UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département de chimie

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Etude et amélioration de l'opération de lavage des gaz dans les lignes de production des engrais

Présenté par :

- **BOUKRIES Naoufal**

Encadré par :

- **Mr MOUSTAOUI Abderrahim (OCP)**
- **Pr ZAITAN Hicham (FST)**

Soutenu Le 15 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Pr H.ZAITAN**
- **Pr H.LAMCHARFI**
- **Pr A.HARRACH**

Stage effectué à OCP

Année Universitaire 2014 / 2015

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît nécessaire de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.

Je tiens à remercier Monsieur **MOUSTAOUI Abderrahim** le chef du service de production, qui a bien voulu nous accueillir au sein de la ligne de production et nous faire bénéficier de la compétence de son personnel, ainsi que tous les documents mises à ma disposition afin de réaliser ce travail.

Je tiens à présenter mes précieux remerciement à mon encadrant Monsieur **ZAITAN Hicham** professeur à la faculté des sciences et techniques de Fès 'FST' Département chimie pour son aide, son orientation, son soutien et sa participation au cheminement de ce rapport

Je ne saurai remercier comme il se doit : Monsieur **HAMID Ennair** qui m'a conseillé et m'a accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie, sans oublier le reste du personnel qui m'a aidé à effectuer mon stage dans les meilleures conditions.

Mes remerciements vont également à Monsieur **CHAKROUNE Saïd** Responsable de filière Génie chimique pour son suivi permanant du déroulement de nos stages

Ainsi je voudrais témoigner ma reconnaissance et toute ma gratitude à tous mes professeurs tout au long de cette année d'étude à l'FST de Fès, qui n'ont jamais épargné aucun effort pour me guider avec efficacité, en contribuant à ma formation tant au niveau du savoir faire qu'au niveau du savoir être et ce qui m'a bien faciliter la tâche.

Eventuellement mes remerciements aux membres de Jury qui ont accepté de juger ce travail ; Monsieur **LAMCHARFI El Hadi** et Monsieur **HARRACH Ahmed**.

En fin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour rendre ce stage possible et bénéfique.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma descriptif du Préneutraliseur

Figure 2 : Schéma descriptif du Granulateur

Figure 3 : Schéma descriptif du sécheur

Figure 4 : Schéma descriptif du sécheur

Figure 5 : Schéma descriptif des Cribles

Figure 6 : Schéma descriptif d'enrobeur

Figure 7 : distribution des phases dans une colonne à contre-courant

Figure 8 : distribution des phases dans une colonne à Co-courant

Figure 9 : distribution des phases dans une colonne à courant croisé

Figure 10 : distribution des phases à courant-croisé avec trop plein

Figure 12 : distribution des phases dans une colonne à pulvérisation

Figure 12 : Schéma général du système de lavage

Figure 13 Schéma descriptif du prélaveur

Figure 14 : Schéma descriptif du laveur primaire

Figure 15 : Schéma descriptif du laveur des gaz final

Figure 16 : Schéma descriptif du bac de lavage primaire

Liste des tableaux

Tableau 1 : Matières utilisées pour la fabrication des engrais

Tableau 2 : Caractéristiques du liquide de lavage

Tableau 3 : Caractéristiques du prélaveur

Tableau 3 : Caractéristiques du prélaveur

Tableau 4 : Caractéristiques du laveur de poussières

Tableau 5 : Caractéristiques du laveur de sécheur

Tableau 6 : Caractéristiques du laveur de gaz final

Tableau 7 : Caractéristiques du bac de lavage primaire

Tableau 8 : Écart en rendement de captation d'HF par rapport aux valeurs design

Tableau 9 : Pertes de charges linéaires et singulières

Tableau 10 : comparaison des deux méthodes «Forward » et « Back titration »

Liste des diagrammes

Diagramme 1 : Dégagement du fluor en fonction du rapport molaire

Diagramme 2 : suivis du pH des types des engrais (MAP, DAP, NPK)

Abréviation

OCP : Office Chérifien des Phosphates

PMP: Pakistan Maroc Phosphore

BMP: Bunge Maroc Phosphore

EMAPHOS: Euro Maroc Phosphore

IMACID: Indo Maroc Phosphore

07A, 07B, 07C, 07D : anciennes Lignes de production des engrais

107A, 107B, 107C : nouvelles lignes de production des engrais

U08 : Unité de broyage du phosphate

U16 : Unité de stockage d'acide phosphorique

U17 : Unité de stockage d'ammoniac

U18 : Unité de stockage des engrais

U118 A : Unité de stockage de l'acide sulfurique

U116 : Unité de stockage du fuel, de l'acide phosphorique, et de l'enrobant

U155 A : Unité de stockage de l'ammoniac

P_2O_5 : Anhydre phosphorique

H_3PO_4 : Acide phosphorique

H_2SO_4: Acide sulfurique

NH_3: Ammoniac

DAP: Di ammonium Phosphate

MAP : Mono ammonium Phosphate

NPK : Mélange d'éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium).

BP : Basse pression

MP : Moyenne pression

RM : Rapport molaire

PN : Préneutraliseur

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 : Présentation générale.....1

I. Groupe OCP.....2
II. L'atelier de production des engrais.....3

Chapitre 2 : Procédés de fabrication des engrais.....4

I. Matières premières.....5
II. Equipements principaux de la ligne.....5
1. *Préneutraliseur*.....5
2. *Granulateur*.....6
3. *Sécheur*.....6
4. *Cribles et broyeurs*.....7
5. *Refroidisseur*.....7
6. *Enrobeur*.....8
III. Principe de fabrication.....8
IV. Procédé de fabrication (JACOBS).....9
1. *Neutralisation*.....9
2. *Granulation*.....9
3. *Séchage*.....10
4. *Classification granulométrique*.....10
5. *Conditionnement du produit*.....10

Chapitre 3 : Technologies de traitement de gaz par lavage.....12

I. Techniques de traitement des effluents.....13
1. *Techniques de séparation ou de clarification*.....13
2. *Techniques de traitement physico-chimique*.....13
II. Lavage des effluents par absorption.....13
III. Les différents liquides lavages.....14
1. *Différents liquides de lavages selon le polluant à éliminer*.....14
2. *Caractéristiques du liquide de lavage*.....14

IV. Principaux types de laveurs.....15
1. *Laveurs à garnissage*.....15
2. *Laveurs à plateaux*.....17
3. *Colonnes à pulvérisation et atomisation*.....17

Chapitre 4 : Etude d'optimisation de l'opération de lavage des gaz dans les nouvelles lignes.....19

I. Equipements des nouvelles lignes.....20
1. *Prélaveur*.....20
2. *Laveur primaire*.....21
3. *Laveur de gaz final*.....23
4. *Bac de lavage primaire*.....24
II. Facteurs influant sur l'efficacité de lavage des gaz dans les nouvelles lignes.....25

Chapitre 5 : Etude des problèmes et améliorations proposée.....27
I. Evaluation de l'efficacité des sections de lavage dans les nouvelles lignes.....28
II. Actions pour améliorer l'opération du lavage dans les nouvelles lignes.....29
1. *Amélioration de l'efficacité de la captation du fluor au niveau de la tour du lavage final D04*.....29
2. *Amélioration concernant la méthode de la production d'engrais de type MAP*.....31
Conclusion

Introduction

La protection de l'environnement est perçue au Maroc, comme une composante importante d'un développement global et durable, répondant à l'aspiration des populations à une meilleure qualité de vie. Cette perception s'est matérialisée au Maroc, dans le domaine de la transformation des phosphates, par le biais du groupe Office chérifien des phosphates (OCP), par un ensemble d'actions visant à réduire les émissions des composés polluants

Dans les unités de productions d'engrais, le lavage des gaz s'avère une opération de dépollution d'une importance stratégique, vu qu'elle concerne la limitation de certains produits nuisibles à l'environnement dans l'atmosphère, notamment pour les rejets gazeux chargés en fluor. L'amélioration continue des performances environnementales par une augmentation des rendements de captation dans les sections de lavage des ateliers engrais s'avère nécessaire. Le présent travail consiste, donc, à diagnostiquer les sections de lavage des ateliers engrais en vue de déceler les pistes d'améliorations possibles dans l'optique d'optimiser, d'avantage, l'opération de captage du fluor.

Les travaux décrits dans ce rapport se subdivisent en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation générale de l'organisme d'accueil.
- Le procédé de fabrication des engrais sera traité dans le deuxième chapitre.
- Un aperçu global sur les différentes technologies de lavage des gaz, les différents liquides de lavage, ainsi que les principaux types de laveurs seront abordés dans le chapitre 3.
- Dans le quatrième chapitre nous citerons les différents équipements des nouvelles lignes.
- Nous décrirons dans le dernier chapitre les principales recommandations pour améliorer le rendement de captation du fluor dans les unités étudiées, ainsi que des améliorations pour éviter l'acidité du milieu au niveau de la tour final.

