.fr/fiche-technique/mode-demploi-dosage/>

## **ANNEXES**

### **Sommaire des annexes**

ANNEXE 1 : LISTES DE QUELQUES PARAMETRES DU PROCEDE.....	c
ANNEXE 2 : QUELQUES OUTILS UTULISES.....	k
ANNEXE 3 : PRODUCTION MENSUELLE DE BOUES PAR SEPARATEURS.....	n
ANNEXE 4 : RAPPORTS D'ANALYSES DU LABORATOIRE POUR LE HFO.....	r
ANNEXE 5 : EXPOSITION DES BOUES SOLIDES ET LIQUIDES A L'AIR LIBRE .....	t

**ANNEXE 1 : LISTES DE QUELQUES PARAMETRES DU PROCEDE.**

Cette annexe présente la liste de tous les paramètres mémorisés au sein de l'automate. Les différents paramètres sont matérialisés sous forme de code soigneusement décrits. Chacun d'eux s'inscrit dans une plage de réglage compris entre une valeur minimale et une valeur maximale ; cependant réglé à une valeur intermédiaire dite « valeur configurée à l'usine ».

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Pr 1	120		1 – 300 minutes	Délai de chasse
Pr 2	HFO		MDO = Mazout marin GO = Gazole IFxxx = Mazout intermédiaire HFxxx = Combustible lourd LO TP = Huile de lubrification pour les moteurs à pistons fourreaux LO CH = Huile de lubrification pour les moteurs à crosse	Type de combustible  (xxx représente la viscosité en Cst à 50 °C)
Pr 3	OPloc		OPloc = Opération locale en commande OPrem = Opération à distance Rmind = Rappel d'utilisation Sattbus ExtPC = Carte ordinateur externe RemSw = Commutateurs distants	Emplacement de la commande  Oploc est standard. OPrem, ExtPC et RemSW n'apparaissent que s'ils sont installés.
Pr 4	On		Marche Stb.	Marche/Attente Alcap  La fonction MT-50 est désactivée en mode d'attente (Stb.). Chasse toutes les 15 minutes (se substitue à Pr1). Aucune eau de déplacement ajoutée.
Pr 5	0.0		0.0 = Non utilisé 0,1 à 10,0x1000 heures	Horloge de compte à rebours d'entretien  Opération à effectuer lorsque l'horloge atteint 0.

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Fa 3	Voir le tableau à la page 22		0,1 – 99,99 litres	Le volume de l'eau de conditionnement qui doit être envoyé après la chasse
Fa 6	0.2		0,0 – 9,9 bar	Augmentation ou réduction de la pression PT4. (Test pendant Ti 59, Ti 64, Ti 70, Ti 71, Ti 82) Indique que le bol est rempli.
Fa 10	Voir le tableau à la page 22		0 – 14000 t/min 0 = Détecteur désactivé Est configuré en fonction de la taille du séparateur	Vitesse élevée
Fa 11	Voir le tableau à la page 22		0 – 14000 t/min Est configuré en fonction de la taille du séparateur	Vitesse faible
Fa 12	300		0 – 12000 t/min	Réduction de la vitesse au cours de la chasse
Fa 16	Voir le tableau à la page 22		0,0 – 2,5 0,0 = Détecteur désactivé	Limite d'arrêt pour l'amplitude de l'arbre du séparateur
Fa 17	Voir le tableau à la page 22		0,0 – 2,5	Pré-avertissement de l'alarme des vibrations
Fa 18	0.5		0,0 – 2,5	Point zéro du réglage du détecteur de vibrations Le point zéro doit se situer entre $1,5 \pm$ Fa 18
Fa 20	3,0 si Pr 2 = huile combustible 0,6 si Pr 2 = huile lubrifiante		0,01 – 10,0 pF	Facteur de déclenchement Alcap Il s'agit du facteur d'amplification du signal du détecteur pour atteindre la plage de déclenchement appropriée.
Fa 21	100		0 – 250 %	Limite de déclenchement HFO
Fa 22	100		0 – 250 %	Limite de déclenchement LO/DO
Fa 23	120 si Pr 2 = huile combustible 90 si Pr 2 = TPLO 83 si Pr 2 = CHLO		0 – 999,9 pF 0 = détecteur d'eau désactivé	Limite de l'alarme pour la valeur supérieure du détecteur d'eau.

