



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Processus de fabrication de l'acide phosphorique 28%
Et
Amélioration de performance de la section d'assainissement des gaz
(LIGNE E)**

Présenté par :

◆ LAHKIM Mohamed Adnan

Encadré par :

◆ Mr. KASRI Mohamed Amine (Société)

◆ Pr. FARAH Abdellah (FST)

Soutenu Le 6 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr. A. FARAH

- Pr. M. CHAOUQUI

- Pr. K. SKALLI

Stage effectué à O.C.P JORF LASFAR (LIGNE E)

Année Universitaire 2016 / 2017

Remerciements

Mes remerciements les plus sincères s'adressent à mon parrain de stage, **Mr. Mohamed Amine KASRI**, pour sa disponibilité et sa qualité d'encadrement, ainsi qu'à mon responsable de stage **Mme Laïla MOUAZZI**, pour m'avoir confié un sujet de stage de grande importance.

Ma profonde reconnaissance s'adresse à **Mr. Mourad HROURA**, contremaître de la Ligne E, **Mr. Rachid hafd** pour leur esprit d'équipe qui m'a donné plus de motivation pour réaliser ce travail.

Mon immense gratitude s'adresse à **Mr. kabous** qui a fait preuve d'une grande disponibilité à mon égard.

Je remercie également le **professeur Abdellah FARAH**, mon encadrant pédagogique, pour son amabilité et ses précieux conseils.

Que tout le personnel de la ligne E, ayant contribué d'une manière ou une autre dans la réalisation de ce travail, trouve, ici, l'expression de mes sincères remerciements.

Dédicaces

Je dédie tous mes moments de labeur à mes chers parents avec tous les sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour nous élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions.

A mes chères Sœurs aucun mot ne pourra décrire vos dévouements et vos sacrifices.

A tous mes amis, en témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses.

A tous les gens qui ont cru en moi et qui me donnent l'envie d'aller en avant, je vous remercie tous, votre soutien et vos encouragements me donnent la force de continuer.

Résumé

Dans le cadre de sa politique de garder son rang de leader sur le marché du phosphate, le groupe OCP s'engage dans l'amélioration continue des procédés et des performances de production. De ce fait, les Directions Industrielles d'OCP disposent des procédés différents pour la fabrication d'acide phosphorique à partir de la pulpe de phosphate. Ces procédés diffèrent du point de vue de leur performance de production d'acide phosphorique pour des raisons dues au choix du procédé et les paramètres de pilotage de la production.

Le procédé de fabrication de l'acide phosphorique utilisé est par voie humide, dans lequel l'acide est obtenu par attaque directe du phosphate minéral par l'acide sulfurique dilué par l'acide phosphorique moyen. Pendant les réactions résultantes de l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique, il y a dégagement d'un certain nombre de substances gazeuses.

Certaines d'entre elles sont toxiques, d'où la nécessité de traiter les gaz avant leur évacuation vers l'atmosphère. Parmi ces substances toxiques, on cite SiF_4 , HF, et CO_2 .

Ainsi, il m'a été confié dans le cadre de ce présent travail de :

- Réaliser un bilan du fluor.
- Réaliser une caractérisation des gaz et leurs références.
- Réaliser une caractérisation des compositions.
- Analyser l'aspect visuel du gaz au niveau de la cheminée.
- Améliorer les performances de la section lavage en tenue :
 - Aspect visuel.
 - Dégagement fluor.

Mots-clés : phosphate, pulpe, procédés, acide phosphorique, amélioration, performance.

TABLE DES MATIERS

INTRODUCTION GENERALE -----	1
CHAPITRE 1 : -----	2
PRESENTATION GENERALE DE LA PLATEFORME INDUSTRIELLE DE JORF LASFAR AVEC SES DIFFERENTES UNITES. -----	2
I. LA PLATEFORME DE JORF LASFAR -----	3
II. LES UNITES DE JORF LASFAR -----	3
II.1. MAROC PHOSPHORE III & IV -----	4
II.2. LES JOINT-VENTURES -----	4
II.3. LES PROJETS ODI (OWN DIRECT INVESTMENT) -----	4
II.4. PROJET DOWN STREAM -----	5
II.5. LA DIRECTION DE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT -----	5
III. L'APPROCHE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE DU GROUPE OCP -----	5
CHAPITRE 2 : -----	6
DESCRIPTION DES PROCEDES DE FABRICATION D'ACIDE PHOSPHORIQUE -----	6
LIGNE E -----	6
I. LA PRODUCTION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE -----	7
I.1. VOIE THERMIQUE-----	7
I.2. VOIE HUMIDE-----	7
II. DESCRIPTION DU PROCEDE DE FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LA LIGNE E -----	9
II.1. UNITE D'ÉPAISSISSEMENT -----	9
II.2. FLOCCULATION -----	11
II.3. UNITE ATTAQUE-MATURATION -----	11
II.4. SYSTEME DE REFROIDISSEMENT-----	13
II.5. SECTION DE FILTRATION -----	14
II.6. LA SECTION ASSAINISSEMENT -----	17
CHAPITRE 3 : -----	18
BILAN DU FLUOR ET CARACTERISATION DES GAZ ET LEUR REFERENCE -----	18
I. CHAMP D'APPLICATION -----	20
II. BILAN THEORIQUE DU FLUOR -----	22
CHAPITRE 4 : -----	25
AMELIORATION DES PERFORMANCES SECTION LAVAGE EN TENUE : -----	25
I. POSITION DU PROBLEME -----	26
II. AMELIORATION DES PERFORMANCES DE LA SECTION LAVAGE -----	26
II.1. ACTIONS PROPOSEES-----	26
II.2. ACTION EFFECTUES -----	26
CONCLUSION -----	31

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : CARTE SATELLITE DU SITE DE JORF LASFAR.	3
FIGURE 2 : SCHEMA SIMPLIFIE DE LA PRODUCTION D'ACIDE PHOSPHORIQUE 28%.....	8
FIGURE 3 : SCHEMA DE LA SECTION EPAISSISSEMENT.....	10
FIGURE 4 : LA CUVE D'ATTAQUE ET LA CUVE DE MATURATION JACOBS DE LA LIGNE E.	12
FIGURE 5 : FILTRE PRAYON	15
FIGURE 6 : SCHEMA SIMPLIFIE DU FONCTIONNEMENT DU FILTRE PRAYON DE LA LIGNE E.	16
FIGURE 7 : SCHEMA SIMPLIFIE DU FUME SCRUBBER DE LA LIGNE E.....	17
FIGURE 8 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LAVAGE DES GAZ A LA SORTIE D'UNITE ATTAQUE FILTRATION.	21
FIGURE 9 : SCHEMA SIMPLIFIEE D'ASSAINISSEMENT FUME SCRUBBER.	21
FIGURE10: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE.....	28
FIGURE11: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE.....	28
FIGURE12: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE.....	29
FIGURE13: ACTION PROPOSEE	30

Introduction générale

Tout procédé industriel vise à atteindre une performance de production optimale; c'est bien le cas des procédés de production d'acide phosphorique. Utilisant la pulpe de phosphate, la production d'acide phosphorique au niveau de la ligne E du groupe OCP, ayant été sujet de mon stage PFE, produisent de l'acide phosphorique par voie humide et par attaque sulfurique selon le procédé Dihydrate. Ces procédés sont constitués de trois opérations clés, à savoir l'épaississement de la pulpe de phosphate, l'attaque et la filtration.

De ce fait, l'établissement de certaines exigences est nécessaire pour assurer la stabilité de la marche : il s'agit des paramètres de marche lié à la production phosphorique.

Or, avec toutes les fluctuations de ces paramètres influençant directement la performance de la production, et engendre le dégagement des gaz provenant de la réaction de production une amélioration des procédés est indispensable pour identifier les différents problèmes et établir un ensemble de bonnes pratiques permettant, par la suite, d'atteindre les objectifs prédéfinis.

Dans ce contexte, il m'a été demandé de conduire une étude descriptif de la ligne E en terme du procédé, des paramètres de marche et des performances actuelles, et ce dans la finalité d'établir les paramètres sur lesquelles je dois travailler pour améliorer la performance de la section d'assainissement des gaz dégagés.

Le présent rapport récapitule le travail réalisé tout au long de mon stage de fin d'études. Il est organisé comme suit :

- ➔ **Le chapitre 1** : présentation générale de la plateforme industrielle de Jorf Lasfar avec ses différentes unités,
- ➔ **Le chapitre 2** : description des procédés de fabrication d'acide phosphorique de la ligne E,
- ➔ **Le chapitre 3** : Faire un bilan du fluor et faire une caractérisation des gaz et leur référence.
- ➔ **Le chapitre 4** : amélioration des performances de la section d'assainissement et du lavage en tenue :
 - Aspect visuel.
 - Dégagement fluor.

Chapitre 1 :

Présentation générale de la plateforme industrielle de Jorf Lasfar avec ses différentes unités.

I. La plateforme de Jorf Lasfar

Situé à 20 km au Sud-Ouest de la ville d'El Jadida et à 180 km des gisements de phosphate de Khouribga, le complexe industriel de Jorf Lasfar occupe une superficie de 1800 ha dédiée à son activité de fabrication d'acide phosphorique et d'engrais de différentes formulations, nous y trouvons :

- ACP (Acide phosphorique marchand)
- APP (Acide phosphorique purifié)
- MAP (Mono-Ammonium Phosphate)
- DAP (Di-Ammonium Phosphate)
- NPK (Engrais complexe)
- NPS (Ammonium Sulfo-phosphate)
- TSP (Triple superphosphate)

La production de la plateforme de Jorf Lasfar atteint un chiffre de 3,1 MT P₂O₅/ an sous forme d'acide phosphorique et environ 6 MT/an d'engrais solides. Le site de Jorf Lasfar se compose du complexe industriel et du port présentés sur la figure suivante :



FIGURE 1 : CARTE SATELLITE DU SITE DE JORF LASFAR.