Ce manuscrit sera clôturé par une conclusion générale

Chapitre 1 :

Présentation générale

I. Groupe OCP

Le phosphate est la première richesse minière nationale. Le sous sol marocain recèle des ressources phosphatées constituant les trois quart des réserves mondiales. L'exploitation de cette richesse a fait du Maroc le premier exportateur, environ 31% des livraisons mondiales, et le troisième producteur mondial des phosphates et de ses dérivés avec une capacité de 30 millions de tonnes par an.

Pour l'exploitation de ce potentiel considérable, l'Office Chérifien des Phosphates fut crée en 1920. Il détient actuellement le monopole de l'exploitation, de la valorisation et de la commercialisation des ressources Phosphatées et de leurs dérivés.

Le site de Jorf Lasfar s'étend sur 1.700 hectares et 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, 2 millions de tonnes de soufre et 0,5 million de tonnes d'ammoniac

Une partie de cette production est transformée localement en engrais DAP, MAP, NPK, soit environ 1.8 million de tonnes équivalent DAP par an, et en acide phosphorique purifié, soit un million de tonne de P2O5 par an. L'autre partie est exportée sous forme d'acide phosphorique marchand. Le complexe industriel du groupe OCP Jorf Lasfar comporte:

- Maroc Phosphore III-IV qui a démarré en 1986.
  EMAPHOS, en partenariat avec Prayon (Belgique) et C.F. Budenheim (Allemagne), qui a démarré en 1998, pour la production d'acide phosphorique purifie
  IMACID, en partenariat avec les groupes indiens BIRLA et TATA qui a démarré en 1999

- PMP, en partenariat avec FAUJI(Pakistan), qui a démarré en 2008
- BMP, en partenariat avec BUNGE(Brésil), le démarrage de l'atelier de la production d'acide phosphorique est en 2009, et le démarrage de l'atelier de production des engrais est en 2011

II. Atelier de production des engrais

L'atelier des fertilisants de Maroc Phosphore III et IV est constitué de sept lignes de production : quatre anciennes lignes dites revampées et trois nouvelles lignes, plus des unités annexes pour la préparation des matières premières et la mise en stock des produits finis.

Unités de production :

L'unité 07 est composée de quatre lignes parallèles de production (07A, 07B, 07C, 07D) adoptant le procédé « JACOBS » et pouvant produire le DAP et le MAP. Chaque ligne revampée est dimensionnée pour une capacité de 90 tonnes par heure. Les nouvelles lignes de production adoptent le même procédé JACOBS et peuvent produire en plus des engrais azotés du NPK. Sa production nominale en équivalent DAP est estimé à 120 tonnes par heure.

Unités annexes aux unités de production :

- **Unité 08 :** Cette unité prend en charge le broyage du phosphate qui sert comme ballaste pour les lignes de production. Elle est composée de deux lignes de broyage d'une capacité de 25T/h.
- **Unité 16 :** Elle se compose de trois bacs de stockage de l'acide phosphorique 54% en P_2O_5, deux bacs de l'acide phosphorique 29% en P_2O_5 de capacité unitaire de 2000 m3 et d'un bac de stockage d'eau de lavage d'une capacité de 20 m3.
- **Unité 17 :** Cette unité comporte principalement deux sphères identiques pour le stockage de l'ammoniac liquide provenant du port. La capacité nominale de chacune des sphères est de 2000 tonnes (3900 m^3)
- **Unité 155 A :** Elle est constituée de deux bacs de 50000 tonnes pour le stockage de l'ammoniac liquide pour la nouvelle ligne.
- **Unité 18 :** Cette unité est composée de trois halls de stockage d'engrais avec une capacité unitaire de 50000 T.
- **Unité 118 A :** Unité de stockage de l'acide sulfurique dans un bac de capacité de 200 m^3.
- **Unité 116 :** de la nouvelle ligne regroupe le stockage du fuel, de l'acide phosphorique, et de l'enrobant.

Chapitre 2 :

Procédé de fabrication des engrais

I. Matières utilisées pour la production des engrais

Les matières utilisées pour la fabrication des engrais peuvent être classées en trois catégories : matières premières, utilités, matières additives.

Matières premières	Utilités	Matières additives
◗ Acide phosphorique à des concentrations de 29% et 54 % P_2O_5. ◗ Ammoniac liquide et gaz. ◗ Acide sulfurique	◗ Vapeur basse pression (BP) ◗ Vapeur moyenne pression (MP) Fuel lourd - Eau brute - Air d'instrument	◗ Anti-mousse ◗ Huile aminée d'enrobage

Tableau 1 : Matières utilisées pour la production des engrais

II. Equipements principaux de la ligne

1. Préneutraliseur « PN »

C'est une cuve d'inox cylindrique verticale où ont introduit l'acide phosphorique 54%, l'acide sulfurique, le liquide de lavage et l'ammoniac gazeux. Le mélange est agité par un agitateur vertical qui favorise l'homogénéisation du produit, il comporte un Système de Pulvérisation d'Ammoniac (huit tube de pulvérisation d'ammoniac) pour réaliser un bon contact avec l'acide phosphorique.

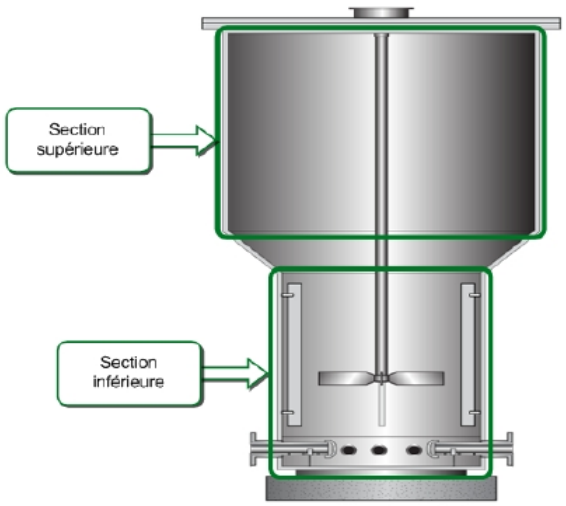


Figure 1 : Schéma descriptif du Préneutraliseur

2. *Granulateur*

C'est un tambour rotatif incliné de 3,57° pour faciliter le transfert de la charge circulante, reposant sur 4 galets et possédant une roue dentée entraînée par un moteur réducteur. Il comporte essentiellement :

- Une virole tournante
- Un arroseur d'ammoniac
- Une paroi intérieure
- Un racleur
- Système de ventilation

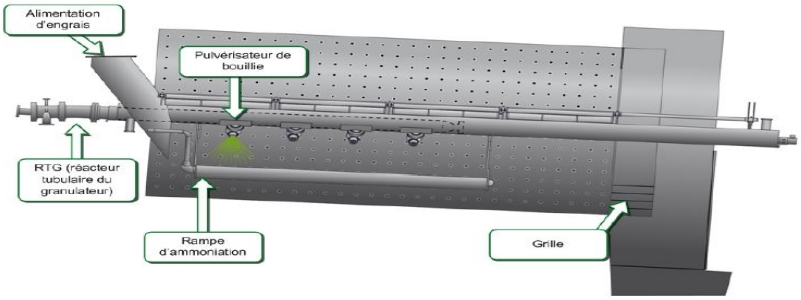


Figure 2 : Schéma descriptif du Granulateur

3. *Sécheur*

Il est divisé en deux parties :

- La chambre de combustion « **F01** » : revêtue par un réfractaire, et alimentée par un brûleur de la combustion, fuel oïl.
- Le tube sécheur « **F02** » : c'est un tambour rotatif équipé intérieurement par des palettes releveuses favorisant l'écoulement du produit sous forme de pluie, afin d'assurer l'échange thermique, et entraînant le produits vers l'avant.

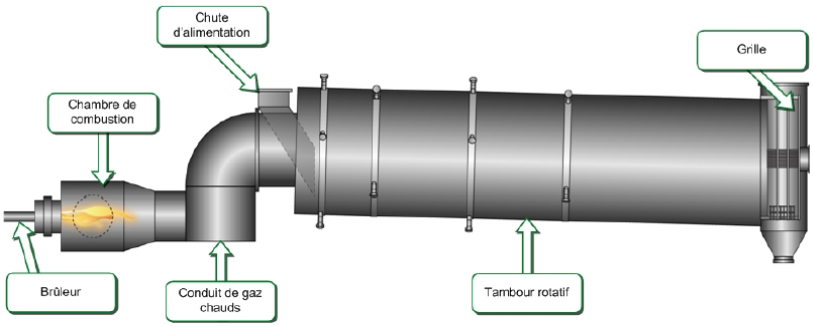


Figure 3 : Schéma descriptif du sécheur

4. *Cribles et broyeurs*

Chaque ligne est équipée de :

- 4 cribles à doubles étages, munis de moteurs vibrants, pour criblage primaire : **S01, S02, S03** et **S04**.
- 4 broyeurs **B01, B02, B03** et **B04**
- 2 tamis finisseurs munis chacun de 4 moteurs vibrants : **S06** et **S11**

