



Licence Sciences et Techniques (LST)

**GENIE CHIMIQUE**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Influence de la défaillance des équipements sur la  
production et la qualité du Triple Super Phosphates  
(TSP)**

**Présenté par :**

◆ **EL MRIEJ SOUFIANE**

**Encadré par :**

◆ **Pr. MISBAHI KHALID (FST)**

◆ **Mr. EL FAQIR MUSTAPHA (OCP)**

**Soutenu Le 6 Juin 2017 devant le jury composé de:**

- **Pr K. MISBAHI**

- **Pr O. SQALLI**

- **Pr F. OUZZANI CHAHDI**

**Stage effectué à OCP JORF LASFAR**

**Année Universitaire 2016 / 2017**

# *DÉDICACE*

---

*A mes chers parents,*

*A ma sœur,*

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

*Je vous dédie cet  
humble travail.*

# *REMERCIEMENT*

---

Avant d'entamer ce rapport que j'espère portera satisfaction à toute personne qui le feuillettera, je tiens à remercier Monsieur **EL FAQIR MUSTAPHA**, mon encadrant de stage et chef de service Production Engrais à JFC 5, d'avoir accepté de m'accorder un stage au sein du Jorf Fertilizer Company 5 ainsi que pour son encadrement, son aide précieuse, ses conseils et sa coopération.

Je remercie infiniment et tout particulièrement mon encadrant pédagogique Pr. **MISBAHI KHALID** pour son encadrement, sa disponibilité, son orientation, son aide précieuse et ses précieux conseils.

Je remercie chaleureusement les membres de jury, Pr. **OUAFAE SQALLI** et Pr. **FOUAD OUZZANI CHAHDI** d'avoir accepté de juger ce travail, ainsi qu'au corps administratif et professoral de la FSTF et tout particulièrement les enseignants du département de Chimie.

Mes chaleureux remerciements s'adressent à Monsieur **HARRACH AHMED**, responsable du Licence Sciences et Techniques « Génie Chimique » pour ses efforts considérables pour le bon déroulement et la réussite de la formation.

Je souhaiterais remercier infiniment Monsieur **EL OUATLI FOUAD** chef d'atelier des engrais TSP, pour son accueil, sa disponibilité, son aimable collaboration et pour son aide dans la rédaction de mon rapport.

Mes remerciements vont également aux agents OCP travaillant à la salle de contrôle (atelier TSP), pour leurs disponibilités, leurs cordialités et pour leurs aides.

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

Partie 1 :Présentation de la sociétéDescription du procédé de production TSP.....	2
I. Présentation du groupe OCP (office Chérifien des Phosphates) et du jorf fertilizer company 5.....	3
1. Groupe OCP .....	3
a) L’atelier sulfurique : .....	5
b) L’atelier phosphorique : .....	5
c) L’atelier des engrais:.....	5
2. Jorf Fertilizer Company 5.....	6
a) Structure de Jorf Fertilizer Company V.....	6
II. Revue bibliographique .....	7
1. Généralité sur les engrais.....	7
a) Définition .....	7
b) Terminologie des engrais .....	7
2. Procédé de la production du TSP .....	9
a) Matières premières .....	9
b) Description des étapes du procédé .....	9
III. Cahier des charges du projet.....	15
Partie 2 :Analyse des équipements névralgiques, et analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leurs impacts sur la production & la qualité physicochimique du produit fini TSP.....	16
I. Etude statistique des arrêts des équipements de l’unité 307. ....	17
1. Arrêts du mois janvier .....	17
2. Arrêts du mois Février .....	18
3. Arrêts du mois Mars .....	19
4. Arrêts du mois Avril .....	21
5. Bilan global des arrêts .....	22
II. Influence de la défaillance des équipements sur la production TSP. ....	23
1. Etude statistique de la production de l’unité 307 durant les quatre mois précédents .....	23
2. Influence de la défaillance de la chambre à combustion, du sécheur et de la cuve d’attaque sur la production de l’unité 307 .....	24
III. Influence de la défaillance de la chambre à combustion, de la cuve d’attaque et du tube sécheur sur la qualité physicochimique du produit fini TSP. ....	27
1. Données statistiques .....	27
2. Interprétation des données .....	28
a) Influence de la cuve d’attaque .....	28
b) Influence du sécheur (chambre à combustion + tube sécheur) sur la qualité physicochimique du produit fini TSP.....	29

IV.	Elaboration du plan d'action pour résoudre les anomalies constatées. ....	30
1.	Actions techniques.....	30
2.	Actions correctives .....	32

## *LISTE DES FIGURES*

---

Figure 1 :Organigramme JFC 5.....	7
Figure 2 : Schéma descriptif de la production MAP & TSP .....	9
Figure 3 : Schéma descriptif de l'étape de la réaction .....	10
Figure 4: tambour rotatif du granulateur .....	11
Figure 5 : Schéma descriptif de la stratification.....	11
Figure 6 : Schéma descriptif d'agglomération .....	12
Figure 7 : schéma descriptif du séchage.....	13
Figure 8 : Schéma du système de criblage .....	14
Figure 9 : Produit fini TSP .....	14
Figure 10 : Paramètres influençant sur le taux des acides libres.....	28
Figure 11 : Paramètres influençant sur le taux d'humidité. ....	29

## *LISTE DES GRAPHES*

---

Graphe 1 : Durée d'arrêts (Janvier).....	17
Graphe 2 : % durée d'arrêts (Janvier) .....	18
Graphe 3 : Durée d'arrêts (Février).....	19
Graphe 4 : % durée d'arrêts (Février) .....	19
Graphe5 : Durée d'arrêts (Mars) .....	20
Graphe 6 : % durée d'arrêts (Mars).....	20
Graphe 7 : Durée d'arrêts (Avril).....	21
Graphe 8 : % durée d'arrêts (Avril) .....	22
Graphe 9 : Durée d'arrêts globale .....	22
Graphe 10 : Evolution de la production .....	24
Graphe 11 : Production & objectif à atteindre .....	25
Graphe 12 : Evolution des pertes .....	26
Graphe 13 : Pertes en fct de la durée d'arrêts .....	26

## *LISTE DES TABLEAUX*

---

Tableau 1 : Statistiques du mois Janvier. ....	17
Tableau 2 : Statistiques du mois Février .....	18
Tableau 3 : Statistiques du mois Mars. ....	20
Tableau 4 : Statistiques du mois Avril. ....	21
Tableau 5 : Statistiques des arrêts globales. ....	22
Tableau 7 : Durée des arrêts des équipements. ....	25
Tableau 8 : Pertes provoquées par les équipements critiques. ....	25
Tableau 9 : Feuille de marche du produit fini TSP. ....	27



# *INTRODUCTION*

---

Le stage est un lien de rapprochement entre le monde de la formation universitaire académique et le monde de travail. C'est un élément concret qui assure, après des études théoriques, une aide significative à l'insertion et à l'intégration professionnelle et sociales.

