

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

## **Projet de Fin d'Etudes**

**Etude et amélioration de l'opération " lavage des gaz " de l'unité de production des engrais**

**Lieu : OCP**

**Référence : 09/17GI**

**Préparé par :**

**-MENGAD FATIMA ZOHRA**

**-OUJAT HIND**

**Soutenu le 07 Juin 2017 devant le jury composé de :**

- ✚ Pr H. Kabbaj (Encadrant FST)**
- ✚ Pr N. El Ouazzani (Examineur)**
- ✚ Pr M. El Hammoumi (Examineur)**
- ✚ Mr. EL AZIZI YACINE (Encadrant société)**

## **REMERCIEMENT**

Les remerciements sont marque de politesse incontournable mais insuffisante pour témoigner notre gratitude envers ceux qui nous ont soutenus.

Après nos louanges à Dieu, nous présentons nos sincères remerciements à notre parrain de stage **M.YACINE EL AZIZI**, ingénieur responsable de production des engrais d'avoir accepté, d'aussi bonne grâce, d'encadrer ce présent projet, et aussi pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses encouragements, ses fructueuses orientations et son soutien tout au long du déroulement de ce stage qui nous ont permis, grâce au sujet que nous avons développé, d'enrichir nos connaissances théoriques et pratiques.

*Nous tenons aussi à remercier vivement **Mr.H.KABBAJ** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Fès qui a suivi ce travail avec un grand intérêt et ses précieux conseils.*

*Que tous nos professeurs de la formation Génie Industriel particulièrement **Mr. Abdelali ENNADI** à qui nous adressons tous respect.*

*En l'occurrence, nous avons l'honneur de faire part de satisfaction et remerciements à tous les personnels du service "production des engrais " notamment Mr **Ennair** le chef de service, Mr **boutarra** l'encadrant à la société Et tous les agents du groupe OCP.*

*Ainsi nous voudrions remercier vivement et exprimer notre profond respect à Mr le Doyen de la FST Fès, et tous nos professeurs qui ont fait de leurs mieux pour nous assister tout au long de notre formation.*



Figure 1:organigramme de jorf lasfar .....	9
Figure 2:étapes u procédé de fabrication des engrais .....	11
Figure 3:schéma descriptif du préneutraliseur .....	13
Figure 4:schéma descriptif du granulateur.....	13
Figure 5:schéma descriptif du sécheur .....	14
Figure 6:schéma descriptif de criblage.....	15
Figure 7:broyeur .....	15
Figure 8:enrobeur .....	16
Figure 9:assainissement générale.....	17
Figure 10:les cyclones.....	21
Figure 11:schéma de pré laveur .....	22
Figure 12:schéma de laveur de poussière.....	22
Figure 13:schéma de laveur de sécheur.....	23
Figure 14:schéma descriptif de la section de lavage .....	24
Figure 15:condition de marche de la section de lavage .....	25
Figure 16:dégagement de fluor en fonction du RM .....	26
Figure 17:Pareto des anomalies .....	28
Figure 18:classification des problèmes de circuit liquide .....	31
Figure 19:suivi d'encrassement des pulvérisateurs .....	31
Figure 20:les conduits d'alimentation des buses.....	32
Figure 21:monomètre testo 506-3.....	36
Figure 22:diagramme de classification des problèmes de circuit gaz.....	36
Figure 23:schéma descriptif de proposition d'amélioration .....	41
Figure 24:schéma descriptif de proposition d'amélioration .....	42

### Liste des tableaux :

Tableau 1:pourcentages massiques des composés des engrais.....	11
Tableau 2:rendement de la captation de NH3 .....	29
Tableau 3:rendement de la captation de fluor .....	29
Tableau 4:classification 5M .....	29
Tableau 5:perte de charges linéaires et singulières.....	34
Tableau 6:suivi de débit de refoulement des pompes .....	35
Tableau 7:les dépressions mesuré par le monomètre .....	36
Annexes .....	44,45

## ***Lexique :***

<i>Abréviations</i>	<i>Désignations</i>	<i>Abréviations</i>	<i>Désignations</i>
<i>Ocp</i>	<i>Office chérifien de phosphate</i>	<i>BP</i>	<i>Basse pression</i>
<i>PN</i>	<i>Pré-neutraliseur</i>	<i>NPK</i>	Mélange d'éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium).
<i>DAP</i>	<i>Di-ammonium phosphate</i>	<i>Pulvé</i>	<i>Pulvérisateur</i>
<i>MAP</i>	<i>Mono-ammonium phosphate</i>	<i>M03</i>	<i>Granulateur</i>
<i>RM</i>	<i>Rapport molaire</i>	<i>R02</i>	<i>Réservoir primaire</i>
<i>NH3</i>	<i>Ammoniac</i>	<i>S11</i>	<i>Cyclone sécheur</i>
<i>HF</i>	<i>Acide fluorhydrique</i>	<i>D03</i>	Le Laveur de Poussières et Fumée
<i>MP</i>	<i>Moyenne pression</i>	<i>D04</i>	Laveur de Gaz Final
<i>TSP</i>	superphosphate triple	<i>ASP</i>	Ammonium sulfo-phosphate
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	phosphore	<i>K<sub>2</sub>O</i>	Potassium



## **Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil**

<i>I. Présentation de l'organisme d'accueil. ....</i>	<i>9</i>
<b>1-histoire et rôle de l'OCP : .....</b>	<b>9</b>
<b>2-Présentation de site jorf lasfar .....</b>	<b>9</b>
<b>3-Présentation de L'atelier de production des engrais.....</b>	<b>10</b>
<i>II -Généralités sur les engrais phosphatés :.....</i>	<i>10</i>
<b>1. définition des engrais .....</b>	<b>10</b>
<b>2. terminologies des engrais.....</b>	<b>11</b>
<i>III- Description du procédé de fabrication des engrais :.....</i>	<i>11</i>
<b>1. matière première.....</b>	<b>11</b>
<b>2 .Equipement principaux de la ligne :.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Principe de la fabrication et procédé de la fabrication:.....</b>	<b>12</b>
<i>I. Description de lavage des gaz .....</i>	<i>19</i>
<b>1. Principe de l'absorption :.....</b>	<b>19</b>
<b>2. Les différents liquides de lavage et ses caractéristiques.....</b>	<b>19</b>
<b>2 .Principaux types de laveurs : .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Le lavage des gaz :.....</b>	<b>21</b>
<i>III. paramètres influant sur l'efficacité de lavage des gaz.....</i>	<i>24</i>
<b>1. Efficacité des laveurs.....</b>	<b>24</b>
<b>2. Influence des caractéristiques physico-chimiques de la solution de lavage sur la captation de l'ammoniac et du fluor.....</b>	<b>25</b>
<b>3. Encrassement des laveurs .....</b>	<b>26</b>
<i>I. Détermination les efficacités de section de lavage 107B.....</i>	<i>28</i>
<i>II- évaluation et études critique : .....</i>	<i>29</i>
<b>1.Caractéristiques de liquide de lavage : .....</b>	<b>29</b>
<b>2 .Circuit liquide (annexe-2).....</b>	<b>30</b>
<b>3-circuit gaz et poussières .....</b>	<b>36</b>

<i>Avant de démarrer les pistes d'améliorations possibles il faut d'abord respecter certain normes de contrôle :</i> .....	40
<i>I-Proposition des recommandations pour améliorer le rendement de la captation de l'ammoniac et le fluor :</i> .....	40
<i>II -Augmentation de l'aire inter facial :</i> .....	40
<i>III -Amélioration de l'efficacité de la captation du fluor au niveau de la tour du lavage final D04 :..</i>	41
<b>Conclusion</b> .....	43



La protection de l'environnement est perçue dans le monde en général et au Maroc en particulier, de plus en plus, 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 OCP, par un ensemble d'actions visant à réduire les émissions des composés polluants en apportant des améliorations aux installations existantes et l'introduction de nouveaux procédés moins 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 et permet aussi la récupération des pertes en matière.

Afin d'anticiper et de se conformer à la prescription d'un contexte environnementale évolutif, notamment pour les rejets gazeux comme l'ammoniac et le 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 de l'ammoniac et du fluor.

Pendant notre période de stage que nous avons effectué à l'atelier de la production des engrais Notre présent rapport est divisé en 3 grands chapitres :

- Le premier est consacré à l'étude des différentes technologies de lavage des gaz et aussi les paramètres de lavage influant sur la captation de l'ammoniac et du fluor (notamment les caractéristiques physico-chimiques de la solution de lavage).
- Dans le second, nous aborderons l'étude critique de la section de lavage afin de pouvoir quantifier les écarts en efficacité par rapport aux références du constructeur (données Design) ;
- Nous décrirons dans le troisième les principales recommandations d'amélioration pour améliorer le rendement de captation de l'ammoniac et du fluor.

## *Chapitre I :*

### *Présentation de l'organisme d'accueil*



## I. Présentation de l'organisme d'accueil.

### 1-histoire et rôle de l'OCP :

L'Office Chérifien des Phosphates fut créée au 7 août 1920 par dahir, le dahir réservera à l'état tous les droits de recherche et d'exploitation du phosphate, ainsi que le monopole des ventes de ce minerai sur le marché. L'exploitation effective du minerai ne fut entreprise qu'en 1921 dans la région d'Oued Zem. Dès cette période, l'OCP a connu une très vive expansion sans relâche grâce à la qualité du minerai extrait et à l'appréhension des pays demandeurs.

L'OCP a commencé une très large industrialisation avec son activité et a créé des usines pour les dérivées du phosphate (acide phosphorique, fertilisants...etc.), ce qui constituera le noyau du groupe OCP. Quelques dates clés :

1920 : Début de l'extraction du phosphate à boujniba (Khouribga).

1950 : Mise en œuvre de la méthode d'extraction en découverte à Khouribga.

1965 : Démarrage de Maroc phosphore I-II à Safi.

1980 : Partenariat industriel en Belgique: Démarrage du site de Jorf lasfar avec Maroc phosphore III-IV.

2000 : Démarrage d'une unité de flottation de phosphate à Khouribga.

### 2-Présentation de site jorf lasfar

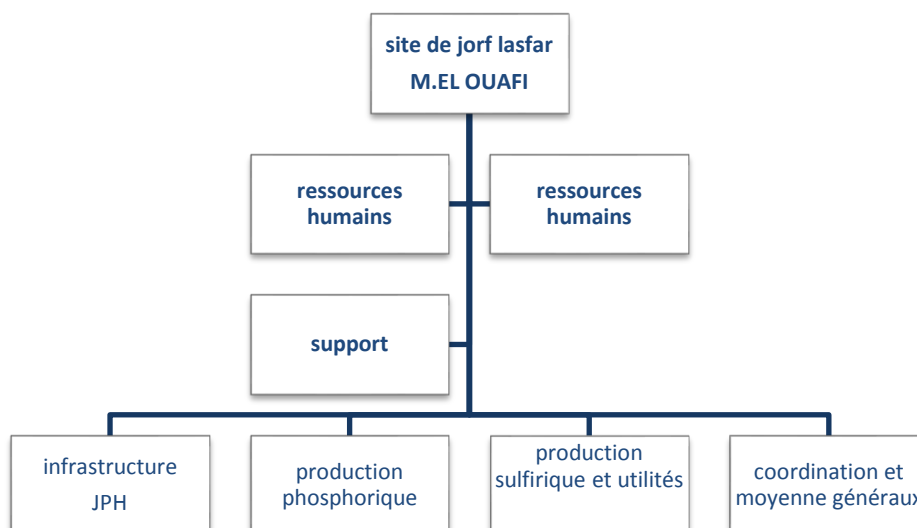


Figure 1:organigramme de jorf lasfar

### 3-Présentation de L'atelier de production des engrais

Le complexe MAROC phosphore comprend plusieurs ateliers :

#### L'atelier sulfurique

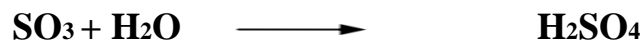
L'unité sulfurique est conçue pour produire l'acide sulfurique, qui entre dans la fabrication de l'acide phosphorique.

Cet atelier est consacré pour la fabrication de l'acide sulfurique selon trois étapes :

**La combustion :** pour former l'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>)  $S + O_2 \longrightarrow SO_2$

**La conversion:** pour former l'anhydride sulfurique (SO<sub>3</sub>)  $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow SO_3$

**L'absorption:** pour former l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) qui entre dans la fabrication de l'acide phosphorique.