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Fa 24	70		0 – 999,9 pF	Limite de l'alarme pour la valeur inférieure du détecteur d'eau.
Fa 25	25		0 – 250 secondes	Durée de l'impulsion pour le robinet de purge ouvert
Fa 26	5		0 – 30 secondes	Durée de pause de la purge. Lorsque la vanne est fermée, le système attend le résultat de la purge.
Fa 27	70		0 – 100 %	La limite au-dessous de laquelle la valeur de déclenchement doit se trouver pour interrompre la purge.
Fa 28	5		0 – 20	Limite pour le nombre de purges HFO. Si la valeur de déclenchement n'est pas tombée au-dessous de la valeur de Fa 27 après Fa 28, l'alarme est donnée.
Fa 29	5		0 – 40 0 = désactivé	Test du signal de déclenchement du détecteur d'eau toutes les x chasses. (x = 0 – 100)
Fa 30	250		0 – 900 %	Niveau de déclenchement pendant Ti 64 – Ti 65
Fa 31	2		0 – 4 0 = Aucune réduction 1 = Réduction après chaque déclenchement 2 = Réduction après 2 déclenchements consécutifs 3 = Réduction après 2 déclenchements dans 3 chasses 4 = Réduction après 2 déclenchements dans 4 chasses	Réduction de Ti 72 à cause des signaux de déclenchement au cours de Ti 64, Ti 65.

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Ti 50	60		2 – 300 secondes	Pompe d'alimentation en marche
Ti 51	15		0 – 30 secondes	Rétroaction de la pression d'alimentation
Ti 52	4		0 – 60 minutes	Démarrage du séparateur (rétroaction de vitesse)  Vitesse au-delà de la limite inférieure (Fa 11) prévue. L'état de la courroie, des roulements du moteur, le réglage de la hauteur et le détecteur de vitesse sont contrôlés.
Ti 53	15		0 – 60 minutes	Réchauffeur activé (rétroaction de temp.)  Température au-delà de la limite inférieure (Pr 17, Pr 20) prévue pour confirmer que le réchauffeur fonctionne normalement
Ti 55	0		0 – 30 minutes 0 = aucun mode d'attente	Durée max. pour le mode d'attente. Au cours du mode d'attente, le système attend un ordre pour lancer la séquence du procédé. La séquence du procédé est lancée en enfonceant le bouton de démarrage.  Lorsque Ti 55 = 0 le procédé démarre immédiatement.
Ti 56	3.0		0,1 – 5,0 secondes	Chasse si Ti 59 a expiré après l'alarme.
Ti 57	15		0 – 30 secondes	Pause = Purge du système
Ti 58	Voir le tableau à la page 22		0 – 60 secondes	Fermeture du bol

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Ti 59	170		0 – 300 secondes	<p>Etalonnage du débit de l'eau</p> <p>Au démarrage, trois questions sont affichées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bol démonté ?</li> <li>• Assemblage effectué selon le manuel ?</li> <li>• Bol nettoyé ?</li> </ul> <p>Lorsque la réponse à la troisième question est Oui, l'étalonnage du débit d'eau au travers de SV 10 a lieu. SV 10 reste ouverte jusqu'à ce que la pression de la sortie d'eau augmente (Fa 6). Le volume d'eau est défini pour chaque taille de séparateur. Sur la base de ces renseignements et du temps nécessaire pour remplir le bol, l'EPC calcule le débit d'eau.</p> <p>Lorsque la réponse est Non, cela signifie que les données d'étalonnage enregistrées seront utilisées, et ainsi le programme exécute Ti 63.</p>
Ti 60	Voir le tableau à la page 22		0,1 – 30,0 secondes	<p>Chasse</p> <p>-au démarrage, le système peut nécessiter un supplément d'eau pour soutenir le plateau de manoeuvre avant la fermeture du bol. (Il ne s'agit pas d'une chasse à proprement parler, car le bol est vide).</p> <p>- après une panne de secteur pour empêcher un laps de temps entre les chasses supérieur à Pr1.</p>
Ti 61	15		0 – 30 secondes	Pause = Purge du système
Ti 62	Voir le tableau à la page 22		0 – 60 secondes	Fermeture du bol