En ce qui concerne mon stage, j'ai eu l'opportunité de l'effectuer au sein du groupe OCP d'EL JADIDA Jorf Lasfar.

Durant cette période de stage de deux mois, j'ai été affecté au Jorf Fertilizer Company V.

Au sein de ce dernier, j'ai eu l'occasion d'avoir une idée sur le déroulement du travail au milieu professionnel et ce qui va être détaillé dans mon présent rapport, par conséquent, mon rapport comportera deux parties nécessaires. La première partie concerne une présentation globale du groupe OCP et du Jorf Fertilizer Company 5 ; ainsi que le procédé de production des engrais TSP. La deuxième partie concernera le sujet traité: **étude d'influence de défaillance des équipements sur :**

- ✓ **La production TSP**
- ✓ **Qualité du produit fini (physique et chimique)**

---

**Partie 1 :**  
**PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ**  
**&**  
**DESCRIPTION DU PROCÉDÉ DE PRODUCTION TSP**

---

# I. Présentation du groupe OCP (office Chérifien des Phosphates) et du jorf fertilizer company 5

## 1. Groupe OCP

Le groupe OCP est le premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, il écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète où il réalise un chiffre d'affaires annuel de plus de 2 milliard de dollars.

Moteur de l'économie nationale, il joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprises.

### ➤ **ACTIVITES DE BASE :**

- ✓ Extraction et traitement des phosphates.
- ✓ Valorisation des phosphates en acide phosphorique et en engrais.
- ✓ Commercialisation des phosphates bruts et valorisés.

Le Groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP) est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de produits dérivés. Le sous sol marocain recèle les trois quarts des réserves mondiales.

Le phosphate, principalement utilisé dans la fabrication des engrais, provient des sites de Khouribga, Benguézir, Youssoufia et Boucraa-Laayoune. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation...). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du groupe, à Jorf Lasfar ou Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides...

### ➤ **HISTORIQUE :**

1920 : Création de l'office chérifien des phosphates

1921 : Début de l'exploitation sur les gisements des OULAD ABDOUN

1931 : Début de l'extraction en souterrain à YOUSOUFIA

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

1965 : Création de la société MAROC CHIMIE

1969 : Début de l'exploitation de phosphate noir à YOUSOUFIA  
1974 : Lancement des travaux du center minier de BENGUERIR  
1975 : Création du GROUPE OCP  
1976 : Démarrage de MAROC PHOSPHORE I et MAROC CHIMIE II  
1981 : Démarrage de MAROC PHOSPHORE II, OCP entre dans le capital da la société PRAYON (Belgique)  
1986 : Démarrage des lignes d'acide sulfurique et d'acide phosphorique de MAROC PHOSPHORE III-IV  
1987 : Démarrage des lignes D'engrais de Maroc Phosphore III-IV  
1994 : Démarrage du projet minier de sidi chennane  
1996 : Création de la société Euro Maroc Phosphore (EMAPHOS)  
1997 : Accord d'association entre le groupe OCP et le groupe indien BIRLA pour la réalisation d'une unité de production d'acide phosphorique purifié  
2008 : Groupe OCP.S.A (Société Anonyme)

#### **➤Présentation du pôle chimie Jorf Lasfar:**

Ce site industriel est situé sur un littoral atlantique à 15 km au sud ouest d'El Jadida. Il a pour activité principale la valorisation du phosphate extrait des gisements de Khouribga, en acide phosphorique et engrais.

Le Pôle Chimie se compose de 4 directions :

- **Direction Maroc Phosphore Safi (CIS) :** se charge de la direction des usines Maroc chimie, Maroc Phosphore I & II qui ont démarré respectivement en 1965, 1976 et 1981 pour la production de l'acide phosphorique marchand et les engrais.

- **Direction MAROC PHOSPHORE Jorf Lasfar (CIJ):** se charge de la direction des usines Maroc Phosphore III & IV qui a démarré en 1986 pour la production de l'acide phosphorique marchand et les engrais.

- **Direction Euro Maroc Phosphore (CIE) :** L'usine EMAPHOS en partenariat avec PRAYON (Belgique) et C.F BUDENHEIM (Allemagne), qui a démarré en 1998, pour la production d'acide phosphorique purifié.

- **Direction Indo Maroc Phosphore (CII):** L'usine IMACID, en partenariat avec le groupe BIRLA et TATA(Inde) qui a démarré en 1999 produit de l'acide phosphorique marchand.

L'Office Chérifien des Phosphates s'est engagé depuis 1965 dans un processus de transformations sur place du phosphate en vue de sa commercialisation sous forme de

produits dérivés. C'est dans ce but que la création du complexe Pôle Chimique Jorf Lasfar a eu lieu. Le site de Jorf Lasfar a été retenu pour l'implantation de cet ensemble industriel, compte tenu des avantages suivants :

- ✓ Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphates bruts (khouribga),
- ✓ Possibilité de construction d'un port à tirant d'eau important,
- ✓ Disponibilité de l'eau de mer et de l'eau douce,
- ✓ Disponibilité de terrains pour les extensions futures,
- ✓ Ce complexe permet la transformation des phosphates en acide phosphorique et en engrais,
- ✓ Le pôle Jorf Lasfar est constitué par : Maroc Phosphore , EMAPHOS , IMACID,
- ✓ Maroc phosphore comporte trois parties : l'usine, le port et les services fonctionnels,

**➤Le complexe Maroc Phosphore comprend plusieurs ateliers :**

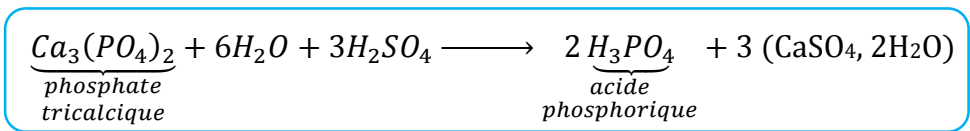
a) L'atelier sulfurique :

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

- ✓ La combustion : pour former l'anhydride sulfureux :  $\boxed{\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_2}$
- ✓ La conversion : pour former l'anhydride sulfurique :  $\boxed{\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_3}$
- ✓ L'absorption: pour former l'acide sulfurique :  $\boxed{\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4}$

b) L'atelier phosphorique :

La fonction essentielle de cet atelier étant la production d'acide phosphorique à partir de la réaction du phosphate broyé avec l'acide sulfurique.



c) 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'autres sources de d'azote ou de potassium pour produire des engrais composés :

- ✓ **MAP** : Mono-ammonium phosphate.

- ✓ **DAP** : di ammonium de phosphate avec une teneur de 46% en  $P_2O_5$ .
- ✓ **TSP** : triple superphosphate avec un seul élément fertilisant qui est le phosphate.
- ✓ **ASP** : ammonium superphosphate, c'est un engrais binaire avec deux éléments fertilisants qui sont le phosphate et l'azote.
- ✓ **NPK** : ammonium phosphate de potassium, c'est un engrais avec trois éléments fertilisants.