#### L'atelier phosphorique

L'usine de l'acide phosphorique est destinée pour produire 450,000 t/an en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de concentration de 29% et de 54% en acide phosphorique, à travers la réaction chimique :



#### L'atelier des engrais

Les processus de la fabrication d'acide phosphorique à partir des autres ateliers aboutissent au superphosphate simple ou triple qui est utilisé directement comme engrais ou associé à d'autre source d'azote ou de potassium pour produire des engrais composés :

- **TSP:** le triple superphosphate
- **ASP:** l'ammoniac superphosphate
- **DAPet MAP:** Le di ammonium phosphate et le mono-ammonium phosphate contient les deux éléments nutritifs azote et phosphore.
- **NPK :** c'est un mélange d'engrais en proportions appropriées en éléments nutritifs azote, phosphore et potassium.

## II -Généralités sur les engrais phosphatés :

### 1. définition des engrais

**Les engrais** sont des produits qui contiennent les éléments nutritionnels pour les plantes que ça soit l'azote, le phosphore et le potassium, dont la fonction principale est d'apporter aux plantes leur besoin en éléments directement utiles à leur nutrition.

## 2. terminologies des engrais

### ➤ Les engrais simples :

Ce sont des engrais ayant une teneur déclarée en un seul élément fertilisant majeur N, P ou K.

### ➤ Les engrais composés :

Ce sont des engrais ayant des teneurs déclarées avec au moins deux éléments fertilisants des engrais majeurs. Il s'agit des engrais NP, PK, NK et NPK.

	$N_2$ (%)	$P_2O_5$ (%)	$K_2O$ (%)
TSP	0	48	0
ASP	19	38	0
MAP	11	55	0
DAP	18	48	0
NPK	15	15	15

Tableau 1: pourcentages massiques des composés des engrais

## III- Description du procédé de fabrication des engrais :

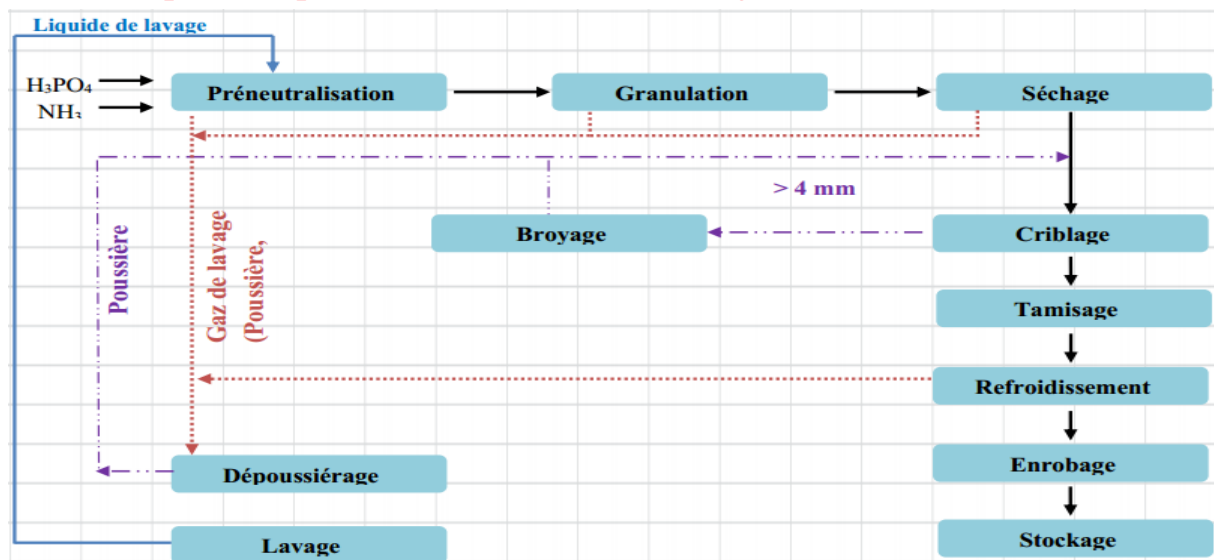


Figure 2: étapes u procédé de fabrication des engrais

## 1. matière première

La matière première utilisée pour la fabrication des engrais peut être classée en trois catégories : les matières premières ; les utilités ; les matières additives.

➤ **Les Matières premières:**

- Acide phosphorique à des concentrations de 29% et 54 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- Ammoniac liquide et gaz.
- Acide sulfurique.

➤ **Les utilités :**

- Vapeur basse pression (BP).
- Vapeur moyenne pression (MP).
- Fuel lourd.
- Eau brute.
- Air d'instrument : air sec à une pression de 7 bars.

➤ **Les Matières additives :**

- Anti-mousse.
- Huile aminée d'enrobage.

## 2. Equipement principaux de la ligne :

La fabrication des engrais comporte six étapes principales :

- Les réactions d'ammoniations.
- La granulation.
- Le séchage.
- La classification granulométrique.
- Le conditionnement du produit (refroidissement et enrobage).
- Assainissement et lavages des gaz.

## 3. Principe de la fabrication et procédé de la fabrication:

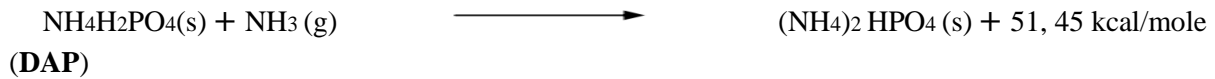
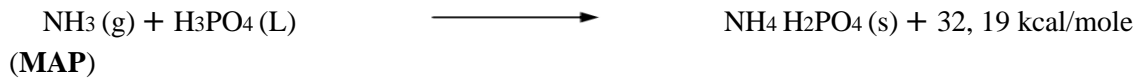
La fabrication des engrais azotés consiste en une neutralisation de l'acide phosphorique ce qui donne lieu à une réaction exothermique. Toutefois l'instabilité du phosphate tri-ammoniaque (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dans les conditions de fabrication amène à limiter la neutralisation par contrôle analytique du rapport molaire.

$$RM = \frac{\text{Nombre de moles de NH}_3}{\text{Nombre de moles de H}_3\text{PO}_4}$$

### Préneutraliseur :

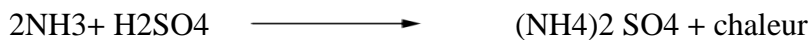
Les phosphates d'ammonium sont à l'échelle mondiale, les engrais phosphatés les plus utilisés grâce à leurs dosages élevés en éléments essentielles et leurs propriétés physiques. Le principe de la fabrication consiste à produire un mélange de phosphate d'ammonium et sulfo-phosphate d'ammonium par neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac selon les réactions suivantes :

❖ **Neutralisation de l'acide phosphorique :**

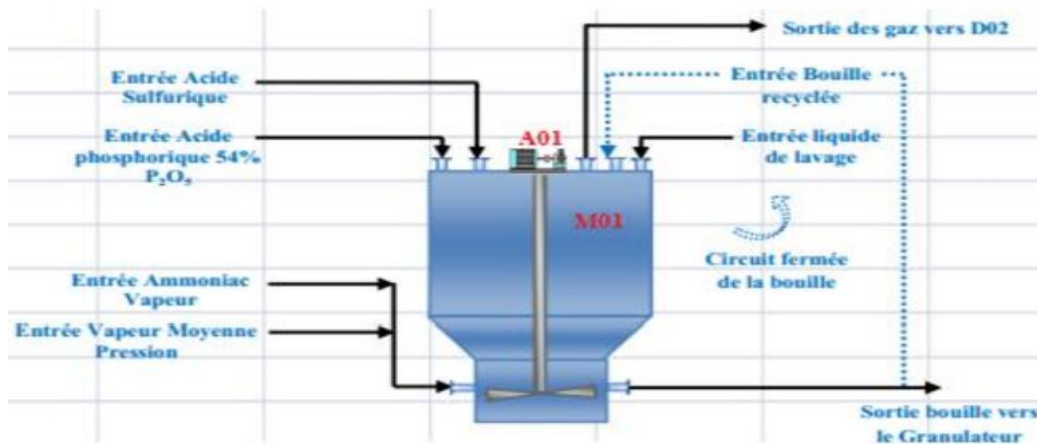


➡ Pour cette 1ère ammonisation, le rapport molaire doit être d'environ 0,6 pour le MAP et 1.4 pour le DAP.

❖ **Neutralisation de l'acide sulfurique :**



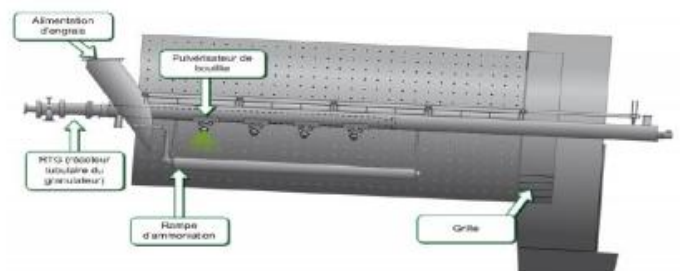
Ces réactions se déroulent dans le PN qui est un réacteur continu parfaitement agité muni d'un agitateur permettant un mélange parfait du milieu réactionnel comme il est montré dans la figure ci-dessous.



*Figure 3:schéma descriptif du préneutraliseur*

**Granulation :**

L'opération de granulation a lieu dans le M03 et elle consiste à transformer la bouillie venant du PN en un produit granulé de dimensions bien déterminées. La bouillie est pulvérisée moyennant une buse de pulvérisation sur un lit de matière sèche recyclée, le mouvement de rotation de la virole permet de former des grains ayant une forme sphérique. C'est ici qu'a lieu la seconde neutralisation de l'acide phosphorique contenu dans la bouillie



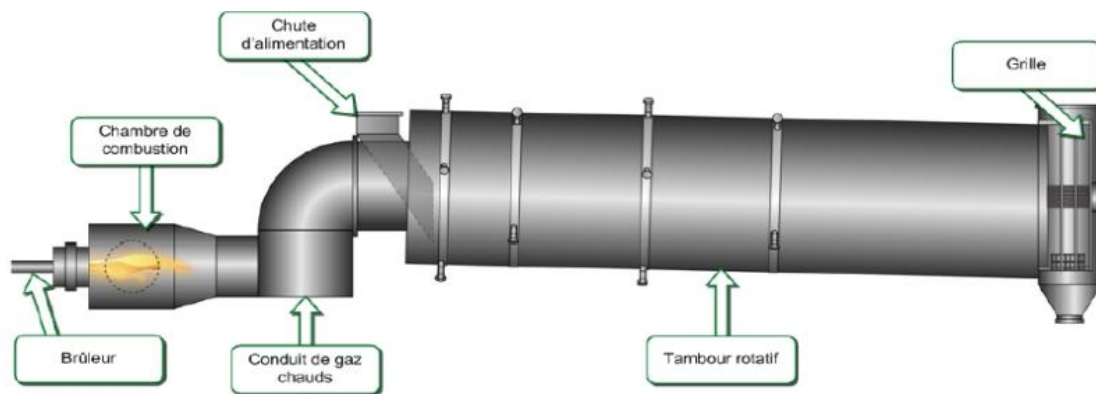
*Figure 4:schéma descriptif du granulateur*

moyennant une rampe pour ramener le rapport molaire de 1,4 à 2 pour le DAP et de 0,6 à 1 pour le MAP afin de favoriser la cristallisation de la bouillie. Le produit granulé humide sort du M03 à travers une grille.

Le produit s'achemine directement vers le sécheur à l'aide d'une goulotte.

### c. 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 en Co-courant avec le 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.



*Figure 5: schéma descriptif du sécheur*

### d- Classification granulométrique :

#### ➤ Les cribles primaires

Le rôle des cribles primaires est de séparer les granules provenant du sécheur rotatif (F02) en trois catégories selon leur taille :




Les particules grossières ( $> 4$  mm), les fines ( $< 2$  mm) et les granules de taille acceptable (entre 2 et 4 mm). Les cribles primaires sont des cribles à deux étages.

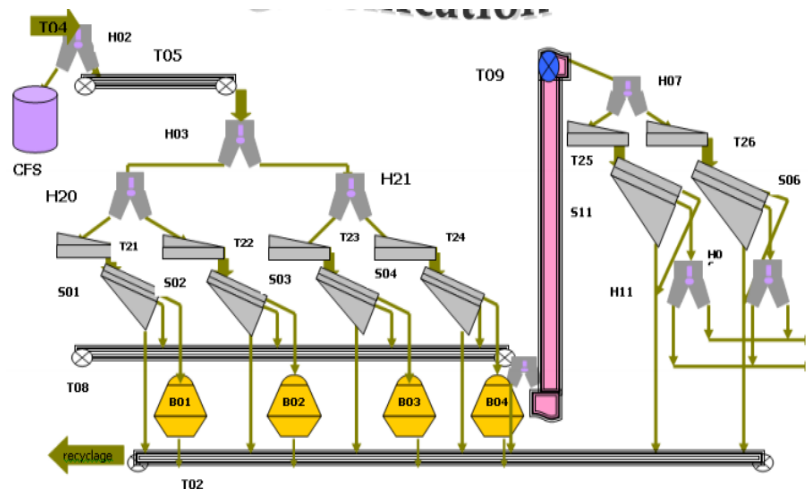
#### ➤ Les cribles secondaires

Le rôle des cribles secondaires est de séparer les granules de taille acceptable des particules trop fines ( $< 2$  mm) provenant des cribles primaires. Les fines sont recyclées vers M03. Les cribles secondaires sont des cribles à un étage.

