



Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité
« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**PROFIL DE L'ACIDE PHOSFORIQUE POUR LA
PRODUCTION DES ENGRAIS DE TYPE MAP.**

Présenté par :

◆ **FATTOUKH Abdesslam**

Encadré par :

◆ **Mr ELMASAOUDI Othman (OCP)**

◆ **Pr O.SQALLI (FST)**

Soutenu Le 08 Juin 2017 devant le jury composé de:

- **Pr O.SQALLI**

- **Pr K.MESBAHI**

- **Pr N.IDRISSI KANDRI**

Stage effectué à Office chérifien des Phosphate /JFF



Année Universitaire 2016 / 2017

Dédicace

A mes très chers parents,

A mon frère,

A toute ma famille et mes ami(e)s,

Je vous dédie cet humble travail.

Remerciements

Avant d'entamer ce rapport que j'espère porter satisfaction à toute personne qui feuillettera, je tiens à remercier mes encadrants de stage, **Mlle. HRAR** Responsable du service engrais, **Mr. ELMESSAOUDI** chef d'atelier de ligne MAP, d'avoir accepté de m'accorder un stage au sein de Jorf fertiliser V ainsi que pour leurs encadrements et leurs aide précieuse.

Je remercie infiniment et tout particulièrement mon encadrant pédagogique Madame **O.SQALLI** pour son encadrement, sa disponibilité, son orientation, son aide précieux et ses conseils.

Je remercie chaleureusement les membres de jury, d'avoir accepté de juger ce travail, ainsi qu'au corps administratif et professoral de FSTF et tous particulièrement les enseignants du département de chimie.

Mes chaleureux remerciements s'adressent à Monsieur **KANDRI ROUDI** Responsable du licence Science et Technique « TACQ» pour ses efforts considérables pour le bon déroulement et la réussite de la formation.

Je souhaiterais remercier infiniment les agents de l'unité MAP pour leur accueil, leur disponibilité et leur aimable collaboration et aide dans la rédaction de mon rapport.

Finalement, mes vifs remerciements s'adressent à tout le personnel de la division Production Engrais, pour leur chaleureux accueil et leur rôle dans mon intégration dans leur équipe.

SOMMAIRE

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil et du procédé industriel.....	1
I. Présentation organisme d'accueil.....	1
1. Présentation de l'OCP.....	1
2. Organisation.....	2
3. Centres d'Exploitation Minière.....	2
4. Centres de Transformations Chimiques.....	2
5. Principaux gisements.....	3
II. jorff fertiliser company V.....	3
Chapitre II : Théorique sur les engrais et le procéder de production de MAP.....	5
I. Généralités sur les engrais.....	5
1. Description des engrais.....	5
2. Rôle des principaux éléments constituant les engrais.....	5
II. Procédés de fabrication des engrais MAP.....	6
1. Principe de fabrication.....	6
2. Description du Procédé de fabrication MAP Unité 306.....	6
Chapitre III : Approche theorique sur la problématique.....	9
Introduction.....	10
I. Description de l'acide phosphorique.....	10
1. Domaine d'application.....	10
2. Nature du production de l'acide phosphorique.....	10
II. Problématique.....	11
Chapitre VI : Etude critique des causes d'arrêts et la défaillance des équipements.....	12
I. Classification des causes majeures selon les heures d'arrêts.....	12
1. analyse des fréquences des arrêts de procès.....	12
2. Etude critiques des équipements.....	15
3. Bouchage les tamiseurs des cribles.....	16
4. Plan d'action.....	18
Conclusion.....	18
Chapitre V: L'Effet des éléments de trace contenus dans l'acide sur la granulation et le Croutage du produit MAP.....	19
Introduction.....	20

I. Etude des facteurs influençant la qualité de l'ACP.....	20
1. Effet des éléments de trace.....	20
2. Effet du taux de solide TS.....	21
3. Effet de la densité.....	22
II. Effet de la qualité d'ACP sur la marche de l'installation.....	22
1. Effet des facteurs influençant la qualité d'ACP sur la marche de l'installation.....	22
2. Etude de l'effet de la qualité de l'ACP sur les arrêts procès.....	23
III .Profil d'ACP adéquat et action correctives.....	27
1.Détermination du profil adéquat pour une marche stable.....	27
2.Correction des Eléments de l'ACP.....	28
Conclusion Général.....	29

Liste des diagrammes

Diagramme 1 : Fréquences des arrêts de procès du mois Mai 2017.....	13
Diagramme 2 : Fréquences des arrêts de procès du mois avril 2017.....	13
Diagramme 3 : Fréquences des arrêts de procès du mois Mars 2017.....	14
Diagramme 4 : Fréquences des arrêts de procès du mois Aout 2016.....	14
Diagramme 5 : variation des éléments de trace avec la granulation.....	21
Diagramme 6 : variation le taux solide avec la granulation.....	21
Diagramme 7 : variation MgO.....	22
Diagramme 8 : évolutions de Taux Solide	23
Diagramme 9 :Pareto des arrêts de procès.....	23

Listes des Figures

Figure 1 : Principaux gisement du phosphate.....	3
Figure 2 : diagramme bloc Jorf Fertiliser Company V.....	3
Figure 3 : Procéder de production Phosphate Mono-Ammoniac	6
Figure 4 : Schéma descriptif du granulateur.....	7
Figure 5 : Schéma descriptif de sécheur.....	8
Figure 6 : Classification des produits.....	15
Figure 7 : schéma d'installation du jeté T11-T01.....	16
Figure 8 : Installation du jeté T12-T02.....	17
Figure 9 : schéma d'installation des cribles.....	17
Figure 10 : photographie d'un crible.....	25
Figure 11 : croute causé un bouchage.....	26
Figure 12 : déformation et l'érosion du jeté T11-T01.....	27
Figure 13 :Croute sortie du granilateur	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : les organisations de jorf lasfar.....	2
Tableau 2 : les types d'engrais fabriquées a partir le phosphate naturel.....	5
Tableau 3 : description du convoyeur T11 et l'élévateur T01.....	15
Tableau 4 : description du convoyeur T12 et l'élévateur T02.....	16
Tableau 5 : cause effet de la défaillance des équipements.....	18
Tableau 6 : Titre de P ₂ O ₅ et N ₂	20
Tableau 7 : Composition d'une croute de bouchage.....	25

INTRODUCTION

Le stage est une expérience très importante qui permet au stagiaire d'enrichir ses connaissances et de développer ses qualités en lui fournissant le lieu adéquat afin d'affronter le milieu professionnel et d'en sortir la meilleure information lui garantissant une bonne poursuite dans sa vie active.

Dans ce cadre , nous avons beaucoup insisté sur la société qui peut nous fournir l'aide durant notre chemin vers la profession ;alors on a choisi un organisme doté d'une grande réputation qui n'est autre que l'office chérifien des phosphates .

Dans l'objectif de maîtriser la qualité des engrais produits et du procédé de fabrication, on a étudié l'impact de la qualité de l'acide phosphoriques sur les paramètres de marches principaux de la production, à savoir les titres du produit fini, la granulométrie, et les arrêts de procès comme le bouchage.

Cette étude a montré que la qualité de l'acide phosphorique à un effet significatif sur les paramètres cités. Ainsi le Taux Solide de l'acide contribue dans la diminution des titres du produit fini et puis diminue la consommation spécifique. Le TS diminue les titres à des teneurs inférieurs aux exigences des clients et contribue dans la formation des sur granulés.

Enfin vous allez découvrir en détail notre travail à travers le rapport suivant, espérant qu'il répondrait à vos questions et qu'il soit au niveau de vos attentes.

Chapitre 1

Présentation de l'Organisme d'accueil et du procédé industriel

I. Présentation organisme d'accueil

1. Présentation de l'OCP :

Le complexe des industries chimiques de Jorf Lasfar a été mis en exploitation en 1986. Il est situé à 24 Km au sud de la ville d'El Jadida avec une superficie globale de 1835 HA dont Environ 80% non encore occupés.

Le site a l'avantage de la proximité de l'un des plus importants ports du Royaume. Il regroupe les industries Chimiques de valorisation de minerais de phosphates et de production des engrais phosphatés et /ou azotés. Les produits commercialisés par le site sont :

- L'acide phosphorique ordinaire qualité engrais ;
- L'acide phosphorique purifié qualité alimentaire ;
- Les engrais.

Le groupe OCP Maroc, qui exploite et gère le site de Jorf, .

1920 : Création, le 7 août, de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP).

1921 : Début de l'exploitation en souterrain du phosphate dans la région de Khouribga.

1932 : Premières expéditions du phosphate de Youssoufia vers le port de Casablanca.

1959 : Création de la Société Marocaine d'Etudes Spécialisées et Industrielles (SMESI).

1965 : Création de la société Maroc Chimie.

1973 : Création de la Société de Transports Régionaux (Sotreg) en juillet, de Maroc Phosphore en août et de Marphocéan en octobre.

1974 : L'OCP prend le contrôle de la Société Marocaine des Fertilisants (Fertima).

1972 : Naissance de l'Institut de Promotion Socio-Éducative (IPSE).

1975 : Création du Groupe OCP.

1976 : Démarrage de Maroc Phosphore I et Maroc Chimie II.

1979 : Transfert des bureaux de la Direction Générale au nouveau siège à Casablanca.

1981 : Démarrage de Maroc Phosphore II. L'OCP entre dans le capital de la Société Prayon (Belgique).

1982 : Début des travaux de construction du complexe chimique Maroc Phosphore III-IV à JORF LASFAR.

1987 : Démarrage des lignes d'engrais de Maroc Phosphore III-IV.

1990 : Exploration nouveaux projets de partenariats industriels et de renforcement de capacités.

1993 : Accélération programme social de cession de logements au personnel.

1996 : Partenariats industriels avec grande paroisse, usine EMAPHOS pour l'acide

Phosphate purifié (Maroc/ Belgique/ Allemagne).

1997 : accord d'association entre groupe OCP et le groupe indien birlan pour la réalisation de l'unité de production de l'acide Phosphorique (Maroc/inde) IMACID.

2000 : Démarrage unité de flottation de Phosphate à Khouribga.

2003 : L'OCP est devenu le seul actionnaire de phosboucrâa.