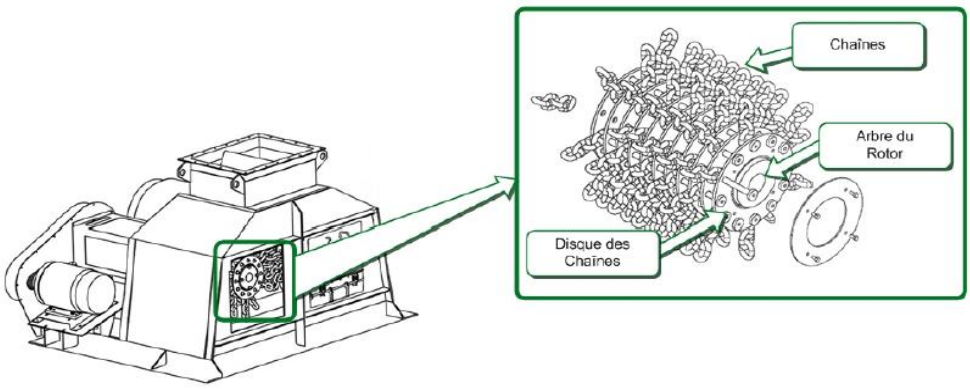


Figure 4 : Schéma descriptif du Broyeur

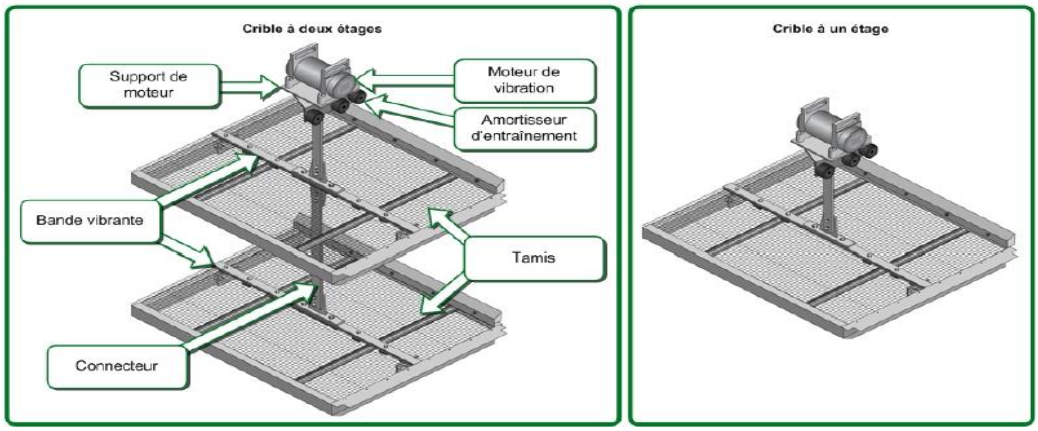


Figure 5 : Schéma descriptif des Cribles

5. *Refroidisseur*

C'est un refroidisseur à lit fluidisé d'une surface totale de 22 m. Il est constitué de deux compartiments, un compartiment coté entrée produit comportant deux sorties d'air et un compartiment coté sortie produit comportant une seule. Chacun des compartiments est doté d'une sole de fluidisation rectangulaire (grille en acier inoxydable, inclinée d'une pente de

1%) constituée de six tôles perforée d'une épaisseur de 2 mm, un diamètre des trous de 2 mm, un coefficient de perforation de 8% et une surface utile de 10.15 m^2. Les soles des deux compartiments sont décalées de 200 mm.

6. Enrobeur

C'est un tube cylindrique rotatif o les engrais sont enrobés par pulvérisation du fuel ou de l'huile aminée.

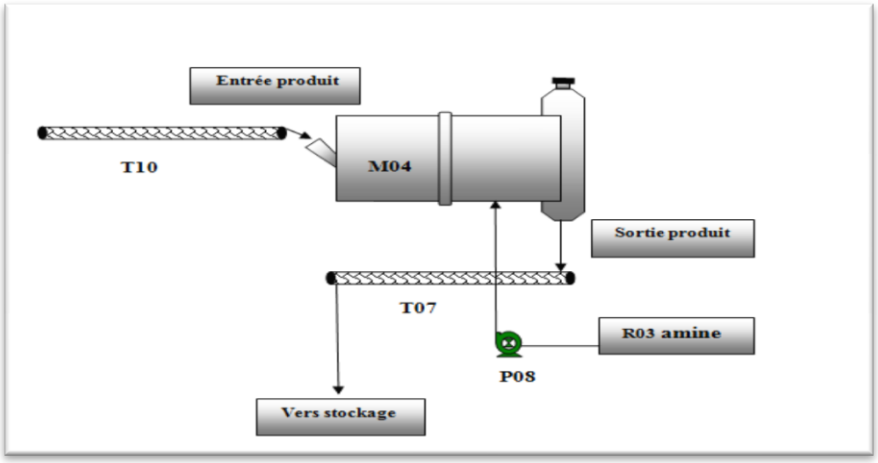


Figure 6 : Schéma descriptif d'enrobeur

III. Principe de fabrication

La fabrication des engrais azotés consiste à neutraliser l'acide phosphorique ce qui donne lieu à une réaction exothermique.

Toutefois l'instabilité du phosphate tri-ammoniaque (NH4)3PO4 dans les conditions de fabrication amène à limiter la neutralisation par contrôle analytique du rapport molaire.

$$RM = \frac{Nombre\ de\ moles\ de\ NH3}{Nombre\ de\ moles\ de\ H3PO4}$$

Le procédé consiste à effectuer la neutralisation en deux étapes :

- Une pré-neutralisation de l'acide phosphorique H_3PO_4 par l'ammoniac NH_3 jusqu'à un RM = 1,4 pour le DAP et RM = 0,6 pour le MAP ce qui correspond à une fluidité maximale de la bouillie et des pertes moindres en ammoniac par tension de vapeur. Cette première étape s'effectue dans un réacteur préneutraliseur.

- Une ammonisation complémentaire jusqu'à obtention d'un RM = 1,8 pour DAP et RM = 1 pour le MAP, ce qui favorise la cristallisation. Ce deuxième stade est réalisé dans un tambour de granulation appelé granulateur.

IV. Procédé de fabrication (JACOBS)

La fabrication du DAP et du MAP selon le procédé « JACOBS » se fait en six étapes principales :

1. Neutralisation

Les phosphates d'ammonium sont à l'échelle mondiale, les engrais phosphatés les plus utilisés grâce à leurs teneurs élevés en éléments essentiels et à leurs propriétés physiques. Le principe de fabrication consiste à produire le phosphate d'ammonium par neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac suivant les réactions.

$NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow NH_4 H_2PO_4 + 32,19$ kcal/mole (MAP)

$NH_4H_2PO_4 + NH_3 \longrightarrow (NH4)_2 HPO_4 + 51,45$ kcal/mole (DAP)

Le rapport molaire, pour cette première ammoniation, doit être à peu près 1.4 pour le DAP et 0.6 pour le MAP Les principaux paramètres qui régissent la réaction de neutralisation sont :

- La température
- Le rapport molaire
- La densité

2. Granulation

L'opération de granulation consiste à transformer la bouillie venant du préneutraliseur en un produit granulé de dimensions bien déterminées. A l'aide d'un réacteur tubulaire de granulateur, la bouillie est pulvérisée à travers des buses de pulvérisation sur un lit de matière sèche recyclée. Le mouvement de rotation du granulateur permet une distribution uniforme et produit une couche de granulés durs et arrondis. C'est à ce stade qu'a lieu la seconde neutralisation de l'acide phosphorique contenu dans la bouillie, à fin de ramener son rapport molaire de 1,4 à 1,8 pour le DAP et de 0,6 à 1 pour le MAP ce qui favoriser la cristallisation de la bouillie. Le produit granulé humide sort du granulateur à travers une grille située à la sortie de la virole et s'achemine directement vers le sécheur par l'intermédiaire d'une goulotte.

3. *Séchage*

L'opération de séchage consiste à débarrasser le produit d'une partie de son eau, grâce à une masse d'air chaude que l'on fait passer au dessus du produit granulé. Cette étape permet d'éviter les phénomènes de colmatage des appareils de broyage, criblage et conditionnement ainsi que la prise en masse au cours du stockage de l'engrais. A la sortie du tube sécheur, les gaz chargés d'eau et de poussières sont traités au niveau d'une batterie de cyclones, pour récupérer le maximum de poussières qui sont recyclées vers le granulateur. Les gaz chauds assurant le séchage de l'engrais proviennent du four sécheur constitué principalement d'une chambre à combustion à fuel.

4. *Classification granulométrique*

La séparation granulométrique de l'engrais permet de fabriquer un produit marchand à la granulométrie requise entre 2 et 4 mm et d'extraire le produit de recyclage qui alimente le granulateur. Après l'alimentation du convoyeur T05, ce dernier alimente, à son tour et à travers des boites de volets de répartition (H03, H20, H21), les distributeurs vibrants T21, T22, T23 et T24, qui répartissent le produit sur toute la largeur des cribles à doubles étages S01, S02, S03 et S04. Les fines de criblage sont acheminées directement vers la bande de recyclage T02 ainsi que les gros grains refusés par la toile supérieure des cribles sont acheminés vers des broyeurs B01, B02, B03 et B04 pour rejoindre aussi la bande de recyclage T02.

