

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Analyses et contrôles de qualité

Au cours de fusion et filtration du soufre

Présenté par :

◆ **ELAMIRI NAIMA**

Encadré par :

- ◆ **Mr YOUNESS NASSIR (OCP Jorf Lasfar)**
- ◆ **Pr IHSSANE BOUCHAIB (FST Fès)**

Soutenu Le 06 Juin 2018 devant le jury composé de:

- **Pr. IHSSANE BOUCHAIB**
- **Pr. LAMCHARFI ELHADI**
- **Pr. SAFFAJ TAOUFIQ**

Stage effectué à OCP Jorf Lasfar

Année Universitaire 2017 / 2018

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

Site web: <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Rapport de stage

Dédicace

A mon père si Mostapha Elamiri

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,
L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu*

Pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et

Nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as

Consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma mère Lalla Izza

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le
Symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et
l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et
de prier pour moi.*

A mes frères

*Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de
réussite et de sérénité.*

A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager,

Et me conseiller.

A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni

De leurs connaissances pour satisfaire mes interrogations.

A tous mes enseignants avec mes profondes considérations.

A tous mes amies et amis en témoignage de l'amour

Et de l'affection qui nous lie.



Rapport de stage

Remerciements

C'est avec un réel plaisir que j'exprime ici mes reconnaissances à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

J'adresse mes très sincères remerciements : au Pr. **IHSSANE BOUCHAIB** mon encadrant pour son orientation, son aide et son suivi de près de mon travail, veuillez croire ma gratitude et ma haute considération. À Mr. **YOUNESS NASSIR** chef de service « mon Parain », pour m'avoir encadré au sein de ce service. Je tiens également à remercier Mr. **RACHID ZOUBIR** chef d'atelier de l'entité de fusion et de filtration du soufre qui m'a accompagné avec son aide et ses conseils précieuses, les directives et les encouragements qu'elles n'ont cessé de prodiguer tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier les jurys Pr. **SAFFAJ TAOUFIQ** et Pr. **LAMCHARFI ELHADI** pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Mes vifs remerciements s'adressent également à tout le personnel du laboratoire qui a été toujours en contact avec moi pour me présenter toutes les explications nécessaires. Je tiens finalement à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont fait preuve de sollicitude à mon égard.

Avant-propos

L'objectif de ce stage de la troisième année à la FST FES option génie chimique est de faire découvrir le domaine professionnel. Le stage reste un moyen essentiel pour confronter les connaissances acquises durant le cursus universitaire au savoir-faire du domaine professionnel. En effet, ce module de formation pratique est véritablement l'occasion d'immerger dans un milieu où il aura l'occasion d'acquérir une culture professionnelle et de mettre en œuvre ses compétences et les bases techniques, scientifiques et humaines, nécessaires pour assumer sa future. La durée du stage est fixée à un mois et 20 jours, à partir de 02 novembre jusqu'à le 20 mai 2018.



Rapport de stage

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre1 : Présentation du groupe office chérifien.....	2
Introduction.....	2
I. Historique.....	3
II. Sites et activités de l'OCP.....	4
III. Filiales du groupe OCP	5
IV. Présentation du lieu de stage	6
1. Le site de Jorf Lasfar.....	7
Chapitre2 : Description de l'UNITE 263 de fusion et filtration de soufre.....	8
I. Présentation de l'unité.....	8
II. Le soufre	14
III. Sections de fusion et de filtration de soufre	14
1. Section de soufre solide	15
2. Section de fusion.....	17
3. Section de soufre non filtré	19
4. Section de pré couche.....	20
5. Section de filtration.....	20
6. Section de stockage.....	23
Chapitr3 : Contrôles de qualité et analyses de soufre	24
Introduction.....	24
I. Modes opératoires des analyses de soufre.....	26
1. Humidité.....	26
2. Mesure de pH.....	20
3. Acidité.....	27
4. Chlorures.....	29
5. Bitumes	30
6. Cendres.....	31
II. Résultats des analyses effectuées.....	32
Conclusion	29

Liste des figures

<u>Figure 1: carte des principaux sites d'implantation d'OCP au Maroc</u>	4
<u>Figure 2: l'organigramme des postes de l'unité 263</u>	6
<u>Figure 3:grains de soufre solide</u>	7
<u>Figure 4:schéma simplifié du procédé de fusion et de filtration de soufre</u>	8
<u>Figure 5: Hangar de la première installation de soufre</u>	9
<u>Figure 6: la trémie d'alimentation par la chaux</u>	9
<u>Figure 7: chariot verseur (RE 3) avec les trémies de stockage de soufre</u>	10
<u>Figure 8: schéma du mécanisme de travail des chariots verseurs au-dessus de trémies</u>	10
<u>Figure 9: schéma simplifié d'un fondoir et ses constitués</u>	11
<u>Figure 10: les fondoirs et les extracteurs d'alimentation</u>	11
<u>Figure 11: les bacs de soufre non-filtré</u>	12
<u>Figure 12:les bacs de pré-couche</u>	13
<u>Figure 13: filtre finisseur</u>	15
<u>Figure 14:filtre à plateaux</u>	16
<u>Figure 15:schéma des points d'échantillonnage</u>	18
<u>Figure 16:Tableaux d'une matrice d'échantillonnage</u>	18
<u>Figure 17:Dessiccateur à infrarouge</u>	19
<u>Figure 18: pH mètre</u>	20
<u>Figure 19:Tableaux des résultats d'analyses du pH</u>	24
<u>Figure 20: Carte de contrôle du Ph</u>	24
<u>Figure 21:Tableaux des résultats d'analyses d'humidité</u>	25
<u>Figure 22:Carte de contrôle d'humidité</u>	25
<u>Figure 23:tableaux des résultats d'analyses des cendres</u>	26
<u>Figure 24: Carte de contrôle des cendres</u>	27



Rapport de stage

Liste d'abréviation

- **OCP** : Office Chérifien des Phosphates ;
- **MAP** : mono-ammonium phosphate ;
- **NPK** : ammonium phosphate de potassium : azote, phosphate, potassium ;
- **TSP** : triple super phosphate ;
- **DAP** : Di-ammonium Phosphate avec une teneur de 46% en P_2O_5 ;
- **SMESI** : Société Marocaine d'Etude Spécialisées et Industrielles ;
- **SOTREG** : Société de transports régionaux ;
- **MARPHOCEAN** : Société de Transport Maritime des Produits Chimiques ;
- **CERPHOS** : Centre d'Etude de Recherche des Phosphates Minéraux ;
- **IMACID** : Indo Maroc Phosphore ;
- **EMAPHOS** : Euro Maroc Phosphore.



Rapport de stage

Introduction générale

L'Office Chérifien des Phosphates. (OCP) est actuellement un leader mondial sur le marché des phosphates et de ses dérivés. Depuis sa création en 1920, la société extrait, valorise et commercialise du phosphate et des produits phosphatés, notamment de l'acide phosphorique et des engrais. Il est le premier exportateur mondial de roche de phosphate et de l'acide phosphorique. Il est aussi l'un des plus grands producteurs d'engrais au monde. L'OCP comporte différents pôles principaux de production à savoir le site de Safi, de Youssoufia et le site Jorf Lasfar (20 KM d'EL JADIDA).

Le site de Jorf-Lasfar est l'un des pôles les plus actifs et rentables de l'OCP. Cette plateforme est constituée de quatre ateliers (engrais-Emaphos-phosphorique-sulfurique) est d'une centrale thermique, ainsi que chaque atelier a ses propres unités spécifiques.

L'unité de fusion et de filtration de soufre (référéncée U263) fait partie des unités de production de Jorf Lasfer. Elle a été démarrée en Avril 2015, son rôle est de produire du soufre liquide filtré qui sert comme matière première pour la production de l'acide sulfurique. Le groupe a tiré profit des avantages et des inconvénients des unités de même fonction qui existent déjà, de ce fait, la conception de l'U263 est très différente en la comparant avec celle de ses homologues, en effet, son architecture, sa capacité de production ainsi que la qualité de ses équipements sont beaucoup plus améliorés.

Pour un étudiant effectuant des études en génie des procédés, l'unité 263 de fusion et filtration de soufre est bien l'endroit idéal pour acquérir le maximum possible du savoir-faire et d'avoir aussi des idées sur les différentes disciplines de spécialité rencontrée. Le sujet de ce projet de fin d'étude concerne les analyses et les contrôles de qualité au cours de fusion et de filtration de soufre.

Afin d'aboutir à la compréhension de notre sujet, nous allons discuter et traiter les points suivants :

- Aperçu sur l'OCP et sur l'unité de stage ;
- Description profonde du procédé industriel de fusion et filtration du soufre ;
- Les différentes analyses et contrôles de qualité appliqués sur le soufre avec les corrections à faire pour avoir un produit de qualité.



Rapport de stage

Chapitre1 : Présentation du groupe office chérifien

Introduction

OCP (Office Chérifien des Phosphates) occupe une place particulière dans l'histoire industrielle du Maroc.