2004 : création de société « Pakistan Maroc phosphore ».

2. Organisation

Dans le but de répondre aux besoins des études et des prestations liés à l'exploitation et au développement, le groupe OCP s'est doté de plusieurs filiales spécialisées :

Société	Description
CENTRE DE RECHERCHE:	centre d'études et de recherche des phosphates minéraux, doté de laboratoires et d'unités d'essais pilotes, (100% OCP).
MARPHOCEAN :	entreprise maritime spécialisée en particulier dans le transport d'acide phosphorique, (83,7% Maroc phosphore, 16,3% Comanav – Maroc).
STAR :	Société de Transports et d'Affrètement Réunis, travaillant dans le domaine du courtage des affrètements maritimes, (100% OCP).
SMESI :	Société marocaine d'Etudes Spéciales et Industrielles, entreprise d'ingénierie et de réalisation industrielles, (100% OCP).
SOTREG :	Société de Transport Régional, chargé du transport du personnel du groupe OCP, (100% OCP).
Par ailleurs, le groupe OCP a des participations dans les sociétés COMANAV (transport maritime), EMAPHOS , IMACID et PRAYON .	

Tableau 1 : les organisations de jorf lasfar

3. Centres d'Exploitation Minière :

- Khouribga.
- Ben guérir.
- Youssoufia.
- Boucraâ.

4. Centres de Transformations Chimiques :

Safi : pôle chimique de production des engrais type Triple superphosphate(TSP).

JORF LASFAR : pôle chimique de production des engrais types le phosphate di-ammoniac(DAP) et phosphate mono-ammoniac(MAP).

5. Principaux gisements :

Les gisements de phosphates se situent principalement dans la région d'Oulad Abdoun située entre Khouribga et Oued Zem, sur le plateau de Gantour (région de Youssoufia et Benguérir) et dans la région de Laâyoune (bassin de Boucraâ).

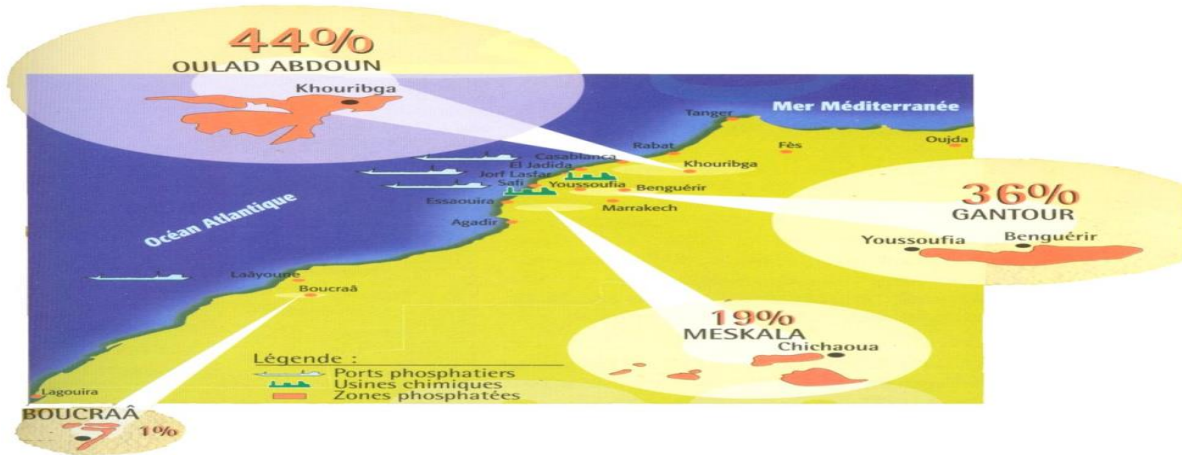


Figure 1 : Principaux gisement du phosphate

II. Jorf Fertiliser Company V

Le complexe JFCV comprend :

- Une ligne de production d'acide sulfurique
- Une ligne de production d'acide phosphorique
- Deux lignes de production d'engrais MAP /TSP ;
- Une centrale thermoélectrique

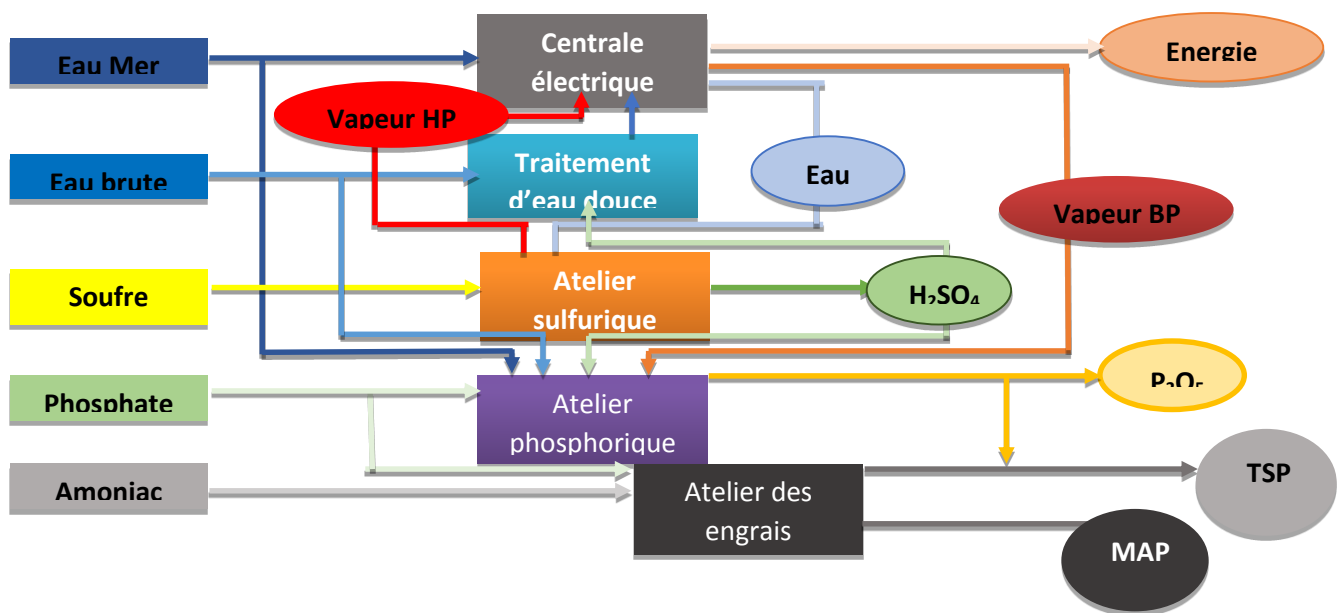


Figure 2 : Diagramme bloc de Jorf Fertiliser Company V

Chapitre 2

Théorie sur les engrais et le procédé de fabrication de MAP

I. Généralités sur les engrais :

1. Description des engrais :

Les engrais sont des composés chimiques qui donnent au sol les éléments fertilisants dont il a besoin. Ces éléments peuvent exister naturellement dans le sol ou y sont apportés artificiellement sous différentes formes :

Sous forme stable dans la solution sol, ces engrais sont presque immédiatement utilisés par la plante.

Sous forme de cations ou d'anions échangeables, fixés par le complexe adsorbant du sol, Ces ions sont progressivement mis à la disposition de la plante.

2. Rôle des principaux éléments constituant les engrais :

Les différentes classes des éléments nécessaires à la croissance des végétaux sont :

Les éléments fertilisants majeurs : L'azote, le phosphore et le potassium.

L'azote : il contribue au développement végétatif de toutes les parties aériennes de la plante. Il permet à la plante de fabriquer, en quantité et en vitesse accrue, les acides nucléiques, aminés ainsi que la synthèse des protéines.

Le phosphore : il favorise la croissance et le développement de la plante, ainsi que la rigidité des tissus et sa résistance aux maladies.

Le potassium : qui contribue à favoriser la floraison et le développement des fruits. On parle des engrais ternaires de type NPK si les trois sont associés. Sinon, on parle également des engrais binaires NP, NK, PK ou d'engrais simples s'ils sont constitués d'un seul de ces éléments N ou P ou K.

Les éléments fertilisants secondaires : Le calcium, le magnésium, le soufre et le sodium. Les oligo-éléments : bore, chlore, cuivre, magnésium, molybdène, le zinc... participent à faible dose à la nutrition des végétaux (quelques centaines de grammes à quelques kilogrammes par hectare). Au-delà d'une certaine concentration, ils deviennent toxiques pour les plantes.

Parmi les formules d'engrais fabriquées à partir du phosphate naturel on peut citer :

type		abréviation	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
Engrais simple	SSP	Le simple superphosphate	0	18	0
	TSP	Le triple superphosphate	0	46	0
Engrais composé (binaire)	MAP	Le phosphate mono-ammoniac	11	53	0
	DAP	Le phosphate di-ammoniaque	18	46	0
	ASP	Le sulfo-phosphate d'ammonium	19	38	0
Engrais composés (ternaire)	À partir des engrais composés binaires cités ci-dessous on peut fabriquer des engrais ternaires, par l'addition physique de composés tels que, le chlorure de potassium KCl ou le sulfate de potassium K ₂ SO ₄ .				

Tableau 2: les types d'engrais fabriqués à partir le phosphate naturel

II. Procédés de fabrication des engrais MAP

1. Principe de fabrication :

La fabrication des engrais azotés consiste une neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac. Au cour de cette neutralisation nécessite un control analytique du rapport molaire(RM).

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

Le procédé de consiste à effectuer la neutralisation en deux étapes ;

Une pré-neutralisation de l'ACP par NH₃ jusqu'à un RM=0.6 qui correspond a une fluidité maximale de la bouillie cette première étape s'effectue dans un réacteur RTG.

Une ammonisation complémentaire jusqu'à obtention d'un RM=1.2ce qui favorise la cristallisation ce deuxième stade est réalisé dans granulateur relatif.

2. Description du Procédé de fabrication MAP ligne 306 :

Matières premières :

- Acide phosphorique à des concentrations de 29% et 54 % P₂O₅.
- Ammoniaque liquide.
- Acide sulfurique.