II. Les unités de Jorf Lasfar

II.1. Maroc Phosphore III & IV

Il s'agit du noyau du complexe industriel de Jorf Lasfar vu l'ampleur de sa surface et donc sa part dans la production totale du complexe avec 8 lignes, 3 d'entre elles sont des lignes RHONE-POULENC et 5 sont des lignes revampées. Dans le cadre de la politique industrielle du groupe OCP qui repose sur les trois axes suivants : l'augmentation de la capacité, la réduction des coûts et la flexibilité, le projet Slurry Pipeline se trouve au cœur des projets de développement. L'atelier phosphorique de Maroc Phosphore III & IV valorise progressivement la pulpe de phosphate au lieu du phosphate sec par l'adaptation des 8 lignes actuelles à la pulpe de phosphate selon le procédé PRAYON MARK IV et la construction d'une nouvelle unité de production d'acide phosphorique au sein du complexe industriel ; il s'agit de la ligne E qui utilise comme procédé celui de JACOBS et comme matière première la pulpe de phosphate.

II.2. Les joint-ventures

Vu que la demande du phosphate et ses dérivés a connu une croissance très importante, il est nécessaire de nourrir ce besoin accru de la population mondiale, ce qui justifie le pas du groupe pour créer des joint-ventures avec ses partenaires présentés comme suit :

EMAPHOS (EURO MAROC PHOSPHORE) : C'est le premier partenariat du groupe pour l'activité chimique (la production de l'acide phosphorique purifié) avec le Groupe Belge PRAYON et le Groupe Allemand CHEMISCHE FABRIK BUDENHEIM.

IMACID (INDO MAROC PHOSPHORE) : Son activité est consacrée à la production de l'acide sulfurique et l'acide phosphorique. C'est un partenariat entre OCP SA, CHAMBAL FERTILIZERS AND CHEMICALS LTD et TATA CHEMICAL LTD.

PMP (PAKISTAN MAROC PHOSPHORE) : Son activité ne diffère pas de celle d'IMACID et est le résultat d'un partenariat du groupe OCP avec le Groupe Pakistanais FAUJI.

BMP (BUNGE MAROC PHOSPHORE): C'est un partenariat avec le Groupe Brésilien BUNGE et produit les engrais en plus de l'acide sulfurique et l'acide phosphorique. Depuis 2014, Cette entité appartient complètement à OCP SA et est devenue JORF FERTILIZERS COMPANY V (JFC V).

Il s'agit d'un ensemble de projets d'infrastructures de stockage, de conditionnement et de manutention des matières premières et des produits finis entre les nouvelles usines et le port, avec la mise à la disposition des utilités nécessaires. Nous trouvons parmi les projets : les circuits de distribution de la pulpe de phosphate, l'usine de dessalement d'eau de mer et l'unité de production de vapeur.

II.3. Les projets ODI (Own Direct Investment)

Poursuivant sa politique de développement industriel et en vue d'augmenter la capacité de production d'engrais et répondre ainsi à la demande croissante du marché, OCP lance à Jorf Lasfar

la construction de 4 nouvelles lignes intégrées ou ODI comprenant chacune une ligne sulfurique, une ligne phosphorique et une ligne de production des engrais DAP.

II.4. Projet Down Stream

Il s'agit d'une station de conditionnement par filtration, séchage, pelletisation et stockage humide de la pulpe de phosphate provenant par pipeline de la mine de Khouribga et destinée à l'export. L'usine de séchage est dotée d'une unité de traitement des gaz en conformité avec les lois environnementales en vigueur.

II.5. La Direction de Recherche et Développement

Cette direction représente la R&D Corporate. Elle réalise principalement des travaux de recherche et développement sur des thématiques liées à toute la chaîne de valeur du phosphate ainsi que sur des thèmes transverses (eau, environnement, corrosion..).

II.6. Le port de Jorf Lasfar

Le site de Jorf Lasfar a l'avantage d'être à proximité de l'une des plus grandes plateformes portuaires du Royaume. Ce port est utilisé principalement pour le déchargement des matières premières (Souffre, ammoniac, etc.) et le chargement des produits finis (Acide phosphorique et engrais).

III. L'approche sociale et environnementale du groupe OCP

En phase avec la production des dérivés de phosphate, le groupe OCP adopte une politique de préservation de l'environnement et investit dans la mise en œuvre des stratégies de développement propre et de respect de l'écosystème.

En outre, le groupe OCP s'engage en matière de sécurité des personnes et des installations en développant une culture sécurisée basée sur l'anticipation et la prévention et des standards de classe mondiale en matière de sécurité.

Toujours fidèle à sa réputation d'acteur de développement durable, OCP Jorf Lasfar continue un grand nombre d'actions citoyennes dans plusieurs domaines : Bienfaisance, éducation, infrastructures de base (eau potable, pistes, routes, etc.)

Chapitre 2 :

**Description des procédés de fabrication
d'acide phosphorique**

Ligne E

Ce chapitre se décline en deux parties. La première est consacrée à une présentation générale de la production d'acide phosphorique. Quant à la deuxième partie, elle sera dédiée à la description de la ligne E.

I. La production de l'acide phosphorique

L'acide phosphorique est l'élément principal dans l'industrie des phosphates, particulièrement pour la production des engrais, voire les industries pharmaceutique et agroalimentaire. Il est obtenu en transformant les phosphates : des roches riches en phosphore qui est un élément essentiel dans la vie.

L'acide phosphorique est obtenu soit par voie thermique, soit par voie humide.

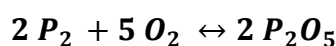
I.1. Voie thermique

Il s'agit d'une thermo-réduction du phosphate naturel en présence de coke et des particules de silice pour obtenir le phosphore selon la réaction suivante :

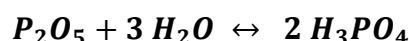


La chaleur nécessaire à cette conversion est fournie par un four électrique (1500°C).

Le phosphore gazeux est condensé à une température de 45°C dans une colonne arrosée. Ensuite, le phosphore liquide subit une oxydation, en présence de l'oxygène atmosphérique, dans un four de combustion selon la réaction suivante :



Du fait que P_2O_5 est volatil, une absorption à l'eau est nécessaire suivant la réaction :



L'acide ainsi produit est de grande pureté. Cependant, les charges énergétiques élevées font de cette voie un chemin inaccessible par la plupart des industriels.

I.2. Voie humide

La fabrication d'acide phosphorique fait intervenir 3 opérations principales :

- Préparation du minerai : qui est soit le phosphate sec, soit la pulpe de phosphate,
- Attaque du minerai par l'acide sulfurique,
- Filtration pour la récupération de l'acide phosphorique.

Les procédés par voie humide sont largement utilisés dans le monde industriel du fait qu'ils donnent un acide de faible prix de revient.

Tout procédé d'acide phosphorique au niveau du complexe de Jorf Lasfar adopte la fabrication de l'acide phosphorique par voie humide, à base de la pulpe de phosphate, présentée sur le schéma suivant :

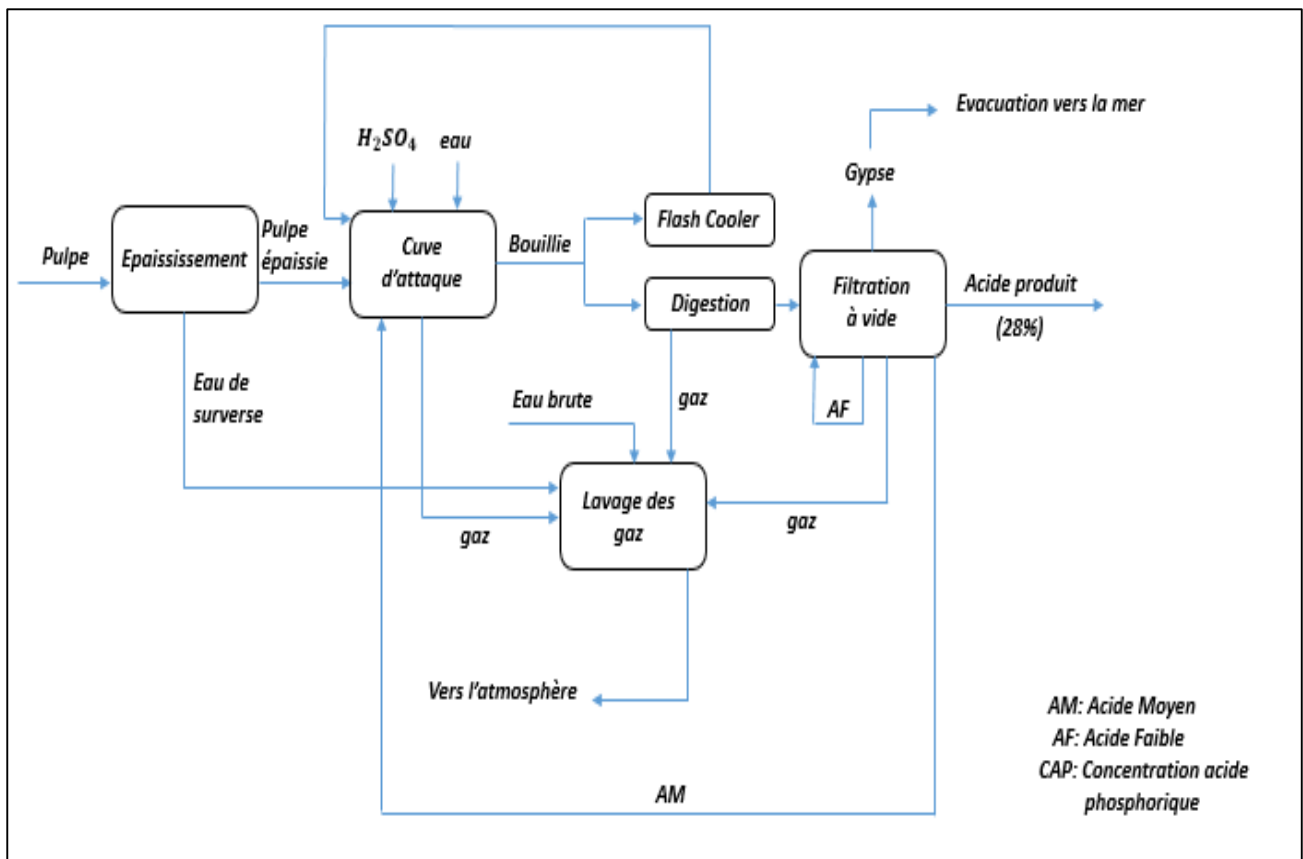


FIGURE 2 : SCHEMA SIMPLIFIE DE LA PRODUCTION D'ACIDE PHOSPHORIQUE 28%

- **Filtration**

Elle peut être définie comme la séparation solide-liquide ou solide-gaz en passant par les suspensions (mélange d'une phase continue « gaz ou liquide » et d'une phase dispersée) à travers un milieu perméable qui retient les particules solides (phase dispersée). L'objectif principal de cette séparation consiste en la récupération d'une phase ou l'autre ou les deux à la fois selon le besoin.