Les réserves mondiales de roche phosphatées sont évaluées à environ 69 milliards de tonnes dont 50 milliards se trouvent au Maroc, ce qui représente de 72.4% des réserves mondiales. Les premières traces de phosphates ont été découvertes au Maroc en 1912 dans la région d'OULED ABDOUNE zone de KHOURIBGA, huit ans après, l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) fut créé le 07 Aout 1920 par DAHIR. C'est à partir de cette date que naît l'un de l'économie marocaine, en 2008 l'office a été transformé en une société anonyme (OCP SA).

I. Historique

1920 : Création, le 7 Aout, d'OCP

1921 : Le premier Mars, début de l'exploitation en souterrain de phosphate dans la région d'OUED ZEM sur le gisement des **OULAD ABDOUN**. Le 30 juin, Descente du premier train de phosphate de Khouribga vers le port de Casablanca, et le 23 juillet, premier départ du phosphate du Maroc (port de Casablanca).

1931 : Début de l'exploitation en souterrain Youssoufia.

1954 : Démarrage des premières installations de séchage à Youssoufia.

1959 : Création de la société Marocaine d'Etude Spécialisées et Industrielles(SMESI), en mai.

1961 : Mise en service de la première laverie à Khouribga.

1969 : Entrée en exploitation de la première recette de phosphate noir à Youssoufia.

1973 : Création de la société de transports régionaux (SOTREG) en juillet, de Maroc phosphore en aout et de MARPHOCEAN en octobre.

1974 : Lancement des travaux pour la réalisation du centre minier de BENGUERIR, en mai. L'OCP prend le contrôle de la société Marocaine de fertilisants(FERTIMA), créée en 1972. Naissance de l'Institut de Promotion SOCIO-EDUCATIVE (IPSE), en aout.

1981 : Démarrage de Maroc phosphore II. L'OCP entre dans la capitale de la société PRAYON (Belgique).



Rapport de stage

- 1982** : Début de travaux de construction du complexe chimique Maroc Phosphore III –IV à **JORF LASFAR** (Mars). Démarrage du complexe de séchage d'OUED ZEM.
- 1986** : Démarrage des différentes lignes d'acide sulfurique et d'acide phosphorique de Maroc Phosphore III –IV (Jorf Lasfar).
- 1987** : Démarrage des lignes d'engrais de Maroc Phosphore III –IV (octobre – décembre).
- 1988** : Chargement du premier navire de DAP de **JORF LASFAR** (janvier).
- 1994** : Démarrage du projet minier de **SIDI CHENNANE**.
- 1996** : Création de la société EURO-MAROC PHOSPHORE (EMAPHOS).
- 1998** : Démarrage de la production de l'acide phosphorique purifié (AMAPHOS JORF LASFER). Le groupe OCP obtient le prix national de la qualité.
- 1999** : Démarrage de la production d'acide phosphorique de l'usine D'IMACID a JORF LASFAR.
- 2004** : Création de la société << Pakistan Maroc Phosphore >> S.A en joint venture entre l'OCP et FAUJI FERTILIZER BIN QASIM LIMITED (Pakistan).
- 2005** : Démarrage de l'usine de lavage / Flottation à YOUSOUFIA.
- 2006** : Projet nouvelle DAP à JORF LASFAR 850 000 tonnes / an.
- 2008** : Démarrage de Pakistan Maroc Phosphore à JORF LASFER (PMP).
- 2009** : Démarrage de BUNGE Maroc phosphore à JORF LASFAR (BMP).
- 2015** : Démarrage de l'unité 263 de fusion et filtration de soufre.

II. Sites et activités de l'OCP

→Les activités de l'OCP sont commencées par l'extraction du phosphate brut du sous-sol marocaine , puis sons traitement physique(séchage ,criblage ,lavage....) afin de concentrer sa teneur en phosphore , ensuite sa valorisation et sa transformation en dérivés :Acide sulfurique , Acide Phosphorique , Engrais Solides..

→L'OCP compte près de 20.000 collaborateurs qui sont implantés principalement au Maroc sur cinq zones géographiques du pays dont trois sites d'exploitation minière : **Khouribga**, **Ben guérir** (Youssoufia), **Boukraa** (Laayoune) ; et deux sites de valorisation et de transformation chimiques des phosphates à **Safi** et **Jorflasfar**, ces deux complexes vise la production des engrais et d'acide phosphoriques. En plus le groupe dispose des ports d'embarquement à **Casablanca**, **JorfLasfar**, **Safi**, **Laayoune**.

Rapport de stage

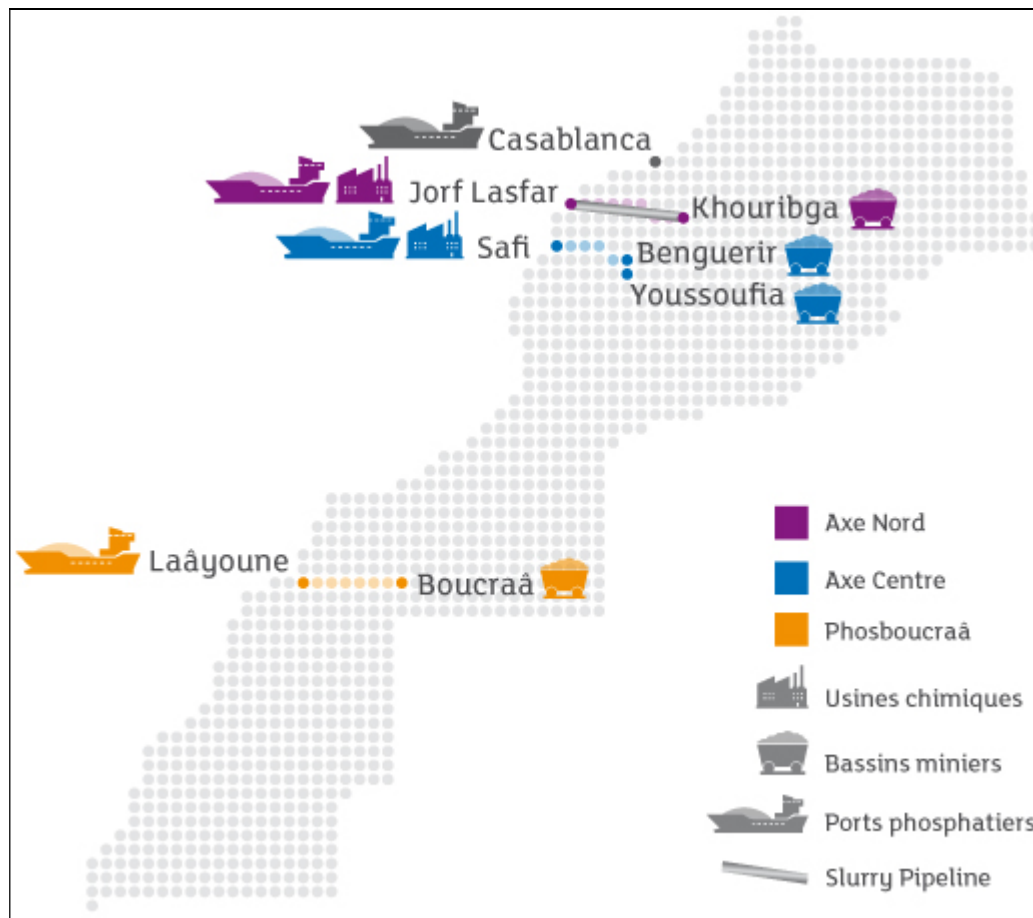


Figure 1: carte des principaux sites d'implantation d'OCP au Maroc

III. Filiales du groupe OCP

L'office chérifien des phosphates a créé plusieurs filiales qui forment à ce jour le groupe O.C.P : **SOTREG** : (Société des Transports Régionaux) comme son nom l'indique, elle assure le transport des agents O.C.P.

SMESI : (Société Marocaine d'Etudes Spéciales et Industrielles) chargée d'assurer des études industrielles objectives et pratiques pour le compte de l'O.C.P.

MARPHOCEAN : (Société de Transport Maritime des Produits Chimiques) cette dernière est chargée d'assurer le transport maritime des produits chimiques du groupe.

MAROC PHOSPHORE I, II, III et IV : chargé du traitement industriel du phosphate et de sa mise en valeur en produisant les principales dérivées de ce minéral.

PHOSBOUCRAA : Extraction et traitement (lavage et séchage) du phosphate du gisement Boucraa.



Rapport de stage

CERPHOS : Centre d'Etude de Recherche des Phosphates Minéraux.

IV. Présentation du lieu de stage

1. Le site de Jorf Lasfar

Dans le cadre du développement de son potentiel, le groupe OCP a bâti en 1986 le complexe Jorf Lasfar à 24 km d'El Jadida d'une superficie de 1835 ha. Ce site regroupe les industries chimiques de valorisation du phosphate notamment la production d'acide phosphorique, l'acide sulfurique et des engrais. Le site Jorf Lasfar a été choisi pour les avantages suivants :

- Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphate ;
- Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce ;
- Disponibilité de terrains pour les extensions futures.