La fabrication des engrais azotés consiste une neutralisation des acides phosphorique ce qui donne lieu à une réaction de neutralisation exothermique. Selon le procédé qui peut être scindée en six étapes principales :

- ✓ La neutralisation.
- ✓ La granulation.
- ✓ Le séchage.
- ✓ La classification granulométrique.
- ✓ Le conditionnement du produit (refroidissement + enrobage)

- on peut schématiser ces étapes comme suit :

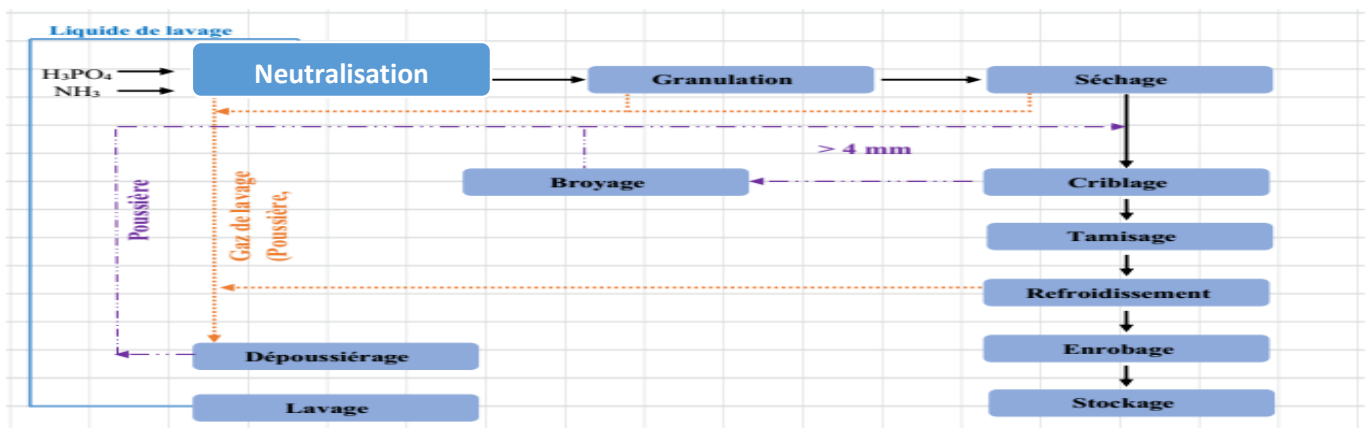


Figure 3 : Procéder de production MAP

- **La Réaction de neutralisation :**

Le principe de fabrication consiste à produire des engrais en phosphate d'ammonium par la neutralisation de l'acide phosphorique.

Le réacteur tubulaire granulateur (RTG) est alimenté par l'acide phosphorique partiellement neutralisé dans la section de lavage des effluents du granulateur et du sécheur, et par l'ammoniac biphasé (liquide / gaz) réchauffé par l'air atmosphérique dans les échangeurs d'air, La réaction qui se déroule dans le RTG est :



- **Granulation :**

La bouillie produite au niveau du RTG est entraînée dans le granulateur. La granulation s'effectue dans un granulateur cylindrique incliné. La bouillie sortie du RTG est pulvérisée sur un lit de produits solides recyclés constitués des fines, des gros broyés et d'une partie du produit finis. L'injection d'ammoniac liquide est effectuée dans une rampe d'ammonisation qui assure la pulvérisation dans le lit de recyclage.

Afin d'obtenir une qualité meilleure de granulation, il est nécessaire de maintenir un taux de recyclage constant dans le granulateur.

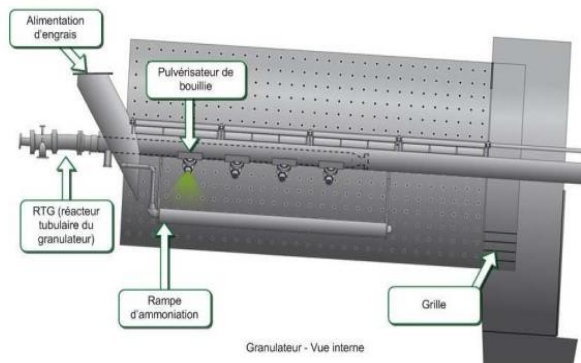


Figure 4 : schéma descriptif d'un granulateur

- **Séchage :**

Le produit granulé est introduit dans le tube sécheur alimenté en gaz chauds par une chambre de combustion. Le séchage a pour rôle de réduire l'humidité contenue dans le produit. Cette extraction d'eau se fait par contact entre la masse gazeuse obtenue par la combustion du fuel et le produit engrais. Le tube est équipé intérieurement par des palettes relevées qui favorisent l'écoulement du produit sous forme de pluie afin d'assurer l'échange thermique, entraînant le

produit vers l'avant. Les températures sont réglées par la variation du débit du fuel et du débit de l'air.

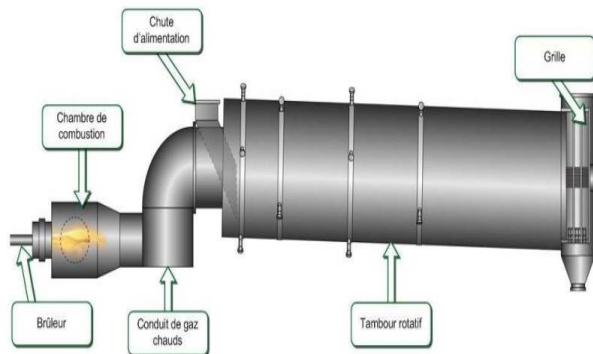


Figure 5: Schéma descriptif de sécheur

- **Classification granulométrique :**

Le produit granulé contient des grains de différentes tailles, le produit séché est ensuite acheminé vers un système de criblage donc Le but de criblage est de séparer les grains de l'engrais afin d'avoir un produit marchand de tranche granulométrique requise à la demande de client (ex : entre 2 et 4 mm). L'engrais est ensuite conditionné avant son envoi au stockage. Les grosses particules et les fines sont recyclées vers le granulateur.

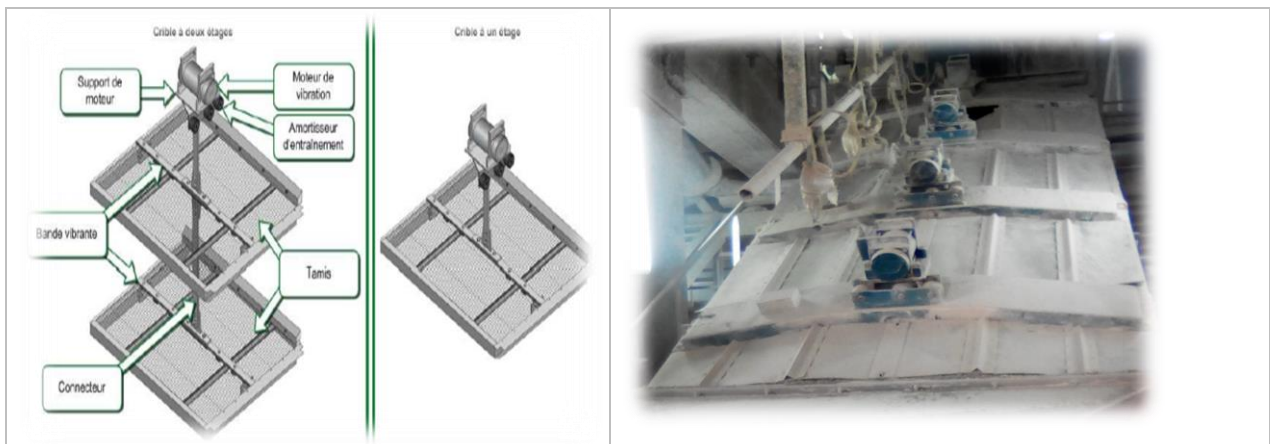


Figure 6: Classification des produits

- **Le conditionnement du produit**

Le refroidissement : Le rôle du refroidisseur est de refroidir le produit granulé à une température d'environ 40 °C. Ceci permet de diminuer les risques de collage des granules leur de stockage. Le produit sortant du refroidisseur est envoyé vers l'enrobeur.

L'enrobage : L'enrobeur de produit est un équipement cylindrique, horizontal et rotatif en acier dans lequel les granules sont tout d'abord mouillés par une pulvérisation d'huile d'enrobage. Ceci permet, d'éviter la prise en masse.

Chapitre 3 :

Approche théorique sur la problématique

Introduction

La maîtrise de la qualité de production des engrais et le maintien du potentiel de production exige une maîtrise parfaite du procédé de fabrication ceci implique principalement la maîtrise de la qualité de la matière première. La matière première principale utilisée dans la fabrication des engrais est l'ammoniac et l'acide phosphorique (ACP). Si l'ammoniac présente une qualité stable, l'ACP venant du procédé humide qui se base sur l'attaque du phosphate naturel par l'acide sulfurique, est d'une qualité complètement variée. L'origine de cette variation est le phosphate naturel qui présente des variations de composition permanente. La variation de la qualité de l'ACP alimentant les lignes ne peut qu'avoir des effets sur la marche de la fabrication des engrais et sur la qualité des produits finis.

I. Description de l'acide phosphorique

1. Domaine d'application :

L'acide phosphorique principal dérivé actuel de chimie du phosphate, est un intermédiaire pour l'élaboration de plusieurs produits notamment l'engrais MAP suivant la réaction :



2. Nature de la production de l'acide phosphorique

L'acide phosphorique, acide de formule chimique H_3PO_4 source de composé important : phosphate. Est peut être fabriqué suivant un procédé de base partir phosphate naturel par une voie humide on procède par une attaque avec l'acide sulfurique suivant la réaction :



II. Problématique

1. Description des éléments de trace

En effet l'élément important dans l'acide phosphorique P_2O_5 , plus un nombre variable d'impureté contribuent positivement et/ou négativement sont suivant :

L'anhydride phosphorique P_2O_5

L'élément fondamental dans l'acide, et présent avec un pourcentage entre 54 et 29. Un manque de P_2O_5 provoque l'augmentation de la teneur des autres impuretés ainsi que leur effet négative sur MAP.

L'oxyde de calcium CaO :

Une augmentation élevée de CaO influe négativement sur l'humidité du produit MAP et par la suite crée un problème de bouchage.