#### ➤ Les cribles finisseurs

Le rôle des cribles finisseurs du secteur refroidissement et enrobage est d'effectuer une dernière séparation pour ne conserver que les granules de taille commercialement acceptable. Les particules trop fines et trop grosses sont recyclées vers le M03. Les cribles finisseurs sont des cribles à deux étages. Le produit de recyclage est ainsi formé de :

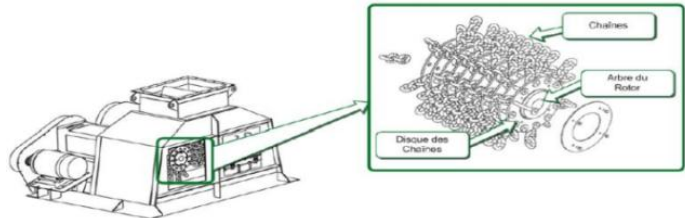
-  Produit broyé
-  Fines cribles.
-  Produit marchand



**Figure 6: schéma descriptif de criblage**

➤ **Les broyeurs :**

Les quatre broyeurs à chaînes (B01/02/03/04) sont identiques. Un broyeur à chaînes est constitué d'un caisson en acier contenant deux arbres horizontaux tournant à vitesse fixe et sur lesquels des chaînes montées sur des disques assurent le broyage des granules d'engrais qui tombent ensuite sur le convoyeur de fines (T02).



**Figure 7: broyeur**

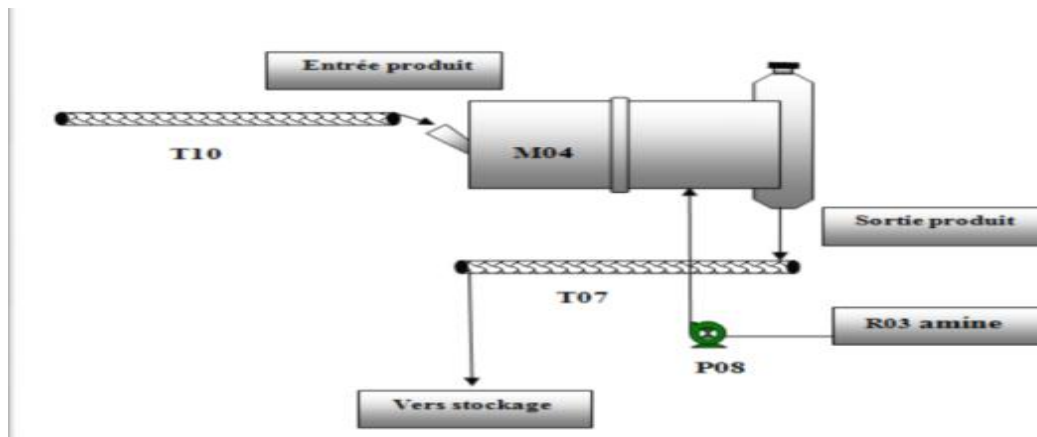
**e. Conditionnement du produit :**

➤ **Refroidisseur :**

Le rôle du refroidisseur est de refroidir les granules à une température d'environ 50 °C. Ceci permet d'éviter la formation de condensation lors du stockage des granules et donc de diminuer les risques de collage des granules.

➤ **L'enrobage:**

Le produit sortant du refroidisseur à une température de 50°C alimente un élévateur 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 lors du stockage. Le produit sortant de l'enrobeur est évacué vers une bande de produit fini laquelle alimente les installations du stockage à l'aide d'une série de convoyeurs.



**Figure 8:enrobeur**

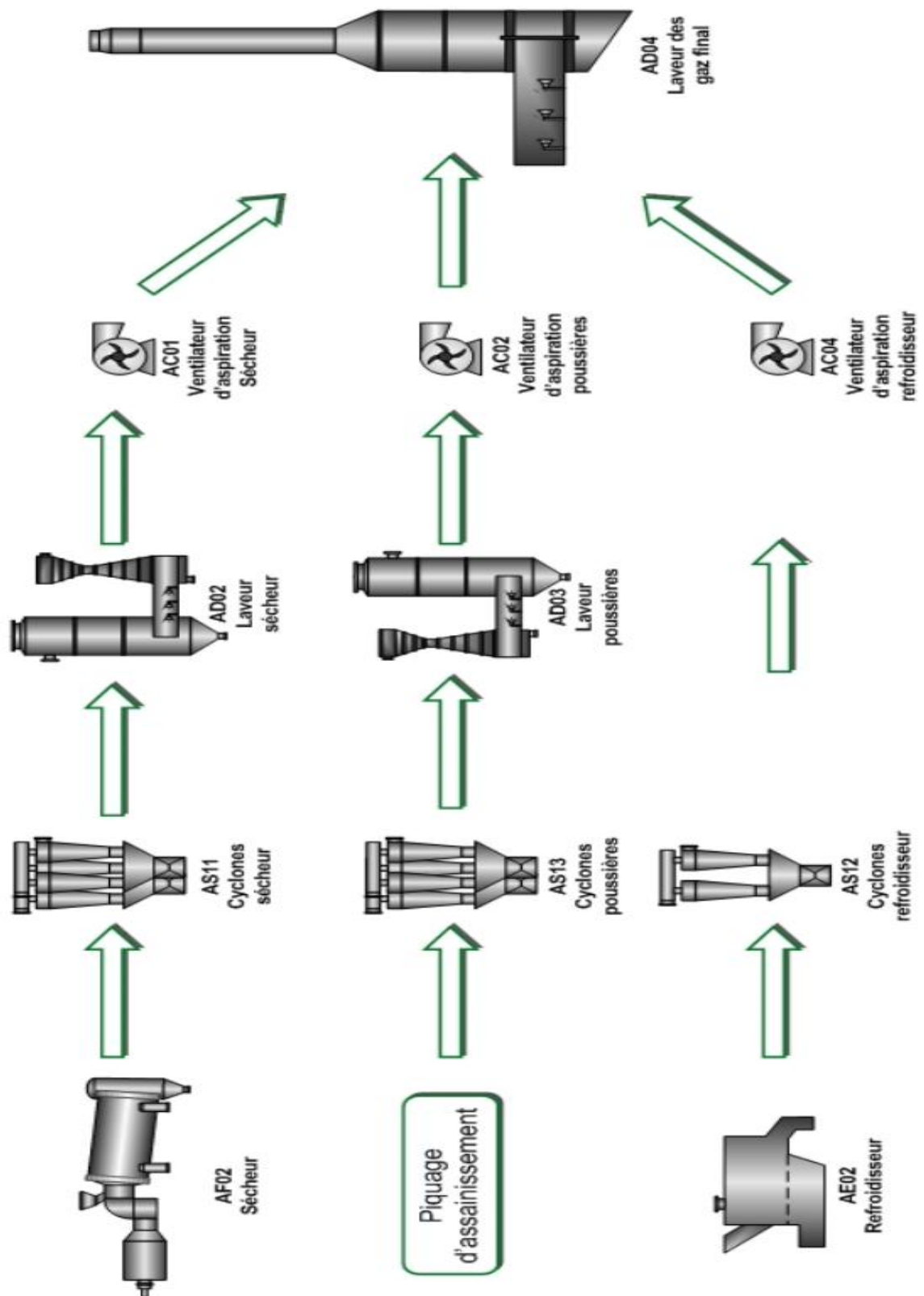
**f. L'assainissement et la collecte des gaz:**

Tout l'équipement de procédé de l'usine fonctionne sous une dépression de façon à décharger NH<sub>3</sub> non réagi, d'autres gazes et des poussières du procédé. L'air ayant de NH<sub>3</sub>, de la vapeur d'eau et des poussières du PN et du M03 est déchargé vers un (D01). Depuis le pré-laveur, les gazes coulent vers D03. L'air et des gazes de combustion contenant de NH<sub>3</sub> et des poussières du sécheur coulent vers S11 lequel enlève la plupart de poussières et le renvoi vers le recyclage par le convoyeur des fines. Les gazes du cyclone coulent vers le Laveur Sécheur (D02). L'air contenant des poussières des équipements de manutention des solides (convoyeurs, élévateurs, cribles, etc.) est déchargé individuellement dans le système de captation de l'usine, lequel à son tour décharge dans le Cyclone de Poussières (S13). L'air du cyclone de Refroidissement (S12) coule vers le Ventilateur de Refroidissement (C04) lequel l'envoi directement au D04. L'air du laveur sécheur et du laveur de poussières et fumée et envoyé au laveur de gaze final par le Ventilateur de Tirage Sécheur (C01) et le ventilateur de Tirage de Poussières et Fumée (C02), respectivement.

**Remarque :** L'assainissement est nécessaire pour :

- Diminuer les pertes de matières : DAP, acide phosphorique, ammoniac, etc....
- Eviter la pollution de l'environnement.
- Préserver la santé du personnel.





*Figure 9: assainissement générale*

*Chapitre II :*

*Etude des différentes technologies de lavage des gaz, explication de procédé et Paramètres influant sur l'efficacité*

## I. Description de lavage des gaz

### 1. Principe de l'absorption :

L'absorption est un processus de transfert de masse d'un composé de la phase gazeuse vers la phase liquide.

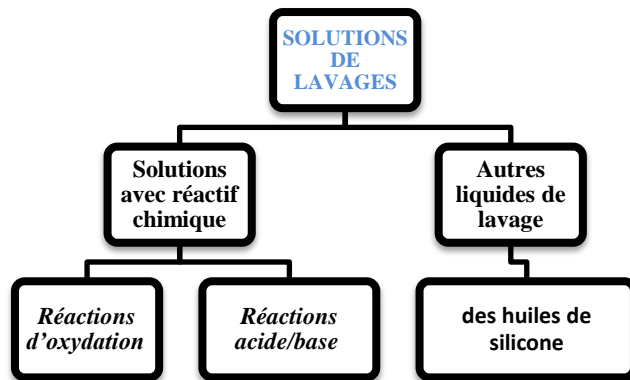
Afin d'accroître le rendement de l'opération, il sera possible d'agir sur les paramètres qui régissent la diffusion comme :

- ✓ La température
- ✓ La surface de contact gaz/liquide
- ✓ Le temps de contact
- ✓ Rapport molaire

Puisque c'est le cas d'un lavage avec réaction chimique, plus la réaction chimique sera rapide plus le transfert sera accéléré.