Ce site permet de produire chaque année 2 millions de tonnes de P_2O_5 sous forme d'acide phosphorique, nécessitant la transformation de 7,7 millions de tonnes de phosphate extraits des gisements de Khouribga, 2 millions de tonnes de soufre et 0,5 million de tonnes d'ammoniac. Les besoins en énergie du complexe sont satisfaits par une centrale de 111 MW utilisant la chaleur de récupération. Une partie de la production est transformée localement en engrais DAP (di-ammonium phosphate), MAP (mono-ammonium phosphate), éventuellement NPK (ammonium phosphate de potassium : azote, phosphate, potassium) et TSP (triple super phosphate), ainsi qu'en acide phosphorique purifié. L'autre partie est exportée sous forme d'acide phosphorique marchand via les installations portuaires locales. Le complexe de Jorf Lasfar compte trois entités, dont l'unité Maroc Phosphore III-IV créée en 1986. Avec la construction de l'usine Emaphos en 1997, en partenariat avec Prayon (Belgique) et CFB (Allemagne), le Groupe OCP a inauguré une nouvelle ère dans la diversification de ses produits finis par la production d'un acide à haute valeur ajoutée : l'acide phosphorique purifié. Deux ans plus tard, la mise en service d'Imacid, en partenariat avec le Groupe indien Birla, lui a permis d'accroître sa capacité de production d'acide phosphorique de 25% sur le site de Jorf Lasfar.

Chapitre2 : Description de l'UNITE 263 de fusion et filtration de soufre

I. Présentation de l'unité

L'unité 263 à l'Office Chérifien des phosphates est conçue pour la fusion et la filtration du soufre, sa capacité est de 6000 t/jours du soufre filtré.

L'unité prend le soufre solide du port arrivant par des convoyeurs au hangar de stockage. L'installation de cette unité est divisée en lignes parallèles destinées au fonctionnement de la fusion et la filtration et se compose des sections principales suivantes :

- ◆ Section de soufre solide.
- ◆ Section de fusion.
- ◆ Section de soufre non filtré.
- ◆ Section de pré couche.
- ◆ Section de filtration de soufre.
- ◆ Section de stockage.

L'organigramme suivant montre l'enchaînement des postes au milieu de l'unité selon un ordre décroissant :

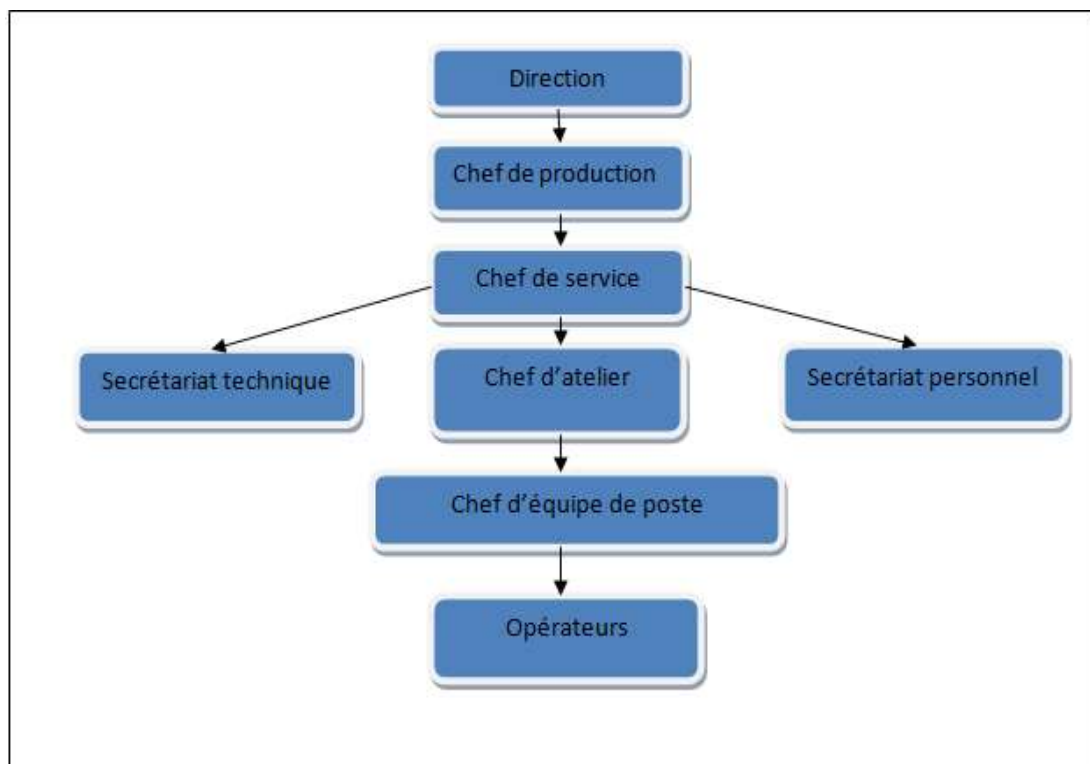


Figure 2: l'organigramme des postes de l'unité 263

II. Le soufre

Le soufre est un élément chimique de symbole S et de numéro atomique 16. Il fait partie du groupe des Halogènes (non-métal) d'aspect jaune pâle (voir figure 3), et brûle avec une flamme bleue émettant une odeur particulièrement sulfureuse (SO_2).

Le soufre est insoluble dans l'eau et dans la plus part des solvants polaires, mais soluble dans les solvants apolaires (surtout dans le disulfure de carbone, CS_2). Sa température de fusion est de **119°C** à l'état pur.



Figure 3: grains de soufre solide

III. Sections de fusion et de filtration de soufre

La production de l'acide sulfurique nécessite l'utilisation du soufre filtré en passant par plusieurs étapes de transformation. Parmi ces étapes se trouve la fusion, opération qui n'affecte que l'état physique du soufre et que l'on pourrait appeler « opération primaire ». Cette transformation se fait dans l'unité 263, cette dernière a pour but la fusion et filtration du soufre solide. Elle est desservie par des convoyeurs alimentés par un hangar de stockage du soufre solide. La station de fusion et filtration comporte :

Une section de fusion du soufre solide ayant une capacité totale de 100t / h en 04 fondoirs, le soufre solide est introduit au moyen des vibreurs alimentés à partir de trémies au nombre de 4 d'une capacité de 300 t, ces trémies sont aussi alimentées par un convoyeur venant du hangar de stockage.

Rapport de stage

Une section de filtration de soufre fondu ayant une capacité de 75 t/h par ligne ; chaque ligne comporte 2 filtre à plateaux et 2 filtres finisseur (un en marche et un autre en réserve) en totale 08 filtres à plateaux et 8 filtres finisseur.

Une section de stockage de soufre liquide, composée de quinze bacs de capacité unitaire de 18 000 T. Une installation d'alimentation en vapeur de procédé et la collection des condensas d'une capacité unitaire de 100 m³. - Bassin à 600T - Bac à 5000T - Station de pompage - Réseau de distribution par conduite d'alimentation DN600. D'une part, assainir les effluents gazeux en réduisant la teneur en polluants dans les rejets atmosphérique, par neutralisation à la soude.

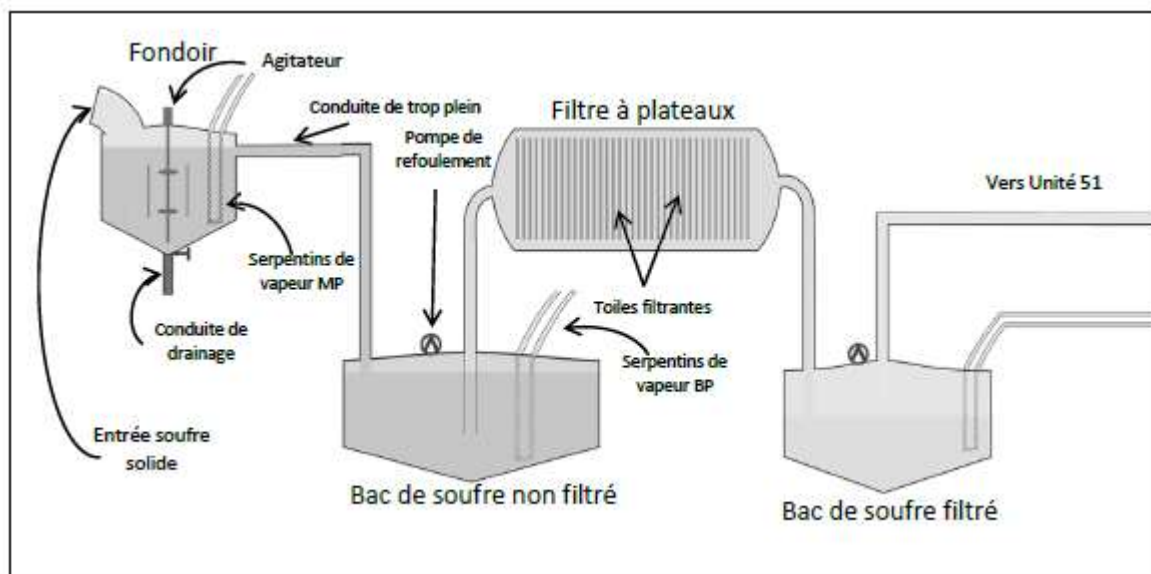


Figure 4: schéma simplifié du procédé de fusion et de filtration de soufre

1. Section de soufre solide

Dans un premier temps, le soufre solide arrivant du port est stocké dans des Hangars de capacité maximale de 100.000 t (voire figure 5). Ces Hangars contiennent des convoyeurs (RA_3) transporteurs du soufre vers d'autre section pour le traitement.