Le fluor F :

Le fluore contribue à l'amélioration de la cristallisation du gypse qui aboutit une augmentation de taux solide, mais une teneur importante cause :

- Problèmes de corrosion
- Pollution atmosphérique.

SiO₂

La silice est présente sous deux formes :

Silice réactive : contribue à l'amélioration de la cristallisation ainsi qu'en se liant au Fluor elle permet de diminuer son effet corrosif.

Silice non réactive (quartzite) : La silice quartzite ne réagit pas rapidement avec le Fluor; sa présence diminue la capacité de filtration du gypse en augmentant ainsi la fraction de P₂O₅ retenue dans le gypse. Par ailleurs, les teneurs élevées en silice du type quartz entraînent l'érosion des équipements.

Al₂O₃

La présence d'alumine dans le phosphate présente les avantages suivants :

- **diminue l'effet corrosif de F** : (AlF₆³⁻)
- **améliore la cristallisation** : Elle permet une régularité de croissance des cristaux dans toutes les directions de l'espace, si sa teneur est trop élevée conduit à une augmentation de la viscosité de celui-ci et à une dégradation de la qualité du produit.

Fe₂O₃

Le fer a un effet important sur la viscosité de la bouillie qui affecte à son tour la colmatation des grains.

MgO

Reconnu par son influence sur la viscosité, Avec une teneur de 1,5% de MgO il cause une baisse du transport de la bouillie.

Chlore

Le chlore fait partie des impuretés jugées indésirables essentiellement en raison des risques de corrosion lui étant associés. Il représente un facteur de danger pour des concentrations supérieures à 0.1%. Son action corrosive peut être d'autant plus élevée dans le cas d'interactions avec d'autres impuretés (HF, H₂SO₄).

Taux Solide

Pratiquement plus l'acide est dense plus le taux solide est élevé et plus la viscosité importante.

Donc le T.S élevé entraîne un problème de bouchage.

Remarque : Dans cette étude nous avons étudié juste les éléments importants comme P₂O₅, Fe₂O₃, Al₂O₃, MgO, Taux de solide.

Chapitre 4

Etude critique des causes d'arrêts et de la défaillance des équipements

I. Classification des causes majeures selon les heures d'arrêts

Afin de comprendre la phénomène du bouchage et son influence sur les équipements et sur la production et la qualité du produit MAP, on doit tout d'abord faire une étude qui consiste à déterminer des arrêts de procès durant les mois (mars, avril, mai, aout) par des feuilles de marche fournis par la secrétariat technique.

1. Analyse des fréquences des arrêts de procès

Pour analyser les fréquences des arrêts nous allons faire une étude pour chaque mois :

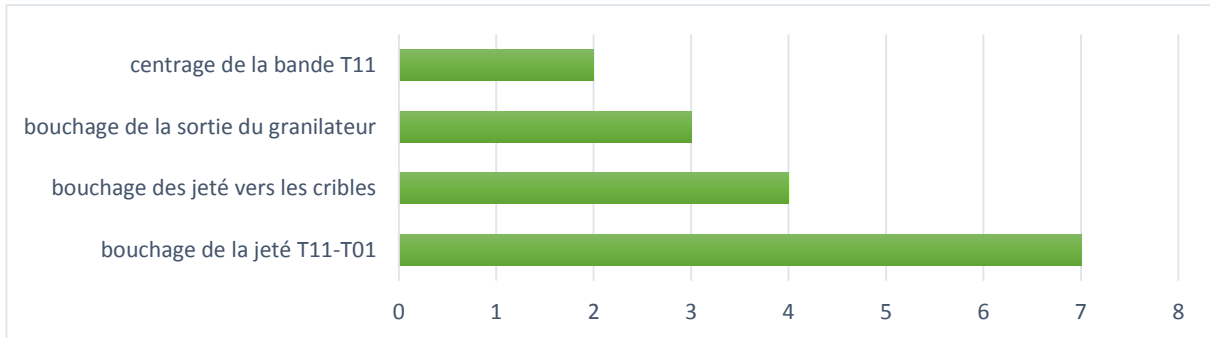


Diagramme 1 : Fréquences des arrêts de procès du mois Mai 2017

Sur le diagramme 1 est représenté les fréquences de bouchage des différents équipements de ligne MAP sont :

- Bouchage de la jeté T11-T01
- Bouchage des jetés vers les cribles
- Bouchage de la sortie du granulateur
- Centrage de la bande T11

Au cour du mois Mai 2017 on conclue que bouchage du jeté T11-T01 affiche une fréquence important par rapport aux équipement.

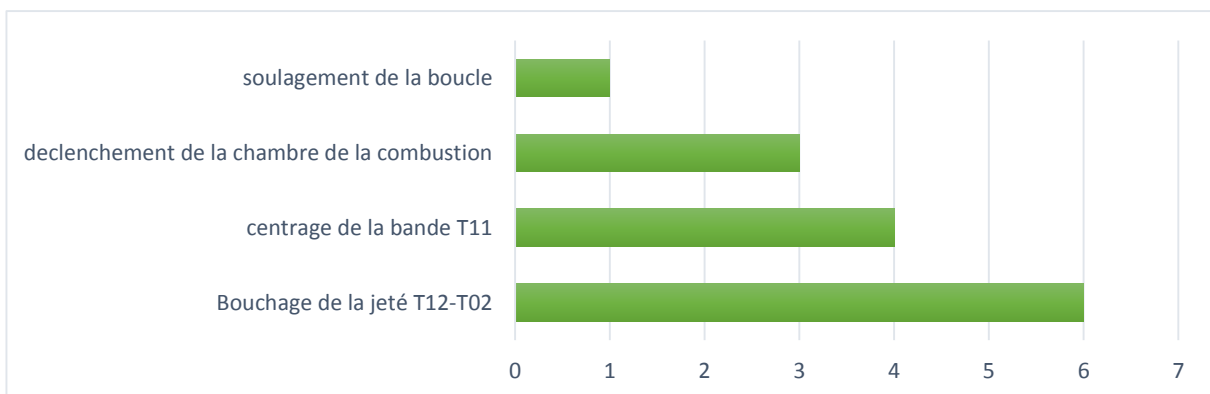


Diagramme 2: Fréquences des arrêts de procès du mois avril 2017

Au cour du mois d'avril 2017 les cause des arrêts de la ligne MAP sont :

- Bouchage de la jeté T12-T02.

- Centrage de la bande T11.
- Déclenchement de la chambre de la combustion.
- Soulagement de la boucle.

Le diagramme 2 montre que le bouchage de la jeté T12-T02 est la cause majeur des arrêts.

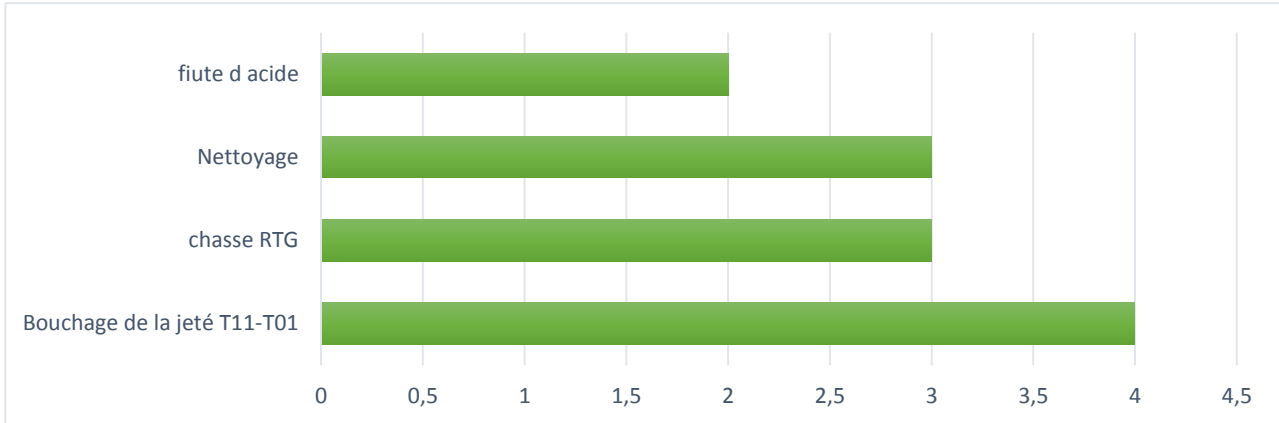


Diagramme 3 : Fréquences des arrêts de procès du mois Mars 2017

Le diagramme 3 représente les arrêts de procès des déferents équipements sont :

- Bouchage de la jeté T11-T01
- Chasse RTG
- Nettoyage
- Fuite d'acide

On conclue que l'arrêt majeur de ce mois est le bouchage de la jeté T11-T01 et qui est présent avec des fréquences important dans les deux mois précédents.

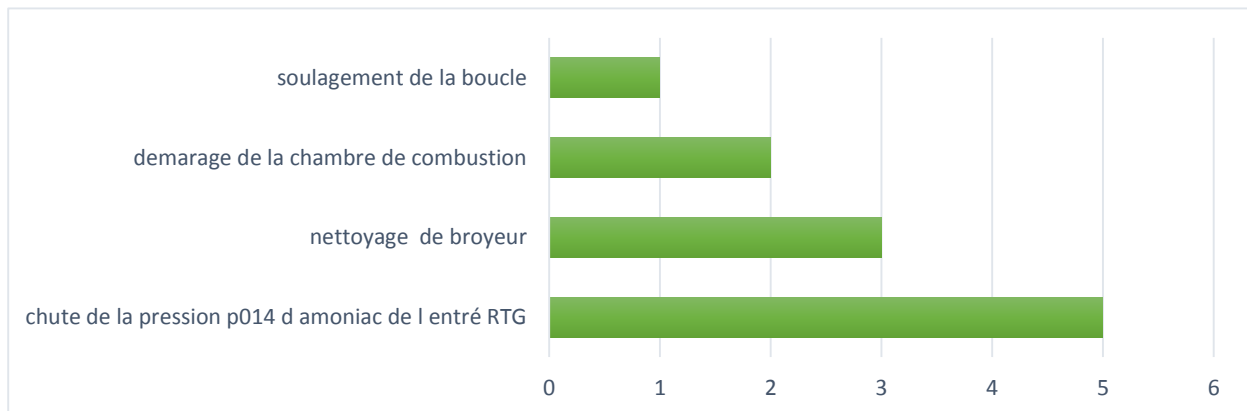


Diagramme 4 : Fréquences des arrêts de procès du mois Aout 2016

Pour le mois aout 2016 les arrêts sont :

- Chute de la pression PO14 d'ammoniac de l'entrée RTG.
- Nettoyage de broyeur.
- Démarrage de la chambre à combustion.
- Soulagement de la boucle.