La sélection du procédé de lavage retenu nécessite deux étapes : **le choix du liquide de lavage** et du **type de contacteur** à mettre en œuvre

### 2. Les différents liquides de lavage et ses caractéristiques



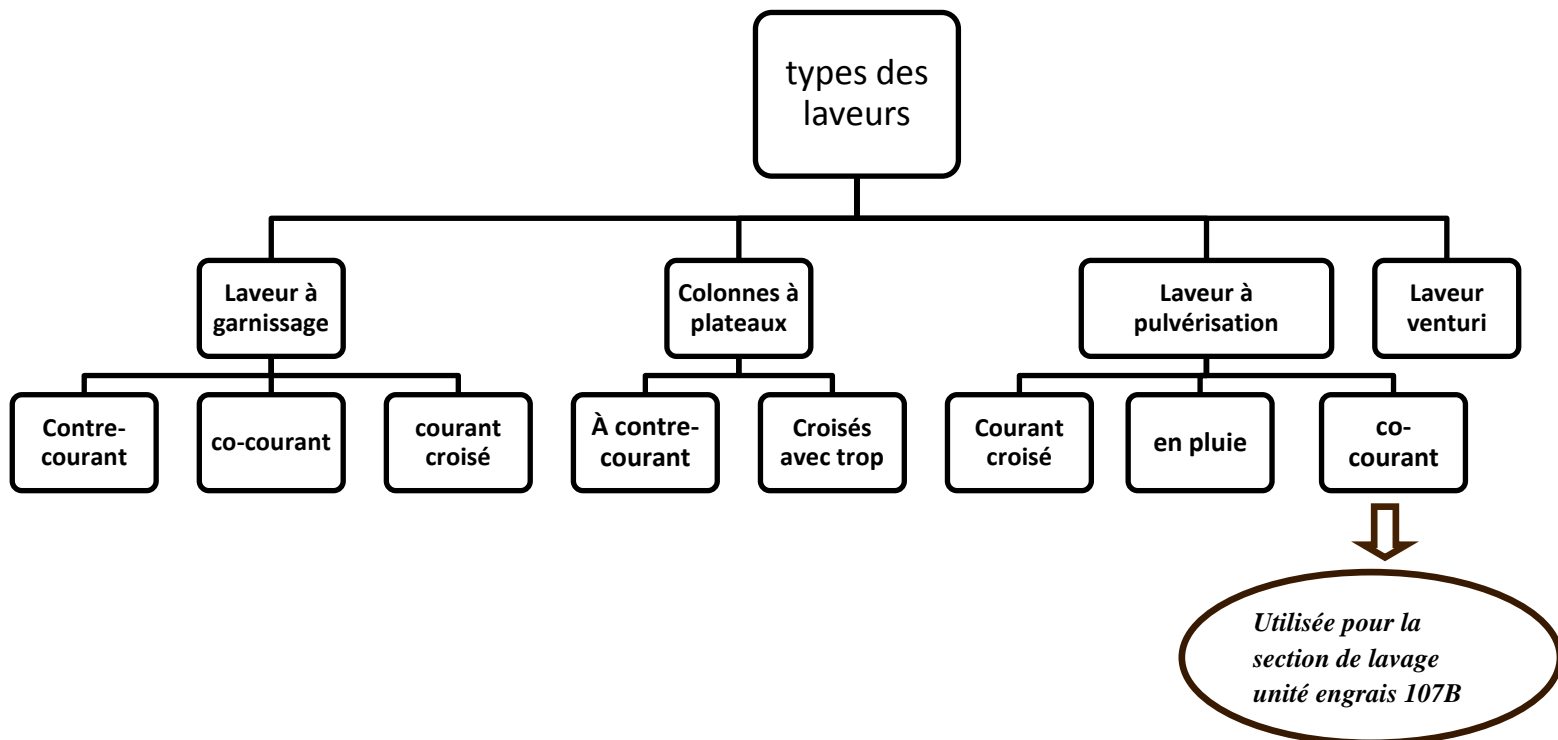
Caractéristiques d'un liquide de lavage sont :

- forte capacité d'absorption
- inerte vis à vis des matériaux utilisés,
- faible viscosité
- pas de risque pour la santé et la sécurité

### 2. Principaux types de laveurs :

Dans le domaine du nettoyage des gaz, il existe plusieurs types de laveurs.

Les différents types de laveur utilisés sont notamment :



## II .Présentation de circuit lavage :

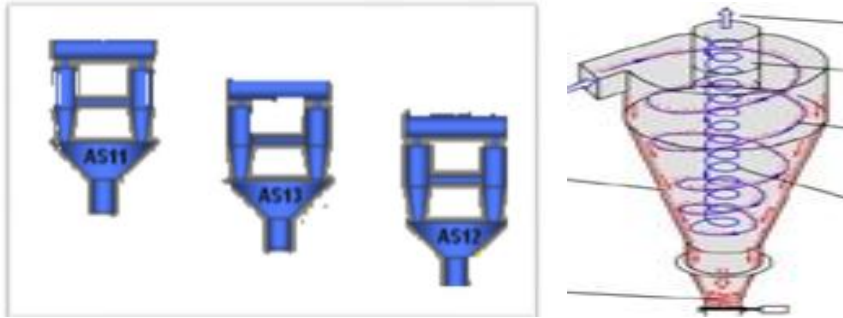
Afin de répondre aux exigences légales en matière de protection de l'air, les fumées résultant de l'installation subissent plusieurs traitements avant d'être évacuées par les cheminées:

\*Dépoussiérage

\*Lavage

### 1. Dépoussiérage :

le dépoussiérage est une méthode qui permet la séparation des particules solides du Courant gazeux dans lequel elles sont en suspension. Dans l'unité on utilise les dépoussiéreurs dynamiques « cyclone » dans lesquels on utilise une force d'origine mécanique (gravité, inertie) pour séparer la poussière de l'air.



***Figure 10:les cyclones***

## **2. Le lavage des gaz :**

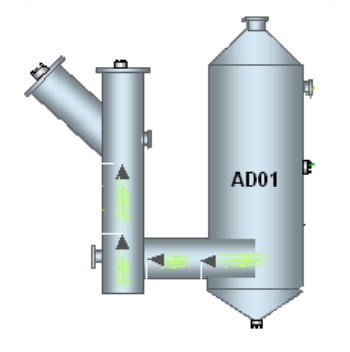
Le lavage des gaz a deux objectifs, d'une part récupérer NH<sub>3</sub> non réagi et de contrôler le dégagement de HF et d'autre part pour améliorer les conditions de travail et respecter les normes environnementaux.

*Le système de lavage selon le procédé JACOBS dans la nouvelle ligne contient quatre laveurs :*

- **Pré-laveur**
- **Laveur sécheur**
- **Laveur de poussières**
- **Laveur de gaz final**

### **a .Pré-laveur :**

Les gaz provenant du PN et du M03 s'introduisent dans D01 Pour permettre le lavage des gaz, des pulvérisateurs sont disposés à Co-courant de l'arrivée des gaz. Ces neuf pulvérisateurs (comprits des 3 de la gaines du M03, 4 dans la section verticale et 2 dans la section horizontale ) reçoivent un débit constant de liquide de lavage qui est une solution diluée d'acide phosphorique .Une partie du liquide de lavage fait un circuit fermé dans la tour D01 grâce à la pompe P02 et une autre partie est ramenée vers le PN pour répondre aux objectifs du recyclage. Les gaz sont ensuite entraînés vers le venturi D03où ils subiront un 2<sup>ème</sup> lavage.

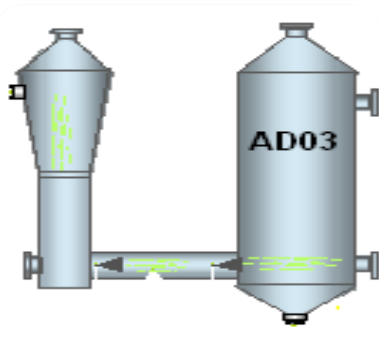


- Taille : 164000 m<sup>3</sup>/h
- Nombre de pulvérisateurs : 9
- Type : gaine, cyclonique
- RM=1,4

*Figure 11:schéma de pré laveur*

### **b-Laveur de poussières D03:**

Le système d'assainissement général (S13) des installations et les gaz sortant de la tour D01 se versent dans cette tour (D03). Ce qui permet de récupérer les quantités d'NH<sub>3</sub> ayant échappée aux lavages précédents. Le liquide de lavage provient du bac de récupération R02 grâce à une pompe P03 et alimente la tour D03, une partie est conduite vers D01, une autre est acheminée vers le laveur D02. Les gaz quand à eux sont entrainés vers le dernier laveur D04 grâce au ventilateur C02.

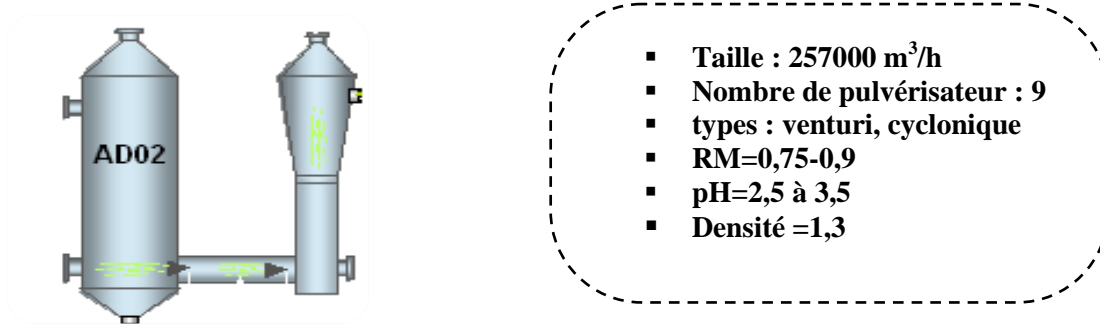


- Taille : 250000 m<sup>3</sup>/h
- Nombre de pulvérisateur: 9
- Type : gaine, cyclonique
- RM=0,75-0,90
- Densité 1,3
- pH =2-2,5

*Figure 12:schéma de laveur de poussière*

### **c- Laveur sécheur D02** : (9 pulvérisateurs)

Le liquide de Lavage provenant du R02 est pompé par les pompes de lavage (P03, KP03) à travers 6 buses de pulvérisation dans le venturi et à travers 3 buses dans le conduit horizontal. Les buses pulvérisent le liquide de lavage dans les gaz afin de convertir NH<sub>3</sub> et capter les poussières selon la réaction décrite pour le laveur poussières et le pré-laveur. Le liquide de lavage quittant le laveur vers le réservoir (R02).



**Figure 13:schéma de laveur de sécheur**

**d-Laveur de gaz final D04 :**

Le laveur final est alimenté avec 3 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 qui se compose d'eau, d'acide sulfurique, de composés fluorés tel que l'HF en solution, MAP, DAP. L'alimentation en gaz se fait tangentielle à la paroi du laveur cyclonique produisant un mouvement cyclonique du gaz. Le même scénario que les autres tours cyclonique précédentes se produit.



Une partie de la solution de lavage est envoyée au réservoir de lavage primaire (R02) pour ne pas avoir une saturation en NH<sub>3</sub> et autres contaminants (composés fluorés et poussières).

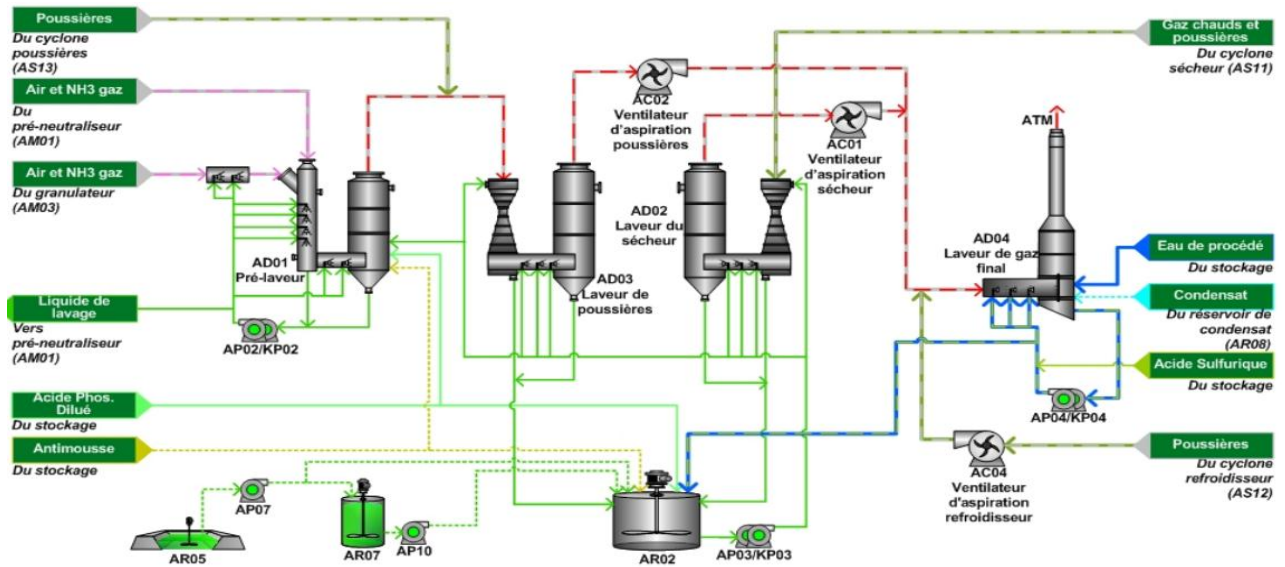
**e-Réservoir de lavage primaire (R02) :**

C'est un réservoir où s'effectue l'homogénéisation du liquide de lavage avec un agitateur vertical. 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) ainsi l'acide phosphorique dilué afin d'avoir un RM 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 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.

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.



*Figure 14:schéma descriptif de la section de lavage*

### III. paramètres influant sur l'efficacité de lavage des gaz

#### 1. Efficacité des laveurs

L'efficacité d'un laveur doit être appréciée Sur deux points :

- Sa capacité réactionnelle, c.à.d. sa capacité à faire réagir NH<sub>3</sub> et le HF en phase gazeuse avec le liquide de pulvérisation.
- Sa capacité physique à bloquer le transport des particules et des gouttelettes présentes en phase réactionnelle.

#### Efficacité réactionnelle :

- Augmentant l'interface liquide-gaz (plus de pulvérisateurs) ;
- Augmentant la pression du liquide donc surface du contact plus importante.
- Augmentant le temps de séjour des gaz dans le laveur en diminuant sa vitesse.