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Ti 63	120		Secondes, calculé	Eau de conditionnement ajoutée Sur la base de l'étalonnage du débit d'eau, l'EPC calcule la durée de configuration de Ti 63, de façon à ce que le volume approprié d'eau de conditionnement soit ajouté au bol. Les données du bol sont activées lorsque la taille du séparateur est sélectionnée (In 4). La valeur prédéfinie est simplement pour le démarrage. Après le calcul, la valeur correcte de Ti 63 est configurée automatiquement.
Ti 64	60		0 – 60 secondes	Alimentation en combustible activée 60 secondes max.
Ti 65	15		0 – 30 secondes	Durée de commande d'impulsion du détecteur d'eau Test du signal du détecteur d'eau. Si cela indique de l'eau dans le combustible, la durée de déplacement jusqu'à la chasse suivante sera réduite.
Ti 66	Voir le tableau à la page 22		0 – 30 secondes	Vérification de l'étanchéité du bol (Voir aussi Fa 44 – 49)
Ti 67	60		0 – 300 secondes	Temps de stabilisation du signal du détecteur. Une fois le délai écoulé, l'EPC enregistre la valeur du détecteur en tant que référence pour les modifications de la teneur en eau.

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Ti 68	120 (= Pr1)		1 – 300 minutes	Durée entre les chasses. Identique à Pr 1. Si l'un est modifié, l'autre sera automatiquement changé. Au cours de Ti 68, le détecteur d'eau supervise les modifications de la teneur en eau du combustible propre. Si la valeur de déclenchement est supérieure à 100, le robinet de purge (V5) s'ouvre. Pour obtenir de plus amples informations, voir Fa 25-28.
Ti 70	15		0 – 30 secondes	Alimentation en combustible désactivée. La pression de la sortie de combustible est au-dessous de la limite inférieure (Pr 11) prévue.
Ti 71	20		0 – 120 secondes	Déplacement du combustible. Au cours de Ti 71, V4 est fermée jusqu'à détection de l'augmentation de la pression, indiquant que l'eau de déplacement a pénétré dans le bol.
Ti 72	150		Secondes, calculé (max. 300 secondes)	L'eau de déplacement (SV 10) continue pour la durée calculée.
Ti 73	10		0 – 30 secondes	Ouverture du robinet de purge pour éliminer le combustible des conduites et du tube de distribution.
Ti 74	3.0		0,1 – 5,0 secondes	Chasse

Paramètre	Valeur configurée à l'usine	Valeur configurée sur site	Plage	Description
Ti 75	15		0 – 30 secondes	<p>Pause = Purge du système</p> <p>Rétroaction de chasse (comme indiqué par une vitesse réduite, Fa 11).</p> <p>Si le détecteur de vitesse ne fonctionne pas / est désactivé, la rétroaction est automatiquement reprise par l'horloge Ti 64. (Si la durée est proche de 0, il n'y a eu aucune chasse).</p> <p>Purge du système a lieu au cours de Ti 75.</p> <p>Après Ti 75, le programme retourne à Ti 62, à condition qu'aucun arrêt ne soit ordonné.</p> <p>Cependant, si la valeur ou l'horloge qui influence l'étalonnage de l'eau a été modifié, le programme retourne à Ti 58.</p> <p>Lorsqu'un arrêt est ordonné, la chasse précède la séquence d'arrêt.</p>

## ANNEXE 2 : QUELQUES OUTILS UTILISES

Cette annexe présente les différents outils utilisés lors de nos expériences sur site durant la période du stage. Elles se sont principalement menées au laboratoire, dans les salles de machine, et sur un logiciel de simulation de l'équipement. Les équipements utilisés au laboratoire sont essentiellement le densimètre pour la mesure de densité et le viscosimètre pour celle de la viscosité du combustible. Le chronomètre a été utilisé pour déterminer le temps optimal auquel la production de boue est la plus petite avec une qualité de combustible inadéquate. Le logiciel nous a permis de cerner dans les moindres détails le fonctionnement de l'équipement dans l'agencement de ces différents paramètres.