Et conséquent aucun arrêts n'est du au bouchage des équipements (diagramme 4)

2. Etude critiques des équipements

• Description de La Jeté T11-T01

La jetée T11-T01 est un équipement important de transport dans le procédé du produit MAP, elle permet de fournir le produit recyclé vers le granulateur.

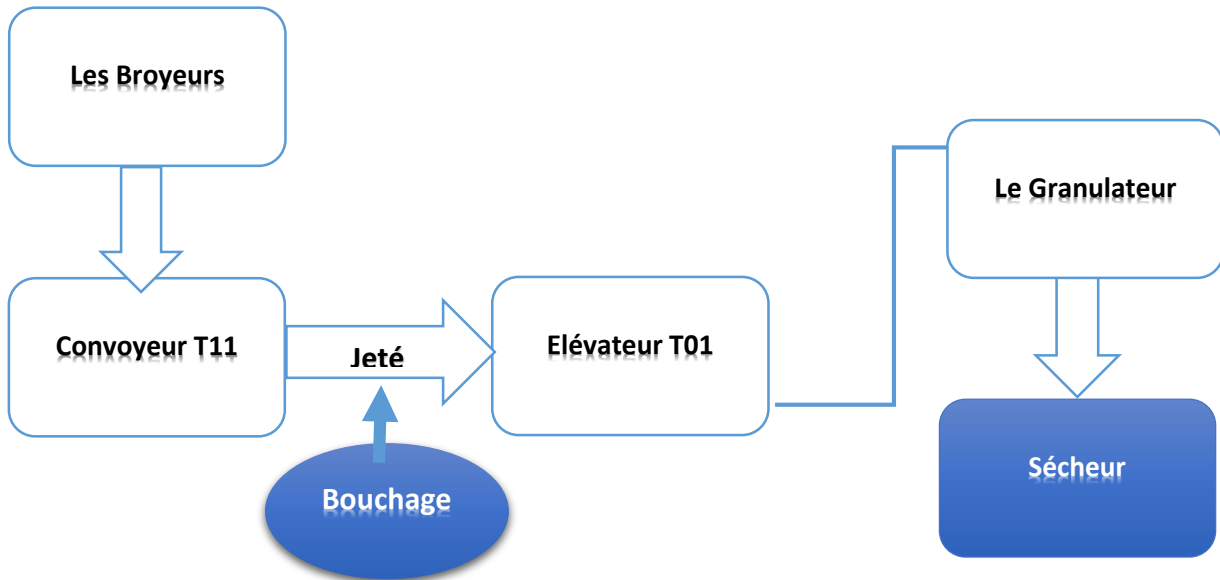


Figure 6 : schéma d'installation du jeté T11-T01

Cette jeté est un pont entre deux équipements de transport important dans la ligne leurs arrêts conduits l'arrêt de la ligne.

- Le tableau suivant définit la description du convoyeur T11 et élévateur T01

Equipement	Rôle dans l'installation	Description technique	Effet de la défaillance du jeté
Le convoyeur T11	Une bande roulante permet de transporter le produit recyclé qui vient des broyeurs.	Capacité : 225-320 t/h Largeur : 2000 mm. Longueur : 23500 mm. Inclinaison : horizontale. Matériel : ceinture en caoutchouc. Température : 110 °C	Usure de la bande du convoyeur par la surcharge du produit recyclé. Arrêt de la ligne
Elévateur T01	Un élévateur à <u>godets</u> est une installation assurant l'ascension de produit recyclé vers le granulateurs.	Type : double chaîne et décharge continu. Capacité : 450 t/h à 90% des godets remplies. Ascenseur : 20250 mm. Matériel : acier en carbone avec chaînes en alliage. Puissance installée : 55 KW.	Cisaillement de la chaîne de l'élévateur. Arrêt de la ligne

Tableau 3 : description du convoyeur T11 et l'élévateur T01

- **Description de La Jeté T12-T02**

Cette jetée permet de fournir le produit séché vers les cribles pour la classification. Le bouchage est lié par l'effet du colmatage des grains puis formation des blocs à cause de la humidité du produit.

- le tableau suivant montre la description de ces équipements.

Equipement	Rôle dans l'installation	Description technique	Effet de la défaillance de la jeté
Le convoyeur T12	Est un tapis roulant permet de transporté les produit séché qui vient du sécheur.	Capacité : 275t/h -345 t/h Largeur : 1400 mm. Longueur : 12250 mm. Inclinaison: 15 Matériel: ceinture en caoutchouc résistant de la chaleur. Puissance installée : 7,5 KW. Température : 130 °C	Usure de la bande du convoyeur par la surcharge du produit recyclé. Arrêt de la ligne
Elévateur T02	Un élévateur à <u>godets</u> est une installation assurant l'ascension de produit séché vers les cribles.	Type : double chaîne et décharge continu. Capacité : 245-275 t/h à 90% des godets remplies. Ascenseur: 20250 mm. Inclinaisation : vertical	Cisaillement de la chaîne de l'élévateur. Arrêt de la ligne

Tableau 4 : description du convoyeur T12 et l'élévateur T02

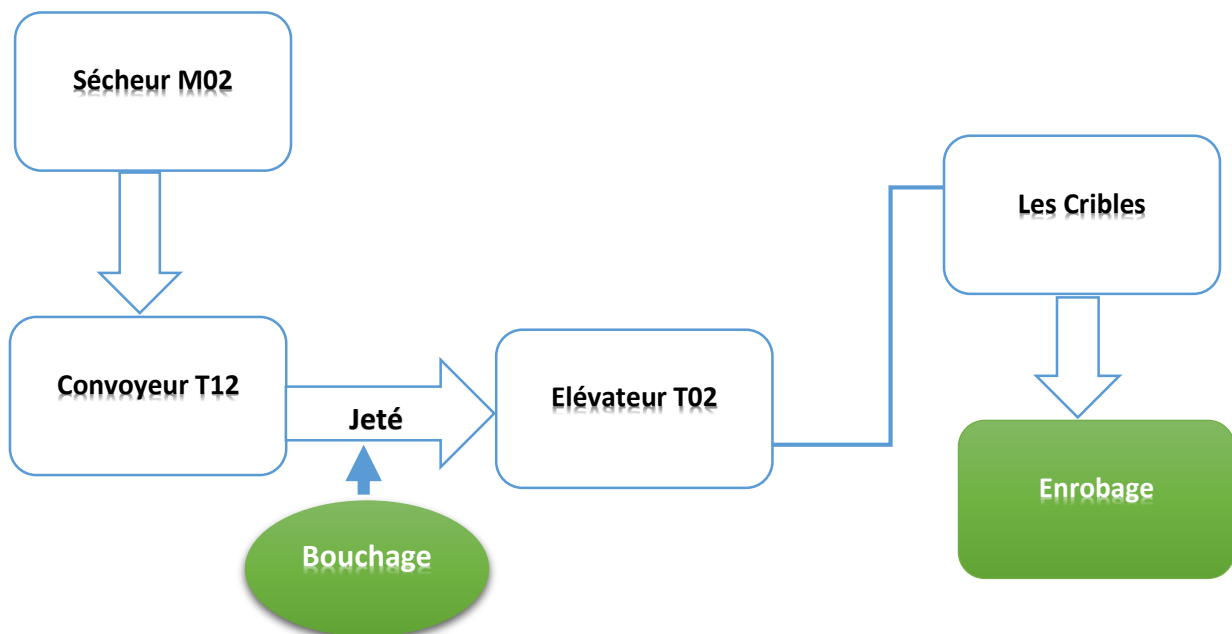


Figure 7 : Installation du jeté T12-T02

3. Description des cribles.

Chaque crible est formé de deux étages de tamisage inclinés dans le même sens par rapport à l'horizontale de 30°. On distingue dans un Crible sous-ensembles :

Les cribles primaires : Appelés "cribles de séparation", est de séparer les granules provenant du sécheur rotatif 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 secondaires : Le rôle des cribles secondaires, aussi appelés "cribles de produits", est de séparer les granules de taille acceptable des particules trop fines (< 2 mm) provenant des cribles primaires. Les fines sont recyclées vers le granulateur. Les cribles secondaires sont des cribles à un étage.