Le produit marchand est acheminé vers la bande T08 qui alimente à la fois l'élévateur T09 et la bande T02 à l'aide du volet H01.

Après le passage par T09 le produit marchand se trouve aux tamis finisseurs à double étage S06 et S11 pour améliorer la qualité de la granulométrie.

5. *Conditionnement du produit*

a. *Le refroidissement*

Le produit venant des tamis finisseurs alimente, par gravité, un refroidisseur à lit fluidisé E02 dont le rôle est d'abaisser la température du produit fini à 40 _ 46 °C par mise en contact avec l'air ambiant aspiré par deux ventilateurs C03 et C04 à travers deux échangeurs E01 et E08.

Ces échangeurs comportent deux batteries : Une froide où l'air est refroidit à 21°C en rentrant en échange thermique avec NH_3 et l'autre chaude où l'air est réchauffé à une

température de 27°C via un échange avec la vapeur circulant dans des serpentins à l'intérieur des échangeurs. Son humidité étant éliminée l'air est refoulé au refroidisseur.

b. *L'enrobage*

Le produit sortant du refroidisseur alimente un élévateur à godets T11 lequel alimente l'enrobeur. Le produit marchand est enrobé par pulvérisation du fuel ou de l'huile aminée afin d'éviter la prise en masse, la formation des poussières et l'absorption de l'humidité lors du stockage. Le produit sortant de l'enrobeur est évacué vers une bande de produit fini T14 qui alimente trois installations du stockage à l'aide d'une série de convoyeurs à bande.

Chapitre 3 :

Technologies de traitement de gaz par lavage

I. Techniques de traitement des effluents

Les techniques de traitements éventuellement utilisés par les industriels et répondant aux Exigences des différentes organisations intervenant dans le domaine de la gestion environnementale et communs à l'ensemble du secteur chimique, sont:

1. Techniques de séparation ou de clarification

Séparation des résidus, Sédimentation, Aéroflottation, filtration, microfiltration/ultrafiltration, Séparation huile/eau.

2. Techniques de traitement physico-chimique

Des effluents non biodégradables, contenant principalement des polluants non organiques ou les polluants organiques difficilement biodégradables (ou inhibiteurs), souvent avant d'être émis dans l'atmosphère ou un milieu environnemental sont : précipitation/ sédimentation/ filtration, Adsorption/absorption, Extraction, distillation/rectification, Évaporation, Stripping, Incinération.

II. lavage des effluents par absorption

L'absorption est un transfert de masse entre un gaz soluble et un solvant, souvent de l'eau, qui sont en contact. On distingue 3 procédés de traitement par absorption:

- Le lavage physique est privilégié lorsqu'il s'agit de récupérer des produits chimiques d'un effluent généralement par solubilisation / dissolution/ mouillage, …)
- Le lavage chimique est limité à l'élimination et à la destruction de composés gazeux par une réaction chimique
- Le lavage physico-chimique se situe entre les deux. Le composé est dissous dans le liquide absorbant et participe à une réaction chimique réversible, ce qui permet de récupérer le composant gazeux soit sous forme gaz soluble, soit sous forme liquide ou solide

Les points qui permettent d'améliorer l'absorption :

- Surfaces de contact
- Rapports liquide/gaz plus élevés
- Concentrations plus élevées dans le flux de gaz
- Température plus basse

III. les différents liquides de lavages

Le principal critère de choix est la solubilité des polluants dans le liquide. L'eau est largement utilisée en tant que solution de lavage lorsque les composés à éliminer sont solubles ou dissociables dans l'eau, comme par exemple pour éliminer l'ammoniac, les amines, les alcools…

1. ***Différents liquides de lavages selon le polluant à éliminer,***

- L'eau, pour éliminer les solvants et les gaz tels que les halogénures d'hydrogène ou l'ammoniac, afin de récupérer et réutiliser ces polluants,
- Les solutions alcalines, pour éliminer les composants acides tels que les halogénures d'hydrogène, le dioxyde de soufre, les phénols, le chlore. Elles sont également utilisées lors d'une deuxième étape de lavage pour éliminer les halogénures d'hydrogène résiduels après une première étape d'absorption aqueuse ; désulfuration du biogaz,
- Les solutions d'hydro-géno-sulfite de sodium, pour éliminer les odeurs (aldéhydes, par exemple),
- Les solutions acides, pour neutraliser les bases (ammoniac) et les amines et obtenir un produit liquide facile à récupérer,
- Les solutions de mono-éthanol-amine et de diéthanolamine, pour l'absorption et la récupération du sulfure d'hydrogène.

2. ***Caractéristiques du liquide de lavage :***

Propriété du liquide de lavage	Faible	Fort
Solubilité du polluant		
Volatilité		
Inertie (matériaux)		
Viscosité		
Toxicité		
Inflammabilité		
Stabilité chimique		
Coût		

Tableau 2 : caractéristiques du liquide de lavage

IV. les principaux types de laveurs

Il n'y'a pas de procédé de lavage propre aux rejets gazeux comme le fluor, toute celle qui leurs sont applicable sont généralement commune aux autres gaz acide/base, la différence porte essentiellement sur les propriétés physicochimique du liquide de lavage qui devra être adaptés aux composés que l'on veut épurer.

Les différents types de laveur utilisés sont notamment :

1. Laveurs à garnissage :

Une colonne à garnissage est une colonne qui est remplie d'éléments permettant d'augmenter la surface de contact entre la phase gazeuse et la phase liquide. Ce sont ces éléments qui constituent le garnissage. La colonne contient également :

- Une grille support de garnissage
- Une entrée de gaz
- Un système d'arrosage et de pulvérisation du liquide, avec recirculation et appoint
- Un dévésiculeur

En considérant la façon d'alimenter la colonne en gaz et en liquide, on peut distinguer trois types de colonnes :

a. Colonnes à contre-courant

Les colonnes à contre-courant sont les plus utilisées. Le gaz à traiter entre par le bas de la colonne, traverse le garnissage et sort en tête de colonne. La phase gaz passant par la colonne garnie est forcée, en raison de la présence du garnissage, de changer souvent de direction d'écoulement. Ceci permet de bien mélanger les deux phases. Ce type d'écoulement est celui qui présente l'efficacité théorique la plus importante. Contrairement aux deux autres types de colonne à garnissage (Co-courant et courants croisés).

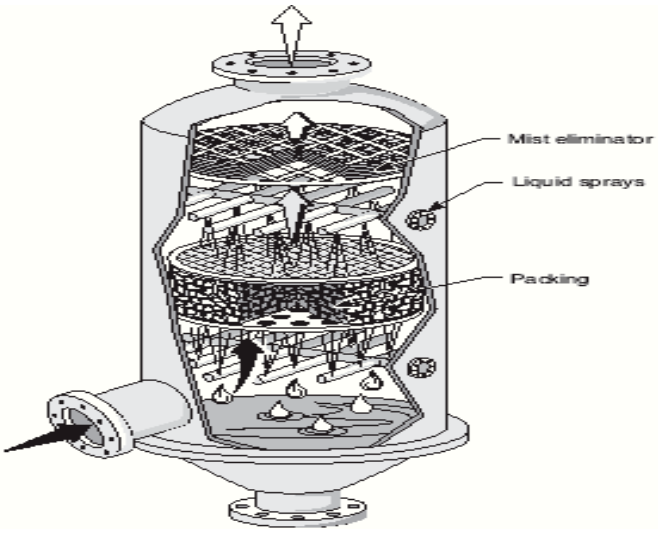


Figure 7 : distribution des phases dans une colonne à contre-courant

b. *Colonnes à Co-courant*

Les deux phases sont introduites en tête de colonne et descendent ensemble, en passant par le garnissage, vers la base de l'absorbeur. Cet arrangement permet à la colonne de fonctionner avec des débits plus grands, car dans cette configuration les problèmes liés à l'engorgement n'existent plus.

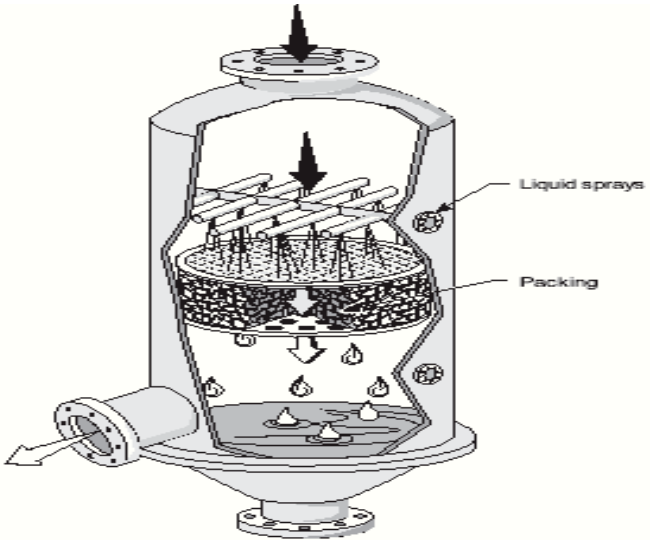


Figure 8 : distribution des phases dans une colonne à Co-courant

c. *Colonnes à courant croisé*

Ces colonnes sont horizontales. Le gaz est introduit à une extrémité et le liquide est introduit perpendiculairement au gaz par la partie supérieure de la colonne. Le lit garni est mouillé par ce liquide. Parfois, du liquide peut être introduit par la même extrémité que le gaz, par un dispositif spécifique (injecteur) pour améliorer le taux de mouillage du lit. Comme le montre le schéma ci-dessous, la section frontale du garnissage est inclinée par rapport à la direction du courant du gaz. L'inclinaison permet au liquide de descendre en bas de la colonne avant que le gaz ne le renvoie vers le haut (entraînement) et ceci permet d'optimiser la surface du garnissage mouillée et par conséquent la surface effective d'absorption.