*Figure a : Mesure de la densité du HFO*

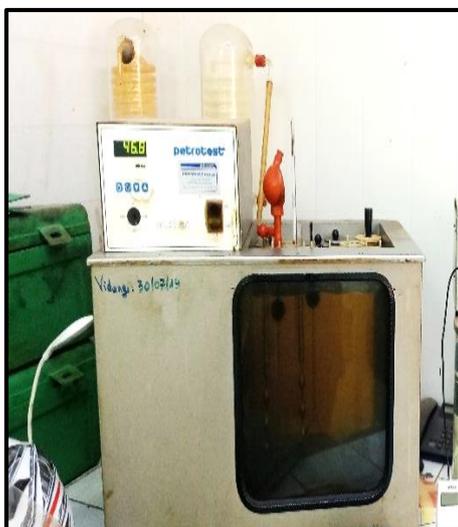
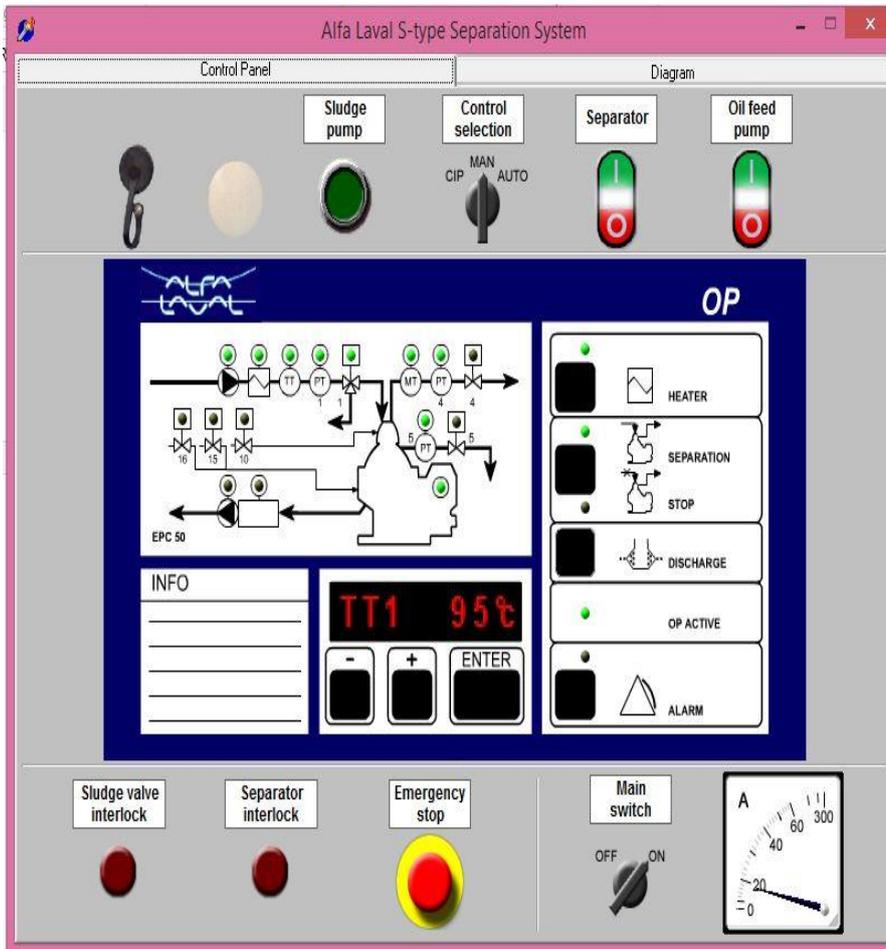