#### Efficacité physique d'un laveur

- Augmentant la pression de pulvérisation des liquides de lavage, on diminue la dimension des gouttelettes.
- les dispositifs à perte de charge, tels que changement de direction, cyclonage.



## 2. Influence des caractéristiques physico-chimiques de la solution de lavage sur la captation de l'ammoniac et du fluor

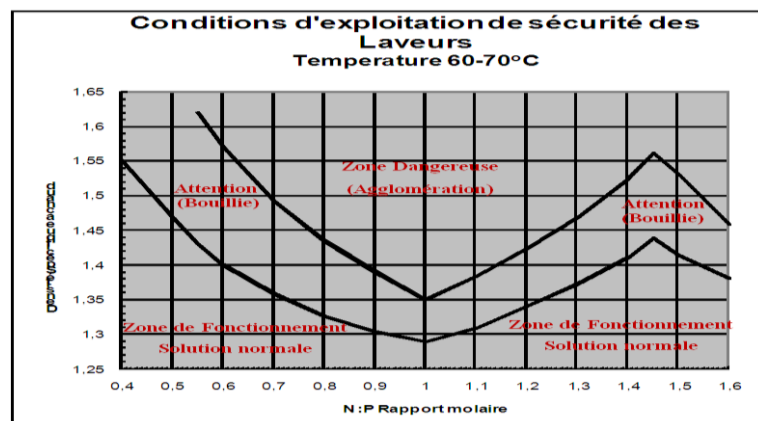
Au cours de la fabrication du DAP, les gaz arrivant au niveau de la section de lavage sont chargés particulièrement en NH<sub>3</sub> dégagée au niveau du PN, du M03 et du sécheur, assainissement générale. Pour la captation de ces composés gazeux, on utilise de l'acide phosphorique et de l'eau brute.

L'ammoniation partielle de l'acide introduit constitue alors le liquide de lavage en recirculation au niveau des pulvérisateurs des laveurs. Ainsi, les caractéristiques physico-chimiques de la solution de lavage influent sur l'efficacité de captation de l'ammoniac et du fluor.

### a. Viscosité du liquide de lavage

La fluidité de la solution est un paramètre qui agit directement sur la qualité de la pulvérisation et donc sur l'efficacité du laveur. En effet, un liquide de lavage moins fluide se pulvérise difficilement, ce qui diminue la surface de contact entre le gaz et le liquide.

Les principaux facteurs qui agissent sur la viscosité du liquide de lavage sont la **température** et le **RM** de la solution. En effet l'étude de la viscosité de liquide de lavage en fonction du rapport molaire a montré que celle-ci augmente au fur et à mesure que le rapport molaire augmente. Le maximum est atteint quand ce RM est égale à 1. Au delà de cette valeur, la viscosité commence à diminuer pour atteindre le minimum lorsque le rapport molaire est de 1,4 (ou bien  $RM < 0,7$ ).



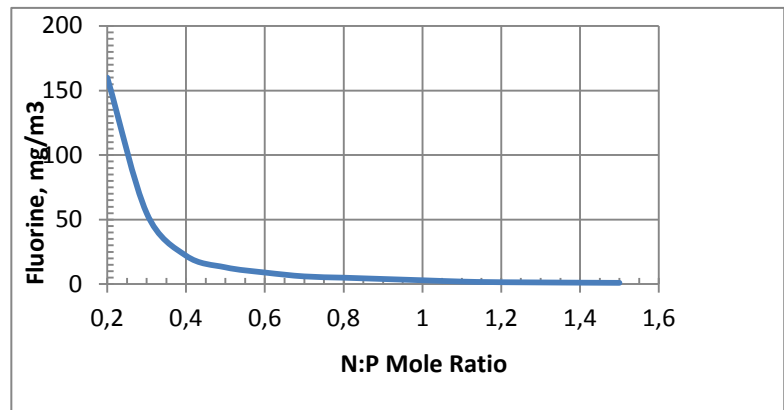
*Figure 15: condition de marche de la section de lavage*

### b- Facteurs favorisant la captation de l'ammoniac et du fluor

#### *Rapport molaire (RM) :*

La neutralisation progressive (l'ajout de NH<sub>3</sub>) de l'acide phosphorique conduit à l'augmentation du RM et corrélativement à l'augmentation du PH de la solution. De ce fait, la fixation de NH<sub>3</sub> devient de plus en plus difficile quand le RM augmente.

La quantité de fluor dégagée dépend de la température, de la teneur du fluor dans l'acide, de la quantité d'acide phosphorique introduit au niveau de la section de lavage, et surtout du RM. En effet, le RM de la solution de lavage à un effet important sur l'augmentation du RM contribue à la diminution de l'HF dégagé.



**Figure 16: dégagement de fluor en fonction du RM**

Ce phénomène est expliqué par le fait que le fluor réagit avec le fer et l'aluminium et le phosphate pour former des composés insolubles. En effet, les essais d'ammonisation de l'acide phosphorique à 100°C ont montré que les composés fluorés insolubles commencent à se former à PH de 2,5 et augmente au fur et à mesure que le PH augmente pour atteindre le maximum vers un PH de 6.

**Remarque :** La température joue un rôle prépondérant dans l'émission des composés gazeux. En effet, la pression de vapeur dépend énormément de ce paramètre (température), l'azote est très sensible à l'élévation de la température, d'autant plus que sa réaction avec l'acide phosphorique dans le réacteur est très exothermique

### 3. Encrassement des laveurs

Un facteur qui nuit à l'efficacité du lavage est l'encrassement fréquent des laveurs. Les causes principales qui sont responsables :

- Un bouchage dû aux particules solides.
- Un bouchage dû à des sels qui se cristallisent. Ces sels s'accumulent à cause des recyclages importants.
- l'influence de la vitesse de liquide de lavage ; si la vitesse est trop élevée il se forme des usures. Par contre si la vitesse est très basse (la précipitation des solides sur les laveurs).
- Présence des corps étrangers (morceaux de caoutchouc, de plastique...).

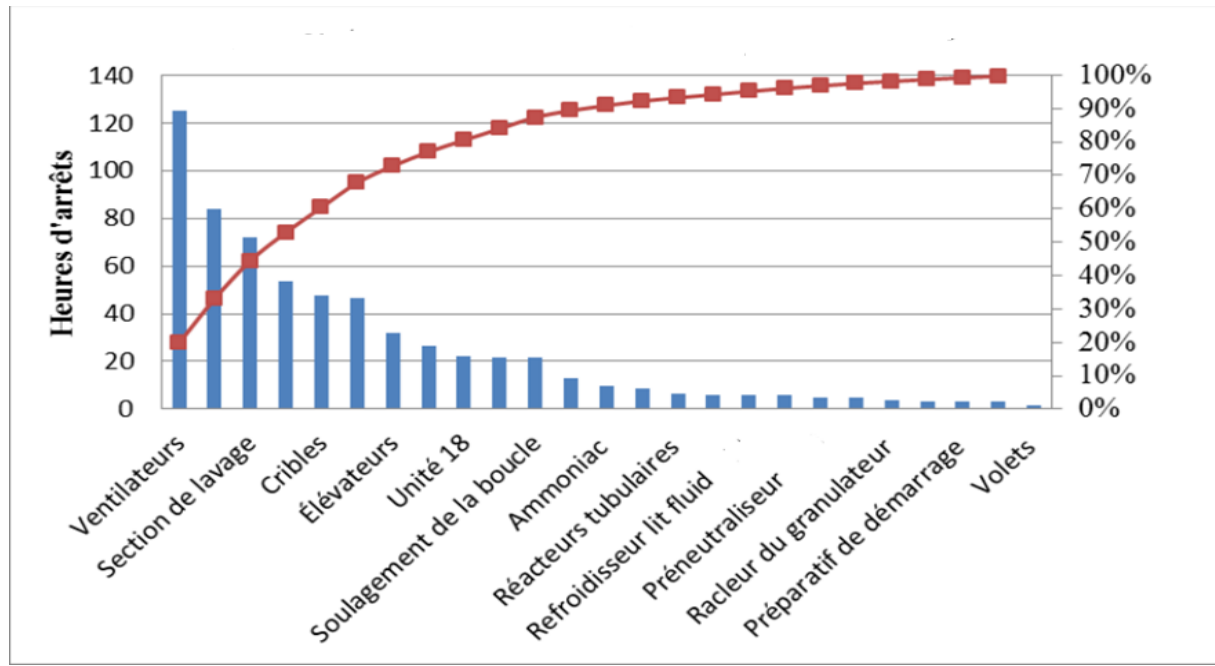
Normalement, les bouchages des pulvérisateurs ou des venturis résultent de l'exploitation dans des conditions incorrectes du liquide de lavage. Afin d'éviter ceci, les paramètres de marche doivent respecter les zones de Fonctionnement de sécurité.

*Chapitre III:*

*Etude critique de la section de Lavage de  
la nouvelle ligne de l'atelier engrais*

Ce Pareto donné par la figure 17 des anomalies par étapes de production a pour but de montrer le degré de criticités de la section de lavage des gaz qui est classée parmi les plus rencontrant des problèmes. C'est pour cela qu'il faut la traiter en déterminant d'abord l'efficacité de chaque tour.

**Pareto des anomalies par étapes de production**



*Figure 17: Pareto des anomalies*

### I. Détermination les efficacités de section de lavage 107B

Les mesures des quantités de l'ammoniac et de fluor qui sont pris au sein de laboratoire par des experts donnent les valeurs suivantes :

	<b>Efficacité actuelle</b>	<b>Efficacité design (min)</b>	<b>Ecart</b>
D01	<b>63%</b>	<b>70%</b>	<b>7</b>
D02	<b>96%</b>	<b>98%</b>	<b>2</b>
D03	<b>92%</b>	<b>98%</b>	<b>6</b>

D04	54%	60%	6
-----	-----	-----	---

**Tableau 2:rendement de la captation de NH3**

	<i>Efficacité actuelle</i>	<i>Efficacité design</i>	<i>ecart</i>
<i>D04</i>	<i>72%</i>	<i>85%min</i>	<i>13</i>

**Tableau 3:rendement de la captation de fluor**



**écart en rendement de captation de NH3 et HF par rapport aux valeurs Design**

D'après ces tableaux comparatifs, nous remarquons que le gisement d'amélioration est au niveau de la tour D01 qui est en écart d'environ 7 points par rapport à la recommandation du constructeur, de même pour le D04 avec un écart de 13 points.

**A signaler que :** Les écarts extraient par cette étude signifient une mauvaise application des paramètres de marche qui est due à plusieurs problèmes qui nécessitent une classification 5M.

<b>Matière</b>	<b>Matériel</b>	<b>Milieu</b>	<b>Main d'ouvre</b>	<b>Méthode</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Liquide de lavage visqueux</b></li> <li>• <b>Manque de pièces</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouchages des pulvérisateurs</li> <li>• Arrêt des pompes</li> <li>• Corrosion des conduites</li> <li>• Problèmes de ventilateurs</li> <li>• Conduit d'assainissement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poussiéreux</li> <li>• Chargé en NH3 et composées fluorées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non respect des arrêts programmés</li> <li>• Manque de formation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal exécution de travail</li> <li>• Problèmes de régulation</li> </ul>

**Tableau 4:classification 5M**

Après avoir fait une comparaison entre la ligne 107B et les autres nouvelles lignes en terme de cette classification on trouve que malgré que la main d'ouvre suivent la même formation et aussi la méthode de travail suivi est la même, le problème de la section de lavage a un grand degré de gravité se qui montre l'existence des problèmes de la matiere, materiel, milieu.