## 2. Jorf Fertilizer Company 5

C'est la nouvelle usine, située à la plateforme industrielle de Jorf Lasfar. L'inauguration de cette entité atteste du bien-fondé de la politique de partenariat à long terme engagée par le groupe OCP (Office Chérifien des Phosphates) avec ses clients de renommée mondiale. Un projet hautement stratégique.

Elle occupe une surface de 18 hectares, est localisé au côté sud des unités existantes de l'Acide Phosphorique MPIII&IV près du port de Jorf Lasfar à L'Océan Atlantique du Maroc.  
Coût estimatif de l'investissement : 2.535 MDH

Cette nouvelle usine comporte une unité de production d'acide phosphorique de 375.000 tonnes par an et une unité de production d'engrais d'une capacité de 610.000 tonnes/an (340.000 T/an d'engrais Mono-Ammonium Phosphate et 270.000 T/an d'engrais Triple Super Phosphate).

### a) Structure de Jorf Fertilizer Company V

Le complexe Jorf Fertilizer Company V se compose de 5 unités :

- ✓ Atelier traitement d'eau douce.
- ✓ Atelier acide sulfurique.
- ✓ Atelier acide phosphorique.
- ✓ Centrale thermoélectrique.
- ✓ Atelier engrais.

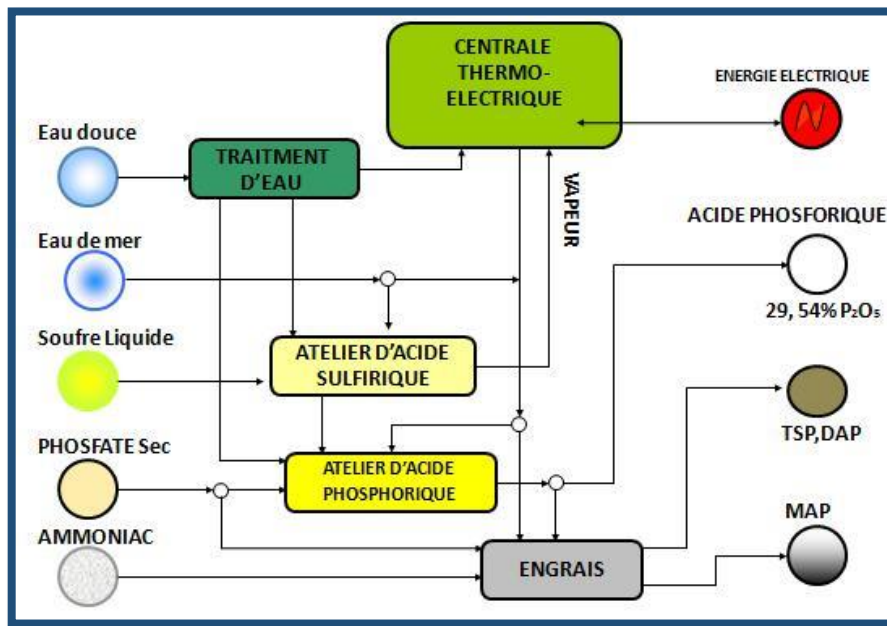


Figure 1 :Organigramme JFC 5

## II. Revue bibliographique

### 1. Généralité sur les engrais

#### a) Définition

Les engrais sont des substances destinées à fournir aux plantes, par l'intermédiaire du sol, un ou plusieurs compléments nutritifs, jugés insuffisamment abondants dans le sol. Afin d'améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation.

#### b) Terminologie des engrais

Les engrais minéraux, produits de l'industrie chimique, se présentent soit sous forme de particules solides de taille comprise entre 2 mm et 4mm, généralement granulés, pour faciliter leur transport, leur stockage et leur épandage, soit sous forme liquide, en solution aqueuse de sels fertilisant.

Ils se divisent en deux grands groupes :

- Engrais simples : Ce sont des engrais qui n'apportent qu'un seul des éléments fertilisants majeurs (azote, phosphore ou potassium). Ils peuvent alors être azotés, phosphatés ou potassiques.

- Engrais composés : Ce sont des engrais, qui apportent, groupés, au moins deux éléments fertilisants majeurs. Il s'agit des engrais binaires (NP, PK, NK) ou des engrais ternaires (NPK).

Les teneurs des éléments fertilisants des engrais sont exprimées conventionnellement par: La teneur en azote (N), en anhydride phosphorique  $P_2O_5$  et en oxyde de potassium  $K_2O$  et dans cas des engrais composés, les teneurs sont exprimées en pourcentage massique dans la formule de l'engrais dans l'ordre : N –  $P_2O_5$  –  $K_2O$ .

Le  $P_2O_5$  se trouve dans les engrais sous trois formes :

- %  $P_2O_5SE$ : Anhydride phosphorique soluble dans l'eau. Il s'agit du phosphate mono calcique  $Ca(H_2PO_4)_2$ .
- %  $P_2O_5SE+C$ : Anhydride phosphorique soluble dans l'eau, plus la partie soluble dans les citrates et insoluble dans l'eau. Il s'agit du phosphate bi calcique  $CaHPO_4$ .
- %  $P_2O_5T$ : Anhydride phosphorique total présent dans le produit.

➤ **Formules d'engrais fabriqués à partir du phosphate naturel :**

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

- ✓ TSP : Triple superphosphate est produit par réaction de l'acide phosphorique avec le phosphate minéral.
- ✓ ASP : Ammoniac superphosphate est très approprié pour l'élaboration des engrais à base d'ammoniaque (N : 19%,  $P_2O_5$  :38%,  $H_2O$  : 1.5% maximum)
- ✓ MAP: Mono ammonium phosphate (N: 11%,  $P_2O_5$ : 54%,  $H_2O$ : 1.5% maximum)
- ✓ DAP: Di-ammonium phosphate (N: 18%,  $P_2O_5$  :47%,  $H_2O$ : 1.5% maximum)
- ✓ NPK : C'est un mélange d'engrais en proportions appropriées en éléments nutritifs: azote, phosphore et potassium. (N : 14%,  $P_2O_5$  : 28%,  $K_2O$  : 14%)

Le schéma suivant résume les étapes de la production des engrais azotés et phosphatés :