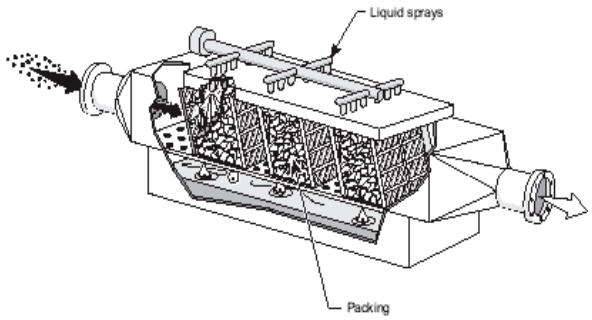


Figure 9 : distribution des phases dans une colonne à courant croisé

2. *Colonnes à plateaux :*

Les colonnes à plateaux ont à l'origine été inventées pour la distillation, mais elles peuvent également être utilisées comme absorbeur. Les plateaux munis de déversoirs sont particulièrement bien adaptés pour l'absorption.

Les plateaux peuvent être classés en deux grandes catégories :

a. *plateaux à courants croisés avec trop plein*

Dans les colonnes à plateaux à courants croisés, la phase gazeuse ascendante traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Un barrage de sortie maintient sur le plateau une couche de liquide, qui s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre, par une conduite.

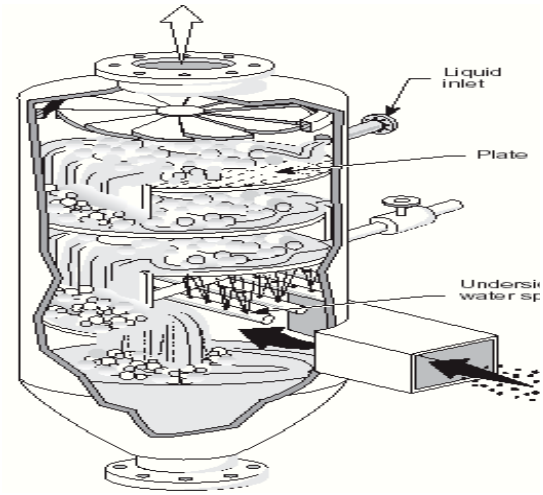


Figure 10 : distribution des phases à courant-croisé avec trop plein

b. *plateaux à contre-courant*

Les plateaux à contre-courant ne sont composés que de deux zones :

- zone implantée d'orifices pour permettre l'écoulement du gaz et du liquide ;
- zone périphérique.

Les plateaux à contre-courant sont caractérisés par l'absence de trop-plein. Les organes de barbotage, constitués exclusivement par des trous et des fentes permettant à la fois l'ascension de la phase gaz et la descente du liquide.

3. *Colonnes à pulvérisation et atomisation :*

Dans une tour vide, le traitement de gaz est réalisé par pulvérisation de la solution de lavage par un système de buses ou de dispersion à contre ou Co-courant.

Un des systèmes les plus performants est l'atomiseur de type Venturi. L'appareil est constitué d'un système convergent-divergent traversé par le gaz à traiter. L'apport de gaz sous pression provoque l'éclatement et l'atomisation du liquide de lavage injecté avant ou dans le col du Venturi pour assurer une surface importante de contact avec les gaz ou les effluents.

Contrairement aux colonnes garnies, la surface de contact gaz-liquide créée dans une colonne à vide est constituée de la multiplicité des gouttes de liquide pulvérisées dans le flux gazeux. Outre la grande surface d'échange offerte.

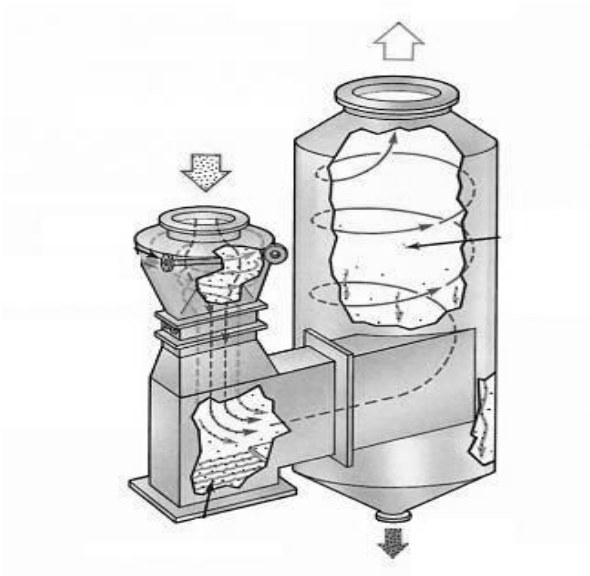


Figure 11 : distribution des phases dans une colonne à pulvérisation

Chapitre 4

Etude d'optimisation de l'opération de lavage des gaz dans les nouvelles lignes

I. équipements

Le système de lavage selon le procédé de JACOBS dans les nouvelles lignes comporte quatre laveurs

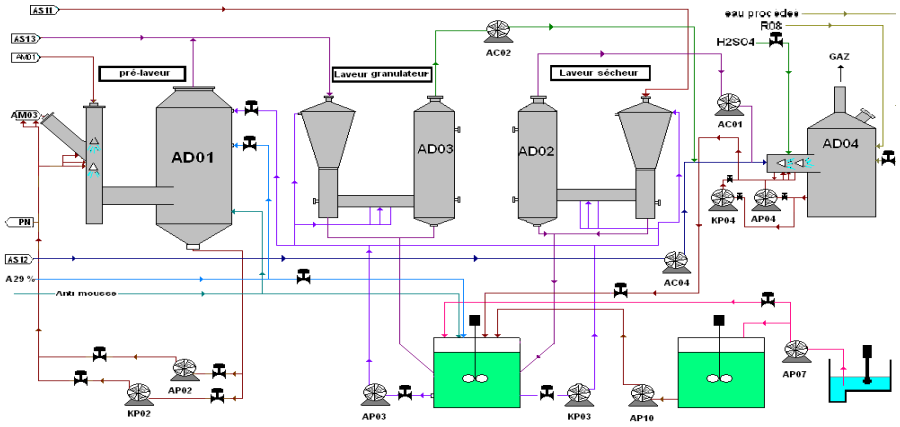


Figure 12 : Schéma général du système de lavage

Le rôle du prélaveur (AD01) et des laveurs du sécheur (AD02) et de poussières (AD03) est de récupérer l'ammoniac, les composés fluorés et les particules présents dans les gaz provenant des équipements de procédé avant de les diriger vers le laveur de gaz final.

1. prélaveur :

Le prélaveur (D01) traite les gaz du préneutraliseur et du granulateur contenant de l'ammoniac, de la vapeur, des poussières et des composés fluorés...

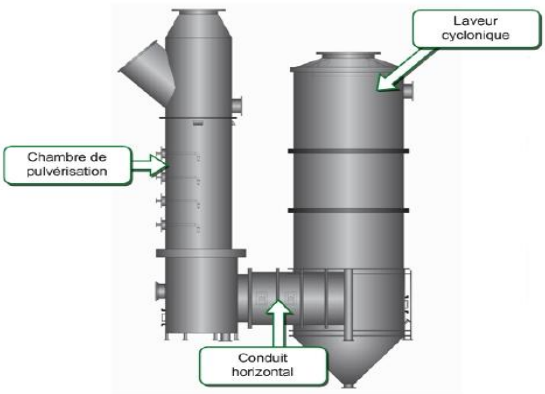


Figure 13 Schéma descriptif du prélaveur

Le prélaveur est conçu pour récupérer 80% des particules et 70% de l'ammoniac présents dans les gaz de la réaction dans le PN et le granulateur.

Avant d'être acheminé au prélaveur (D01) du liquide de lavage est pulvérisé par deux buses dans la chambre de pulvérisation du prélaveur afin de mouiller et récupérer les poussières et

une partie de l'ammoniac des gaz provenant du granulateur (M03). Cette étape est importante afin d'éviter l'encrassement du prélaveur.