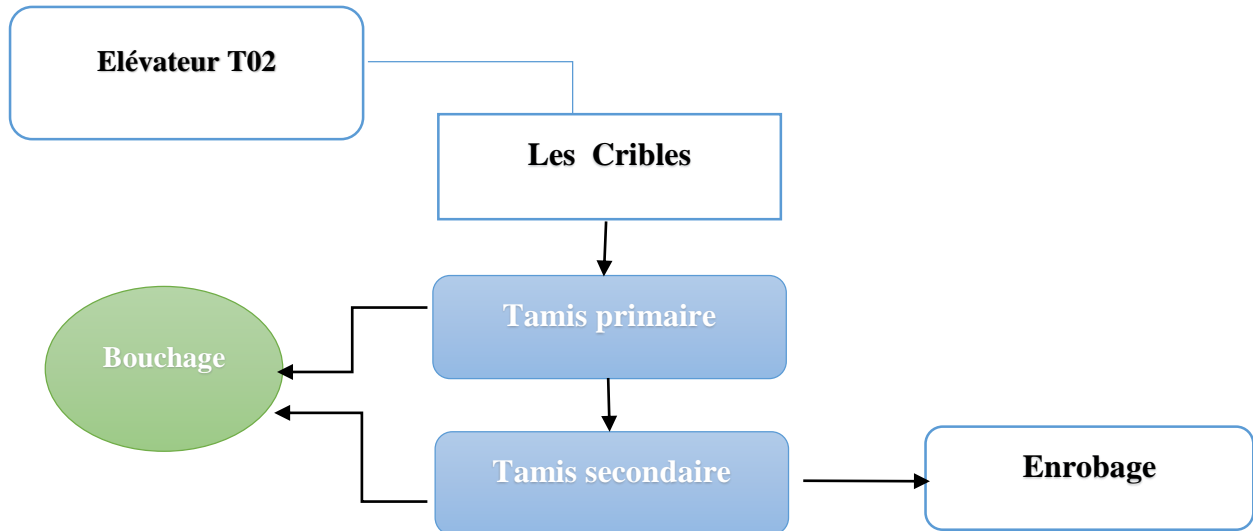


Figure 8 : schéma d'installation des cribles



Figure 9: photographie d'un crible

4. Plan d'action

Description	Cause	effet	Remède	Effet sur la production
Bouchage de la jetée d'élévateur T02 vers T12	-Température du produit séché élevé sup 84. -Température du produit séché basse inf. 80 -Mauvaise aspiration du ventilateur. -Formation de la croute -Bouchage de la répartition ou volets	-Présence de la poussière. -Bouchage du jeté. -Circuit plateaux -Formation des Motte -Colmatage de l'équipement. -Produit fini Humide -Arrêt de la ligne. -Décentrage de la bande	-Régler le débit et la température de la masse gazeuse en fonction du débit de fuel. -Installation des motteux vibrant -vérification de revêtement.	Chute de la production.
Bouchage de jetée de la bande de recyclage T11 vers l'élévateur T01	-Augmentation le taux de recyclage -Bouchage d'assainissement. -Mauvaise Réaction. Bloc issu des jetés inférieurs des broyeurs. -formation de la croute	- Arrêt de la ligne -décentrage de la bande. -Installation de motteux frappeur. -Installation grille sortie de broyeurs.	-Débouchage de la jetée -Mise en place du moteur vibrateur. -Elargissement les jetés. -revêtement	
Bouchage Des cribles	-Haute fréquence des moteurs. -La marche humide Ou formation des blocs	-Mauvaise criblage. -Bouchage .	-Débouchage les tamiseurs	Mauvaise qualité du produit finis.

Tableau 5: cause effet de la défaillance des équipements

Conclusion

Malgré ces travaux de maintenance le phénomène de bouchage présente jusqu'aujourd'hui un problème assez important, ce problème peut être causé par plusieurs paramètres ; mais la cause principale se présente au niveau de la qualité de la matière première.

Chapitre 5

L'effet des éléments de trace contenus dans l'acide sur la production MAP et les actions correctives pour un ACP adéquat

Introduction

Le contrôle de l'ACP dans la ligne pour la production des engrais MAP est une raison incontrôlable pour éviter les problèmes de processus. Les éléments de trace ont une grande influence sur le phénomène de croutage, ces éléments sont contrôlés par le laboratoire central. Dans ce chapitre nous allons étudier l'influence de ces éléments sur le produit MAP.

I. Etude des facteurs influençant la qualité de l'ACP

1. Effet des éléments de trace :

- **Effet sur les titres des produits fini :**

Dans le tableau suivant, sont présentés les principaux composés susceptibles de se former lors du procédé de fabrication des engrais entre de l'ammoniac et l'ACP.

Composant ACP 54 %	Composés formés	Titre théorique	
		%P ₂ O ₅	%N ₂
CaO	CaSO ₄ .2H ₂ O	0	0
	Ca(NH ₄)(HPO ₄)F ₂ .nH ₂ O	49,6	9,8
Fe ₂ O ₃	Fe(NH ₄)(HPO ₄) ₂ .nH ₂ O	53.2	5.3
	Fe(NH ₄)(HPO ₄) ₂ F	46.87	9.24
Al ₂ O ₃	Al(NH ₄)(HPO ₄)F ₂	39.7	7.8
MgO	Mg(NH ₄)PO ₄ .H ₂ O	45.7	9
	MgAl(NH ₄) ₂ (HPO ₄) ₂ F ₂	44.7	12.71
F-	(NH ₄) ₂ SiF ₆	0	15.7
H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	0	21.2

Tableau 6: Titre de P₂O₅ et N₂

D'après l'analyse du tableau, on peut déduire que les composantes de l'ACP agissent différemment sur les titres des produits finis. Ainsi le Calcium, le fer et l'aluminium font diminuer le titre en azote, tandis-que le fluor et l'acide sulfurique l'améliore. Le MgO, Fe₂O₃ et Al₂O₃ affectent négativement la teneur du MAP, ce qui réduit la place disponible pour l'azote ou le phosphate (s'ils sont liés à d'autres anions que PO₄⁻). Le fer et l'aluminium contribuent à l'augmentation de la teneur en P₂O₅ durant la production du MAP. Le taux de solide, qui présente une concentration élevée en sulfate de calcium, agit significativement sur les titres des produits finis. Ce dernier fait diminuer les teneurs en azote et en P₂O₅.

- **Effet sur la granulométrie :**

Plusieurs paramètres influent sur la granulométrie des engrais, dont la qualité de l'ACP qui a l'effet le plus important, d'après une étude faites sur trois des composants de l'ACP consommé

agissent significativement sur la qualité granulométrique des engrais. Ces éléments sont l' Al_2O_3 , Fe_2O_3 et le MgO .

Le diagramme au-dessous montre l'importance de ces éléments sur la granulométrie.

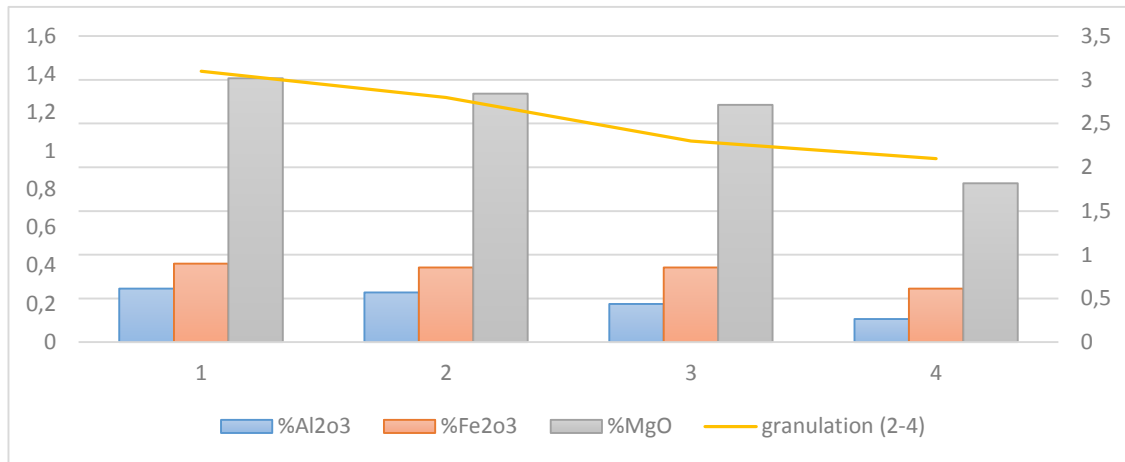


Diagramme 5 : Variation des éléments de trace avec la granulation

D'après une étude faite dans la direction de recherche et développement à OCP sur l'effet du fer, l'alumine et MgO sur la granulation. L'ajout de 1% de Fe_2O_3 améliore la granulation par augmentation du diamètre moyen (2.71 mm). L'ajout combiné du fer et d'aluminium à mesure de 1% chacun améliore également la granulation, le diamètre moyen passe de 2.71 à 3.10mm. La présence de l'alumine et un pourcentage supérieur 0.2% de MgO améliorent le plus la résistance mécanique.

2. Effet du taux de solide TS :

Le taux de solide est la cause des fines granulations à des teneurs faibles et contribue à la formation des sur granulés à des teneurs élevées, vu le caractère collant du principal composé constituant le solide des acides $CaSO_4$, H_2O .

Le diagramme au-dessous montre l'impact du taux solide sur la granulation.

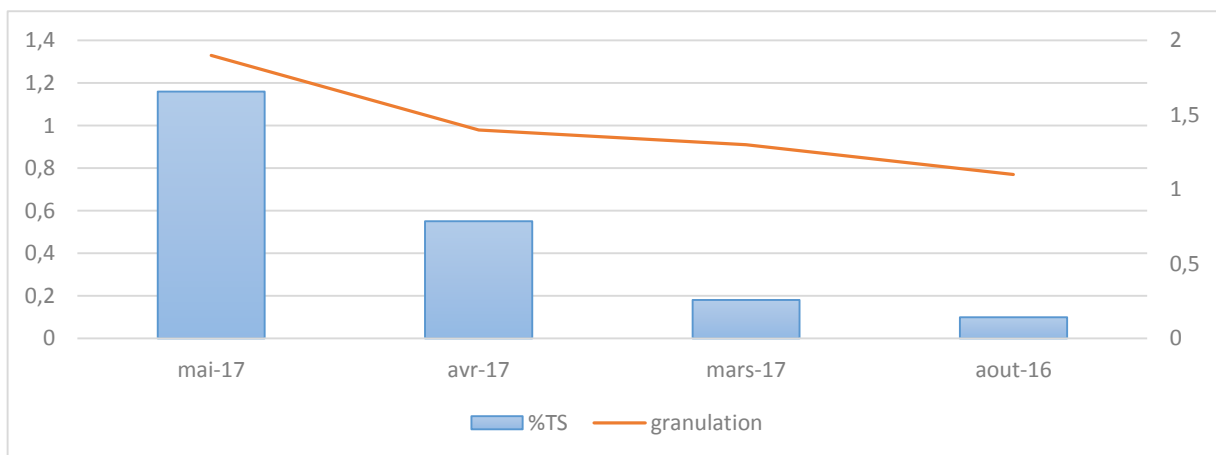


Diagramme 6 : Variation le taux solide avec la granulation

3. Effet de la densité :

La granulation peut être exprimée pour tous les niveaux comme une fonction de degré d'humidité et de la température de la granulation. Il y a une température optimum dans laquelle la production maximale est obtenue pour chaque degré d'humidité. En effet la densité de l'acide est un facteur influant sur l'humidité de la bouillie entrante dans le Granulateur. la qualité de l'ACP influent aussi sur la consommation spécifique notamment, lorsque ce dernier présente **une densité élevée qui oblige à consommer plus d'ammoniac**. La formation de poussières (grains fins) entraine des pertes en P_2O_5 et en Ammoniac.