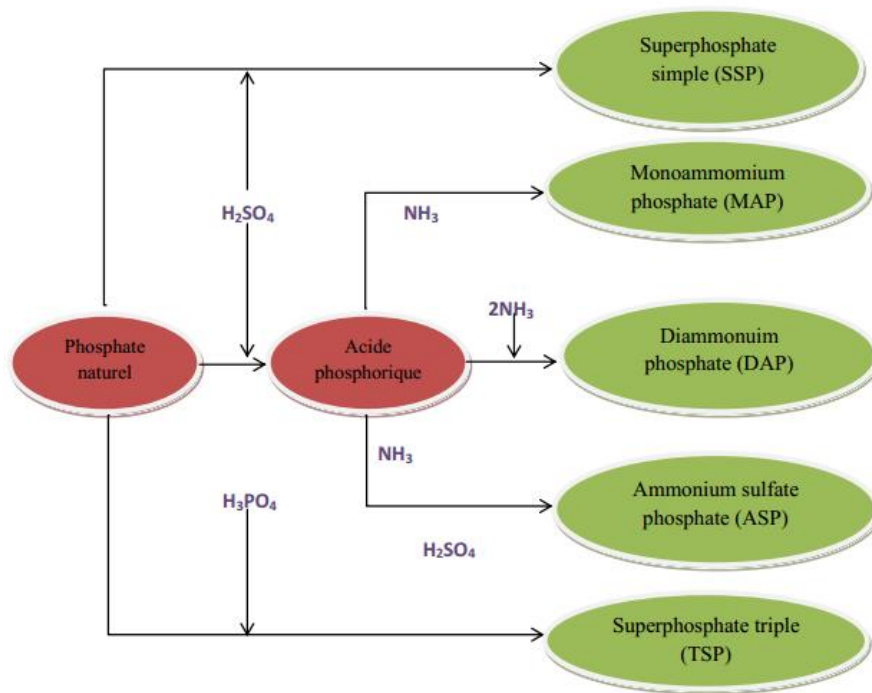


Figure 2 : Schéma descriptif de la production MAP & TSP

## 2. Procédé de la production du TSP

### a) Matières premières

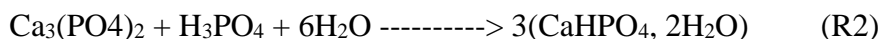
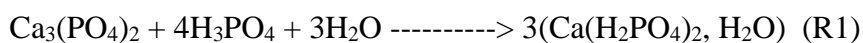
Les matières premières utilisées pour la production du Triple Super Phosphate sont les suivantes :

- Phosphates broyés
- Acide phosphorique de concentration de 29% et de 54% en  $P_2O_5$

### b) Description des étapes du procédé

#### ➤ RÉACTION:

Les principales réactions qui se déroulent au sein de la cuve d'attaque sont :



Le phosphate broyé (80% < à 80 $\mu$ m ) est attaqué par l'acide phosphorique 42%  $P_2O_5$  au niveau d'un pré-mélangeur avant son introduction dans la cuve d'attaque afin d'éviter des aspirations de produit par le système d'assainissement.

La réaction se passe dans une cuve d'attaque agitée, la vapeur d'eau est injectée en moyenne pression 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> à une température de 155°C, cette dernière permet de maintenir la température de la bouillie à environ 107-108°C.

La bouillie ainsi formée, dont l'humidité est environ 20% à 24%, s'écoule par débordement dans la goulotte vers le granulateur.

Le schéma suivant explique le procédé de l'attaque des phosphates par l'acide phosphorique :

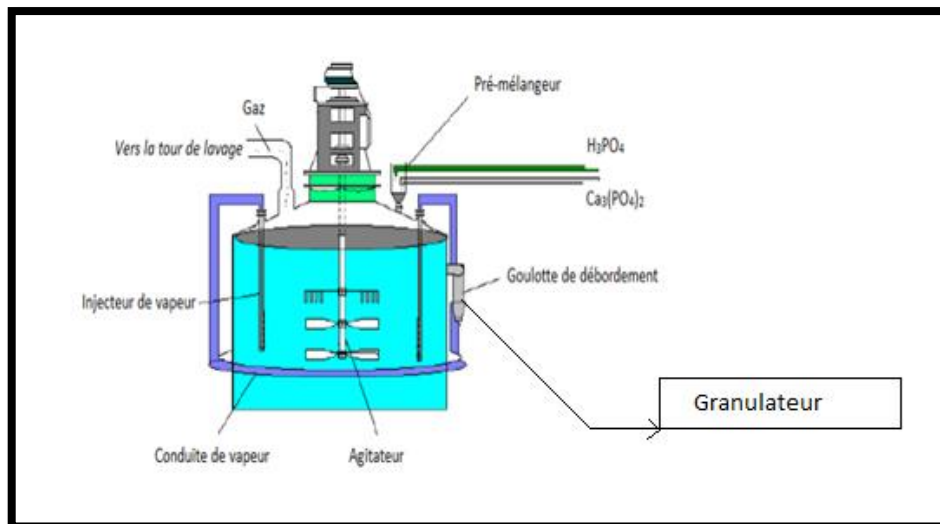
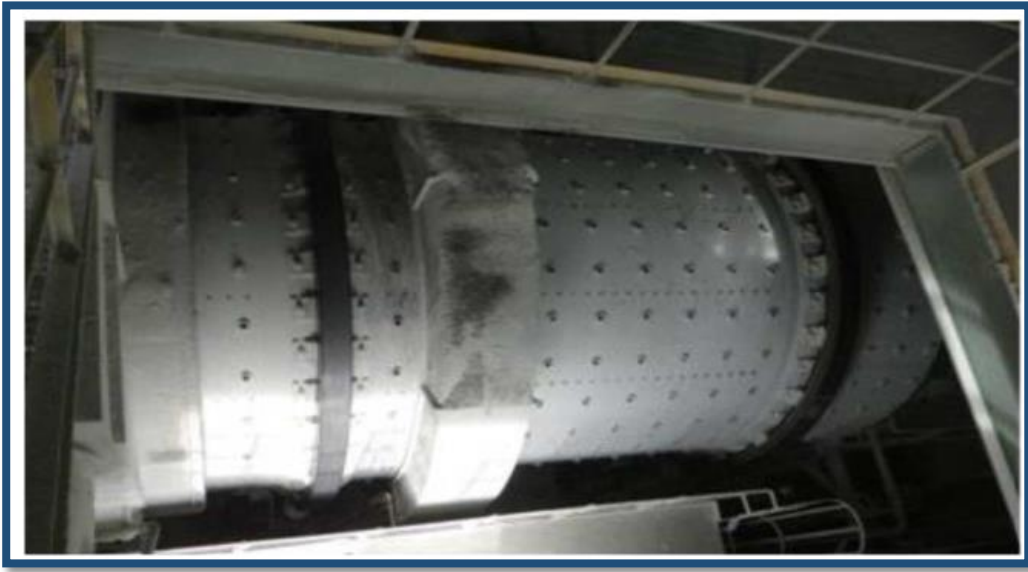


Figure 3 : Schéma descriptif de l'étape de la réaction

➤ **GRANULATION**

La bouillie provenant de la cuve d'attaque, s'écoule par débordement dans un granulateur rotatif, incliné de 2,5%, celle-ci rencontre le produit de recyclage (fines, gros, broyés) acheminé par un élévateur de recyclage qui alimente une jetée placée au-dessus du granulateur.

Le mélange donne naissance à des grains de TSP sous l'effet de la rotation du granulateur et de la perte d'humidité de la bouillie.