Désignation / Paramètres	Liquide de lavage	Gaz en amont	Gaz en aval
Débit nominal/ maximal m^3/h	450	136.000/164.000	148.000/164.000
Pression mmH2O	----------	-180	-275
Température °C	82	85	87
Composition massique %	(28 à 32%) en P2O5	----------	----------

Tableau 3 : Caractéristiques du prélaveur

2. ***Laveur primaire :***

Le laveur primaire se subdivise en deux laveurs

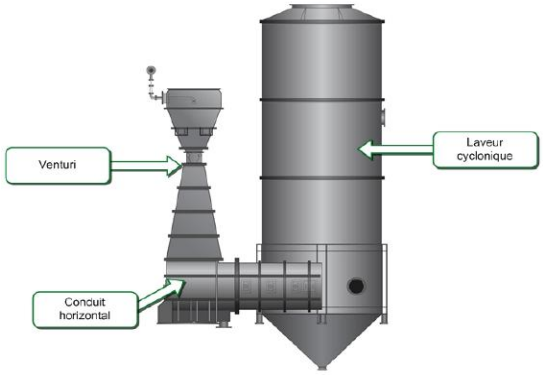


Figure 14 : Schéma descriptif du laveur primaire

a. *Laveur de poussières :*

Le laveur de poussières (D03) un des deux laveurs primaires. Il effectue la deuxième étape du lavage des gaz. Ce laveur reçoit les gaz du prélaveur (D01) ainsi que ceux des cyclones de poussières (S13).

Le laveur est configuré pour récupérer plus de 98% des particules et de l'ammoniac contenus dans ces gaz .Les gaz provenant des cyclones de poussières sont combinés aux gaz du prélaveur.

De la même manière que le prélaveur, le laveur de poussières fonctionne sous une pression négative. Les gaz sont aspirés à travers l'équipement. Dans le venturi du laveur, le liquide de lavage du bac R02 est pulvérisé sur les gaz via six buses de pulvérisation. Le principe de récupération de l'ammoniac et le captage des poussières est le même que pour le prélaveur.

Dans le venturi du laveur, le liquide de lavage est pulvérisé dans les gaz vie six buses de pulvérisation comme ave c le prélaveur.

Désignation / Paramètres	Liquide de lavage	Gaz en amont	Gaz en aval
Débit nominal/ maximal m^3/h	500	273.000/287.000	284.000
Pression mmH_2O	----------	-325	-725
Température °C	65	79	75
Composition massique %	26 à 28% P_2O_5	----------	----------

Tableau 4 : Caractéristiques du laveur de poussières

b. *laveur de sécheur D02 :*

Le laveur sécheur fonctionne selon les mêmes principes que le laveur poussières .ce laveur est alimenté par les gaz des cyclones sécheur.

Le ventilateur d'aspiration sécheur (C01) crée une dépression forçant la circulation des gaz chauds provenant des cyclones sécheur (S11) à travers le laveur sécheur (D02). Le liquide de lavage provenant du réservoir du lavage primaire est pompé par les pompes de lavage à travers six buses de pulvérisation dans le venturi et à travers trois buses dans le conduit horizontal. Les buses pulvérisent le liquide de lavage dans les gaz afin de convertir l'ammoniac et capter les poussières selon la réaction décrite pour le laveur poussières et le prélaveur.

Dans le laveur cyclonique un tourbillonnement des gaz crée par l'entrée tangentielle dans le laveur, projette le liquide de lavage et les gaz contre les parois décélérant ainsi les particules lourdes qui vont vers le fond du laveur.

Les particules décélérées et le liquide de lavage quittant le laveur rejoint le liquide sortant du venturi et circule vers le réservoir de lavage primaire (AR02).les gaz épurés sont aspirés vers le ventilateur d'aspiration sécheur(C01) pour rejoindre le laveur final.

Désignation / Paramètres	Liquide de lavage	Gaz en amont	Gaz en aval
Débit nominal/ maximal m^3/h	500	180.000/250.000	186.000/250.000
Pression mmH_2O	----------	-215	-515
Température °C	65	89	66
Composition massique %	(26 à 28%) P_2O_5	----------	----------

Tableau 5 : Caractéristiques du laveur de sécheur

3. *Laveur de gaz final :*

Tous les gaz épurés dans le D01 et D02 ,sont acheminés vers le laveur de gaz final afin de compléter la récupération de l'ammoniac, des composés fluorés et des poussières résiduels avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

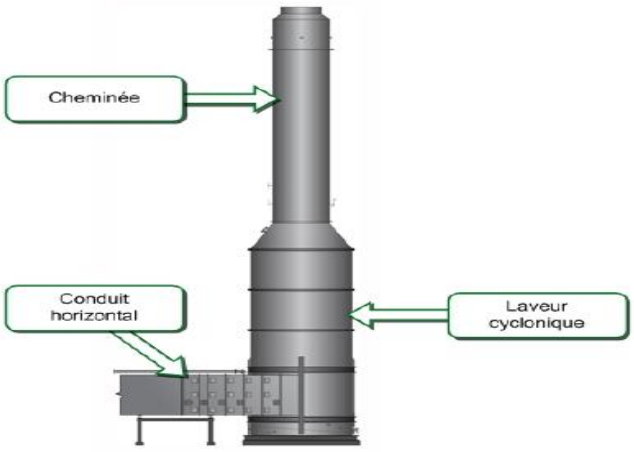


Figure 15 : Schéma descriptif du laveur des gaz final

Tous les équipement dans l'atelier , sauf le laveur de gaz final (D04) fonctionnant sous une pression négative par des ventilateurs de façon à récupérer les gaz chauds contenant les poussières et l'ammoniac non réagi dans le procédé.

Le laveur final est alimenté avec trois sources de gaz, les gaz lavés provenant du ventilateur d'aspiration sécheur (C01), du ventilateur d'aspiration poussières (C02) et du ventilateur d'aspiration refroidisseur (C04), 15 buses de pulvérisation sont alimentées avec une solution d'acide dans le courant de gaz à traiter. L'alimentation en gaz se fait tangentiellement à la paroi du laveur cyclonique produisant un mouvement cyclonique du gaz. Le même scénario que les autres tours cyclonique précédentes se produit.

Les gaz contiennent principalement de l'air, de la vapeur d'eau ainsi que des quantités infimes d'ammoniac et de poussière d'engrais. En passant à travers la cheminée(D05), la vitesse de sortie des gaz est accélérée vers l'atmosphère.

Le liquide de lavage dans la tour final se compose d'eau, d'acide sulfurique, de composés fluorés tel que l'HF en solution, MAP, DAP.

Une partie de la solution de lavage est envoyée au réservoir de lavage primaire (R02) pour ne pas avoir une saturation en ammoniac et autres contaminants (composés fluorés et poussières).

Le recyclage, l'évaporation et la recirculation entraînent des pertes de liquide de lavage.

Un débit d'eau d'appoint provenant du stockage est acheminé au laveur afin de maintenir un niveau de liquide de lavage constant dans le laveur. L'eau récupérée au réservoir de condensat lors du refroidissement de l'air est aussi utilisée comme eau d'appoint. L'acide sulfurique provenant du stockage est ajouté à la solution de lavage afin de compenser les pertes et pour contrôler le pH de la solution. si le pH est trop bas, il y a plus de rejet de fluor, alors que si le pH est trop élevé, l'ammoniac ne sera pas complètement.

Désignation / Paramètres	Liquide de lavage	Gaz en amont	Gaz en aval
Débit nominal/ maximal m^3/h	1500	728.000/743.000	682.000/795.000
Pression mmH_2O	----------	100	0
Température °C	52	79	75
Pourcentage Fluore mg/m^3	----------	7	<2

Tableau 6 : Caractéristiques du laveur des gaz final

4. Réservoir de lavage primaire :

C'est un réservoir où s'effectue l'homogénéisation du liquide de lavage avec un agitateur vertical.

Figure 16 : Schéma descriptif du bac de lavage primaire

Le réservoir de lavage primaire(R02) est alimenté avec le liquide de lavage provenant du laveur de poussières(D03) et du laveur de sécheur(R02) ainsi que des flux intermittents provenant du réservoir de récupération de liquide(R07) et du puisard (R05).

Ce réservoir assure la recirculation du liquide de lavage dans les laveurs (D02) et (D03) via les buses pour la récupération des poussières et l'ammoniac des gaz du procédé, une partie du flux des pompes de R02 peut être envoyée au prélaveur en cas de besoin.

Le réservoir de lavage primaire est alimenté avec de l'acide phosphorique dilué afin d'avoir un rapport molaire N/P constant et de maintenir une bonne efficacité de traitement des gaz.

Vu la consistance de la solution dans le réservoir (R02), un système d'homogénéisation est installé et est composé d'un moteur, d'un agitateur et accessoires afin d'avoir une solution homogène et éviter le dépôt des matières solides et denses au bas du bac et complexer l'utilisation et de la solution et du réservoir et accessoires.

De l'anti-mousse peut être alimenté au réservoir de lavage primaire au besoin.

Les laveurs (D02) et(D03) n'ont pas de pompes propres à eux et ceci dans le but d'économiser et de minimiser les couts d'appareillage, les répartitions et les arrêts pour entretien ou maintenance mécanique, ainsi l'encombrement et la disposition des laveurs permet l'utilisation d'un bac pour les deux laveurs.