Rapport de stage



Figure 5: Hangar de la première installation de soufre

Le soufre solide est transporté du convoyeur (RA_3) vers un autre convoyeur (RB_3). Au dessus de (RB_3) se trouve la régulation de la chaux (voir figure6) qui contient deux entonnoirs (appelés vis) menés d'un régulateur de vitesse pour réaliser l'alimentation par la chaux afin de neutraliser le soufre (diminue l'acidité du soufre).



Figure 6: la trémie d'alimentation par la chaux

Le soufre traité par la chaux est transporté de (RB_3) vers (RC_3) puis vers le chariot verseur (RE_3). Quatre trémies sont installées au dessous du chariot verseur qui alimente chaque trémie avec un mouvement vas et vient, les bandes de ce chariot peuvent tourner dans les deux sens selon les exigences.

Le soufre arrivant du chariot verseur passe par une paire de trémies, soit par les trémies 1 et 3 ou bien les trémies 2 et 4 (voir figure 8). Le système d'alimentation est surveillé par le signal de

Rapport de stage

niveau reçu de chacune des deux trémies, équipé d'un émetteur de niveau et de transmetteur de niveau RADAR.



Figure 7: chariot verseur (RE_3) avec les trémies de stockage de soufre

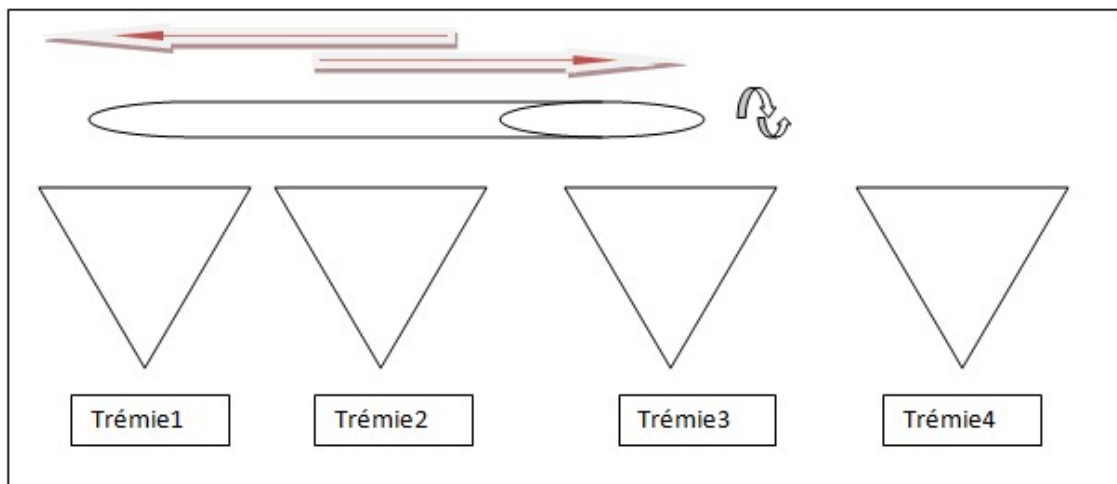


Figure 8: schéma du mécanisme de travail des chariots verseurs au-dessus de trémies

Pour le déchargement des trémies, des trappes manuelles sont prévues sous chaque trémie isoler et extraire le soufre en cas de besoin. Les extracteurs de longueur requise sont de type à bande, équipés de galets amortisseurs étroitement espacés sous les trappes de décharge.

Le moteur d'entraînement de l'extracteur est équipé d'un variateur de fréquence permettant de réguler le débit de soufre vers le convoyeur d'alimentation du fondoir.

2. Section de fusion

Les fondoirs (voir figure9 et 10) sont alimentés en soufre par leurs convoyeurs avec des quantités contrôlées par des balances permettant de contrôler et d'enregistrer le débit de soufre traité. Le rôle principal de ces fondoirs est la fusion de soufre à partir des agitateurs et d'un système de

Rapport de stage

chauffage par serpentins à vapeur basse pression, (Les serpentins sont constitués de deux étages de 6 tubes à ailettes chacune liées par coudes aux deux collecteurs, un supérieur pour l'admission de la vapeur, l'autre inférieur pour le retour des condensats.

Ils sont disposés de façon à agir en tant que chicanes pour provoquer l'écoulement radial à partir de la paroi latérale vers le centre du fondoir

, Voir figure9).

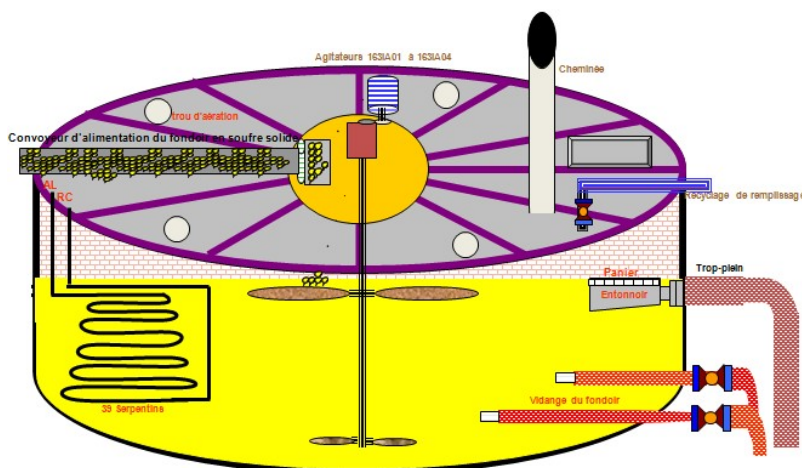


Figure 9: schéma simplifié d'un fondoir et ses constitués

Ces réservoirs sont fournis avec des fonds coniques, entourés de serpentins soudés sur eux de manière ronde et spirale pour les chauffer. Huit serpentins spéciaux à vapeur ont été installés de manière radiale dans le réservoir entourant le tube d'aspiration de l'agitateur situé au centre. Cet agitateur équipe le fondoir et permet de soutirer le soufre par le puits central et de le faire remonter vers la partie supérieure en passant par le serpentin de chauffage.



Figure 10: les fondoirs et les extracteurs d'alimentation

Rapport de stage

La vapeur des fondoirs circule dans les serpentins de haut en bas (échange thermique) et les condensats sont récupérés à la partie supérieure. La pression de la vapeur de **8,4 bars** permet de maintenir la température dans les valeurs de **175 °C** à l'entrée du soufre et de **145 °C** à la sortie quel que soit les circonstances l'alimentation. L'alimentation en vapeur ne doit pas être coupée car un manque ou des limitations dans l'alimentation en vapeur auraient comme conséquence la perte la fluidité de soufre et la solidification du soufre ce qui va réduire l'opération de fusion.

Si les fondoirs seront au niveau trop-plein ils débordent le soufre dans les cuves de soufre brute.

3. Section de soufre non filtré

Le réservoir de soufre brute ou soufre non filtré reçoit le soufre à partir des fondoirs tout en le maintenant agité et garde sa température de fusion via les serpentins. Deux pompes sont installées dans le réservoir du soufre non filtré pour le transférer vers les filtres selon les exigences. Des pompes de rinçage des lignes sont installées pour éliminer tout étouffement observé pour le réservoir de fusion ou de l'installation de réservoir du soufre non filtré.

Il est très important d'assurer une neutralisation complète de l'acidité de soufre avant d'être pompé à l'unité de filtration. En conséquence, pour assurer ce paramètre, on dispose d'une alimentation de la chaux secondaire, fournie avec système de dosage de la chaux peut être contrôlé avec un doseur rotatif contrôlé par une unité d'entraînement à variateur de fréquence.



Figure 11: les bacs de soufre non-filtré

Rapport de stage

4. Section de pré couche

Le soufre liquide contient des éléments gênants et nuisibles pour les toiles des filtres et afin d'éviter toute perturbation, on fait appel à un réactif de couleur blanche nommé adjuvant qui rend la filtration facile et meilleur.

La préparation de la solution adjuvant et soufre liquide non filtré est réalisée dans des réservoirs (IR01) et (IR02) pour l'enduisage des filtres.

L'enduisage est une opération qui consiste à étaler une couche d'adjuvant sur les tamis des filtres pour réduire les ouvertures des mailles des tamis, dans le but de récupérer le maximum des cendres et impuretés que contient le soufre.

Les deux réservoirs de pré couche seront nécessaires pour bien opérer les huit filtres à plateaux dans les quatre lignes. Un ensemble de quatre filtres pour chaque réservoir.



Figure 12: les bacs de pré-couche

5. Section de filtration

L'importation de l'unité 263 est l'obtention du soufre liquide pur en le libérant des impuretés qu'il contient, afin de faciliter son utilisation dans le domaine industriel. Cette opération se déroule à travers 8 filtres. La pompe d'alimentation du soufre non filtré est courante et pompant le soufre du réservoir non filtré vers le réservoir du produit fini.