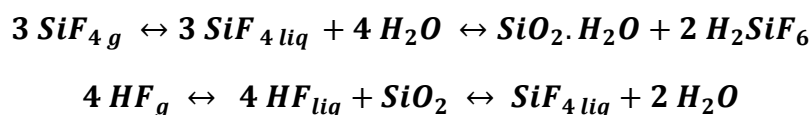
La filtration dans la production d'acide phosphorique consiste à récupérer l'acide liquide et se débarrasser du phospho-gypse solide. L'opération s'effectue avec une chute de pression pour faciliter l'écoulement du liquide à travers l'agent de filtration (milieu filtrant).

- **Assainissement**

Pendant les réactions résultant de l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique, il y a dégagement d'un certain nombre de substances gazeuses. Certaines d'entre elles sont toxiques, d'où la nécessité de traiter les gaz avant leur évacuation vers l'atmosphère. Parmi ces substances toxiques, je cite SiF₄, HF et CO₂.

Le CO₂, très peu soluble dans l'eau, persiste après lavage et passe vers l'atmosphère à travers la cheminée. Le SiF₄ et l'HF sont solubles dans l'eau et donc peuvent être captés par le lavage. L'efficacité de lavage est d'autant meilleure que l'eau de lavage est pauvre en fluor.

Les réactions de l'opération d'assainissement sont :



II. Description du procédé de fabrication de l'acide phosphorique dans la ligne E

Cette unité ne fait que la fabrication de l'acide phosphorique et elle est conçue pour produire 1400 TP₂O₅/jour avec un rendement chimique optimal de 95%.

Elle se compose de deux unités :

UNITE D'ÉPAISSISSEMENT	Unité 02
UNITE D'ATTAQUE-FILTRATION	Unité 03

II.1. Unité d'épaississement

Le principe de l'épaississement est toujours le même. L'atelier phosphorique de la ligne E reçoit la pulpe dans un bac de réception 02ER01 de capacité 2154 m³ et dispose, d'un épaisseur (ou tickener) de capacité 1540 m³, équipé d'un racleur et agitateur de la pulpe 02EA06, pour la préparation de la pulpe de phosphate intégrant la cuve d'attaque.

Pour améliorer la marche de la production de l'acide phosphorique, La ligne E a adopté un test de sédimentation de la pulpe reçue depuis Khouribga, effectué chaque début de poste au niveau du laboratoire central. Ce test consiste à remplir une éprouvette de 1000 ml de pulpe et calculer son temps de décantation jusqu'à 900 ml, et ceci a permis de définir 3 qualités de pulpe, chacune avec les paramètres de marche adéquats.

Cette unité d'épaississement se compose aussi :

Des pompes de transfert et recirculation 02EP01/P05 et P07

Une station du flocculant 02EW01 comprend un réservoir à trois compartiments, trois agitateurs et un système de dosage, son rôle est :

Attaquer le problème du faible diamètre des particules de phosphate de 1mm à 1µm ;

Le but est de provoquer une agglomération afin d'assurer une masse suffisante pour la décantation et l'augmentation de la concentration en solide de la pulpe.

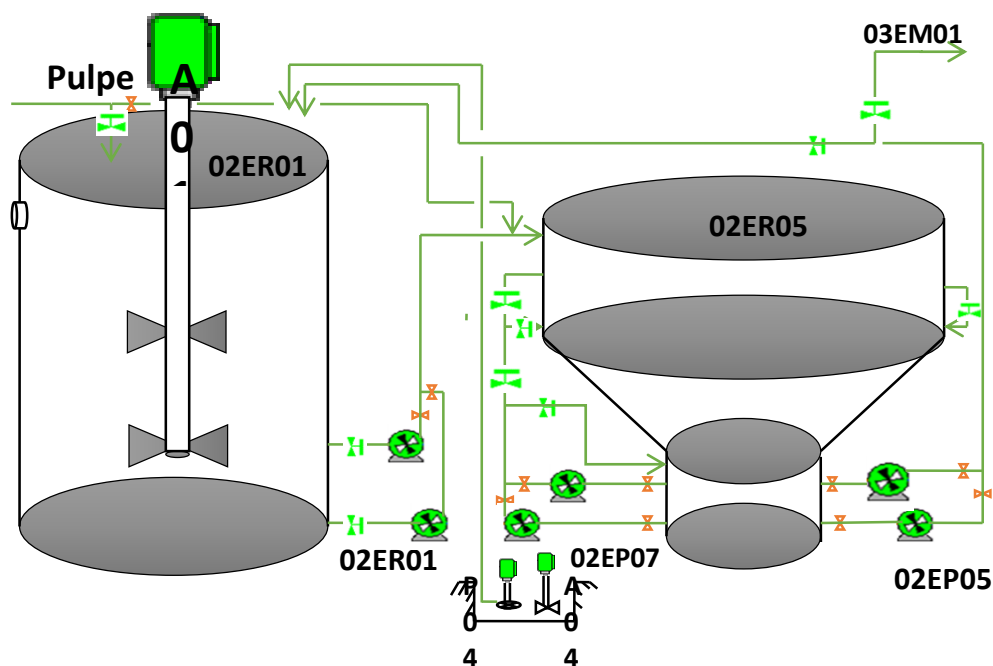


FIGURE 3 : SCHEMA DE LA SECTION EPAISSISEMENT

Le taux de solide maximal pouvant être atteint pour le transport de phosphate via de pipeline est de 53%, ce qui est trop dilué au niveau du réacteur, C'est pourquoi un épaisseur est nécessaire pour ramener la pulpe au taux de solide adéquat.

L'épaississement c'est une opération qui consiste à augmenter la concentration en solide de la pulpe de 55% à 65% pour avoir une densité de la pulpe de 1.680 à 1.7 tout en exploitant la quantité d'eau extraie .

Cette opération est réalisée par un THICKENER 02ER05, qui est équipé de quatre équipements principaux :

P-DUK 02EA06 (agitateur).

Racleur 02EA05.

Pompes de recirculation 02EP07/KP07.

Pompes de transfert 02EP05/KP05.

Le transport de la pulpe de Khouribga vers la station terminal de JORF LASFAR est assuré par le pipeline vers deux bacs de Stock principal de Capacité de 6000m³, destinées pour les lignes phosphorique (JVS, ODS...).

Le bac de réception 02ER01 réceptionne de La pulpe du terminal à 55% de taux de solide, mesurée par le débitmètre FIT-010, l'agitateur s'arrêtera une fois le niveau LIT-008, atteint le niveau bas soit 2.1m équivalent d'un pourcentage de 16% à 18% de sa capacité.

La pompe 02EP01 se charge de transférer la pulpe vers l'épaisseur à un débit de 280 à 320m³/h (voir caractéristique), une pompe en réserve est mise en place 02EKP01 en cas de besoin, le flux

des deux pompes est contrôlé par le débitmètre FT 012 alors que la densité de la pulpe est surveillée par les densimètres DT014 et DT012 respectivement à ultrason et à radiation.

Le débitmètre et les densimètres sont bouclés pour avoir une idée sur le débit solide envoyé vers l'épaississeur.

La pulpe épaissie est directement transférée à la cuve d'attaque.

II.2. Flocculation

L'alimentation de l'épaississeur comporte jusqu'à 30% des inférieures à 40 μ m ce qui fait que leur décantation serait excessivement lente.

Or, pour que l'épaississeur puisse permettre une alimentation constante et permanente en pulpe à une concentration donnée, il faut impérativement accélérer le temps de sédimentation de la pulpe.

En effet, plus le temps de sédimentation des particules est élevé, plus on aura de pulpe concentrée à récupérer et afin d'accélérer le temps de sédimentation des boues, on joue sur la dimension des particules, d'où l'intérêt de l'addition d'un réactif chimique, appelé flocculant, afin d'augmenter la taille des particules à décanter.

Le flocculant joue le rôle de colle entre les particules, et les fait agglomérer et leur dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter rapidement.

II.3. Unité attaque-maturation

L'attaque est considérée comme une étape déterminante dans la production de l'acide phosphorique ; au niveau de cette étape que sont définis les paramètres de marche qui contrôlent la capacité à produire de l'atelier en quantité et qualité souhaitable.

La pulpe est pompée directement depuis l'épaississeur à la cuve d'attaque au moyen d'une pompe et elle se caractérise par un taux de solide de 65%.

Le procédé JACOBS de la ligne E utilise un réacteur annulaire (Figure 4) composé de :

Anneau extérieur (compartiments 1 à 9).

Compartiment central.

Compartiment d'alimentation du flash-cooler.

Les compartiments constituant l'anneau extérieur du réacteur ne sont pas séparés entre eux. Le 1er compartiment est lié à une chambre de maturation cubique compartimentée qui est composée de :

Compartiment d'étanchéité du flash-cooler.

Deux compartiments intermédiaires.