Figure b : Viscosimètre

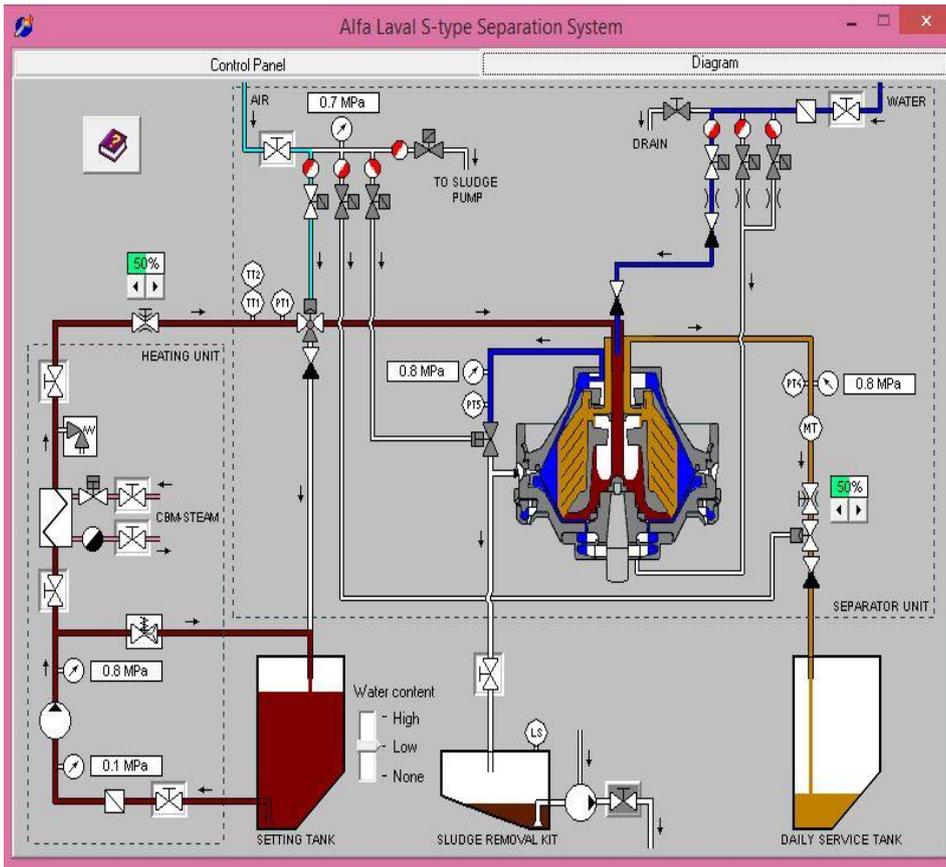
Figure : Chronomètre



✍ Le séparateur est en mode de fonctionnement normal. L'image 1 est l'interface de manipulation du séparateur.

✍ TT1 correspond à la température d'entrée du combustible qui est de 95C.

Figure c : Logiciel de simulation du fonctionnement du séparateur



L'image 2 représente le circuit du combustible de la cuve tampon à la cuve journalière

- \* Rouge = combustible sale
- \* Marron = combustible propre
- \* Bleu = circuit d'eau

Figure d : Interface de simulateur des séparateurs Alpha Laval Type S



Figure e : Kittiwake pour sécher la tâche



Figure f : Matériels pour le test de compatibilité

**ANNEXES 3 : PRODUCTION MENSUELLE DE BOUES PAR SEPARATEURS**

L'annexe 3 nous expose la production de boue par mois et par séparateurs pour l'année 2020 avant et après optimisation. Pour chaque quantité de boue, le coût d'incinération est calculé. La liste n'est cependant pas exhaustive car trop longue pour être entièrement présentée

Tableau a : Janvier 2020 avant optimisation

SEPARATEURS	HFO 3	HFO 4	HFO 7	HFO 8	HFO/DDO	HFO 10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	29	2	7	0	48	0
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	51,51	3,55	12,43	0		0
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	56,66	3,91	22,38	0	0	0
Production totale de résidus(l)	<b>82,95</b>					
Coût d'incinération (700F/l)	<b>60165</b>					