Les éléments filtrants doivent être entièrement submergés dans le soufre fondu à tout moment, pour empêcher la corrosion par la combinaison d'air de soufre (acide sulfurique).

L'opération de filtration se fait par deux types de filtre :



Rapport de stage

◆Filtre à plateaux.

◆Filtre finisseur.

5.1. Description du filtre

Un filtre est une sorte de virole cylindrique dont les extrémités sont bombées, il est composé d'une partie fixe et une partie mobile.

La partie mobile possède une calotte chemisée, calorifugée, alimentée par la vapeur à basse pression de 4.5 bars, relié au collecteur principal.

La partie fixe est cheminée, calorifugée, alimentée par 4 entrées de vapeur à basse pression de 4.5 bars, elle possède 4 entrées de soufre qui communique avec 4 sorties de débordement.

5.2. Filtre finisseur de filtre de polissage

Le filtre de polissage monté en série avec le filtre à plateau dans chaque ligne travaille en tandem avec ce dernier, cela signifie que le filtrat déchargé du filtre à plateaux passe à travers le filtre de polissage pour se décharger dans la ligne menant aux réservoirs de soufre filtré. Le filtre de polissage va piéger la teneur en cendres résiduelle dans le filtrat de filtre à plateaux afin de livrer du soufre propre ayant une teneur en cendres 5 à 7 ppm.

Le filtre de polissage agit également comme filtre de sécurité en emprisonnant tout dérapage de matériau de cendres du filtre à feuilles en cas da mauvais fonctionnement.

En cas d'afflux massif de charge de cendres du filtre de polissage, le taux de filtration est effectué et va provoquer l'arrêt da la filtration. Le filtre est alimenté en vapeur pour le couvercle et l'enveloppe de la coquille pour éviter la solidification / colmatage du soufre dans le filtre.

Rapport de stage



Figure 13: filtre finisseur

5.3. Filtre à plateaux ou filtre de pré couche

Dans chaque ligne deux pompes de soufre sont installées dans chaque réservoir non filtré. Ce dernier reçoit le soufre du fondoir approprié à la ligne. Chaque pompe est reliée avec le filtre à plateau dédié à chaque ligne de refoulement de pompe.

L'alimentation du soufre par pompe du soufre non filtré peut être démarrée lorsque le revêtement est terminé et les collecteurs de pré couche d'alimentation/retour sont isolés.

En général, trois fois le volume des réservoirs le pré couche doit être pompé vers les éléments, mais l'étape sera terminée quand la durée de revêtement est terminée.



Figure 14: filtre à plateaux



Rapport de stage

6. Section de stockage

Le soufre fondu et filtré provenant des sorties de tous les filtres est acheminé vers les cuves de soufre filtré par le biais d'un collecteur. Les pompes installées dans les cuves de soufre filtré par les installations de stockage principal du client.

Ces cuves comprenant également un système de chauffage par serpentins de vapeur basse pression (**4,5 bars**) pour éviter la solidification de soufre et sont équipées d'une conduite d'interconnexion avec vanne destinée à maintenir le même niveau dans les deux cuves de soufre filtré. Cela fournit une flexibilité opérationnelle qui permettra d'éviter les conditions de trop-plein. Pour les situations d'urgence de trop-plein, une fosse de vidange est fournie sous chaque cuve.

Le débitmètre de la conduite de refoulement des pompes enregistre la quantité transférée à partir de l'unité.



Rapport de stage

Chapitre 3 : Contrôles de qualité et analyses de soufre

Introduction

Durant la période de ce stage qui s'est déroulé dans le laboratoire d'analyse et de contrôle de soufre, j'ai participé à la réalisation des analyses assurant la qualité du soufre pendant toutes les étapes de fusion et de filtration du soufre.

Pour que l'unité 51 de production d'acide phosphorique soit satisfait du produit fini demandé, l'équipe de travail de l'unité 263 donne une importance à la qualité durant toute la période du traitement de soufre.

La qualité est définie par l'AFNOR : un produit ou service de qualité est un produit dont les caractéristiques lui permettent de satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs. La qualité est donc une notion relative basée sur le besoin. On doit en général rechercher davantage une qualité optimum, qu'une qualité maximum.

Depuis l'entrée du soufre dans l'unité 263 jusqu'à la sortie du produit fini, des analyses de contrôle de qualité sont y réalisées.

L'unité est équipée d'un laboratoire local dans lequel sont effectués des différentes analyses à savoir :

- Le taux de cendre dans le soufre liquide filtré.
- Le pH dans le soufre solide, liquide, et condensat.
- L'acidité contenue dans le soufre solide.
- Le pourcentage d'humidité contenue dans le soufre solide.
- Le pourcentage de chlorure contenu dans le soufre solide.
- Le pourcentage de carbone organique contenu dans le soufre solide.

Ces analyses sont obligatoires durant le parcours du traitement de soufre depuis l'arrivé au port jusqu'au stockage. L'échantillonnage du soufre traité se fait selon le schéma et le tableau suivant :

Rapport de stage

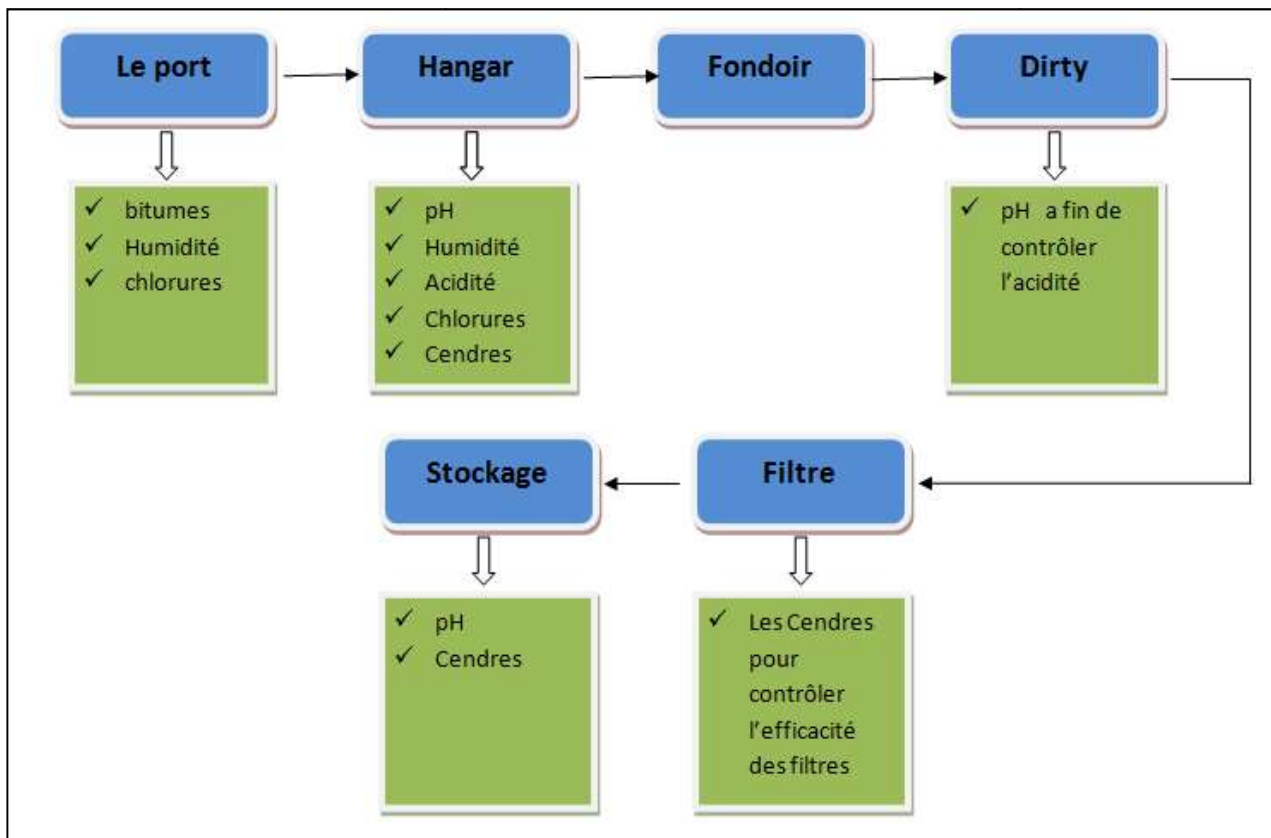


Figure 15:schéma des points d'échantillonnage

lieu	Navire	Déchargement	Hangar	Reprise	Fausse brute	Filtre	Stockage
Points D'échantillonnage	Chaque cale	Convoyeur	Sortie	Avant l'ajout de la chaux	-	Sortie du filtrat	-
Bitumes	Après accostage	Au cours de déchargement chaque 2h	-	En cas de besoin	-	-	-
Chlorures	Après accostage	Au cours de déchargement chaque 2h	Avant	Chaque 2h	-	-	-
Acidité	-	-	-	Chaque 4h	En cas de pH<7	-	-
Cendres	-	-	-	Chaque jour	-	Début et fin de cycle de filtration	Une fois par 24h
H ₂ O	Après accostage	Au cours de déchargement chaque 2h	Avant grattage	Chaque 2h	-	-	-
pH	-	-	-	-	Chaque 2h	-	Une fois par 24h