Compartiment d'alimentation du filtre.

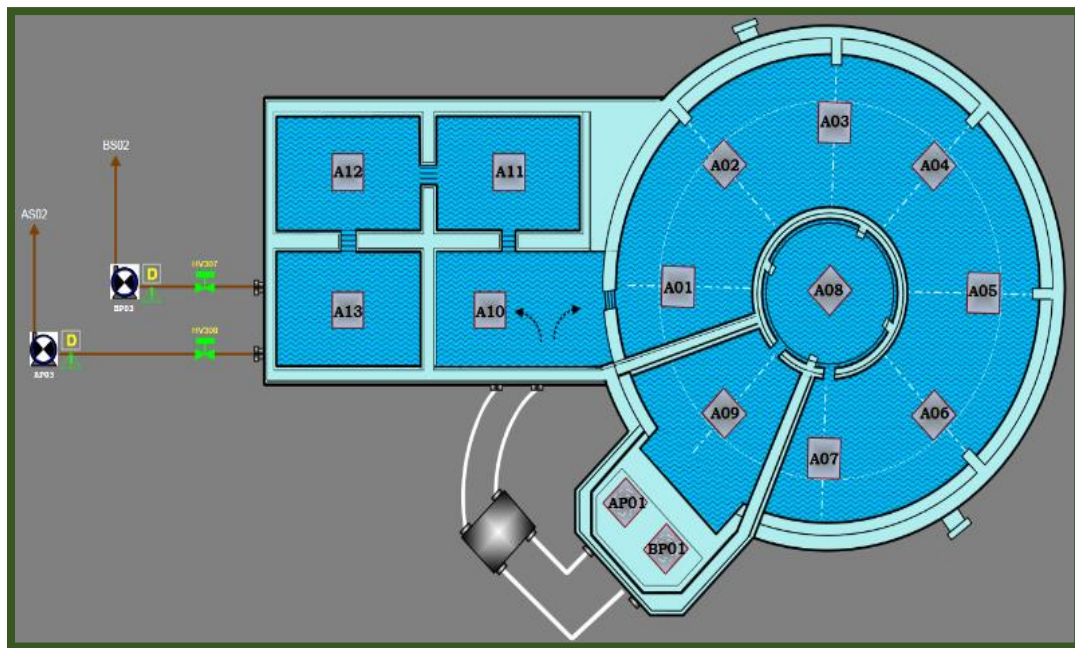


FIGURE 4 : LA CUVE D'ATTAQUE ET LA CUVE DE MATURATION JACOBS DE LA LIGNE E.

La pulpe de phosphate est introduite dans le compartiment 1 de l'anneau extérieur. L'acide sulfurique dilué par l'acide recyclé est injecté via 3 points : le premier entre les compartiments 3 et 4, le deuxième entre les compartiments 5 et 6 et le troisième entre les compartiments 6 et 7. La pulpe de phosphate mélangée avec l'acide sulfurique circule dans l'anneau extérieur du réacteur sous l'effet du grand débit de pompage de la pompe de circulation. La bouillie formée réagit dans le compartiment central pour former l'acide phosphorique et le sulfate de calcium di-hydrate.

Pour la refroidir de l'ordre de 2 à 3°C, la bouillie est introduite dans le flash-cooler par l'intermédiaire de 2 grandes circulateurs installés dans le compartiment d'alimentation avec une capacité de pompage de 9000 m³/h chacun, donnant au total une capacité de circulation de 18000 m³/h.

Après son refroidissement, la bouillie passe au 1er compartiment de la section de maturation. En effet, le passage de la bouillie par les 4 compartiments de maturation permet aux cristaux de gypse de bien mûrir, ce qui améliore la filtrabilité du gâteau. Un débit d'environ 17000 m³/h retourne au réacteur et le reste déborde dans le 1er compartiment intermédiaire de la chambre de maturation.

Le réacteur JACOBS de la ligne E est conçu pour produire 1500 TP2O5/jour grâce à un volume réactionnel de 3240 m³ réparti entre l'attaque (2380 m³) et la maturation (860 m³). De ce fait, une grande capacité d'agitation doit être assurée pour l'homogénéisation de la bouillie, voire le maintien de la température dans la limite di-hydrate.

Chaque compartiment du réacteur est muni d'un agitateur : ceux des compartiments 1 et 2 sont des agitateurs à force à cisaillement élevée pour bien disperser le minerai et éviter les pertes en P2O5 inattaqué. Le taux de sulfate est presque constant dans l'anneau extérieur du réacteur grâce au grand débit de pompage des agitateurs périphériques A03, A04, A05, A06, A07 et des pompes de circulation.

Les agitateurs utilisés comptent 3 étages de pales. Les 2 niveaux inférieurs sont des hélices hélicoïdales (4 pales chacune) permettant d'avoir un débit de pompage important et une force de cisaillement largement suffisante à la réaction. Le niveau supérieur est constitué de Brise-Mousse qui empêche les mousses de se former et facilite la dispersion de la pulpe de phosphate injecté dans la surface. Les agitateurs des compartiments de maturation comptent seulement les 2 niveaux inférieurs de pales.

II.4. Système de refroidissement

Ce système est composé :

Un flash cooler 03ED01.

Deux pompes axiales de circulation.

Pré-condenseur et condenseur 03ED02 /D03.

Scrubber de lavage des gaz 03ED05.

Grubber d'extraction des gaz 03EC02.

Les réactions dans le réacteur sont des réactions exothermiques, ce système a été fourni pour contrôler la température des réactions dans le milieu et minimiser la quantité de fluor dégagée au moment de la réaction par un système de lavage des gaz avant de décharger à l'atmosphère

- **Flash cooler**

(*) Principe de fonctionnement : l'évaporateur à bas niveau (LLFC : low level flash cooler) est une chambre maintenue sous vide dans laquelle la pulpe est pompée.

L'eau contenue dans cette dernière entre en ébullition.

L'énergie nécessaire à cette ébullition est prélevée de la pulpe. Il en résulte un refroidissement de celle-ci.

Afin de réduire les incrustations, la différence de température entre l'entrée et la sortie du flash cooler est faible ($\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Cela signifie que pour un refroidissement efficace, le débit de pulpe au travers du LLFC doit être important.

Celui-ci est assuré par deux pompes axiales à haut débit, basse hauteur manométrique et faible consommation énergétique.

Paramètre de marche :

Le procédé est basé sur l'attaque de la pulpe du phosphate par l'acide sulfurique par voie humide dans un milieu réactionnel fermé et agité pour produire de l'acide phosphorique dilué de titre 28 à 29% et du Phospho-gypse dihydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tout en respectant des paramètres de marche bien déterminés qui sont:

La température de la bouillie	:	78 à 80°C
La densité de la pulpe	:	1.685 à 1.7
La densité de la bouillie	:	1.520 à 1.530
La densité du filtrat bouillie	:	1.285 à 1.290
La teneur des sulfates libre	:	26 à 28g/l du filtrat bouilli
Ts (Taux de solide bouillie)	:	33% à 35%
Ts de la pulpe	:	65% à 70%

Les matières nécessaires pour la réaction sont :

La pulpe du phosphate	:	65% de taux de solide
L'eau (sous forme d'acide moyen	:	16 à 20% en P_2O_5)
L'acide sulfurique de concentration	:	98.5% et de densité 1.825
L'eau brute et l'eau de mer propre pour le lavage et la condensation des gaz sortie flash		

II.5. Section de filtration

La filtration est une opération qui consiste à séparer le gypse de l'acide produit par l'intermédiaire d'un filtre rotatif PRAYON sous vide (210Torr) et une couche support de la filtration d'épaisseur 60 à 65mm.

Le filtre Prayon est une machine à cellules basculantes très fiable et performant grâce à sa conception robuste.

Il procure un excellent ratio entre la capacité et le rendement d'extraction grâce à une filtration en vide maximum autorisé très élevé.

C'est également un équipement nécessitant une consommation d'énergie faible et grâce à un recyclage négligeable de solides récupérés lors du lavage des toiles, le gâteau obtenu sur un filtre Prayon contient une quantité minimum d'eau libre dans le gâteau déchargé ;

Le filtre PRAYON à cellules basculantes se compose :

- Un distributeur compact particulier séparant les gaz et les différents filtrats ;
- La cellule à drainage rapide permettant d'augmenter la capacité du filtre et le rendement de filtration ;
- Le système de maintien horizontal automatique des cellules ;
- La nouvelle conception du chemin de renversement des cellules permettant des vitesses de rotation élevées et une plus grande capacité de filtration ;
- Des galets supports reprenant des charges importantes ;
- Un châssis tournant robuste équipé de plaques d'usure remplaçables ;
- Un nouveau système de fixation de toiles étanche permettant un remplacement de toiles dans un temps très court ;
- Une conception d'ensemble permettant d'atteindre de très grandes surfaces de filtration dans un encombrement réduit.