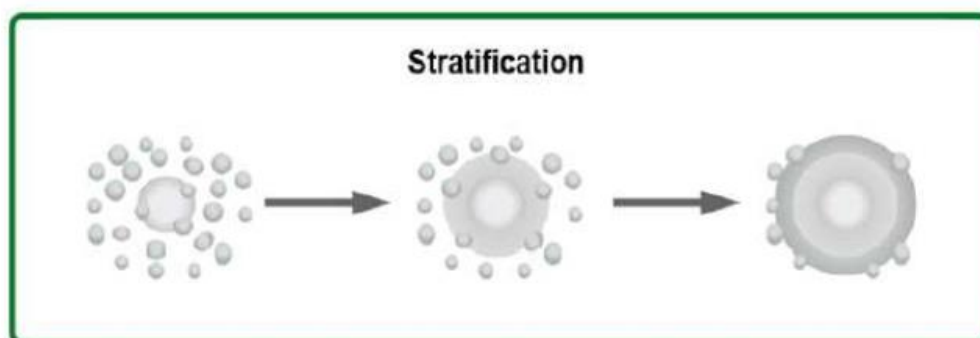


**Figure 4: tambour rotatif du granulateur**

Il est à noter que la présence d'un ventilateur permet de l'aspiration des gaz fluorés issus de la cuve d'attaque et du granulateur.

La granulation progresse de trois façons différentes : la nucléation, la stratification et l'agglomération. Ces étapes se produisent en série et en parallèle.

- **Nucléation** : C'est processus de cristallisation permettant de former des noyaux qui sont critiques pour la granulation.
- **Stratification** : C'est un processus d'augmentation de la taille et de la masse des granules par le recouvrement de la bouillie entrant avec le produit du recyclage.



**Figure 5 : Schéma descriptif de la stratification**

- **Agglomération** : Elle se produit lorsque deux granules se heurtent pour former un seul granule de dimension et de masse supérieure. Ce processus est favorisé par le débit d'engrais alimenté au granulateur et la rotation du tambour qui provoque la collision entre les granules. La pulvérisation de la bouillie et des noyaux aide les granules à s'agglomérer ensemble lors de leurs collisions.

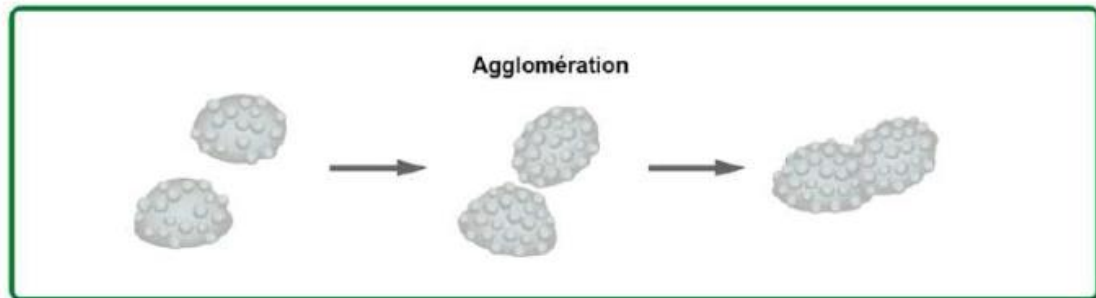


Figure 6 : Schéma descriptif d'agglomération

➤ **SÉCHAGE**

Le produit TSP ainsi formé est transporté vers le tube sécheur (Figure 4) à travers la goulotte sortie granulateur afin d'en diminuer l'humidité de 10% à 5% environ à la sortie. Celui-ci est un tube rotatif, disposant à l'entrée des palettes hélicoïdales permettant l'entraînement du produit à l'intérieur et des palettes le long du tube sécheur permettant de soulever le produit et l'entraîner au milieu comme un mouvement des cascades dû à la rotation ( $\omega=4$  tr/mn) pour lui garantir une bonne exposition aux gaz chauds à co-courant et un séchage modéré, il dispose ainsi d'autres palettes à l'extrémité permettant de relever les blocs et les jeter dans un panier pour les évacuer à l'extérieur afin de subir un concassage. La chaleur nécessaire pour le chauffage est fournie par la combustion du fuel lourd dans une chambre de combustion à une température allant de 600°C à 700°C. Il est à noter que la présence d'une porte décharge située entre la sortie de la chambre de combustion et l'entrée du sécheur, permet d'évacuer l'excès du produit à l'extérieur du tube sécheur en cas de surcharge pour qu'il ne recule pas vers la chambre et la détériorer.

A la sortie du tube sécheur, une turbine aspire les gaz avec poussières vers une batterie de 12 cyclones pour les séparer, les grains fins chutent en bas et se dirigent vers la bande de recyclage à travers deux trémies alors que les gaz se dégagent à travers les cheminées après leur lavage.

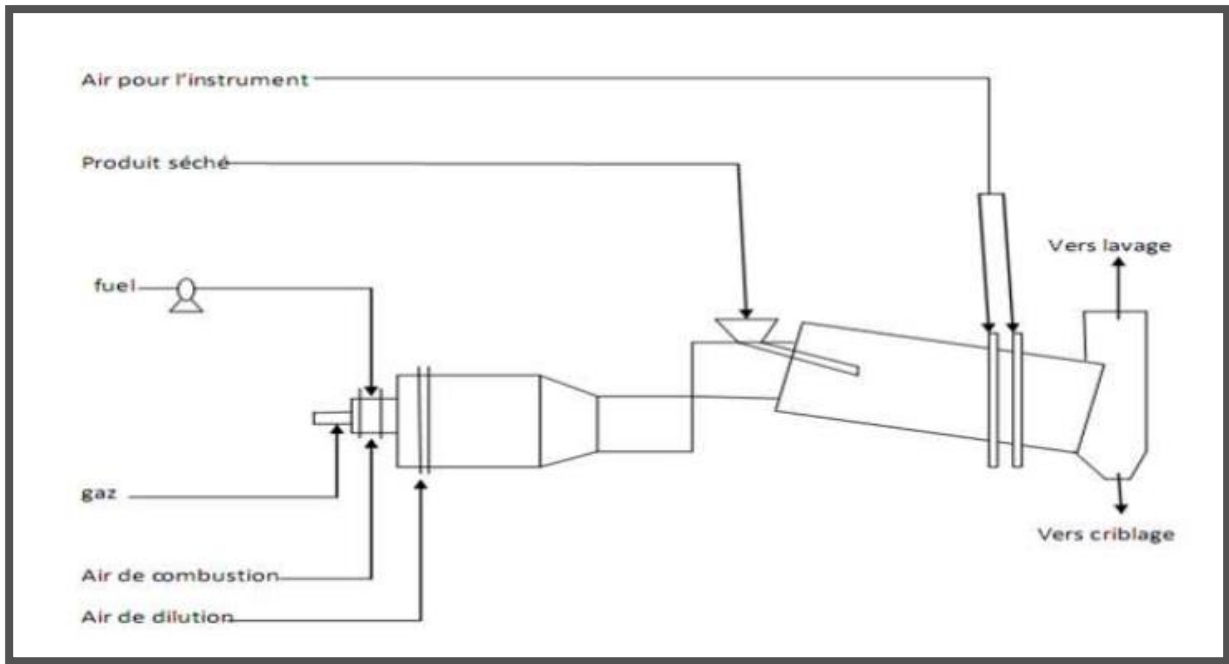


Figure 7 : schéma descriptif du séchage

➤ **CLASSIFICATION**

La séparation granulométrique de l'engrais permet de fabriquer un produit marchand à la granulométrie requise entre 2 et 4 mm et d'extraire le produit de recyclage qui alimente le granulateur.