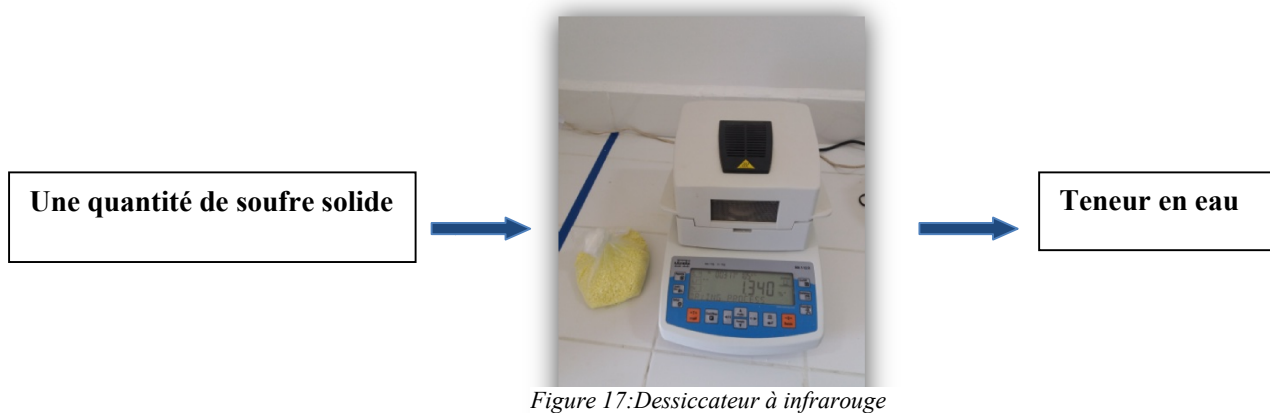
Figure 16:Tableaux d'une matrice d'échantillonna

I. Modes opératoires des analyses de soufre

1. Humidité

Avant le traitement de soufre, il est indispensable de mesurer le pourcentage de l'eau présent dans le soufre solide. Ce pourcentage ne doit pas dépasser 2%, dans le cas contraire il faut sécher le soufre naturellement à l'air libre.

Remarque : L'humidité à des dommages principalement dans la consommation d'énergie (énergie de vapeur).



Pour la mesure de l'humidité, on utilise un dessiccateur à infrarouge, son principe de travail est le suivant :

Sous l'effet des rayons infrarouge (IR) à une température de 105°C et durant 10 minutes, l'eau qui se trouve dans le soufre va être vaporisée ainsi que le dessiccateur indique le pourcentage de l'eau vaporisée.

2. Mesure de pH

Le pH mesure la concentration d'une solution aqueuse en ions oxonium H_3O^+ et le degré d'acidité ou de basicité d'une solution. Pour notre traitement, le soufre ne doit pas être ni acide ni basique, la valeur de son pH doit comprise entre 6,5 et 7,5 (neutre).

En générale, le soufre apporté dans l'unité est toujours acide. Ce problème d'acidité est traité par neutralisation du soufre solide, en ajoutant de la chaux hydratée.

Principe :

Broyer 50g du soufre solide jusqu'au passage intégral au tamis de 1 mm, mettre la prise d'essai dans une fiole de 250 ml, puis ajouter 10ml de méthanol et de l'eau distillée.

Rapport de stage

Agiter et jauger avec l'eau distillée de pH=7 et laisser reposer 5 minutes. Après, filtrer sur bande blanche, rejeter les premiers millilitres du filtrat et mesurer le pH du filtrat à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné avec des étalons de pH=4 et pH=7.

Expression du résultat : le résultat est donné directement par lecture de la valeur affichée sur l'appareil.



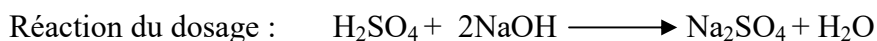
Figure 18: pH mètre

3. Acidité

Principe : dosage acido- basique à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium en présence d'une solution de phénolphtaléine.

Réactifs :

- Solution de Phénolphtaléine.
 - Solution d'hydroxyde de sodium pur 0,01N, soit (S₁).
 - Solution d'hydroxyde de sodium pur 0,1N, soit (S₂).
- Préparer un échantillon pour essai en broyant une quantité suffisante de l'échantillon non séché.
- Peser environ 10g de l'échantillon à analyser (pour la forte acidité) ou 25g (pour les faibles acidités) à 10mg près dans une fiole conique de 250ml, ajouter ensuite 200ml d'eau distillée. Boucher la fiole et agiter jusqu'à ce que le soufre soit complètement imbibé, agiter de nouveau durant 2 minutes. Laisser reposer durant 20 minutes en agitant de temps à autre.
- Titrer à l'aide de la solution d'hydroxyde de sodium (S₁) ou (S₂) selon l'acidité présente effectué un essai à blanc avec 200ml de l'eau distillée.



Rapport de stage

Expression des résultats :

On a :

D'après la réaction du dosage on a : $2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{NaOH})$

Donc :
$$\frac{2m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \frac{1}{2} \quad (M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol})$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49 \cdot V(\text{NaOH}) \cdot N(\text{NaOH}) \quad (C(\text{NaOH}) = N(\text{NaOH}))$$

Avec :
$$\% \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{PE \text{ (prise d'essai de soufre)}}$$

$$\% \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 1000 \text{ ml}$$

$$X \longrightarrow 100 \text{ ml}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (ppm)} = (V_e - V_b) \cdot 4,9 \cdot N(\text{NaOH}) \cdot 10^4 / PE$$

Avec :

V_e : volume de NaOH versé pour l'essai en ml.

V_b : volume de NaOH versé pour le blanc en ml.

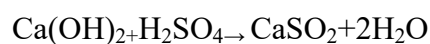
PE : prise d'essai en gramme.

NB : si on trouve une quantité d'acidité supérieure à 200 ppm, une quantité de chaux est ajoutée pour neutraliser l'acidité contenue dans le soufre.

Remarque : l'acidité détruit les matériaux.

• Expression des résultats pour connaître la quantité de la chaux (Ca(OH)₂) à ajouter :

On a la réaction qui se forme lors de l'ajout de la chaux sur le soufre :



$$n(\text{Ca(OH)}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{Ca(OH)}_2) = M(\text{Ca(OH)}_2) \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

On a :
$$\%(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{PE \text{ (prise de masse de soufre pesé)}} \times 100$$



Rapport de stage

donc :

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{M(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} \times \frac{\%(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot PE}{100}$$

Avec :

$$Q = \frac{m(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{\%(\text{Ca}(\text{OH})_2)} \times 100$$

$$Q = \frac{PE \cdot M(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot \%(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\%(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

4. Chlorures

Principe : Récupération des chlorures par l'eau distillée et dosage en milieu neutre des chlorures par argentimétrie.

Réactifs :

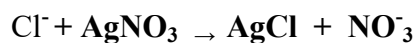
- Nitrate d'argent : solution titrée à 0.02N.
- Chromate de potassium : solution 100g/l.
- Carbonate de calcium.

Peser environ 50g de soufre broyé, introduire dans un erlenmeyer de 500ml, ajouter :

- 200ml d'eau distillée
- Agiter vigoureusement avec une baguette en verre
- Laisser décanter puis filtré sur filtre sec
- Prélever 100ml du filtrat dans un erlenmeyer de 250ml
- Vérifier le pH de la solution qui doit être entre 6 et 7, (ajouter 3 à 4 gouttes de chromate de potassium)
- Titrer à l'aide du nitrate d'argent jusqu'à la coloration rouge
- Faire un essai à blanc sur 100ml de l'eau distillée

Expression des résultats :

On a la réaction du dosage :



$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{AgNO}_3)$$

$$m(\text{Cl}^-) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{Cl}^-)$$



Rapport de stage

$$m(\text{Cl}^-) = 0.02 \times 35.5 \times V(\text{AgNO}_3)$$

$$m(\text{Cl}^-) = 0.71 \times V(\text{AgNO}_3)$$

$$\text{Avec : } \% (\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{PE(\text{masse de soufre peser})}$$

$$\% (\text{Cl}^-) = \frac{0.71 \times v(\text{AgNO}_3)}{PE}$$

$$\begin{array}{l} \text{On a : } \% (\text{Cl}^-) \quad \longrightarrow \quad 1000\text{ml} \\ \quad \quad \quad X \quad \quad \quad \longrightarrow \quad 100\text{ml} \end{array}$$

Donc :

$$\% (\text{Cl}^-) = \frac{0.71 \cdot V(\text{AgNO}_3)}{PE} \times 0.1 \times 2$$

2 est le rapport de correction ($R = \frac{200\text{ml}}{100\text{ml}} = 2$)

$$\% (\text{Cl}^-) = \frac{0.142 \cdot V(\text{AgNO}_3)}{PE}$$

$$\text{Cl}^-_{(\text{ppm})} = \frac{1420 \cdot (V_e - V_b)}{PE}$$

Avec : **V_e** : volume d'AgNO₃ versé pour l'essai en ml.