II. Effet de la qualité d'ACP sur la marche de l'installation :

1. Effet des facteurs influençant la qualité d'ACP sur la marche de l'installation :

La marche de l'installation est définie par plusieurs paramètres dont le rendement, la vitesse, le rapport molaire et d'autre paramètre qui intervient dans le bon déroulement du procédé de fabrication.

- **Effets MgO :**

La présence du magnésium dans l'ACP il conduit à la formation du composé $Mg(NH_4)PO_4$, qui augmente notablement la viscosité de la bouillie lors de l'ammonisation, ce qui rend difficile le transfert de masse.

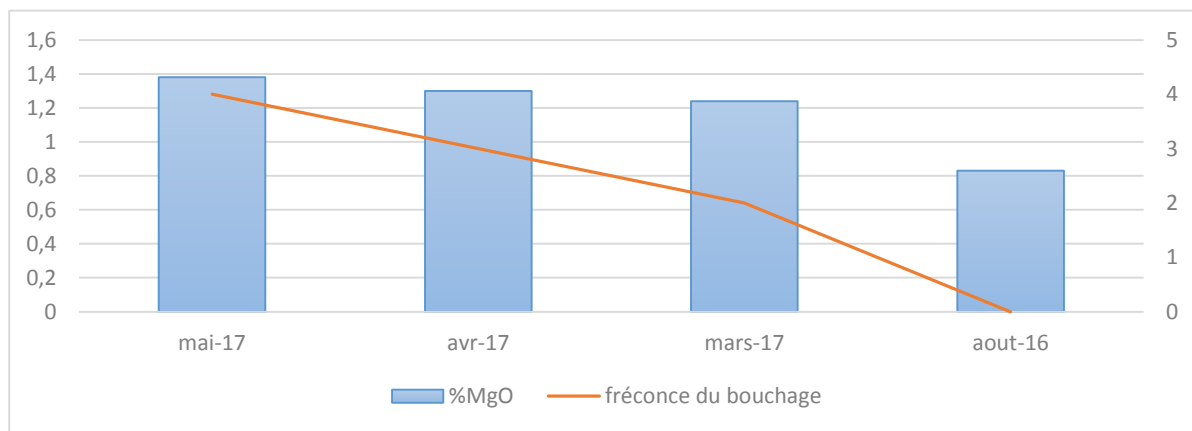


Diagramme 7: Variation MgO avec le bouchage

le MgO permet d'avoir des grains durs et contenant moins de pores, ce qui limite le transfert de l'eau de l'intérieur du grain vers l'atmosphère environnante, et influe négativement sur l'humidité du produit et par suite crée des problèmes de bouchage comme indique le diagramme

- **Effet de taux solide**

Un taux de solide faible conduit à la formation d'une importante quantité de poussière, qui peut augmenter le taux d'usure des appareils et diminuer leurs durées de vie. La poussière Peut aussi causer un arrêt de la section.

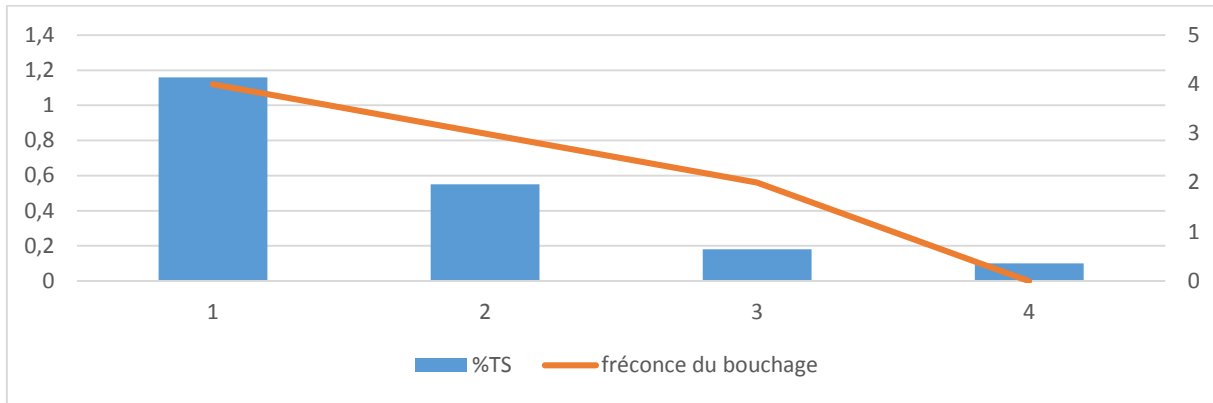


Diagramme 8 : Evolutions de Taux Solide

Un taux de solide élevé, augmente l'humidité de l'engrais au cours du procédé de fabrication ce qui conduit un bouchage (diagramme 8).

2. Etude de l'effet de la qualité de l'ACP sur les arrêts procès

• Effet de P_2O_5

Le P_2O_5 est un élément important dans l'ACP leur chute conduit augmentation les éléments de trace puis la présence le phénomène de bouchage. Ces arrêts sont dus principalement au bouchage des jetés à cause du taux minimale de P_2O_5 dans ACP. Pour déterminer les causes de ces arrêts procès, il est nécessaire de faire un suivi et de déterminer les arrêts qui sont causé par l'ACP consommé.

• Diagramme de pareto

Le tracé de l'évolution de la fréquence des différents types d'arrêts procès enregistrer pendant les quatre Mois précédents, informe sur les arrêts qui sont le plus fréquent et qui nécessitent une analyse de cause. Pour déterminer les arrêts procès qui influe majoritairement sur la production, on utilise le diagramme de Pareto.

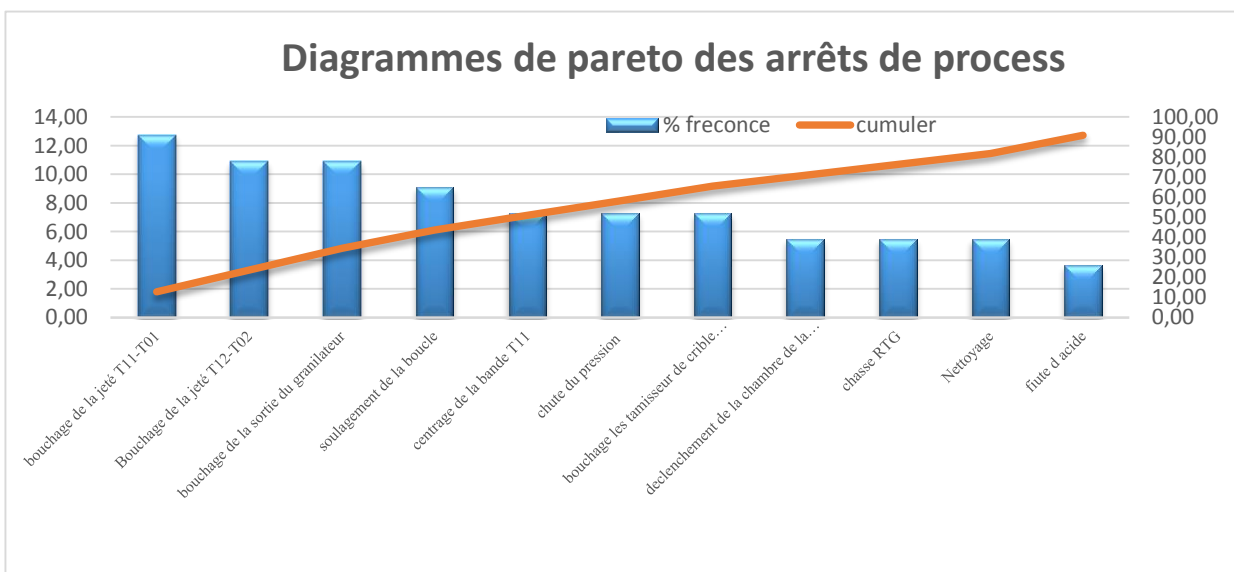


Diagramme 9: Pareto des arrêts de procès

Le diagramme de Pareto représente des arrêts cumulés. Les arrêts procès qui causent les pertes en production les plus significatives sont par ordre décroissant représenté dans le diagramme de Pareto. Ainsi on a trois arrêts procès causent la grande partie des pertes en production, il s'agit :

- Bouchage de la jetée T11-T02 et de la jetée T12-T02 .
- Bouchage/nettoyage de la goulotte du granulateur ;
- Soulagement de la boucle

Les autres formes d'arrêts procès contribuent aussi aux pertes production avec des taux variant.

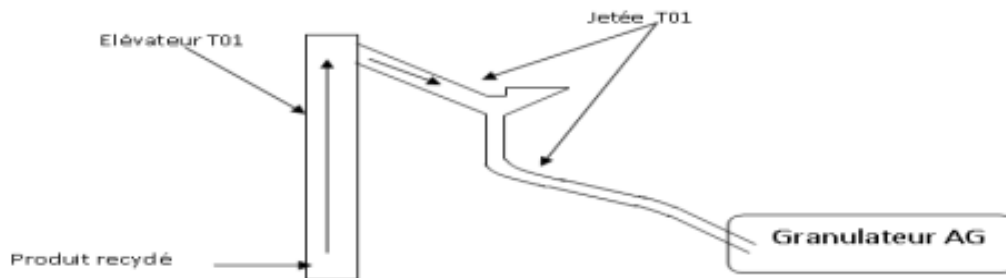
- **Analyse des arrêts procès.**

L'analyse des arrêts procès portera sur les arrêts qui influent majoritairement sur la productivité. On analysera deux arrêts dans cette étude dont l'objectif sera de relever les causes probables et d'identifier ceux relatifs à la qualité de l'acide phosphorique consommé.

- **Bouchage de la jetée T11-T01 vers granulateur**

Les jetées T11-T01 et T12-T02 sont identique, ce qui veut dire que l'analyse de l'une s'applique à l'autre. La jetée T01 est la plus accessible au niveau de l'installation. L'analyse alors va être fait sur cette jetée. La jetée T11-T01 assure le transfert du produit recyclé à partir de l'élévateur T01 vers le granulateur.