De ce fait l'unité de production est équipée de trois cribles à doubles étages munis de moteurs vibrants, deux cribles finisseurs muni chacun de quatre moteurs vibrants ainsi que trois broyeurs pour broyer les sur-granulés. Pour améliorer l'efficacité du criblage, chaque crible est équipé d'un distributeur vibrant en assurant une répartition du produit sur toute la largeur du crible.

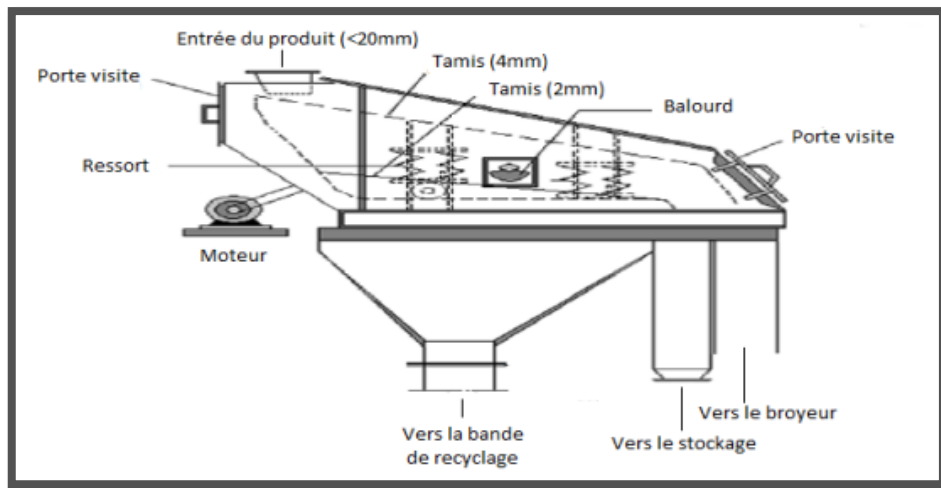


Figure 8 : Schéma du système de criblage

➤ **STOCKAGE**

Le produit TSP est destiné au stockage dès sa sortie de la ligne de production, puisque c'est un produit vivant, les réactions vont se poursuivre. Cette période de stockage s'appelle le mûrissement, c'est une étape primordiale pour que le produit fini (Figure 9) soit un produit marchand dans l'atelier TSP de JFC 5. La période du mûrissement varie en fonction des spécifications du produit à la sortie de l'usine. La période de mûrissement est entre 7 et 8 jours.

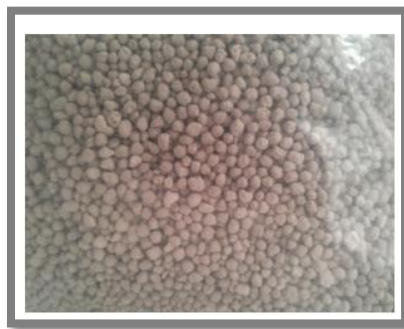
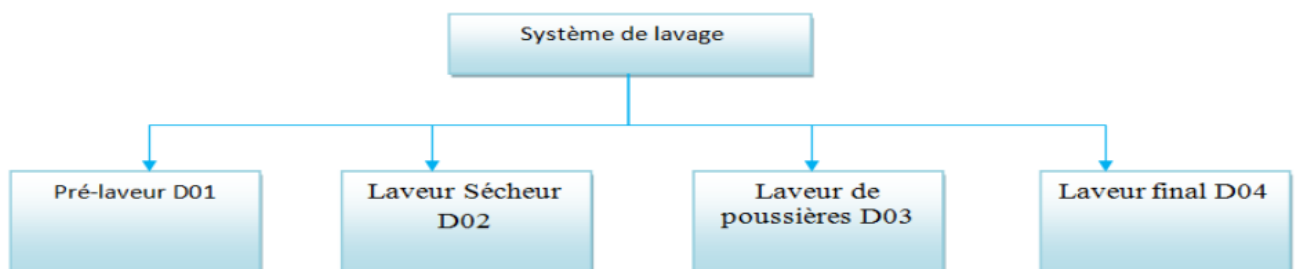


Figure 9 : Produit fini TSP

➤ **LAVAGE**

Le système de lavage selon le procédé Incro comporte quatre laveurs :



Les gaz sortant de la cuve et du granulateur sont humides et contiennent des poussières et des gaz dont, en particulier, le fluor dégagé de l'attaque. Ces gaz sont lavés par le prélaveur D03 alimenté par le liquide de lavage du bac R03.

L'assainissement est assuré par un ventilateur qui aspire en divers points de l'unité: Cribles, répartiteurs, broyeurs et bande de recyclage. Les gaz sont dépoussiérés au niveau d'une série de trois cyclones avant d'être lavés dans le laveur D02.

Les gaz issus du sécheur, contenant de poussières, sont assainis dans un premier temps au moyen d'une batterie de quatre cyclones. Puis, lavés dans le laveur D01

Finalement, les gaz issus des laveurs D01 et D02 sont lavés dans la tour de lavage finale par une solution contenant principalement de l'eau, pour réduire les émissions de poussières.

### III. Cahier des charges du projet

Cette partie est consacrée à l'élaboration de la démarche de travail pour la réalisation de ce projet.

#### ➤ *Présentation du cahier de charge du projet*

Ce travail rentre dans le cadre d'une politique visant l'amélioration globale de l'activité opérationnelle des unités de production.

En vue de déployer et pérenniser les recommandations mises en œuvre par cette politique, il m'est demandé de mener une étude visant l'influence de la défaillance des équipements sur la production TSP et sur la qualité physique et chimique de ce dernier, suivant la méthodologie suivante :

- ✓ Identification des types d'arrêts de la ligne 307.
- ✓ Analyse des données statistiques et évaluation de l'impact des équipements sur la production et sur la qualité physicochimique du produit fini.
- ✓ Proposition des solutions pour améliorer la production et la qualité du produit fini.

---

*Partie 2 :*

*Analyse des équipements névralgiques, et analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leurs impacts sur la production & la qualité physicochimique du produit fini TSP.*

---



## I. Etude statistique des arrêts des équipements de l'unité 307.

### ❖ INTRODUCTION :

Le présent chapitre est consacré à l'étude statistique des arrêts provoqués à la ligne 307.