## **II- évaluation et études critique :**

### **1.Caractéristiques de liquide de lavage :**

**Rapport molaire, PH, densité (annexe-1)**

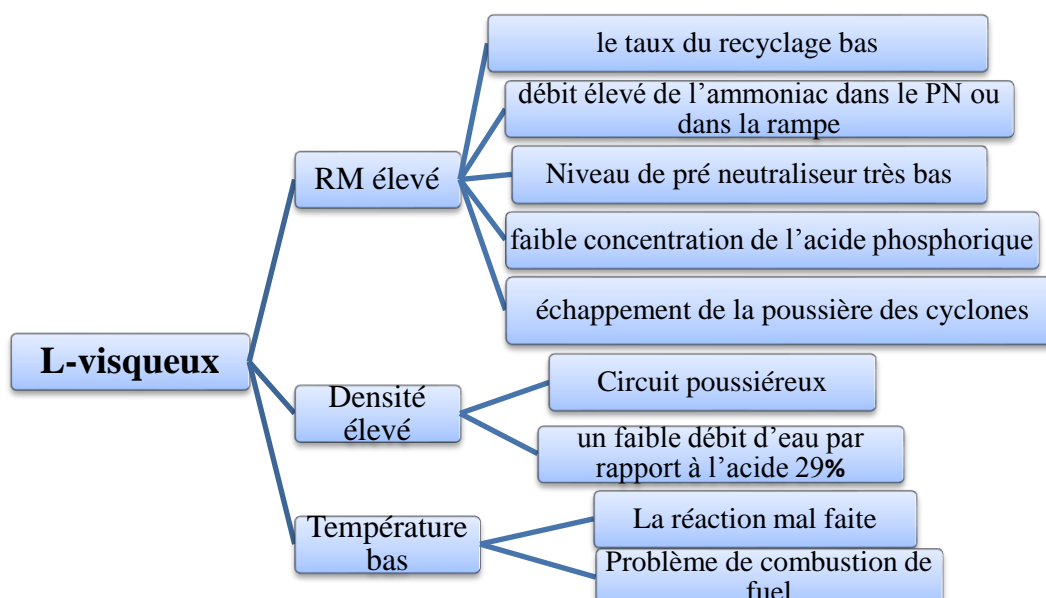
Des analyses de paramètres de marche relevés au sein du laboratoire la semaine du 15 avril 2017

	RM (N/P)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Ph ([H+])
<b>R02</b>	<b>1,35</b>	<b>1316</b>	<b>6,3</b>
<b>D01</b>	<b>1,61</b>	<b>1410</b>	<b>7,8</b>
<b>D04</b>	<b>0,43</b>	-----	<b>4,2</b>

#### Constatations :

- PH faible dans le D04
  - RM, densité ; très élevée dans le D01
  - Densité élevée dans R02
- } Par rapport aux design (annexe-1)

Arbre de cause du problème de viscosité de liquide de lavage donné par le schéma suivant:



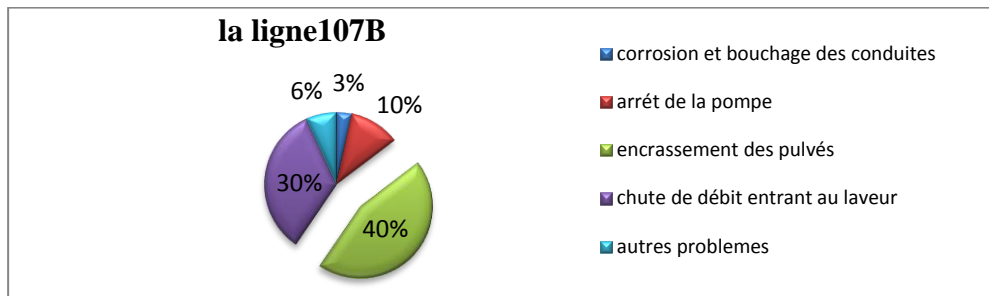
#### Remarque :

1. un faible rapport molaire de liquide de lavage par rapport à ce qui est donné par le constructeur signifie l'existence des problèmes au niveau de la captation de l'ammoniac.
2. Avoir un PH inférieure à 5 montre l'existence d'un acide fort (acide sulfurique) qui favorise la corrosion des matériaux.

### 2.Circuit liquide (annexe-2)

Dans ce paragraphe, on va étudier le circuit liquide du coté physique (pression de pulvérisation) et du coté matériel (bouchage des pulvérisateurs, encrassement des conduits, corrosion et colmatage ou cisaillement des pompe) pour la 107B ; et selon les expériences des

agents basé sur des fiche d'intervention et des suivies de paramètre de marche, nous avons pu trouver :

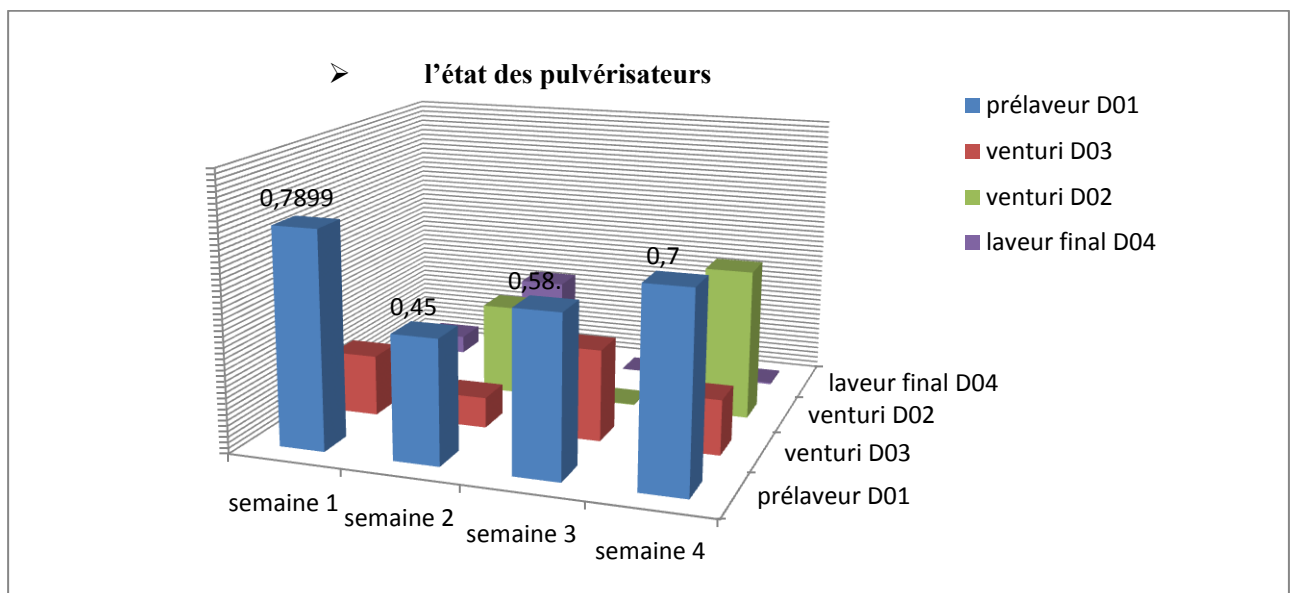


**Figure 18:classification des problèmes de circuit liquide**

**Remarque :** l'encrassement des buses de pulvérisations et le chute de débit de refoulement sont des problèmes majeurs.

**a- état des pulvérisateurs**

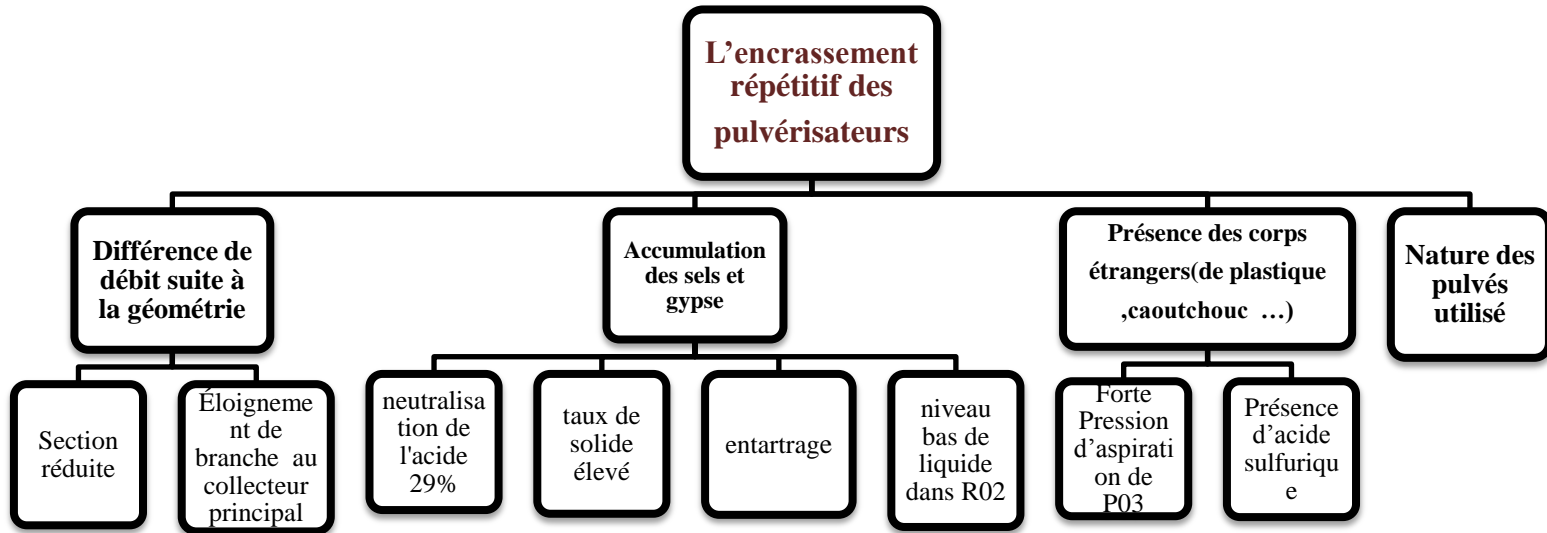
une étude hebdomadaire manuelle de l'ensemble des buses de pulvérisation de la nouvelle ligne 107B est donnés par le graphe suivant:



**Figure 19:suivi d'encrassement des pulvérisateurs**

**Remarque :** Nous remarquons que plus de 60% des fréquences de bouchages sont enregistrées dans le prélavage (gaine de M03) chargé de NH3 vient de M01 et M02 d'où le taux de cristallisation augmente excitant le bouchage.

Les causes principales de bouchages partiel ou total des buses de pulvérisation sont données par l'arbre des causes suivantes :



Les causes les plus fréquentes sont :

La Différence de débit suite à la géométrie et l'accumulation des sels et gypse.

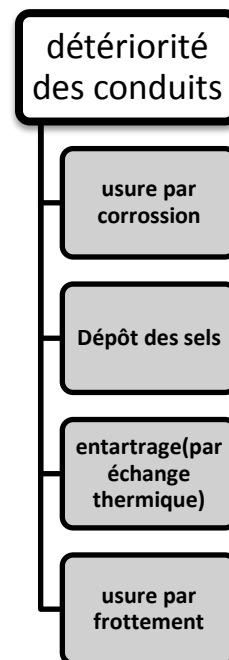
**Vérification** (voir annexe-2).

**Remarque** : l'utilisation des buses inadéquates est une cause qui peut s'expliquer par le nombre élevés de chicane se trouvant dans les buses et qui favorisent l'encrassement de ce dernier.

c. état des conduits :



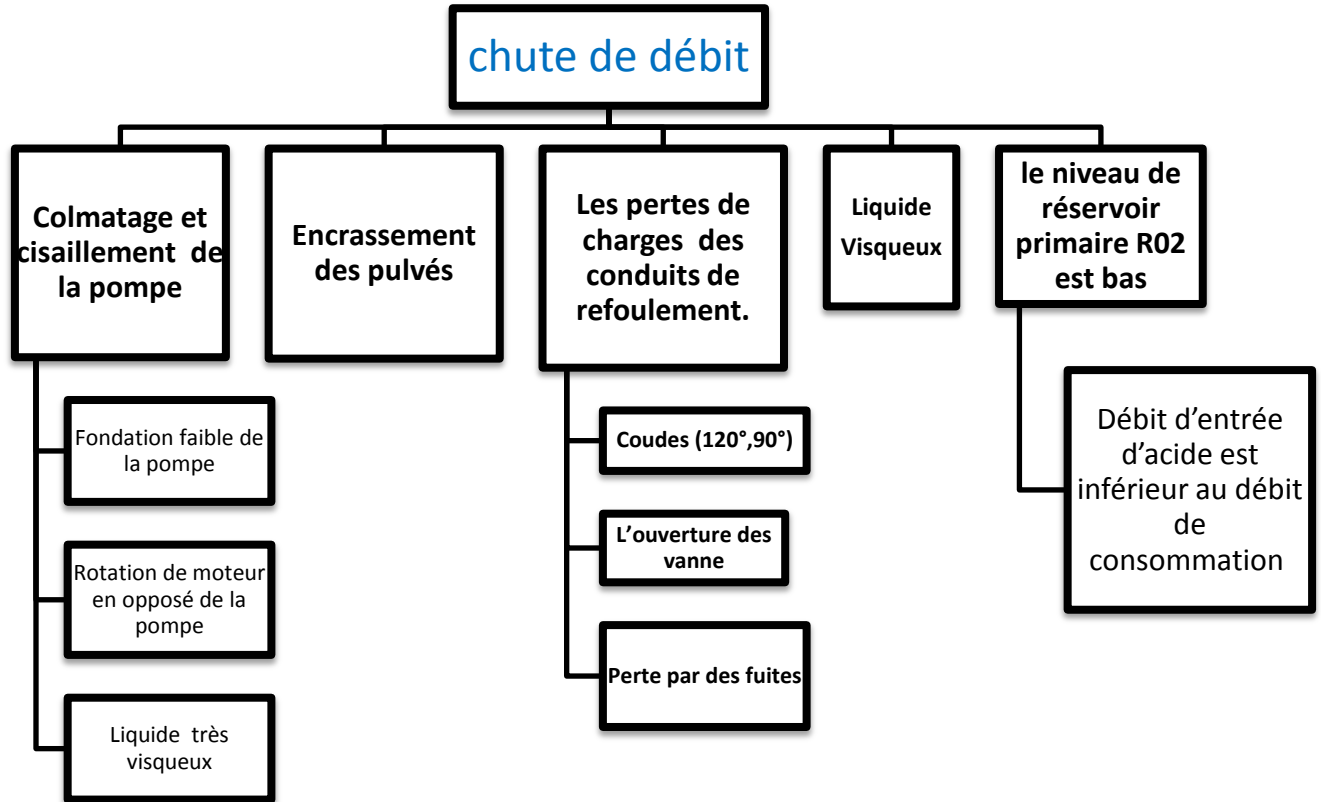
Figure 20:les conduits d'alimentation des buses





c-débit de liquide de lavage:

Après avoir faire une analyse totale de ce problème on a pu extrais les causes suivantes :



**Remarque :** dans le but de faire une vérification de l'ensemble des causes qui peuvent influencer ce problème (chute de débit de P02), nous avons choisi de le deviser en deux parties ; le 1<sup>er</sup> c'est le calcul des pertes de charge régulières et singulières entre le refoulement de la pompe et la canne pour un débit de refoulement donné de P02, la 2<sup>ème</sup> est consacré pour les pompes.