V_b : volume d'AgNO₃ versé pour le blanc.

5. Bitumes

Principe : En brûlant le soufre sec, le gaz carbonique est absorbé par l'ascarite qui sera pesé avant et après l'absorption.

Réactifs :

- Oxygène
- Eau oxygénée H₂O₂ 35%
- Acide sulfurique concentré 95%
- Acide chromique : Cr₂O₃ saturée dans l'acide sulfurique



Rapport de stage

- Ascarite : Amiante Sodée

➤ La méthode consiste à brûler complètement l'échantillon d'environ 1g de soufre sec contenant les composés de carbone dans un courant d'oxygène pour former l'anhydride sulfurique et le gaz carbonique. L'anhydride sulfurique dans le mélange de gaz est alors converti en acide sulfurique et absorbé par une solution d'acide chromique, le mélange de gaz sans traces de composés de soufre est séché avec l'anhydrome (perchlorate de magnésium anhydre) qui n'absorbe pas de gaz carbonique. Ce dernier, en présence dans le mélange gaz, est finalement absorbé par l'ascarite placée dans un tube de verre en U est pesée avant et après l'absorption, l'augmentation de poids est une mesure directe de la quantité de gaz carbonique produite lors de la combustion et indique par conséquent la quantité de carbone brûlé.

Expression des résultats :

On calcule la teneur en bitumes selon la formule :

$$\text{Carbone Organique \%} = (A-B) \cdot 0.272916 \cdot 100/E$$

Dans laquelle :

A : poids du tube de verre en U après absorption.

B : poids du tube de verre en U avant absorption.

E : prise d'essai.

0.272916 : facteur de conversion $((C+O_2 - CO_2) C/CO_2 = 12.01/44.01)$

6. Cendres

Principe : combustion lente dans l'air d'une prise d'essai de soufre sec, suivie d'une calcination dans un four à 850-900°C et pesée.

Réactifs :

- Néant

➤ Peser à 0,01g près, dans la capsule préalablement calciné à 850-900°C pendant au moins 10 mn, refroidi en dessiccateur et tarée à 0,1g.

Rapport de stage

- 50g environ pour le soufre naturel.
- 100g environ pour le soufre filtré et artificiel.
- Placer sur une plaque chauffante.
- Faire fondre doucement le soufre.
- L'enflammer à l'aide d'une petite flamme de gaz.
- Après combustion totale du soufre, (entre 2h et 3h), calciner le résidu au four à moufle à $875^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ pendant 1 heure.
- Laisser refroidir en dessiccateur et peser à 0,1mg près.

Expression des résultats :

On calcule la teneur en cendre selon la formule suivante :

$$\text{Cendre (ppm)} = m \frac{10^6}{PE}$$

Avec :

m : masse en gramme du résidu après calcination.

PE : masse en gramme de la prise d'essai.

II. Résultats des analyses effectuées

Dans cette partie on va discuter les analyses réalisées sur un échantillon de soufre depuis l'entrée jusqu'à la sortie du produit fini.

Tout d'abord, il faut avoir une idée sur l'énorme de chaque analyse :

- Humidité < 2 %
- Cendres < 16 ppm
- Acidité < 200 ppm
- $6,5 < \text{pH} < 7,5$
- Chlorures < 30 ppm

✓ Les tableaux suivants montrent les résultats des analyses réalisées sur des échantillons de soufre entrant à 07h00 durant 26 jours, (du 10/04/2018 jusqu'à 05/05/2018) :

Rapport de stage

a) Résultats du pH

date	10/avril	11/avril	12/avril	13/avril	14/avril	15/avril	16/avril	17/avril	18/avril	19/avril	20/avril	21/avril	22/avril
pH	5,55	6,30	6,10	8,12	10,65	10,13	7,00	8,68	5,14	6,23	6,18	6,30	9,12
date	23/avril	24/avril	25/avril	26/avril	27/avril	28/avril	29/avril	30/avril	01/avril	02/avril	03/avril	04/avril	05/avril
pH	8,85	9,14	7,45	6,29	7,95	5,65	6,81	7,55	6,30	8,52	8,19	7,66	6,20

Figure 19: Tableaux des résultats d'analyses du pH

Remarque : Ces valeurs de pH obtenus après le traitement du soufre par la chaux.

Avec :

- La moyenne = 7,39
- L'écart-type = 1,46

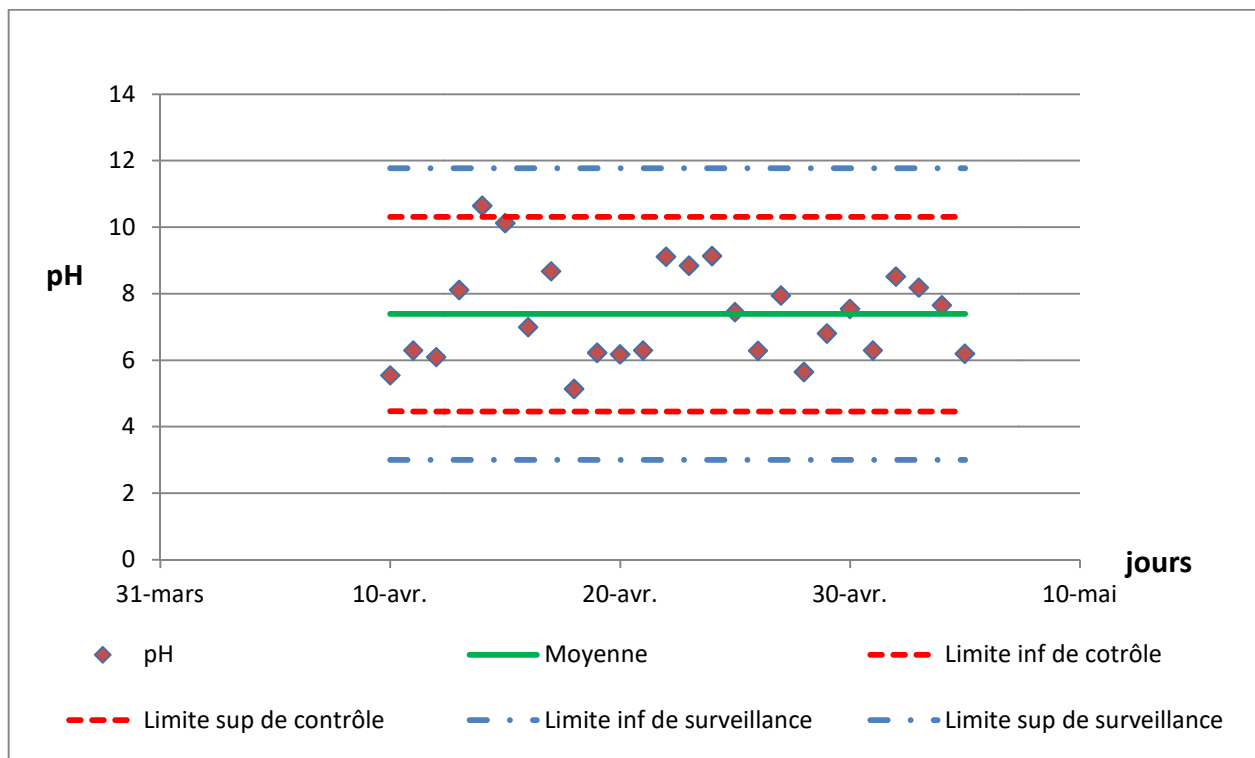


Figure 20: Carte de contrôle du pH

Rapport de stage

D'après la carte de contrôle de la figure 20, toutes les valeurs de pH sont incluses dans les deux limites de contrôle, sauf le point du 5^{ème} jour (14/04/2018). Aussi les points sont distribués d'une manière aléatoire, ce qui montre l'absence d'une tendance.

b) Résultats d'humidité

date	10/avril	11/avril	12/avril	13/avril	14/avril	15/avril	16/avril	17/avril	18/avril	19/avril	20/avril	21/avril	22/avril
H ₂ O	1.84	1.90	1.81	3.56	2.62	2.24	2.62	2.24	3.16	3.20	2.45	4.11	3.18
date	23/avril	24/avril	25/avril	26/avril	27/avril	28/avril	29/avril	30/avril	01/avril	02/avril	03/avril	04/avril	05/avril
H ₂ O	1.16	0.98	1.45	2.80	2.78	2.13	4.16	5.23	2.15	1.11	1.35	0.84	1.52

Figure 21: Tableaux des résultats d'analyses d'humidité en %

Avec :