Le but de cette étude est d'avoir une idée sur les équipements critiques majeurs.

Les arrêts sont généralement causés par :

- Le bouchage
- Le bourrage
- L'encrassement

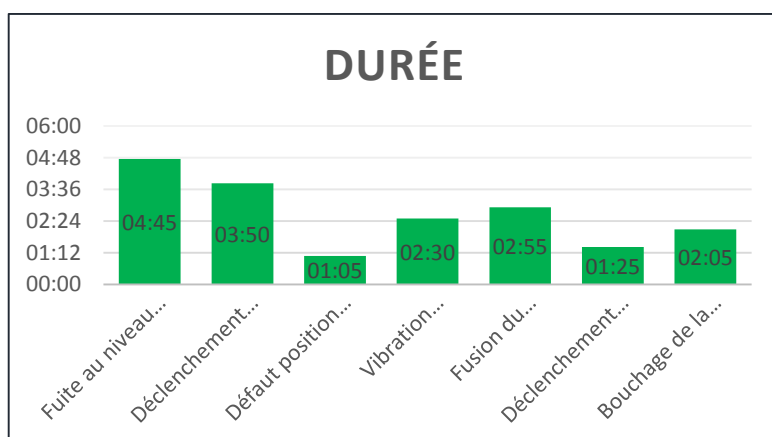
### 1. Arrêts du mois janvier

D'après l'analyse des historiques donnés par l'usine, on a pu détecter les données suivantes :

**Tableau 1 : Statistiques du mois Janvier.**

Arrêts	Durée
Fuite au niveau de la vanne manuelle d'isolement d'acide 42% vers la cuve d'attaque	04:45
Déclenchement de la chambre à combustion	03:50
Défaut position d'allumage air primaire non atteinte	01:05
Vibration élevée de C08suite à une fausse indication	02:30
Fusion du fusible du coupleur hydraulique du tube sécheur	02:55
Déclenchement électrique du tube sécheur	01:25
Bouchage de la goulotte de sortie du granulateur	02:05

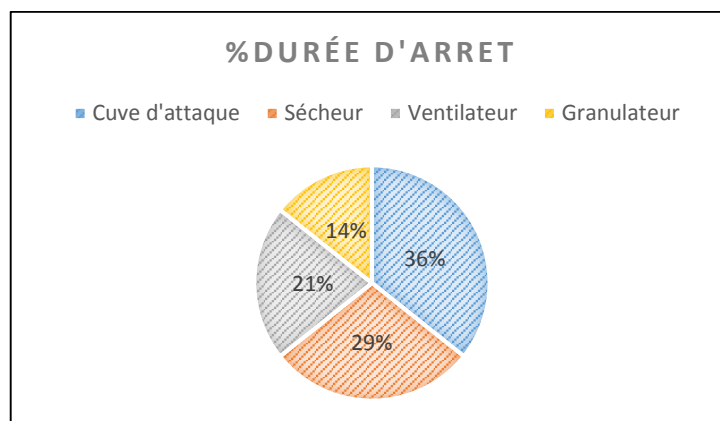
Le graphe ci-dessous montre la durée d'arrêts des équipements durant le mois janvier :



**Graphe 1 : Durée d'arrêts (Janvier)**

➤ **CONCLUSION :**

D'après les études précédentes, nous constatons que la durée totale d'arrêt de la cuve d'attaque est de l'ordre 5h, celle des ventilateurs est d'environ 3h, celle du sécheur est d'environ 4h et celle du granulateur est 2h.



**Graph 2 : % durée d'arrêts (Janvier)**

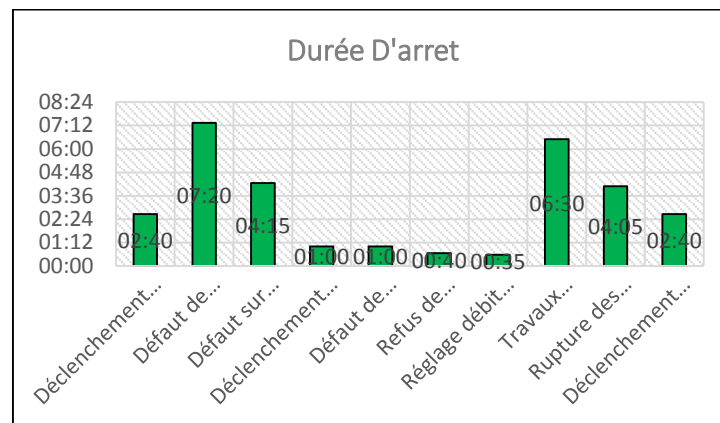
## 2. Arrêts du mois Février

D'après l'étude des historiques des pannes donnés par l'usine, on a pu détecter les données suivantes :

**Tableau 2 : Statistiques du mois Février**

<b>Arrêts</b>	<b>Durée</b>
Déclenchement électrique des cribles	02:40
Défaut de position d'allumage volet air de combustion de la C à C	07:20
Défaut sur l'automate programmable	04:15
Déclenchement de la C à C	01:00
Défaut de retombée pression air de combustion	01:00
Refus de démarrage	00:40
Réglage débit d'air	00:35
Travaux électrique sur le tube sécheur	06:30
Rupture des courroies du broyeur B02-B	04:05
Déclenchement électrique du broyeur	02:40

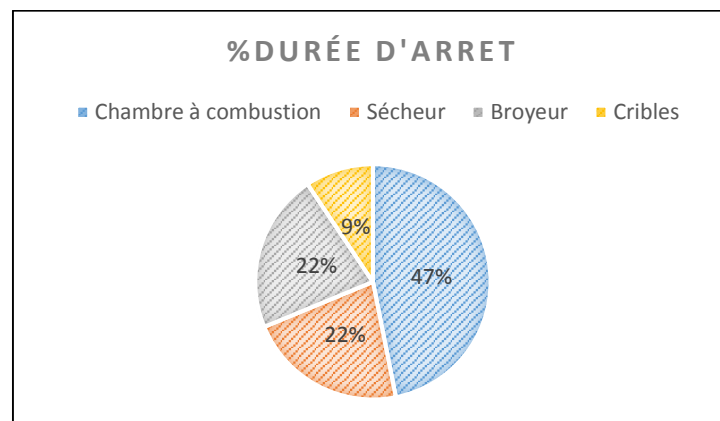
Le graphe ci-dessous montre la durée d'arrêt de chaque équipement durant le mois de Février :



Graphe 3 : Durée d'arrêts (Février)

➤ **CONCLUSION :**

D'après les études précédentes, nous constatons que la durée totale d'arrêt des cribles est de l'ordre de 3h, celle de la chambre à combustion est d'environ 15h, celle du sécheur est d'environ 7h et celle du broyeur est 7h.