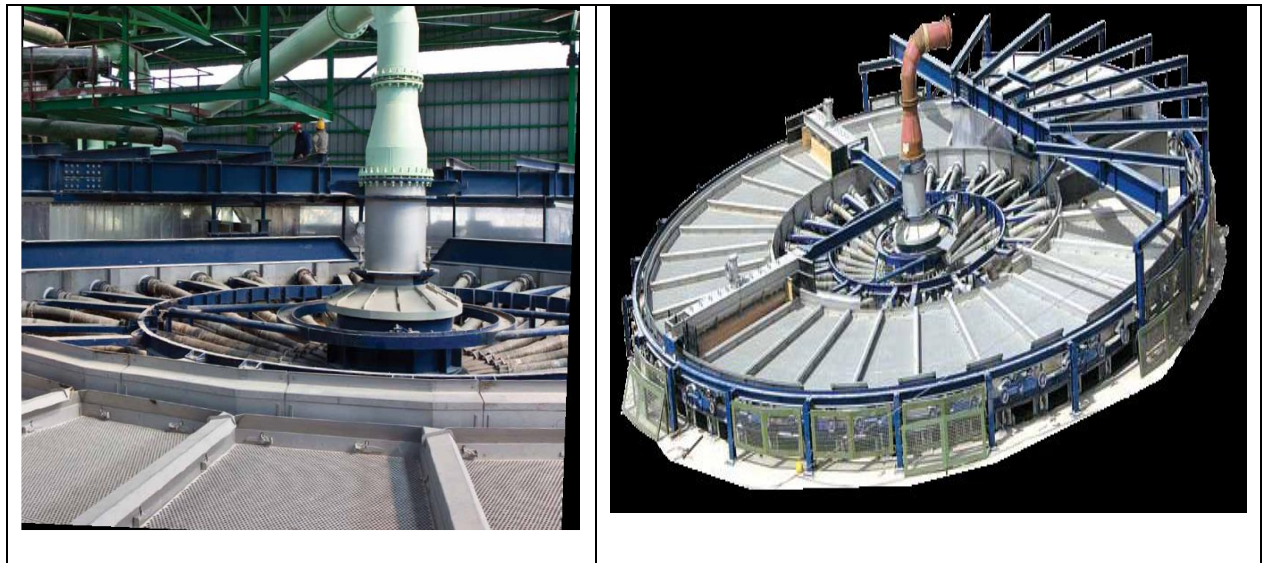


FIGURE 5 : FILTRE PRAYON .

Le compartiment d'alimentation du filtre, comme son nom l'indique, alimente les 2 filtres au moyen de deux pompes. Chacune des pompes a un débit de 400 m³/h.

La ligne E dispose de deux filtres de type PRAYON identiques avec les caractéristiques suivantes :

Surface utile	190 m ²
Surface totale	219 m ²
Nombre de lavage	3
Nombre de cellules	30
Vitesse de rotation	5-30 tr/min

TABEAU 1 : CARACTERISTIQUES DU FILTRE PRAYON DE LA LIGNE E.

Le fonctionnement des deux filtres de la ligne E est présenté sur la figure 6.

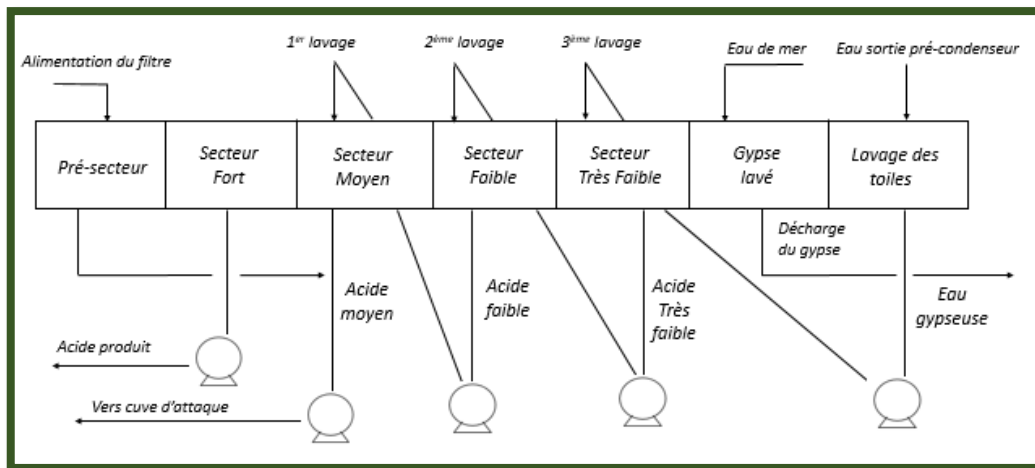


FIGURE 6 : SCHEMA SIMPLIFIE DU FONCTIONNEMENT DU FILTRE PRAYON DE LA LIGNE E.

Les pompes alimentent les filtres par une vitesse variable suivant le régime de production choisi ; les filtres reçoivent la bouille à contre-courant répartie uniformément dans le pré-secteur où se forme la couche de filtration par une nacelle à bouillie, une autre bavette en caoutchouc solidaire à la partie inférieure de la nacelle améliore cette répartition ; la bouillie est retenue par un barrage limitant le présecteur muni à sa partie inférieure par des bavettes en caoutchouc qui empêchent la bouillie de passer dans le secteur du lavage toiles ;

Ce dernier secteur est le seul secteur non soumis au vide isolé par deux calles pleines dans la boîte à vide.

Le filtrat du pré-secteur est recyclé vers l'attaque suite à sa composition riche en impuretés et en solide.

Après formation du gâteau de gypse dans le pré-secteur ; commence la filtration de l'acide fort pompé vers l'unité de stockage d'acide 29% (U13) par l'intermédiaire des pompes (P17) ; installée sur sa conduite de refoulement un densimètre et une vanne pneumatique de régulation qui assure un recyclage de l'acide fort produit dans la conduite d'aspiration des pompes de l'acide moyen (P18) en cas de nécessité de correction de la densité de la bouille dans l'attaque ;

Le P2O5 résiduel dans le gypse subit un premier lavage à co-courant par l'acide faible par une pompe (P19) recueillie par une pompe (P18) qui le refoule vers la cuve d'attaque comme acide moyen ; le gypse subit un deuxième lavage par l'acide très faible par une pompe (P20) recueillie par une pompe (P19) pour premier lavage ; le gypse subit un troisième lavage à l'eau gypseuse d'une température de 68°C pour extraire le maximum de la phase liquide avant d'être évacué vers la trémie à gypse.

Après le lavage final, les casseroles sont tournées à l'envers pour vider le gâteau dans une grande trémie.

Un ventilateur du soufflage (C05) est réservé pour souffler l'air dans les tuyaux (capillaires) des dites casseroles afin de desserrer les solides de gypse entre le bas du gâteau et les toiles filtrantes et quand ce gâteau est déchargé, l'eau de mer polluée provenant du condenseur (D03) est pulvérisée dans la trémie pour un pourcentage de 40% de solide.

La pulpe de gypse s'écoule de la trémie vers le tuyau souterrain de gypse et mélangée avec celui provenant d'autres zones de l'usine.

II.6. La section assainissement

Le système de lavage reçoit les gaz provenant des filtres, la cuve d'attaque et la garde hydraulique. Le procédé JACOBS utilise un « Fume Scrubber » (Figure 14) caractérisé par sa forme parallélépipédique et il est constitué de plusieurs lits filtrants organisés horizontalement en 4 lignes parallèles. Chaque ligne compte 4 cartouches qui sont arrosés par des pulvérisateurs.

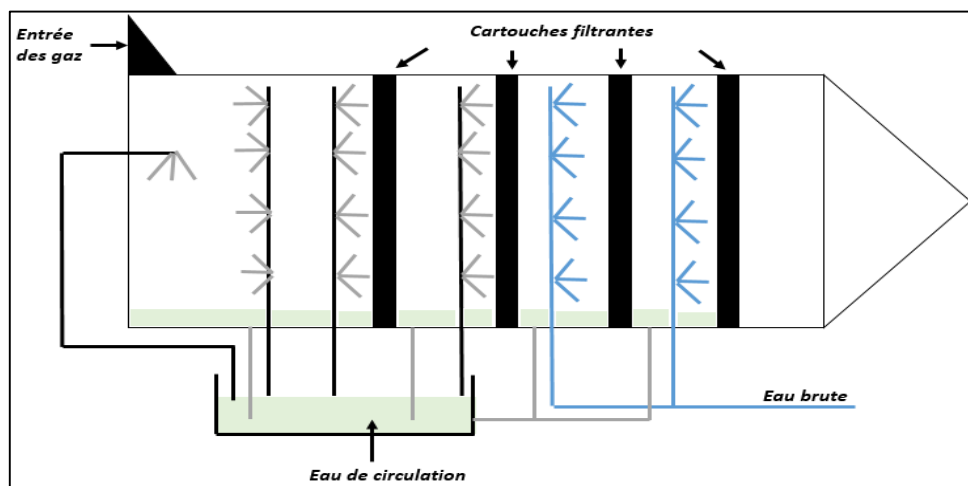


FIGURE 7 : SCHEMA SIMPLIFIE DU FUME SCRUBBER DE LA LIGNE E.

En effet, les gaz subissent un premier lavage co-courant suivi d'un lavage en contre-courant. Ensuite, 4 lavages co-courant successifs ont lieu en présence des lits filtrants qui permettent d'augmenter le temps de contact des gaz avec l'eau et par conséquent améliorer la qualité du lavage. Les gaz sont aspirés par une pompe à vide pour être libérés vers l'atmosphère.

Les 4 premiers lavages sont effectués par l'eau de procédé. Par contre, les deux derniers lavages sont au moyen de l'eau brute.

Le taux de fluor autorisé dans les gaz lavés est de 5 mg/Nm³.

Chapitre 3 :

**Bilan du fluor et caractérisation des gaz
et leur référence**

Le groupe office chérifien des phosphates, leader mondial de l'industrie des phosphates, considère la protection de l'environnement comme l'un des axes prioritaires de préoccupation majeure et s'engage à intégrer le développement durable dans sa stratégie au même titre que la qualité et la sécurité.

Le pôle Chimie Jorf Lasfar était initiateur dans la mise en place d'un système de management environnemental, Certifié **ISO14001** depuis l'année 2005, il adhère pleinement à la politique du groupe OCP, Dans cet objectif, la Direction Production mobilise tous le moyens humains et matériels pour garantir l'amélioration continue du système de management environnemental.

La présente étude concernant l'optimisation de la section d'assainissement et lavage des gaz, s'inscrit dans le cadre d'optimisation des rejets à l'atmosphère des lignes d'attaque filtration.

Notre travail s'est axé principalement sur les parties suivantes :

- Etablissement d'un bilan de matière du fluor et comparaison des résultats obtenus aux valeurs du design et aux projets de normes en matière de rejet atmosphérique.
- Amélioration des performances de la section d'assainissement en proposant des alternatives à mettre en œuvre ou/et des solutions afin de réduire les émissions fluorées en particulier et aussi la consommation de la vapeur d'eau destinée au conditionnement d'eau de procédé.