➤ **Calcul des Pertes de charges**

Les pertes de Charge régulières s'écrit comme suit :  $\Delta H = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$

**Calcul du nombre de Reynolds**

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 :

➤  $Re = V d \rho / \mu_D = V d / \mu c$

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

V : vitesse d'écoulement en m/s

$\rho$  : la densité de liquide lavage en  $\text{m}^3/\text{kg}$

d : diamètre du tube en m.

$\mu_C$  : viscosité cinématique en  $\text{m}^2/\text{s}$  avec  $\mu_C = \mu_D / \rho$

**Re=9540** (voir annexe-2) Le régime d'écoulement est turbulent.

#### Calcul de coefficient de perte de charge $\lambda$

Nous prenons une **rugosité** absolue de **0.4 mm** correspondant à un tube en acier soudé et rouillé. Soit une rugosité relative de  $k/d=0,002$  Nous avons calculé ainsi le coefficient de perte de charge. On trouve un **coefficient de perte** de charge de  **$\lambda = 0,034$**

Notons qu'on trouve cette valeur via l'abaque de Moody

Pertes de charge singulières	Longueur équivalent	Coefficients de pertes singulières
2 Coude diamètre 100mm à 90°	5	7,96
Longueur totale du circuit	17	-----
Vanne à passage intégral $\phi$ 100mm	0,8	8,25
Réduction conduit 100/80 mm	3	4,67
<b>Longueur total équivalente (m)</b>	<b>25,8</b>	

Tableau5:perte de charges linéaires et singulières

$\Delta H_R = 4,98 \text{ m}$  (voir annexe-3)

$\Delta H_S = 20,6 \text{ m}$  (voir annexe-3)

Les pertes de charge pour une longueur total équivalente de 25.8 est  $\Delta H = 25,58\text{m}$  (3,2bars).

La pression au niveau du collecteur de P02 est de  $6,6 \text{ kg/cm}^2 = 6,468 \text{ bars}$ . Donc la pression au niveau de la canne sera de  $3.268\text{bars} > 2,5 \text{ bars}$  (design)

Les pertes de charge dans le refoulement de la pompe P02 atténuent la pression de refoulement, mais il ne représente pas des dégâts sur la marche des pulvérisateurs, donc pas de grande influence sur le débit.

➤ Efficacités des pompes

Les pompes ont une grande importance dans le circuit liquide, ce qui favorise leur influence directe aux pressions et débits de liquide à pulvériser ; donc on va essayer d'étudier les efficacités des pompes P02/P03.

Dans un suivi du fonctionnement des différentes pompes de la section de lavage nous avons remarqué certaines variations au niveau des débitmètres disposés dans chaque circuit de la section .

	P02	P03
20/04/2017	498	1025
21/04/2017	455	1007
22/04/2017	463	1000
23/04/2017	500	1018
24/04/2017	451	1087
25/04/2017	258	996
26/04/2017	311	1087
27/04/2017	317	1074
28/04/2017	252	1060
29/04/2017	230	1098
MOYENNE	386,2	1044,2
Design	540	1095

*Tableau 6:suivi de débit de refoulement des pompes*

l'écart entre la moyenne des débits de refoulement obtenue pendant 10 jours et la valeur imposée par JACOBS est négligeable pour la pompe P03 ,concernant les débits de P02 ne représentent aucun dégâts sur le fonctionnement des pulvérisations ; grâce à la présence de 9 buses dans le pré laveur avec un débit de 60 m<sup>3</sup>/h pour chaque buse , cette valeur est acceptable pour un débit de refoulement 540=9\*60 (pour des conduits parfait),mais elle est intolérable pour 386=9\*42,8 (m<sup>3</sup>/h).ce qui introduit une diminution de nombre des gouttelettes réagissent avec les gaz ; donc une diminution de l'efficacité de captation de NH<sub>3</sub> .

**Conclusion :** Les pertes de charges créent au niveau des conduits de refoulement ne représentent pas la cause racine de problème étudié (chute de débit) par contre le refoulement de la pompe a un impacte directe sur le débit entrant au laveur.

### 3-circuit gaz et poussières

Les venturis et les ventilateurs influencent sur l'efficacité de la section de lavage en jouant sur le débit de gaz et la dépression (la vitesse) créée pour l'aspiration.

**On se base sur le tableau suivant pour déterminer les valeurs de dépression**

Monomètre testo appareil de mesure de dépressions à deux entrées



Figure 21: monomètre testo 506-3

**Les mesures donnent les valeurs suivantes :**

	Monomètre testo 506-3
Temps	23/04/2017
Formule	NPK (15, 15,15)
Cadence	120t /h
L'ouverture de volet C02	100%

Dépressions (mmH <sub>2</sub> O)	D03	Cyclone (S13)
Sortie	-575	-174
Entré	-175	98

Tableau 5: les dépressions mesuré par le monomètre

**Constatation :** la diminution de dépressions créé par le ventilateur C02 signifie l'existence des problèmes de fuites au niveau des conduits ou bien des bouchages au niveau des :

- Conduits d'assainissement (gaine d'assainissement de C02)
- Col des venturis
- Cyclones et trémies

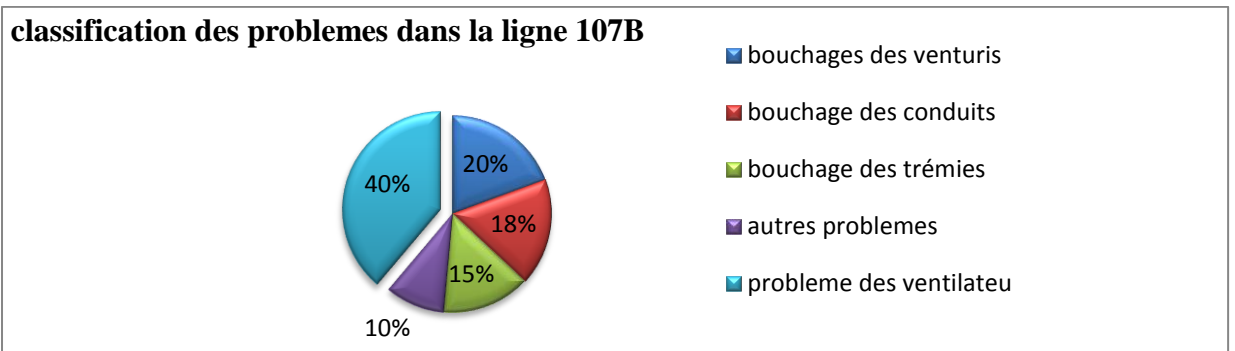


Figure 22: diagramme de classification des problèmes de circuit gaz

**Remarque :**

Une Classification de l'ensemble des problèmes qui confrontent le circuit gaz donnés par expériences des agents basant sur plusieurs fichiers ; nous a permit de faire un zoom sur les parties les plus critiques dans ce circuit.

Après avoir effectué une tournée dans l'installation, nous avons observé l'existence d'une grande quantité de poussière à l'air libre qui peut s'expliquer :

**Physiquement par:**

- La basse dépression créée au niveau des équipements qui est incapable parfois d'aspirer toutes les poussières et les gaz résultent de l'installation.

**Matériellement par :**

- les bouchages du circuit assainissement (col venturi, gaine d'aspiration C02)
- les faibles capacités des équipements : ventilateur C02 (annexe-5), des laveurs (annexe-4), des cyclones (trémies) et des conduites d'assainissement par rapport au débit de poussière vient de l'installation.
- l'ouverture de volet d'aspiration de ventilateur et de venturi ne se fait pas en fonction de débit de poussière qu'il faut capter.

Il y'a aussi l'augmentation de la quantité de poussières qui vient globalement :

- la cadence dépasse 120t/h.
- La quantité de potasse utilisée pour les NPK très élevé.
- Quantité élevé de recyclage de produit fine.

Toutes ces causes provoquent une diminution de l'efficacité de lavage en terme captation de NH3.

**Conclusion :**

pour démarrer une piste d'amélioration de l'efficacité de lavage, il faut d'abord assurer une marche ordinaire de travail en respectant les paramètres désignés par JACOBS

- La cadence.
- La pression de pulvérisation.
- Vitesse de gaz (dépressions créée).
- Caractéristiques de liquide de lavage.

Ainsi que les paramètres de marche (RM, densité, PH) et les arrêts systématiques de l'installation en essayant d'augmenter le nombre et la durée des contrôles.



## *Chapitre IV:*

### *Proposition d'amélioration de la nouvelle ligne de l'atelier engrais 107B*

Avant de démarrer les pistes d'améliorations possibles il faut d'abord respecter certain normes de contrôle :

- ✚ Augmenter le nombre et la période de contrôle.
- ✚ Avoir un bon suivi des paramètres de marche(densité ,RM.....)
- ✚ Respecté les arrêts systématiques.

## I-Proposition des recommandations pour améliorer le rendement de la captation de l'ammoniac et le fluor :

- *Amélioration de la captation de l'ammoniac par changement du rapport molaire au niveau du bac R02:*

Les gaz issus du M03 et du PN chargés en  $\text{NH}_3$  subissent un double lavage mais en utilisant 2 solutions qui ont des RM élevés avoisines 1,6 pour la tour D01 et 1,3 au niveau du bac R02. Ces RM sont des paramètres influents sur l'efficacité de lavage, sont défavorables à la captation de  $\text{NH}_3$  ce qui explique la chute en efficacité des tours réservées au lavage de ces gaz. La quantité des acides 29% introduites dans la section de lavage est insuffisante pour capter tout l' $\text{NH}_3$  qui y arrive. Pour cela il faut introduire de l'acide 54% dans la section de lavage pour avoir un liquide de lavage de  $\text{RM} = 0.7$ .

## II -Augmentation de l'aire inter facial :

- *Proposition d'amélioration pour le bouchage des pulvérisateurs :*

Afin de palier au problème de bouchage des pulvérisateurs, nous recommandons d'installer un circuit de la chasse par vapeur dans les pulvérisateurs fréquemment bouchés : D02, et la gaine M01.

- La mise en place des filtres et des grilles à l'aspiration des pompes de bac pour les capter.
- La chasse par la vapeur d'eau doit être effectuée une fois par poste et pendant les démarrages de la ligne afin d'anticiper l'éventuelle formation d'encrassement.

- *Proposition d'amélioration pour l'augmentation de pression de pulvérisation :*

- Réduction de nombre des pulvérisateurs de 4 à 1 pulvérisateur (par exemple) à haut débit et haute pression ce qui va générer une diminution du risque de bouchage et donc une efficacité de lavage moins sensible aux encrassements de pulvérisateurs.