- La forme de la jetée est présentée ci-dessous :



La jetée T01 a subi des bouchages fréquent qui sont dus à :

- Impuretés de l'acide phosphorique;
- Présence d'une quantité de poussière élevée ;
- Forme carré de la jetée et présence de deux coudes ;
- Débit de recyclage élevé;
- Humidité du produit recyclé;

Le bouchage de la jetée T01 est un problème qui n'apparaît pas instantanément, il est accumulatif. C.-à-d. que l'encrassement formée à partir des impuretés de l'acide et susceptible

de boucher la jetée nécessite un temps de formation, Les impuretés de l'acide contribuent fortement aux bouchages de la jetée T01, selon leurs teneurs dans l'ACP, il accélère l'encrassement par formation de dépôt sur la paroi de la jetée. Le problème d'encrassement causé par l'acide n'est pas spécifique à la jetée T01, il est générale pour toute l'installation. Pour étudier l'impact des impuretés sur l'encrassement de la jetée on a analysé la composition des dépôts sur les parois de la jetée, ceci a permis d'identifier les éléments responsables de l'encrassement de la jetée.

L'échantillon relevé se présente comme suit :



Figure 10 : Croute causant un bouchage

Après broyage on a procédé à l'analyse de sa composition qu'on donne dans le tableau suivant :

DETERMINATION	Valeur
%F ⁻	1.69
%Al ₂ O ₃	1.38
%Fe ₂ O ₃	0.74
%MgO	1.02
%SO ₃	10.25
%Na ₂ O	0.81
%SiO ₂	0.52
%K ₂ O	0.17

Tableau 7 : Composition d'une croute de bouchage

L'analyse de la composition des dépôts montre que ces derniers sont formés par les impuretés de l'ACP. Les sulfates et le fluor en constituent la grande part des impuretés responsables de l'encrassement. Ces produits même si ils contribuent aux bouchages de la jetée T11-T01, ils ont un effet positif car ils contribuent au piégeage du fluor principal responsable de la corrosion.

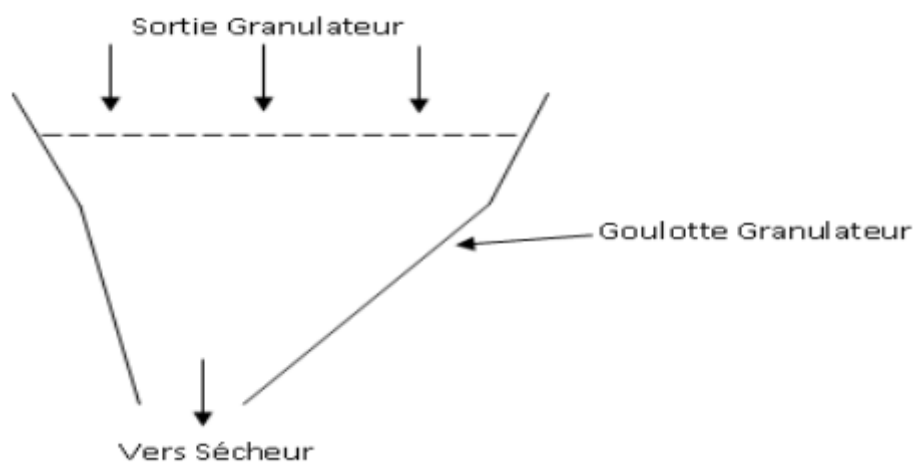
Le sulfate de calcium est aussi présent dans ces dépôts avec un taux élevé. Le secouage de la jetée et des conduites encrassés se fait manuellement via une Massonnette, ceci à des conséquences grave sur l'installation, on a pu photographier ces conséquences sur la jetée T01 :



Figure 11 : Déformation et l'érosion du jeté T11-T01

- **Bouchage de la goulotte du granulateur**

On représente la goulotte du granulateur dans la figure ci-dessous :



La goulotte du granulateur est un dispositif qui assure le passage du produit sortie granulateur vers le sécheur. Il subit plusieurs bouchages dont les principales causes sont :

- Détachement de blocs du racleur ;
- Présence des mottes ;
- Mauvais avancement du produit dans le sécheur par mauvaise dépression;
- Marche humide ;

Pour la contribution de la qualité de l'acide phosphorique consommé dans le bouchage de la goulotte, on a trouvé que les changements non prévu de la qualité de l'acide étaient la cause principale et spécialement les variations de la densité de l'acide qui cause la marche humide responsable du bouchage.

Le taux de solide de l'ACP conduit aussi à l'augmentation de l'humidité du produit sortie.



Figure 12 : croute sortie de granulateur

- **Soulagement de la boucle**

On parle de soulagement de la boucle lorsqu'au la marche présente une forte teneur en sur granul. On distingue entre deux solutions adoptées dans le cas de la sur granulation.

Si la boucle présent un débit élevé, on arrête la réaction au niveau du réacteur RTG.

Si la boucle présent un débit normale on procède à une diminution de la cadence au niveau du RTG. Les arrêts par soulagement de la boucle sont une conséquence de la variation de la qualité de l'acide ou d'une teneur élevé en TS. L'impact de l'ACP sur les arrêts procès est significatif. L'acide phosphorique intervient au niveau des bouchages par le biais des impuretés responsables des encrassements, responsable de la sur granulation, la poussière, de l'humidité du produit et les variations de la qualité non prévu et surtout la densité.

III. Profil d'ACP adéquat et action corrective

Objectif : D'après l'étude de l'impact, on a pu étudier l'effet de la qualité de l'acide phosphorique sur la production du MAP et pour avoir une marche stable de la production.

1. Détermination du profil adéquat pour une marche stable

La détermination du profil d'acide phosphorique adéquat sera basé sur l'acide du Aout 2016 qui enregistre aucun bouchage durant ce mois.

Le tableau suivant montre les pourcentages des éléments :

%Al ₂ O ₃	Cd- ppm	Cl- ppm	Densité	%F	%Fe ₂ O ₃	%K ₂ O	%MgO	%Na ₂ O	%P ₂ O ₅	%SiO ₂	%SO ₄	%TS
0.12	14	68.89	1659	0.12	0.28	0.07	0.83	0.2	52.5	0.03	2.43	0.1

La solution qu'on propose pour la maitrise de la qualité de l'acide est la correction des teneurs des éléments de l'ACP au niveau de la ligne. Comme on ne peut pas tout maitriser on propose la correction des teneurs de trois éléments principales :

- P_2O_5
- TS
- Fe_2O_3

L'objectif de la correction est d'envoyer aux lignes un acide avec les caractéristiques suivantes :

- Pour le P_2O_5 : $50 < \%P_2O_5 < 52$
- Pour le TS : $0.1\% < TS$
- Pour le Fe_2O_3 : $0.1 < Fe_2O_3 < 1$
- Pour la densité : $(kg/m^3) > 1620$

2. Correction des Eléments de l'ACP

Le principe de la correction est basé sur l'ajout d'additifs et de produits chimiques dans l'ACP destiné à la fabrication des engrais. Avant de faire la correction on doit connaître les éléments qu'on peut corriger.

• **Eléments maitrisables et corrigeables**

Cependant certains éléments qui ont un effet significatif sur le procédé de fabrication des engrais et sur la qualité du produit fini peuvent être maitrisés, Ces éléments sont :

- TS
- P_2O_5
- Fe_2O_3, MgO, Al_2O_3
- Densité

Selon la teneur des éléments dans l'acide les mesures de corrections peuvent être différentes.

3. Moyens de correction

La correction peut se faire par l'ajout de plusieurs additifs ou de produits chimiques dans l'acide phosphorique destiné à la production des engrais. Pour corriger un élément de l'acide on doit prendre en considération sa teneur dans l'acide, car la correction est réalisée selon la teneur de l'élément à corriger dans l'acide.

• **Correction du P_2O_5**

La correction de la teneur du P_2O_5 de l'ACP se fera par le biais de l'ajoute de l'ACP claire qui représente une teneur élevé en P_2O_5 et une teneur faible en impuretés.

• **Correction du TS**

Le TS peut être corrigé par l'ajout de la bouillie lorsqu'il est inférieur à la teneur déterminée pour le profil d'acide phosphorique adéquat, et corrigé par l'acide phosphorique claire pour des teneurs élevées car ce dernier contient un TS faible.

- **Correction Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3**

La correction des teneurs des éléments peut être réalisée ainsi La teneur en Al_2O_3 , peut être corrigée par l'ajout de l'hydroxyde d'aluminium La teneur en MgO peut être corrigée par l'ajout du sulfate de magnésium. La teneur en Fe_2O_3 peut être corrigée par l'ajout du sulfate de fer. Lorsque la teneur de ces éléments est élevée l'augmentation de la masse de l'acide via l'ajout de l'acide claire et de la bouillie peut être utilisée pour diminuer leurs teneurs.

Conclusion Général

Dans sa quête de performance l'atelier engrais propose chaque année, plusieurs sujets de stage. Dans ce cadre est venu le présent Stage de Projet de Fin d'Etude qui s'est articulé sur Profil de l'ACP pour la production des engrais et la qualité du produit fini, Les arrêts procès ont aussi pour cause la qualité de l'ACP qui agit au niveau de l'humidité de la granulométrie. En effets on a commencé par un diagnostic de la situation existante dans l'atelier engrais et on a trouvé que :

- la qualité du produit fini est instable.
- pertes importantes de la matière première.
- marche de la production instable et un manque à produire élevé.
- Qualité de l'acide phosphorique utilisé variante.

L'alimentation des lignes par ce profil, nécessite, l'action de la correction des teneurs, par l'acide clair pour le P_2O_5 , par la bouillie pour le TS et puis le sulfate de fer pour le Fe_2O_3 pour arriver aux teneurs adéquat et Installation des nouveaux bacs d'acide phosphorique dans laquelle on va diminuer les teneurs des impuretés indésirables.

Le Fe_2O_3 , le MgO et l' Al_2O_3 ont un effet négatif sur les titres, mais un effet positif sur la granulométrie. L'acide phosphorique affecte également les consommations spécifiques et la marche de la production selon sa teneur en impuretés. La maîtrise de la qualité exige la correction des teneurs de l'acide avant son entrée dans le procédé de fabrication.