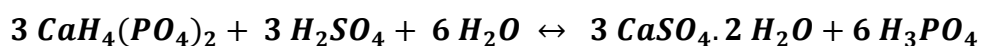
- **Référence des gaz et chimie du procédé**

Lorsque le rapport $\frac{H_3PO_4}{H_2SO_4}$ est élevé, nous considérons que la réaction s'effectue en 2 étapes :

- 1- L'attaque du phosphate par H_3PO_4 (acide phosphorique recyclé) pour former le phosphate monocalcique soluble :



- 2- La réaction entre le phosphate monocalcique et H_2SO_4 pour former l'acide phosphorique et le gypse :

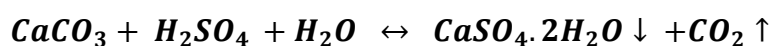


- **Réactions secondaires**

Elles se réalisent parallèlement aux réactions principales et ont une importance considérable. Elles sont dues à la présence des impuretés dans la composition chimique du phosphate, parmi les plus principaux on trouve :

- **CO₂:**

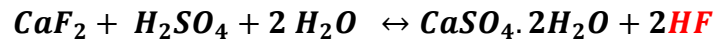
Dans le cas de phosphate riche en $CaCO_3$, il y a décomposition de carbonate avec formation de sulfate et d'anhydride carbonique :



Le CO₂ dégagé provoque la formation de mousses.

- **F :**

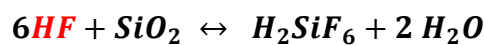
CaF₂ réagit avec l'acide sulfurique pour former l'acide fluorhydrique selon la réaction suivante :



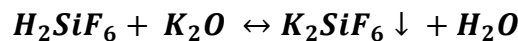
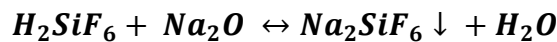
La présence de fluor libre dans l'acide donne lieu à des cristaux sous forme d'aiguilles, ce qui atteint la qualité de la filtration.

- **Si, Na et K :**

La silice réactive contenue dans le phosphate réagit avec HF, selon la réaction suivante, formant ainsi l'acide fluosilicique :



H₂SiF₆ réagit avec Na₂O et K₂O présents dans le phosphate selon les réactions suivantes :



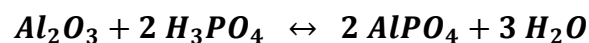
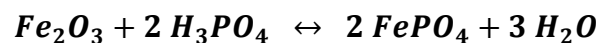
Na₂SiF₆ et K₂SiF₆ apparaissent sous forme d'écailles dures pouvant se précipiter, causant ainsi à l'incrustation des circuits du filtre. La formation de ces deux éléments est également favorisée par le refroidissement de l'acide.

En cas de défaut de Na₂O et K₂O, l'excès de H₂SiF₆ se décompose selon la réaction suivante :



- **Fe, Al et Mg :**

Les oxydes métalliques Al₂O₃, Fe₂O₃ et MgO, après concentration de l'acide, réagissent avec l'acide phosphorique selon les réactions suivantes :



En plus qu'ils causent des pertes en P₂O₅, ces oxydes métalliques augmentent la viscosité de l'acide, ce qui rend la filtration difficile.

I. CHAMP D'APPLICATION

- **Section d'assainissement et lavage des gaz**

Le système de lavage des gaz à la sortie de l'unité d'attaque filtration, est composé principalement de deux types d'assainissement, une fumé scrubber pour lavage des gaz issus des filtres A et B et de cuve de maturation et un laveur pré condenseur suivi d'un condenseur pour le lavage des gaz du réacteur.

Ce sont des laveurs à pulvérisation, les plus utilisés dans le domaine industriel à raison d'étant intrinsèquement vides, les phénomènes d'encrassement sont pratiquement nuls.

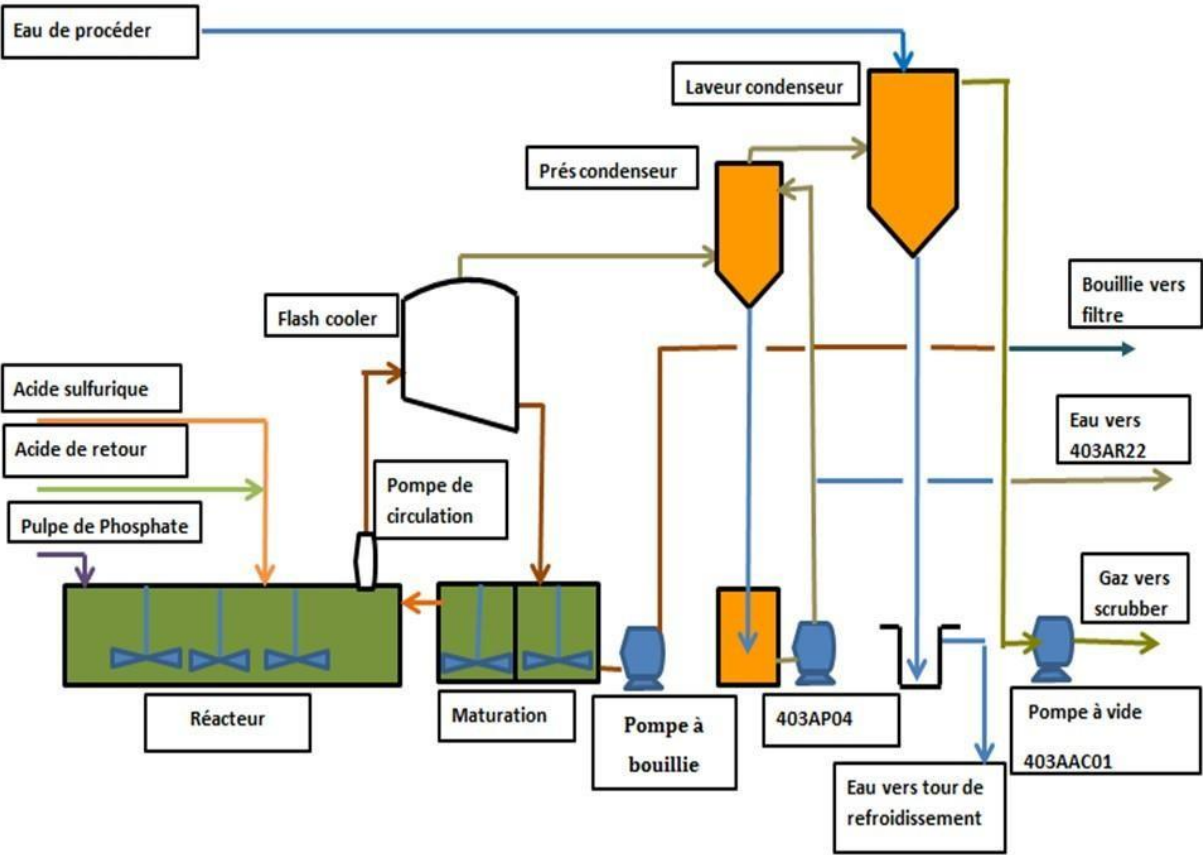


FIGURE 8 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LAVAGE DES GAZ A LA SORTIE D'UNITE ATTAQUE FILTRATION.

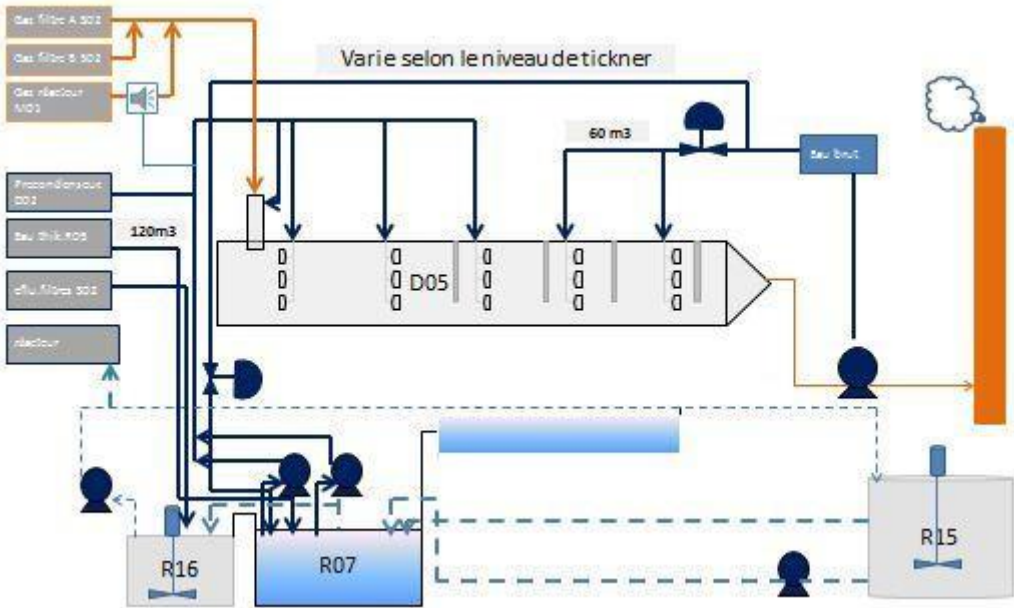


FIGURE 9 : SCHEMA SIMPLIFIEE D'ASSAINISSEMENT FUME SCRUBBER

II. BILAN THEORIQUE DU FLUOR

- Echantillonnages



- Résultats

L'élément	Précondenseur	Condenseur	Scrubber	Laveur FA	Laveur FB	Gypse FA	Gypse FA	Phosphate	Acide FA	Acide FB
Fluor	238 mg/L	11,8 mg/L	230 mg/L	19 mg/L	28,4 mg/L	0,5%	0,5%	4,04%	0,76%	0,68%
P ₂ O ₅	555,4 mg/L	715,8 mg/L	596,6 mg/L	476 mg/L	655,8 mg/L	0,26%	0,3%	29,78%	24,6%	24,03%

- Principe

Le bilan d'impureté sera calculé sur toute une ligne de production d'acide phosphorique sur la base d'une tonne de P₂O₅ introduite au niveau de l'attaque.