Repère Bac	Désignation	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Volume (m^3)	Densité	T °C
107B R02	Liquide lavage	4.5	3	47.7	1.29	65

Tableau 7 : Caractéristiques du bac de lavage primaire

II. Facteurs favorisants la captation du fluor :

- **Influence du rapport molaire:**

Lors du lavage des gaz avec la solution d'acide phosphorique introduit au niveau de la section de lavage pour la captation de l'ammoniac, on assiste à deux phénomènes inverses qui se produisent lors du contact gaz-liquide à savoir.

L'absorption de l'ammoniac (gaz) par l'acide phosphorique (neutralisation).

Le stripping du fluor véhiculé par l'acide phosphorique de la phase liquide vers la phase gazeuse.

La quantité du fluor strippée dépend de la température, de la teneur du fluor dans l'acide, de la quantité d'acide introduit au niveau de la section de lavage, et surtout du rapport molaire N/P. En effet, le rapport molaire de la solution de lavage a un effet important sur la tension de vapeur des composés fluorés dans la solution de lavage.

L'augmentation du rapport molaire contribue à la diminution de la tension de vapeur des composés fluorés et par conséquent, la diminution du fluor dégagé (strippé par les gaz).

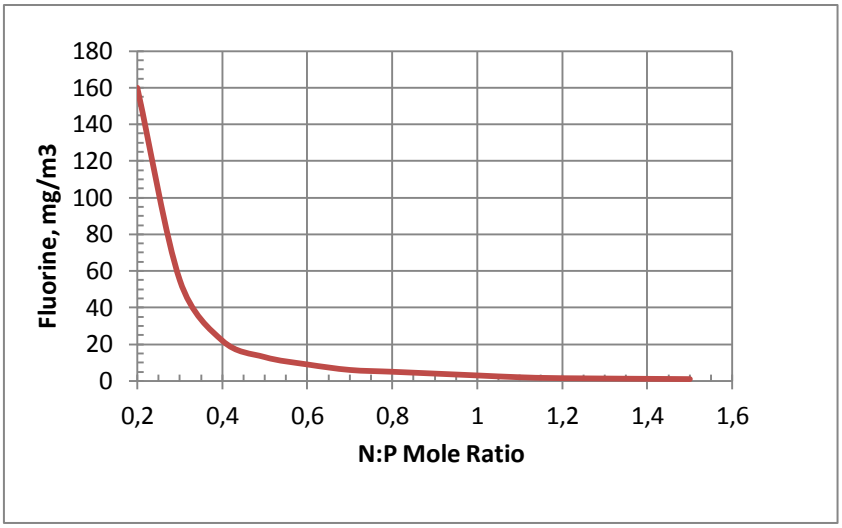


Diagramme 1 : Dégagement du fluor en fonction du rapport molaire

Afin de minimiser le relargage du fluor, le rapport molaire N/P de la solution doit être optimisé.

Lorsque le rapport molaire diminue, l'efficacité de récupération de l'ammoniac augmente et l'échappement du fluor à partir du liquide de lavage vers le flux de gaz augmente également

Plus le rapport molaire diminue, plus le relargage du fluor dans le courant gazeux est important.

Si le rapport N/P est plus petit que 0,4, il y a dégagement excessif de fluor et des risques de corrosion plus importants.

Chapitre 5 :

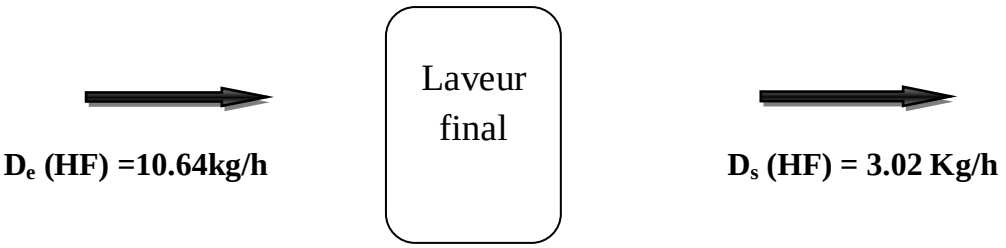
Etude des problèmes et améliorations proposées

I. Evaluation de l'efficacité des sections de lavage des nouvelles lignes

Tous les gaz ayant subit le lavage dans les laveurs cyclones en amont subissent leurs derniers lavage dans la tour final D04 avant d'être évacuer vers l'atmosphère. C'est dans cette tour que s'effectue le captage le plus important de l'acide fluorhydrique. Contrairement aux autres colonnes de lavage, le lavage s'effectue à l'eau brute.

Nous avons calculé l'efficacité du laveur final D04 vis à vis la capture de HF. Sachant que le débit de HF à l'entrer du laveur est de l'ordre de 10.64 Kg/h, ainsi que le débit de HF à la sorti du laveur est de l'ordre de 3.02 Kg/h. Le rendement est calculé selon la formule suivante :

$$\mathbf{R = (D_e - D_s)/D_e}$$



Rendement de captation de fluor =71,6%

Le rendement design de récupération du fluor est de (R_{min}=85%).

Écart en rendement de captation HF par rapport aux valeurs design :

Le tableau récapitulatif suivant nous permet de quantifier l'écart entre l'efficacité mesurée et celle de référence pour la tour finale de la section de lavage de la ligne 107B

	Efficacité actuelle	Efficacité design	Ecart
Tour D04	71.6 %	85 %	13.4 %

Tableau 8 : Écart en rendement de captation d'HF par rapport aux valeurs design

Nous remarquons, donc, que nous avons encore 13.4 % à récupérer pour atteindre la valeur référence de l'efficacité de la tour finale D04 vis-à-vis de la captation du fluor à savoir R_{min} =85%

I. Actions pour améliorer l'opération du lavage dans les nouvelles lignes

1. *Amélioration de l'efficacité de la captation du fluor au niveau de la tour du lavage final D04*

1.1 Augmentation de l'aire interfaciale par ajout des pulvérisateurs où les gaz y seraient lavés à contre-courant :

En augmentant cette aire (surface de contact entre le gaz et le liquide) on augmente, d'avantage, la possibilité d'échange entre la phase gazeuse et la phase liquide, et donc le rendement du lavage. Les nombreuses études entreprises pour déterminer l'aire interfaciale ont montré que celui-ci augmente avec le débit liquide à cause de la croissance de la surface d'échange et de la vitesse des gouttes, de même une diminution du diamètre de ses gouttes fait augmenter l'aire interfaciale.

Etant donné que le transfert de matière se fait d'une manière plus importante suite au lavage à contre-courant, notre proposition peut être optimisée en la couplant avec un régime à contre-courant.

Cette amélioration nécessite l'augmentation du nombre de pulvérisateurs sur la tour D04 ainsi que l'ajout d'une pompe.

- **Caractéristiques de la configuration proposée :**
  - Trois pulvérisateurs de même type que ceux de la gaine entrée D04 « Model = BETE 3TF112W » ayant un débit de liquide à injecter, par pulvérisateur, de 99 m^3/h
  - Pompe capable de fournir 300 m^3/h.

Ensuite nous avons calculé les pertes de charge linière et singulière entre le refoulement de la pompe et la canne.

Les pertes de charge s'écrit comme suit :

$$\Delta H = \lambda . \frac{L}{D} . \frac{1}{2g} . v^2$$

Le coefficient de perte de charge lambda dépend du régime d'écoulement (Reynolds) et de la rugosité des conduites.

Nous calculons Le nombre de **Reynolds selon la formule suivante :**

$$\mathbf{R_e = V . D_h / \nu}$$

V : vitesse d'écoulement en **m/s**

$\mathbf{D_h}$: diamètre hydraulique du tube en **m**

ν : viscosité cinématique en $\mathbf{m^2/s}$

$$\mathbf{R_e = \underline{370650}}$$

Donc le régime d'écoulement est turbulent

Nous prenons une **rugosité absolue** de **0.4 mm** correspondant à un tube en acier soudé et rouillé.

Soit une **rugosité relative** de **0.004**

Nous calculons ainsi le coefficient de perte de charge moyennant la corrélation Colebrook étant donné que le nombre de Reynolds est supérieur à 5000 (Régime turbulent).

$$\mathbf{1 / \lambda^{1/2} = -2 \log [2.51 / (Re\ \lambda^{1/2}) + (k / d_h) / 3.72]}$$

$\mathbf{R_e}$ **:** nombre de Reynolds

$\mathbf{D_h}$: diamètre hydraulique du tube en **m**

K : rugosité absolue en **m**

λ : coefficient de perte de charge

On trouve un **coefficient de perte** de charge de **0.030**

Notons que nous trouvons la même valeur via l'abaque de Moody

Les pertes de charge singulières et linéaires du circuit sont présentées dans le tableau suivant:

Pertes de charge singulières	Longueur équivalente
1 Coude diamètre 125mm à 90°	3
Longueur totale du circuit	40
Vanne à passage intégral ø 120mm	0,9
Té à ø 125mm	8,5
1 Coude diamètre 125mm à 90°	2,5
Vanne à passage intégral ø 100mm	0,8
Longueur total équivalente (m)	***55,7***

Tableau 9 : Pertes de charges linéaires et singulières

La perte de charge par frottement pour une longueur total équivalente de 55,7m est **1.1 Bars.**

La pression au niveau du refoulement de la pompe est de **3,5 bars**. Donc la pression au niveau de la canne sera de **2,4 Bars** avec un débit du liquide de **99 $\mathbf{m^3/h}$**.