- La moyenne = 2,40 %
- L'écart-type = 1,09 %

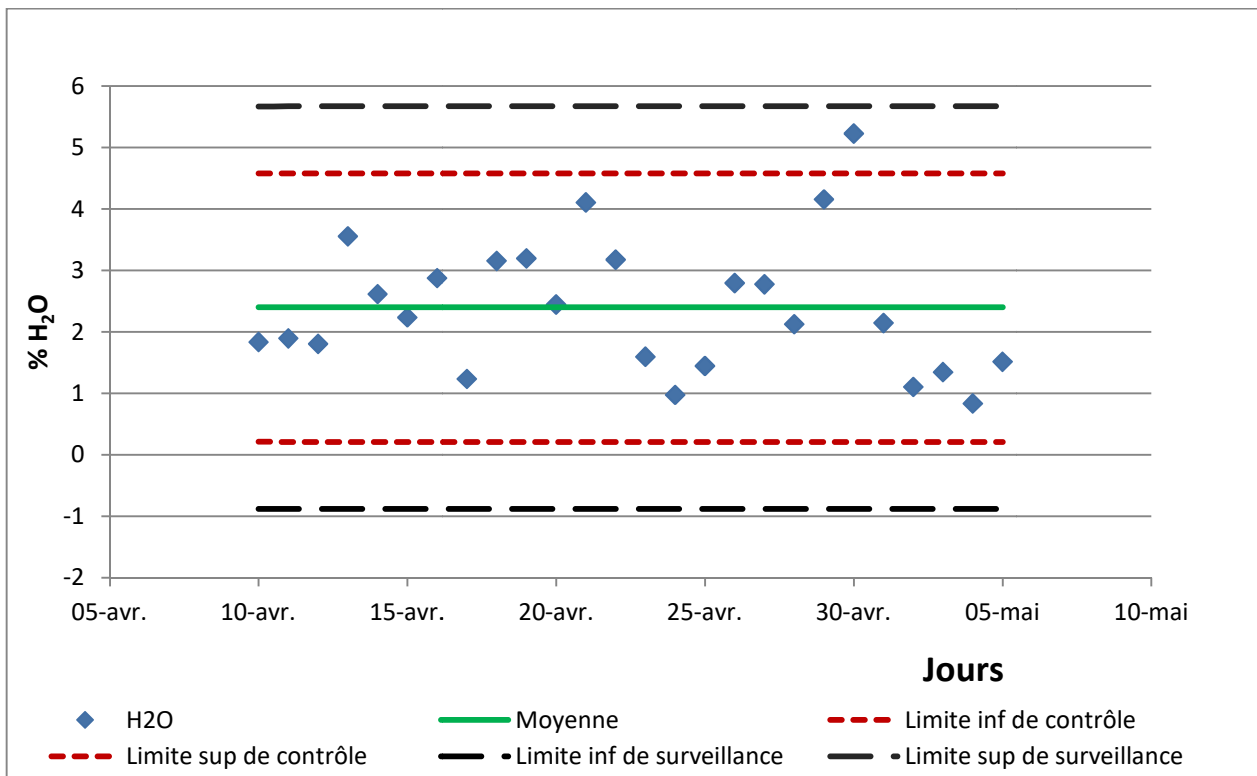


Figure 22: Carte de contrôle d'humidité

Rapport de stage

D'après la carte de contrôle de la figure 22, toutes les valeurs d'humidité sont incluses dans les deux limites de contrôle, sauf le point du 21^{ème} jour (30/04/2018). Ça implique que le pourcentage d'humidité est supérieur au norme (2%) donc il faut laisser le soufre séché à l'air libre avant de commencer son traitement de fusion.

Aussi, on remarque que les points sont distribués d'une manière aléatoire, ce qui montre l'absence d'une tendance systématique.

c) Résultats des cendres

date	10/avril	11/avril	12/avril	13/avril	14/avril	15/avril	16/avril	17/avril	18/avril	19/avril	20/avril	21/avril	22/avril
Cendres _(ppm)	30	26	20	33	39	19	25	32	41	21	18	26	32
date	23/avril	24/avril	25/avril	26/avril	27/avril	28/avril	29/avril	30/avril	01/avril	02/avril	03/avril	04/avril	05/avril
Cendres _(ppm)	33	24	19	20	23	36	29	18	28	38	21	27	29

Figure 23:tableaux des résultats d'analyses des cendres

Remarque : Ces résultats obtenus après filtration du soufre liquide.

Avec :

- La moyenne = 27,19 ppm
- L'écart-type = 6,85 ppm

Rapport de stage

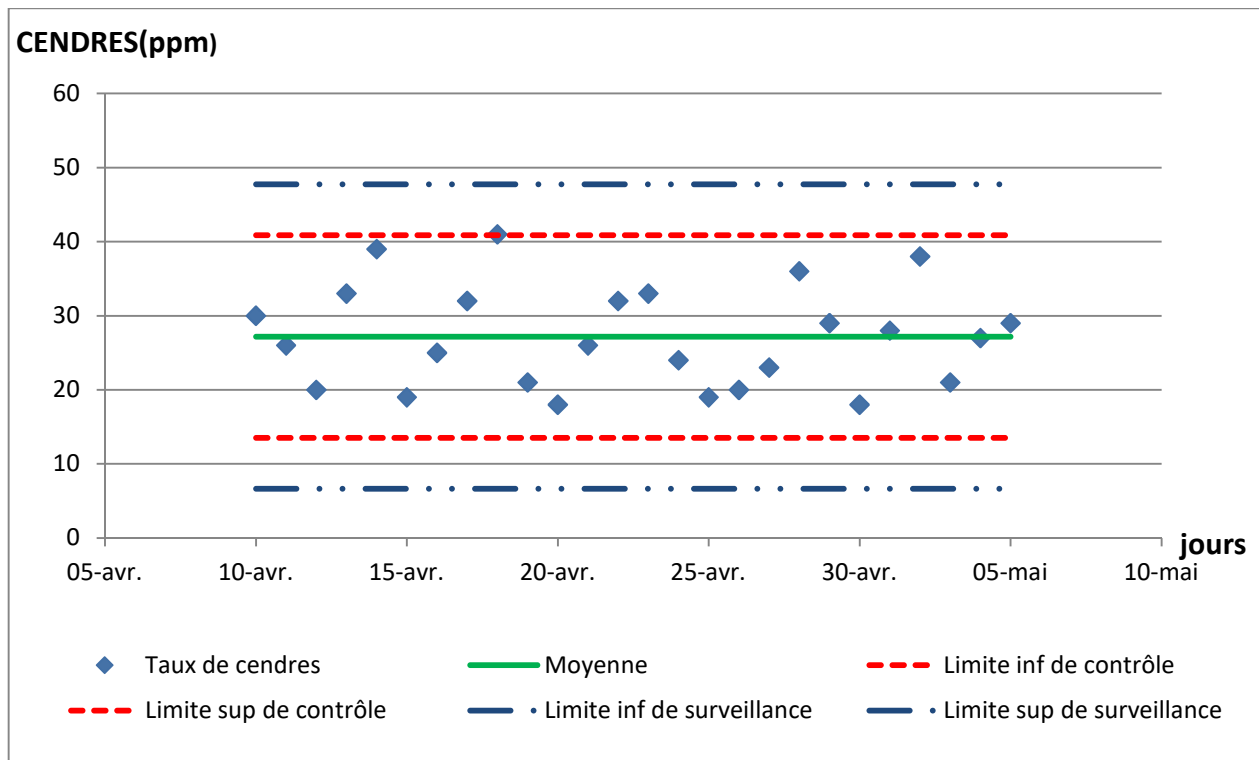


Figure 24: Carte de contrôle des cendres

D'après la carte de contrôle de la figure 24, toutes les valeurs du taux de cendres sont comprises dans les deux limites de contrôle. Donc le procédé est sous contrôle (le graphique est normal).

On conclure que les filtre fonctionne bien.



Rapport de stage

Conclusion

Ce rapport traite les analyses et les contrôles de qualité réalisés au cours du traitement de soufre au sein de l'unité 263 de fusion et filtration de soufre.

L'unité 263 m'a permis de décrire le procédé de fusion et de filtration de soufre qui contient plusieurs étapes, commençant par le stockage du soufre solide dans les hangars, qui va en suite transporté via des convoyeurs à bande aux fondoirs afin de transformer le soufre de l'état solide à l'état liquide sous une température de $T = 175^{\circ}\text{C}$, et puis le soufre liquide va suivre une filtration pour l'obtention du soufre filtré.

J'ai intégré au laboratoire de l'unité où j'ai participé à la réalisation des analyses sur le soufre.

Dès l'entrée du soufre dans les hangars, des analyses d'humidité, de pH, d'acidité, de chlorures et de cendres sont réalisés afin de faire des corrections dans le cas des problèmes. En général, le soufre est toujours acide. Ce problème est traité par l'ajout de la chaux sur le soufre.

Les mesures de pH et de cendres restent toujours sous contrôle via un suivi par la carte de contrôle afin de s'assurer de l'efficacité du traitement du soufre par la chaux et les filtres.



Rapport de stage

Références :

- <http://www.ocpgroup.ma/fr>
- <https://www.medias24.com/MAROC/ECONOMIE/ENTREPRISES/182455-OCP-120-milliards-de-DH-a-investir-d-ici-2030.html>
- RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES ; Licence professionnelle ; Présenté par : Majid Mohamed ; sous titre : Etude des boucles de régulation et programmation de régulateur PID. UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI FACULTE DES SCIENCES EL JADIDA 2017.
- RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES ; Licence ; Réalisé par Mohammed Aabli ; sous titre : Amélioration des performances De l'unité de fusion-filtration De soufre U263 2016.