- Le bilan de Fluor dans la section d'attaque filtration

$$Q_m(F^-)_{Pulpe} = Q_m(F^-)_{Acide} + Q_m(F^-)_{Gypse} + Q_m(F^-)_{Eau} + Q_m(F^-)_{Gaz}$$

$Q_m(F^-)_{Pulpe}$?

$$Q_m \text{ Pulpe} = Q_v \text{ Pulpe} * d_{Pulpe}$$

$$Q_m \text{ Pulpe} = 123 * 1667$$

$$Q_m \text{ Pulpe} = 205041 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{Pulpe} = Q_m \text{ Pulpe} * \% (F^-)$$

$$Q_m(F^-)_{Pulpe} = 205041 * 4,04\%$$

$$Q_m(F^-)_{Pulpe} = \mathbf{8283,66 \text{ Kg/h}}$$

$Q_m(F^-)_{Acide}$?

$$Q_m \text{ Acide/A} = Q_v \text{ Acide/A} * d_{Acide/A}$$

$$Q_m \text{ Acide/A} = 94,5 * 982,7 = 92865,15 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/A} = Q_m \text{ Acide/A} * \% (F^-)$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/A} = 92865,15 * 0,76\%$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/A} = 705,77 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m \text{ Acide/B} = Q_v \text{ Acide/B} * d_{Acide/B}$$

$$Q_m \text{ Acide/B} = 124,5 * 978,4 = 121810,8 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/B} = Q_m \text{ Acide/B} * \% (F^-)$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/B} = 121810,8 * 0,68\%$$

$$Q_m(F^-)_{Acide/B} = 828,31 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{Acide} = Q_m(F^-)_{Acide/A} + Q_m(F^-)_{Acide/B}$$

$$Q_m(F^-)_{Acide} = 705,77 + 828,31$$

$$Q_m(F^-)_{Acide} = \mathbf{1534,08 \text{ Kg/h}}$$

$Q_m(F^-)_{Gypse}$?

$$Q_m \text{ Bouillie} = Q_v \text{ Bouillie} * d_{Bouillie}$$

$$Q_m \text{ Bouillie} = 600 * 1460 = 876000 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m \text{ Gypse} = Q_m \text{ Bouillie} * T_s$$

$$Q_m \text{ Gypse} = 876000 * 31\%$$

$$Q_m \text{ Gypse} = 271560 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{Gypse} = Q_m \text{ Gypse} * \% (F^-)$$

$$Q_m(F^-)_{Gypse} = 271560 * 0,5\%$$

$$Q_m(F^-)_{Gypse} = \mathbf{1357,8 \text{ Kg/h}}$$

$Q_m(F^-)_{Eau}$?

$$Q_m(F^-)_{\text{Condenseur}} = Q_v \text{ Condenseur} * C(F^-) = 957 * 11,8 * 10^{-3} = 11,29 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Pré-condenseur}} = Q_v \text{ Pré-condenseur} * C(F^-) = 260 * 238 * 10^{-3} = 61,88 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Laveur A}} = Q_v \text{ Laveur A} * C(F^-) = 34,5 * 19 * 10^{-3} = 0,66 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Laveur B}} = Q_v \text{ Laveur B} * C(F^-) = 36,09 * 284 * 10^{-3} = 1,02 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Scrubber}} = Q_v \text{ Scrubber} * C(F^-) = 150 * 230 * 10^{-3} = 34,5 \text{ Kg/h}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Eau}} = Q_m(F^-)_{\text{Condenseur}} + Q_m(F^-)_{\text{Pré-condenseur}} + Q_m(F^-)_{\text{Laveur A}} + Q_m(F^-)_{\text{Laveur B}} + Q_m(F^-)_{\text{Scrubber}}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Eau}} = 11,29 + 61,88 + 0,66 + 1,02 + 34,5$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Eau}} = \mathbf{109,35 \text{ Kg/h}}$$

$Q_m(F^-)_{\text{Gaz}}$?

$$Q_m(F^-)_{\text{Gaz}} = Q_m(F^-)_{\text{Pulpe}} - Q_m(F^-)_{\text{Acide}} - Q_m(F^-)_{\text{Gypse}} - Q_m(F^-)_{\text{Eau}}$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Gaz}} = 8283,66 - 1534,08 - 1357,8 - 109,35$$

$$Q_m(F^-)_{\text{Gaz}} = \mathbf{5282,43 \text{ Kg/h}}$$

Chapitre 4 :

**Amélioration des performances section
lavage des gaz :**

-Aspect visuel.

-Dégagement fluor.

I. POSITION DU PROBLEME

L'air à la sortie de la cuve d'attaque de la ligne E, est saturé en vapeur d'eau, entraînant un dégagement de fluor dépasse quelque fois la valeur du design de Maroc ($5\text{mg}/\text{Nm}^3$), sous forme d'acide fluorhydrique HF et de tétra-fluorure de silicium SiF_4 .

L'unité d'attaque filtration dispose d'un système de lavage des gaz, qui vise :

- La récupération des calories emmagasinées dans le gaz à la sortie de la cuve d'attaque.
- L'optimisation des rejets atmosphériques de la cheminée de la ligne E.

L'objectif de l'étude menée est d'améliorer la réduction de la teneur en fluor (mg/Nm^3) dans les émissions atmosphériques des lignes d'attaque filtration.

II. AMELIORATION DES PERFORMANCES DE LA SECTION LAVAGE

II.1. Actions proposées

- 1- Le dimensionnement d'un système de pulvérisation plus approprié aux nouvelles performances projetées.

La remise à niveau de la section de lavage des gaz, qui s'inscrit dans le cadre de la maintenance systématique, opérée par les services d'entretien de l'atelier phosphorique, vise la dotation de la section en :

- Buses neuves avec adaptation des dimensions
- Débitmètre, manomètre et vannes au niveau des circuits d'eau de lavage

Cette campagne a permis d'optimiser les paramètres de marche du système de lavage

- 2- L'ajoute d'un troisième lavage au niveau de la cheminée
- 3- Détermination de point de fonctionnement de lavage
- 3- Réduire la période entre les opérations de lavage des cartouches

II.2. Action effectués

Détermination de point de fonctionnement de lavage (aspect visuel) :

Après avoir varié le débit d'eau brute (2ème lavage au niveau de scrubber) chaque 15min,

On effectue des analyses visuel au niveau de la cheminée, ceci consiste à constater la variation de la quantité de fumée à la sortie de la cheminée, le tableau suivant représente les résultats d'analyse obtenus :

Débit d'eau brute (m ³ /h)	Aspect visuel de la fumée
0	Des nuages de fumée sombres de couleur grise.
100	Des nuages de fumée sombre de couleur blanche.
150	Des nuages de fumée peu clair.
200	Des nuages de fumée clair.
250	Moins de fumée.

Tableau : Tableau des résultats d'analyse visuel de la fumée au niveau de la cheminée

D'après les résultats retenues, on distingue que le débit d'eau brute joue un rôle très important au niveau du lavage des gaz, plus le débit est grand, plus la quantité de gaz dans la fumée diminue. Le débit d'eau optimal est 200 m³/h.

Pour un débit de 250 m³/h, on constate qu'on a moins de fumée, cela est peut-être dû à l'emprisonnement des gaz vu le grand débit qui applique une grande pression, ce qui provoque leurs retours vers la cuve d'attaque et par conséquent une augmentation de la température.

Détermination de point de fonctionnement de lavage (capteur-fluor):

Après avoir varié le débit d'eau brute (2ème lavage au niveau de scrubber) chaque 2h, l'ensemble des analyses effectuées, basées sur une diffractométrie au rayon X, a révélé les résultats suivants :

1ère essais :

Echantillon	Débit de l'eau entrée scrubber en m ³ /h	F ⁻ en mg/L
E1	45	97.3
E2	50	94.2
E3	60	76.9
E4	70	64.5
E5	80	53.2
E6	100	68.6

Tableau: Tableau des résultats d'analyse du fluor absorbée dans l'eau de lavage

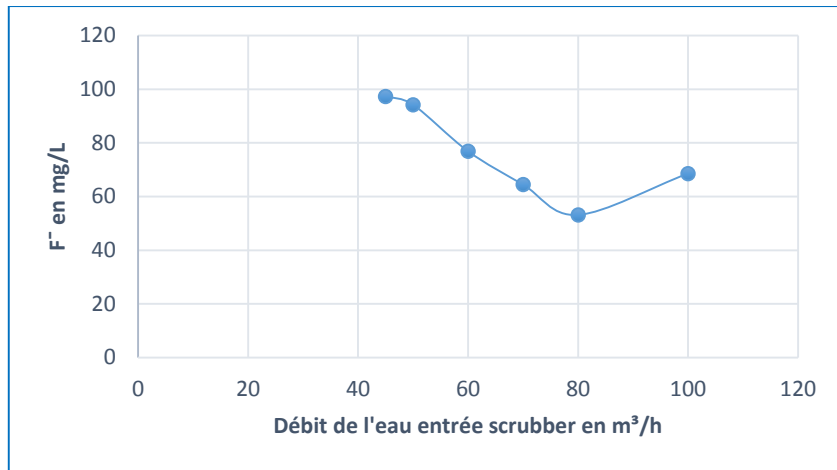


FIGURE10: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE

D'après le graphe ci-dessous, on remarque pour une température fixe des gaz, une diminution progressive de la concentration du fluor dans l'eau récupérée après le lavage en augmentant le débit d'eau brute à l'entrée de scrubber, mais dès que le débit d'eau d'entrée dépasse 80m³/h la concentration du fluor commence à élever.