Pour cette configuration nous estimons une efficacité de la captation du fluor de **87%** VS **71,6%** actuelle.

1. *Amélioration concernant la méthode de la production d'engrais de type MAP*

Le diagramme ci-dessous montre des suivis du pH au niveau de la tour finale D04 lors de la production de chaque type d'engrais (MAP, DAP, NPK) pendant 10 jours, de **05/05/2015** à **15/05/2015**.

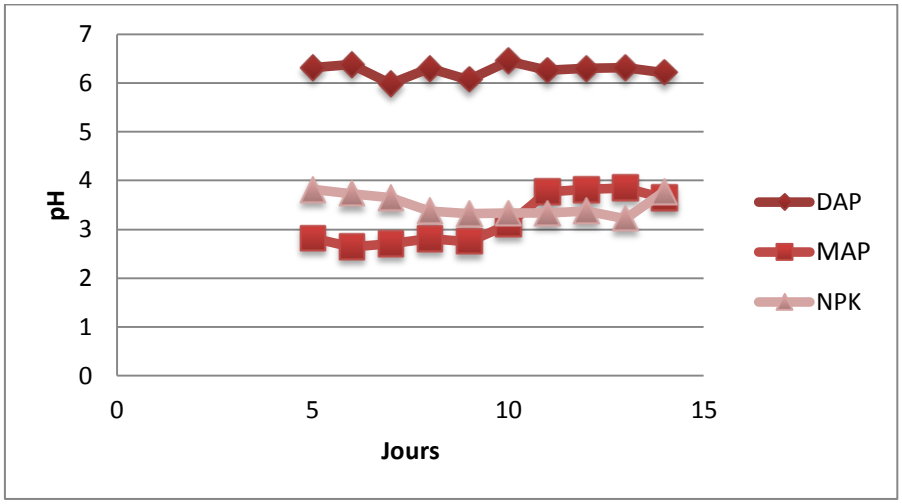


Diagramme : suivis du pH des types des engrais (MAP, DAP, NPK)

Comme il est indiqué sur le diagramme, le pH lors de la production d'engrais de type DAP varie entre 6 et 7 ce qui correspond à un pH neutre .par contre pour les deux autres types d'engrais (MAP et NPK) lors de leur production, le pH varie entre 3 et 4 pour l'engrais de type NPK, et entre 2 et 4 pour l'engrais de type MAP.

Et comme nous avons cité dans les parties précédentes, lorsque le pH est acide le milieu contient d'HF, ce dernier est corrosif, et il attaque les équipements (vannes, ventilateurs).

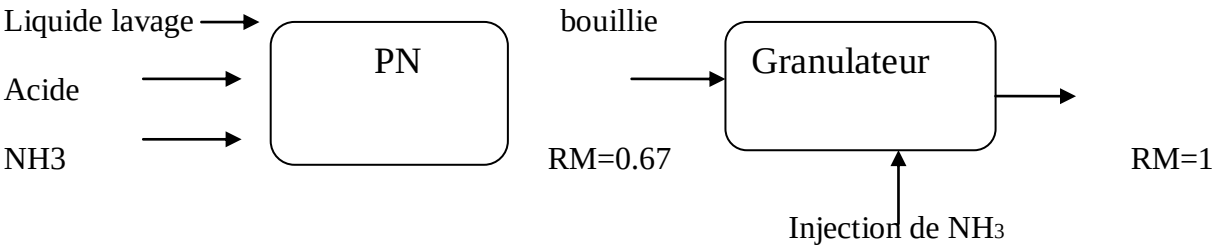
Et si nous excluons le type d'engrais NPK, parce qu'il ne dégage pas de fluor au cours de sa production, ce qui montre clairement que ce problème est du à la production d'engrais de type MAP.

Pour résoudre ce problème nous avons proposé une méthode, dite **'Back Titration'** qui consiste à modifié la distribution de l'acide phosphorique et du NH_3 dans le préneutraliseur et le granulateur.

Etude de procédé "back titration" :

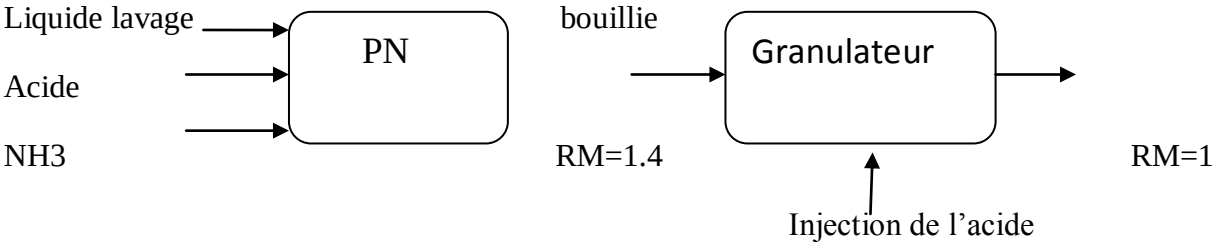
- **Présentation du procédé :**
  - **Forward titration**

Le procédé utilisé actuellement est le procédé de forward titration. Il consiste à travailler avec un rapport molaire de 0.67 au sein du préneutraliseur, puis faire un dosage direct par le NH3 au sein du granulateur pour atteindre un rapport molaire de 1.



- **Back filtration :**

Le procédé back titration quand à lui consiste à atteindre un rapport molaire de 1.4 au niveau du préneutraliseur, puis retourner un rapport molaire de 1 par un dosage en retour en ajoutant l'acide phosphorique dans le granulateur.



- **Modifications nécessaires pour la réalisation:**

Afin d'assurer une bonne pulvérisation de l'acide sur le produit, l'injection de l'acide sera fait via une canne que sera fixée sur les supports de la rampe de NH_3.

Et pour avoir une bonne distribution de l'acide sur le lit du produit au sein du granulateur nous serons utilisés des buses d'injection. Elles permettent de pulvériser l'acide sur le produit sous l'effet de la pression.

- **Comparaison des méthodes Forward et back titration**

La consommation du fuel est 707 l/h pour la méthode forward titration et de 743 l/h pour la méthode back titration soit une augmentation de 5% cette différance est due la quantité d'eau supplémentaire ajoutée par l'acide au niveau du granulateur. En effet le produit

granulé en aval du granulateur sera plus humide avec la méthode back titration (+2%) que la méthode forward titration.

Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre les deux méthodes :

Forward titration	**Back titration**
Corrosion excessive : Virole Ventilateurs Gaine assainissement	Limitation de la corrosion de la gaine L'assainissement Limitation de la corrosion de la Virole Limitation de la corrosion des ventilateurs
Moins de consommation du fuel	Plus de consommation du fuel Augmentation du taux de recyclage

Tableau 10 : comparaison des deux méthodes «Forward » et « Back titration »

Conclusion :

La production du MAP est accompagnée par le dégagement des gaz fluorés, le fait de travailler avec un rapport molaire de 1.4 au lieu de 0.67 va diminuer considérablement le dégagement de ces gaz corrosif.

L'étude réalisée nous a permis de déterminer deux avantages de la méthode back titration par rapport la méthode forward titration qui sont : la limitation de la corrosion des gaines assainissement par la réduction de dégagement des fluorures et la limitation de la corrosion de la virole en réduisant l'acidité de la bouillie.

Conclusion

Le système de lavage des gaz est considéré comme partie intégrante de la production des engrais, l'interet porté à ce système vient de la dualité de leur importance qui touche à la fois la préservation de l'environnement et les rendements du process.

Nous avons fait une étude bibliographique sur le phénomène de lavage des gaz par absorption .cette étude nous a permis de bien comprendre le principe de fonctionnement des types de laveurs et les paramètres qui favorise ce phénomène.

Nous avons présenté par la suite les actions que nous avons jugées nécessaire pour avoir un lavage plus efficace, ainsi que pour éviter la formation d'HF au niveau de la tour finale, à savoir l'ajout des pulvérisateurs au niveau de la tour finale, et le changement de paramètres d'entré de l'acide phosphorique et du NH_3 au niveau du Préneutraliseur et du granulateur.

Références bibliographiques

‘Buses de pulvérisation,’ Date de visite Mai 19, 2015. http://www.busesdepulverisation.fr/docs/default-source/french-data-sheets/tf-c%C3%B4ne-plein.pdf?sfvrsn=2

INERIS DRA. ‘Colonnes à plateaux,’ Date de visite Mai 15, 2015. http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes_chimiques/Tox_Proc_Colonnes_plateaux_V0.pdf

INERIS DRA. ‘Colonnes à garnissage,’ Date de visite Mai 14, 2015. http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes_chimiques/Tox_Proc_Colonnes_garnissage_V0.pdf

Rapport de stage de Mr ZAHHAF Yassine.