Tableau b : Février 2020 avant optimisation

SEPARATEURS	HFO 3	HFO 4	HFO 7	HFO 8	HFO/DDO	HFO 10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	12	3	33	22	152	145
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	21,3	5,3	58,6	39,1	270,0	254,8
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	23,4	5,9	105,5	70,3	486,0	458,7
Production totale de résidus(l)	<b>1 149,82</b>					
Coût d'incinération (7 00 F/l)	<b>804 872,93</b>					

Tableau c : Mars 2020 avant optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	51	36	265	177	223	269
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	90,59	63,94	470,69	314,39	396,09	472,76
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	99,64	70,34	847,25	565,90	712,97	850,97
Production totale de résidus(l)	3 147,06					
Cout d'incinération (700F/l)	2 202 941,28					

Tableau d : Avril 2020 avant optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	0	0	465	66	153	526
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	0	0		117,2	271,8	924,4
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	0	0	0	211,01	489,2	1663,9
Production totale de résidus(l)	2 364,15					
Cout d'incinération (700F/l)	1 654 904,65					

Tableau e : Mai 2020 avant optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	-	-	145,00	63,00	87,00	396,00
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,10	1,10	1,80	1,80	1,80	1,80
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	-	-	257,55	111,90	154,53	695,96
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	-	-	463,59	201,42	278,15	1 252,72
Production totale de résidus(l)	2 195,89					

Cout d'incinération (7 00 F/l)	<b>1 537 120,00</b>
--------------------------------	---------------------

Tableau f : Janvier 2020 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	29	2	7	0	48	0
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	22,09	1,52	5,33	0		0
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	24,30	1,68	9,60	0	0	0
Production totale de résidus(l)	<b>35,57</b>					
Cout d'incinération (700F/l)	<b>24 897,18</b>					

Tableau g : Février 2020 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	12	3	33	22	152	145
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	9,14	2,28	25,13	16,76	115,77	109,93
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	10,05	2,51	45,24	30,16	208,38	197,88
Production totale de résidus(l)	<b>494,22</b>					
Cout d'incinération (700 F/l)	<b>345 955</b>					

Tableau h : Mars 2020 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	51	36	265	177	223	269
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	38,84	27,42	201,83	134,81	169,84	203,94
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	42,73	30,16	363,29	242,65	305,71	367,10
Production totale de résidus(l)	<b>1 351,64</b>					

Cout d'incinération (7 00F/l)	<b>946 144,86</b>
-------------------------------	-------------------

Tableau i : Avril 2020 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	0	0	465	66	153	526
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	1,8
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	0	0		50,3	116,5	398,8
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	0	0	0	90,5	209,7	717,8
Production totale de résidus(l)	<b>1 018,05</b>					
Cout d'incinération (7 00F/l)	<b>712 631,51</b>					

Tableau j : Mai 2020 après optimisation

SEPARATEURS	HFO3	HFO4	HFO7	HFO8	HFO/DDO	HFO10
Heure de marche (H) : <b>a</b>	-	-	145,00	63,00	87,00	396,00
Durée de séparation (H) : <b>b</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Durée de chasse (H) : <b>c</b>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Quantité totale de résidu/ cycle(l) : <b>d</b>	1,10	1,10	1,80	1,80	1,80	1,80
Nombre de cycle : <b>e= a / (b +c)</b>	-	-	110,43	47,98	66,26	300,23
Quantité de résidu(l) <b>d*e</b>	-	-	198,78	86,37	119,27	540,41
Production totale de résidus(l)	<b>944,83</b>					
Cout d'incinération (7 00F/l)	<b>661 378,74</b>					

**ANNEXE 4 : RAPPORTS D'ANALYSES DU LABORATOIRE POUR LE HFO**

L'annexe 4 nous présente les rapports commentés des analyses du laboratoire pour quelques mois où l'approvisionnement en combustible de mauvaise qualité était très accrue. Ce sont entre autre les mois de mars, avril et juin. Les commentaires des laborantins appuient solidement nos remarques quant à l'état calamiteux du combustible.