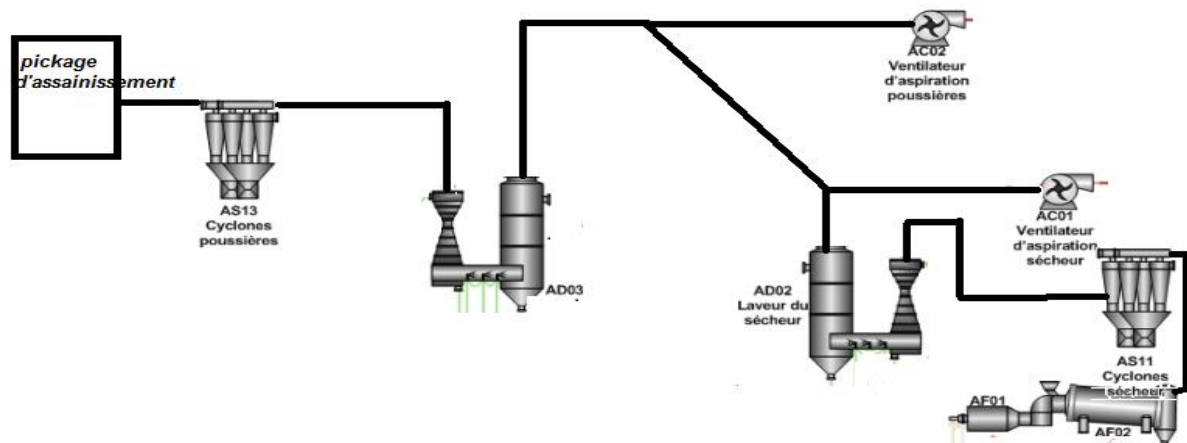
- ajout des pulvérisateurs où les gaz y seraient lavés à contre-courant (D04) ou bien par changement des anciennes pulvérisateurs par d'autre en changeant la taille et la capacité.
- Ajout d'un collecteur vapeur à l'aide d'une électrovanne temporisée.
- Baisser la section des buses qui sont très proches de collecteur principal.
- Contrôler l'ouverture des vannes en fonction de l'emplacement de ces dernières par exemple :

**-La vanne de la buse la plus loin est ouverte à 100%.**

**-La plus proche est ouverte à 25%.**

- ***Proposition d'amélioration de circuit gaz***

Les problèmes qui se posent dans le circuit gaz se concentrent sur les dépressions créées par des ventilateurs précisément le C02 (de poussière) qui est sur charge à cause de la grande quantité qui l'alimente, dans le but de l'améliorer on propose de réaliser un circuit commun entre la gaine d'aspiration de C02 et C01 aspire de tout équipement (voir figure ci-dessous).



***Figure 23:schéma descriptif de proposition d'amélioration***

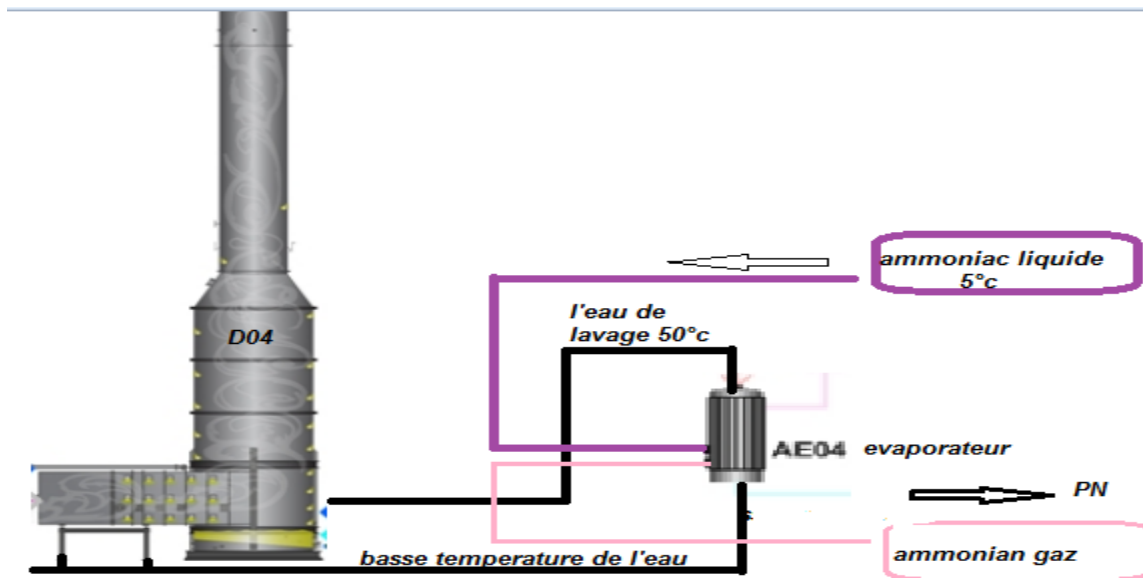
### **III -Amélioration de l'efficacité de la captation du fluor au niveau de la tour du lavage final D04 :**

Plusieurs variantes ont été étudiées pour améliorer la captation du fluor au niveau de la tour D04. Ces propositions consistent en l'amélioration des paramètres qui contrôlent la réaction de diffusion du fluor dans l'eau : la surface de contact, le temps de contact et la température du liquide de lavage.

- ***Refroidir le liquide de lavage arrivant aux pulvérisateurs de la tour finale D04.***

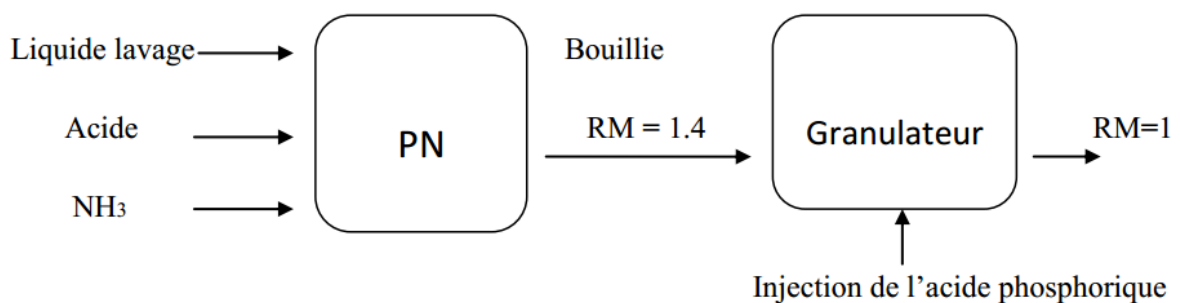
De façon générale on sait que la solubilité des gaz augmente lorsque la température diminue et inversement si la pression augmente.

L'acide fluorhydrique qui est un acide faible se dissout fortement dans l'eau au fur et à mesure que la température de l'eau descend en dessous de 19,4°C à pression atmosphérique. L'eau de lavage devra être suffisamment froide pour éviter une température trop élevée de liquide car à ce moment là une partie de l'HF récupéré pourra encore s'évaporer.



*Figure 24:schéma descriptif de proposition d'amélioration*

- *L'injection d'ammoniac pour augmenter le rapport molaire N/P au tour de pré-laveur D01 et de réservoir primaire R02*
- *Back filtration :*



Le rôle c'est Limitation de la corrosion de la gaine L'assainissement

## Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'amélioration continue de l'installation de production en général et de celle de la dépollution des gaz en particulier.

L'intérêt porté à ces systèmes vient de la dualité de leur importance qui touche à la fois la préservation de l'environnement et les rendements du processus de production.

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

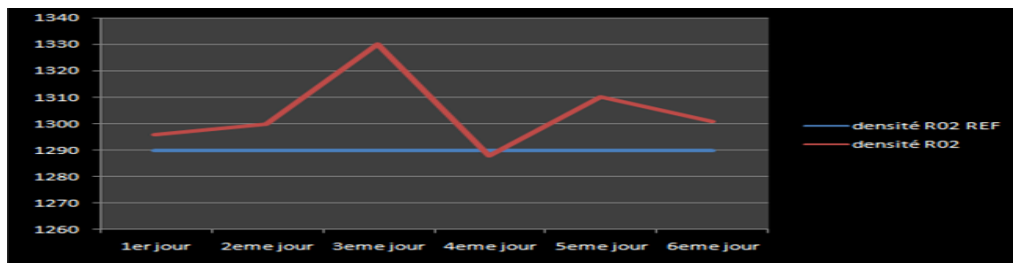
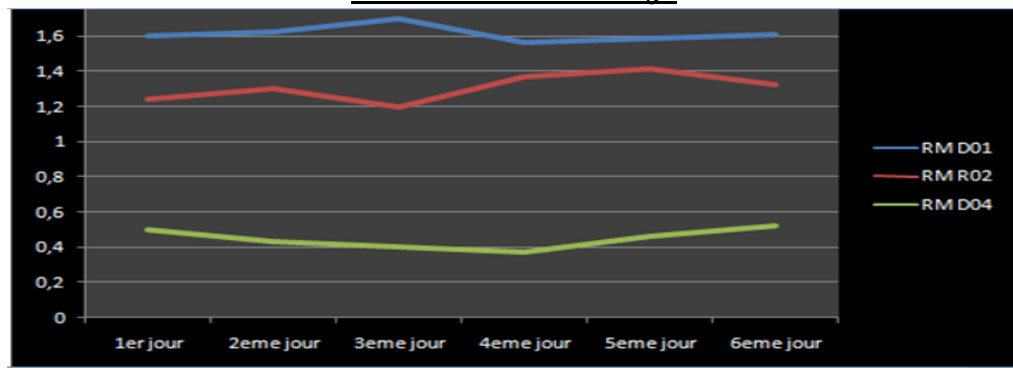
Nous avons présenté par la suite les actions que nous avons jugées nécessaire pour avoir un lavage plus efficace, ainsi que pour éviter la formation d'HF au niveau de la tour finale, à savoir l'ajout des pulvérisateurs au niveau de la tour finale, et le changement de paramètres d'entrée de l'acide phosphorique et du NH<sub>3</sub> au niveau du PN et du M03.

## Les Annexes

**Annexe-1** : suivi de RM et de la densité durant 6 jours (formules DAP)

	RM (N/P)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Ph ([H+])
<b>R02</b>	<b>0,8</b>	<b>1290</b>	<b>6-5</b>
<b>D01</b>	<b>1,35</b>	<b>1300</b>	<b>6</b>
<b>D04</b>	<b>1,1 à 1,25</b>	<b>1020 à 1050</b>	<b>5-6</b>

Paramètres de marche design



**Annexe-2** : Les relevés des débits par un débitmètre en fonction de la distance des buses par rapport au collecteur principale on contrôle des pulvérisateurs (DAP)

D01(chambre de pulvérisations)	de	Débit design(m <sup>3</sup> /h)	Débit réel(m <sup>3</sup> /h)	Etat des buses
20 cm		60	56	Pas bouché

<b>60 cm</b>	<b>60</b>	<b>42</b>	<b>Encrassement partiel</b>
<b>100 cm</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>bouché</b>
<b>140 cm</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>bouché</b>

**Annexe-3** : les caractéristiques des pompes de la section de lavage

	Type de la pompe	Densité (kg /m <sup>3</sup> )	Viscosité (mm <sup>2</sup> /s)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Vitesse ref (m /s)	Pression refoulement (kg/m <sup>2</sup> )= (9,81)Pas=(9,81)* 10 <sup>-5</sup> bar	Section de refoulement (m <sup>2</sup> )
<b>P02</b>	ps WPP 53 – 200	1300	100	540	4,77	66000	(0,2m) 0,031
<b>P03</b>	WPP 53 – 200	1300	100	1095	4,30	50650	(0,3m) 0,07

**Annexe-4** : caractéristiques de gaz entrant au laveur Pour une cadence de 120t/h avec un volet ouvert a 100%

	<b>D01 (pré-laveur)</b>	<b>D02 (venturi)</b>	<b>D03 (venturi)</b>	<b>D04</b>
<b>Capacité du produit recyclé max (m<sup>3</sup>/h)</b>	164000	250000	287000	743000
<b>La dépression crée a l'entrée de laveur</b>	-180	-215	-325	100 (pression)
<b>Le débit des gaz entrés au laveur (m<sup>3</sup>/h) DAP</b>	136000	180000	273000	728000

## Références bibliographiques :

- ❖ Manuel Jacobs Engineering.
- ❖ Absorption, Toreis Noureddine, EMI. (6 mai 2017)
- ❖ Informations Chimie du Rapport de stage de Mr ZAHHAF Yassine et de la cour réaction acido-basique S2. ( depuis le 15 avril 2017)
- ❖ Site internet

<http://www.busesdepulverisation.fr/docs/default-source/french-data-sheets/tf-c%C3%B4neplein.pdf?sfvrsn=2> (15 mai 2017)

[http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes\\_chimiques/Tox\\_Proc\\_Colonnes\\_plateaux](http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes_chimiques/Tox_Proc_Colonnes_plateaux) (15 mai 2017)

[http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes\\_chimiques/Tox\\_Proc\\_Colonnes](http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/procedes_chimiques/Tox_Proc_Colonnes)

[www.ocpgroup.ma](http://www.ocpgroup.ma).