2ème essais :

Echantillon	Débit de l'eau entrée scrubber en m³/h	F ⁻ en mg/L
E1	45	96.2
E2	50	92.1
E3	60	79.8
E4	70	65.4
E5	80	54.1
E6	100	64.2

Tableau : Tableau des résultats d'analyse du fluor absorbée dans l'eau de lavage

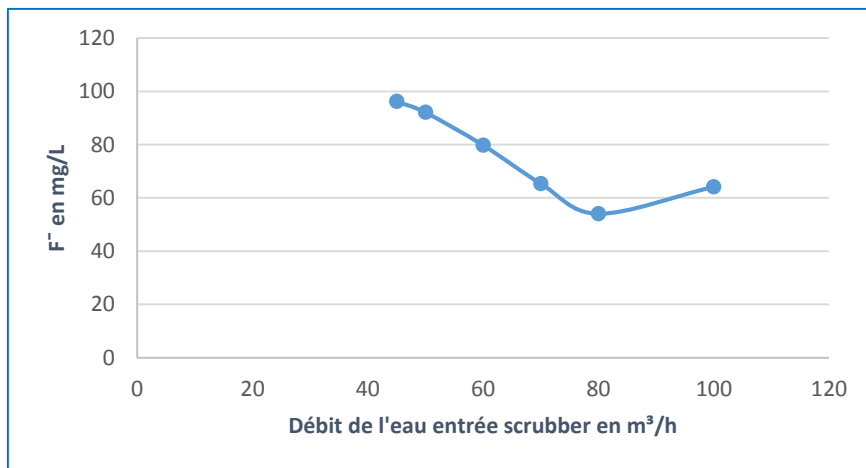


FIGURE11: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE

3ème essais :

Echantillon	Débit de l'eau entrée scrubber en m ³ /h	F ⁻ en mg/L
E1	45	98.4
E2	50	95.5
E3	60	79.1
E4	70	67.5
E5	80	55.7
E6	100	72.3

Tableau 15: Tableau des résultats d'analyse du fluor absorbée dans l'eau de lavage

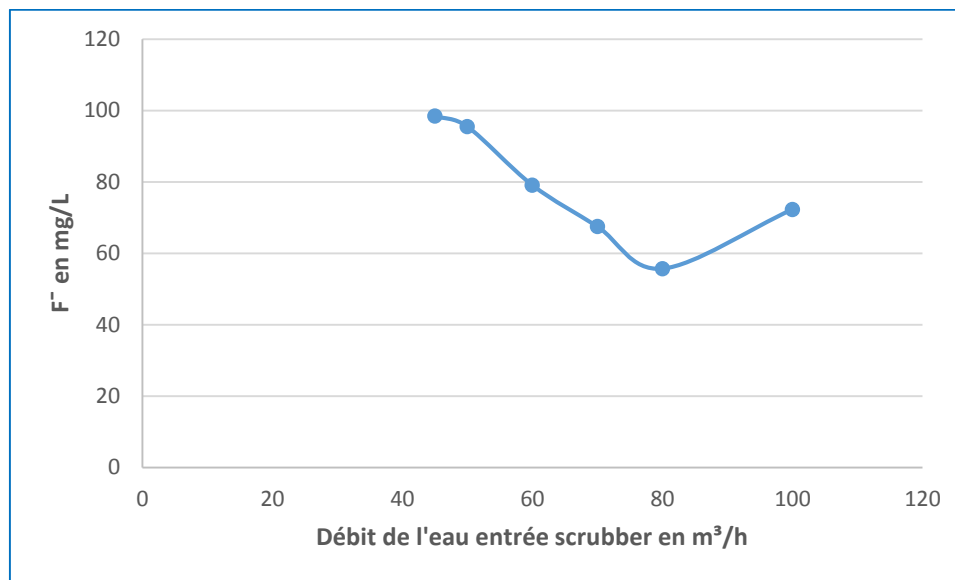


FIGURE12: LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU FLUOR EN FONCTION DU DEBIT DE L'EAU DE LAVAGE

Dans ce troisième essai, le plus confirmé par le laboratoire central, nous avons calculée les masses du fluor de différents débits en utilisant les concentrations pour voir les résultats très clairs.

L'influence du débit de l'eau de l'entrée scrubber est très remarquable au niveau de la courbe de débit en fonction de la masse absorbée du fluor, et comme elle est présentée on voit que le débit de 80m³/h est le plus performant car il capte une grande quantité du fluor.

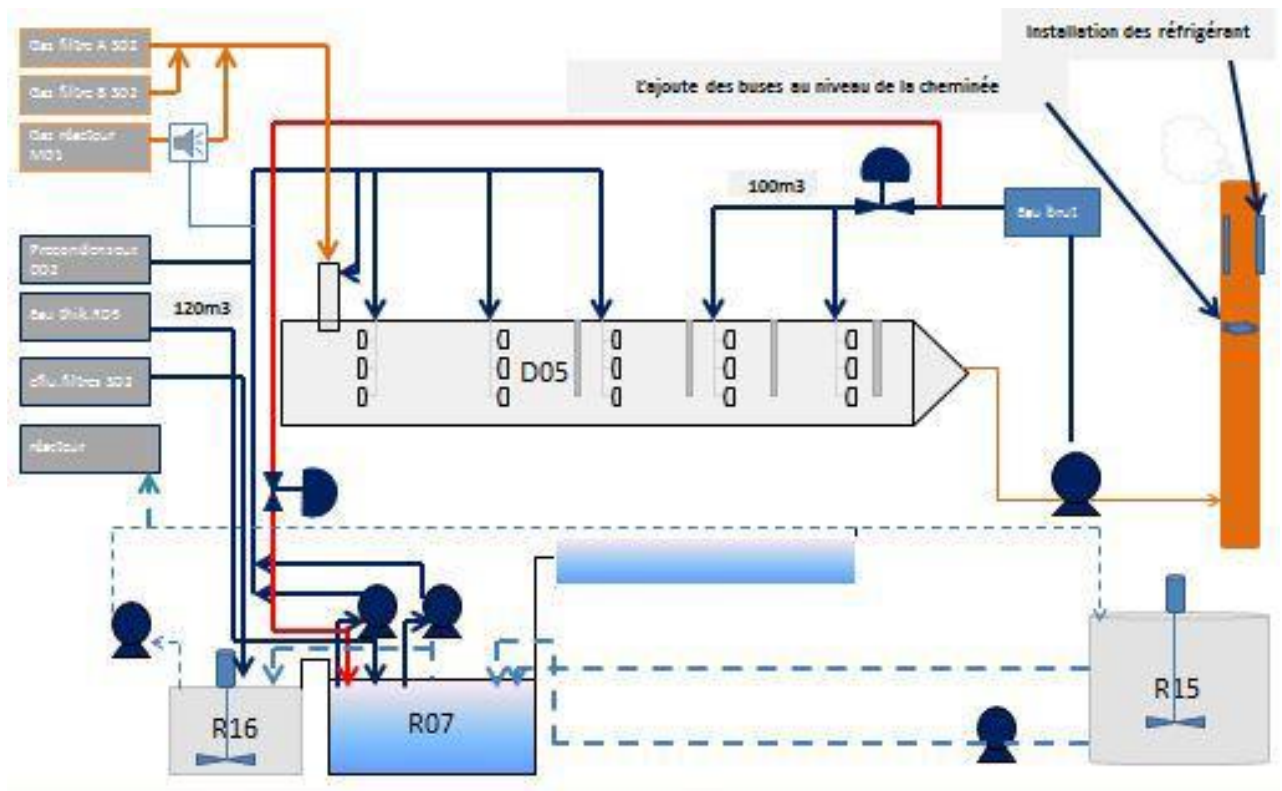


FIGURE13: ACTION PROPOSEES

D'après cette action d'amélioration, nous avons pu conclure que le débit performant d'eau brute à l'entrée scrubber est de $80 \text{ m}^3/\text{h}$, c'est ainsi que nous avons proposé de fixer ce débit d'entrée d'eau brute à cette valeur et aussi d'éliminer le tuyau coloré (rouge) juste à côté du vanne manuelle qui envoie la majorité de ce débit à la fosse de la récupération d'eau décanté en épaissement, elle doit être remplie jusqu'à un niveau de lit précis pour avoir un bon fonctionnement du circuit fermé.

En fin de compte après le lavage des gaz, cette quantité d'eau va recyclé vers cette fosse, c'est à ce propos qu'on se demande alors pourquoi ne pas bénéficier de toute le débit en lavage des gaz issus des réactions d'attaque filtration afin de récupérer une bonne quantité du fluor sous forme de précipité, et si l'eau brute entre avec un énorme débit nous allons bien garantir les calories emmagasinées dans les gaz afin d'augmenter la chaleur de l'eau après lavage pour assurer un bon lavage des toiles à l'unité de filtration.

Conclusion

L'étude de la section d'assainissement et de lavage des gaz des lignes d'attaque filtration de l'atelier phosphorique de Maroc phosphore, nous a permis de conclure que les émissions fluorées sont inférieures aux valeurs limites destinées à l'activité de production de l'acide phosphorique adoptées au Maroc.

Dans l'objectif de réduire davantage ces émissions conformément à l'engagement de Maroc Phosphore Jorf Lasfar, l'étude menée fait ressortir les résultats suivants :

- 1- Bénéficier des études antérieures afin d'effectuer un suivi historique sur le fluor grâce à un analyseur online.
- 2- Donner plus d'importance aux impacts environnementaux en se basant sur de nouvelles normes
- 3- Programmer des stratégies efficaces d'entretien et de gestion des échappements gazeux pour permettre la pérennité de l'impact positif.
- 4- Détermination de point de fonctionnement de lavage

Enfin, nous pouvons dire que ce projet de fin d'étude a été une bonne occasion pour se familiariser avec la vie professionnelle, aussi pour connaître les différents problèmes rencontrés au niveau industriel, dans lesquels un spécialiste en techniques d'analyses et contrôle de qualité peut intervenir et mettre en place des solutions pratiques.