Tableau k : Résultat d'analyse du laboratoire du HFO – mois de mars

PARAMETRES	11KJ2335/ 11KJ2337	11JP1060 /11JP1061	11JP1472 /11HP6027	11JP1472 /11JP3139	11JM4717/ 11NN4005	11LP3413/ 11LP8357
Quantité	45000	45000	45000	45000	45000	45000
Densité à 15°C	0.975	0.944	0.980	0.975	0.975	0.975
PCI (Kj/Kg)	41175	41160	41100	41175	41175	41175
Viscosité à 50°C	156.7	156.7	157.46	156.7	156.7	156.7
Aspect						
CCAI	846	818	851	846	846	846
Teneur en eau (%V)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b><u>COMMENTAIRES</u></b>						
<b><u>CHEF DE DIVISION LABORATOIRE</u></b> Stabilité passable. Les autres paramètres sont bons dans l'ensemble. Néanmoins si la teneur en Asphaltene est élevée, il y aura pour le mélange, risque de précipitation et formation de boue au niveau des séparateurs avec colmatage de filtres.					<b><u>CHEF DE SERVICE</u></b> <b><u>PRODUCTION</u></b>	

Tableau 1 : Résultat d'analyse du laboratoire du HFO – mois d'avril

PARAMETRES	11MG0200/11M6213	11JM2809/11GK7886	11HL4452/11HH7185
Provenance	LOME	LOME	LOME
Quantité	45000	45000	45000
Densité à 15°C	0.976	0.975	0.975
PCI (Kj/Kg)	41160	41175	41175
Viscosité à 50°C	157.87	157.87	157.87
Aspect	/	/	/
CCAI	847	846	846
Teneur en eau (%V)	/	/	/
<b>COMMENTAIRES</b>			
<p><b><u>CHEF DE DIVISION LABORATOIRE</u></b></p> <p><b>Stabilité et compatibilité MEDIOGRES.</b></p> <p><b>Les autres paramètres sont bons dans l'ensemble.</b></p> <p><b>Néanmoins si la teneur en asphaltènes est élevée, il y aura pour le mélange, risque de précipitation et formation de boue au niveau des séparateurs avec colmatage de filtres.</b></p>			<p><b><u>CHEF DE SERVICE PRODUCTION</u></b></p>

Tableau m : Résultat d'analyse du laboratoire du HFO – mois de juin

<b>N° CAMION</b>	11KG2842/10KG3253	11KL7518/11KL7065	11KP2077/11KP2096
<b>PARAMETRES</b>			
<b>Provenance</b>	OSPP/COTONOU (OUAGA II)	OSPP/COTONOU (OUAGA II)	OSPP/COTONOU (OUAGA II)
<b>Quantité</b>	45000	45000	45000
<b>Densité à 15°c</b>	0.954	0.950	0.948
<b>PCI (KJ/Kg)</b>	41480	41533	41560
<b>Viscosité à 50°C</b>	133.02	130.06	128.15
<b>CCAI</b>	827	8823	821
<b>Teneur en eau (%V)</b>	0.02	0.0	0.02
<b>Stabilité</b>	5	5	5
<b><u>COMMENTAIRES</u></b> <b><u>CHEF DE</u></b> <b><u>DIVISION</u></b> <b><u>LABORATOIRE</u></b>	Mauvaise stabilité avec risque de formation de boue et colmatage de filtre.	Mauvaise stabilité avec risque de formation de boue et colmatage de filtre.	Mauvaise stabilité avec risque de formation de boue et colmatage de filtre.

## **ANNEXE 5 : EXPOSITION DES BOUES SOLIDES ET LIQUIDES A L'AIR LIBRE**

L'annexe 5 présente des images de l'exposition des boues solides et liquides au sein de la centrale. On peut apercevoir les déversement de combustible au sol susceptible de polluer la nappe phréatique d'autant plus qu'un situer à moins de 30 m de ce dépotoir. Les odeurs sont également de nature à créer une atmosphère pas très respirable.



*Figure e : Boues polluants l'environnement*