Graphe 4 : % durée d'arrêts (Février)

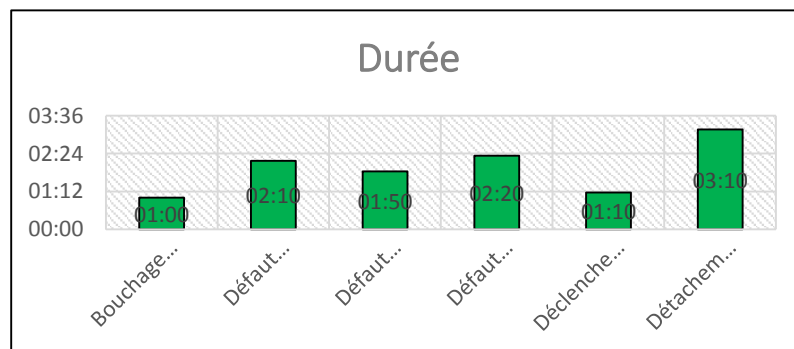
### 3. Arrêts du mois Mars

D'après l'étude des historiques des pannes donnés par l'usine, on a pu détecter les données suivantes :

**Tableau 3 : Statistiques du mois Mars.**

arrêts	Durée
Bouchage de la jetée du crible S02-C vers le broyeur B02-C	01:00
Défaut flamme principale	02:10
Défaut flamme pilote	01:50
Défaut pression air de combustion	02:20
Déclenchement de la C à C	01:10
Détachement de la 1ere ceinture des marteaux frappeur du tube sécheur	03:10

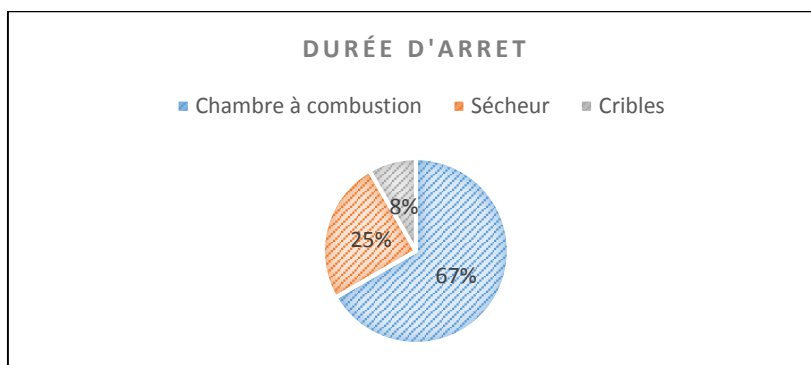
Le graphe ci-dessous montre la durée d'arrêt de chaque équipement durant le mois Mars :



**Graphe 5 : Durée d'arrêts (Mars)**

➤ **CONCLUSION :**

D'après les études précédentes, nous constatons que la durée totale d'arrêt des cribles est de l'ordre de 1h, celle de la chambre à combustion est d'environ 8h et celle du sécheur est d'environ 3h.



**Graphe 6 : % durée d'arrêts (Mars)**

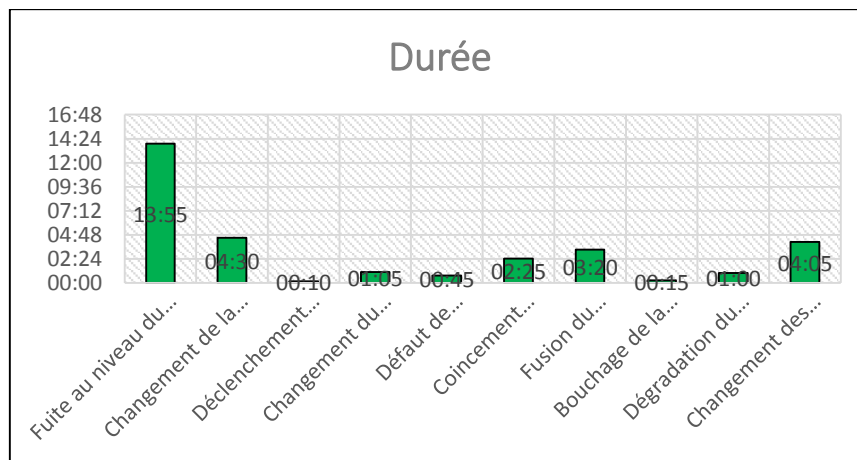
#### 4. Arrêts du mois Avril

D'après l'étude des historiques donnés par l'usine, on a pu détecter les données suivantes :

**Tableau 4 : Statistiques du mois Avril.**

Les arrêts	Durée
Fuite au niveau du fond de la cuve d'attaque	13:55
Changement de la coupelle rotative	04:30
Déclenchement de la C à C	00:10
Changement du bouclier thermique	01:05
Défaut de position d'air de combustion	00:45
Coincement mécanique du volet de C08	02:25
Fusion du coupleur hydraulique du tube sécheur	03:20
Bouchage de la goulotte de débordement de la bouille	00:15
Dégradation du revêtement de la goulotte	01:00
Changement des courroies du broyeur B02-B	04:05

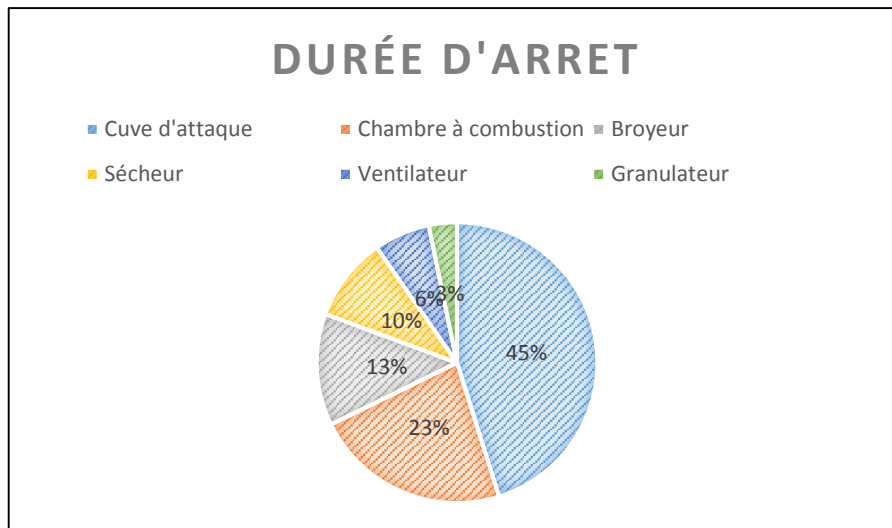
Le graphe ci-dessous montre la durée d'arrêt de chaque équipement durant le mois Avril :



**Graphe 7 : Durée d'arrêts (Avril)**

➤ **CONCLUSION :**

D'après les études précédentes, nous constatons que la durée totale d'arrêt de la cuve d'attaque est de l'ordre de 14h, celle de la chambre à combustion est d'environ 7h, celle du sécheur est d'environ 3h, celle de la ventilateur est d'environ 2h, celle du granulater est d'environ 1h et celle du broyeur est d'environ 4h.



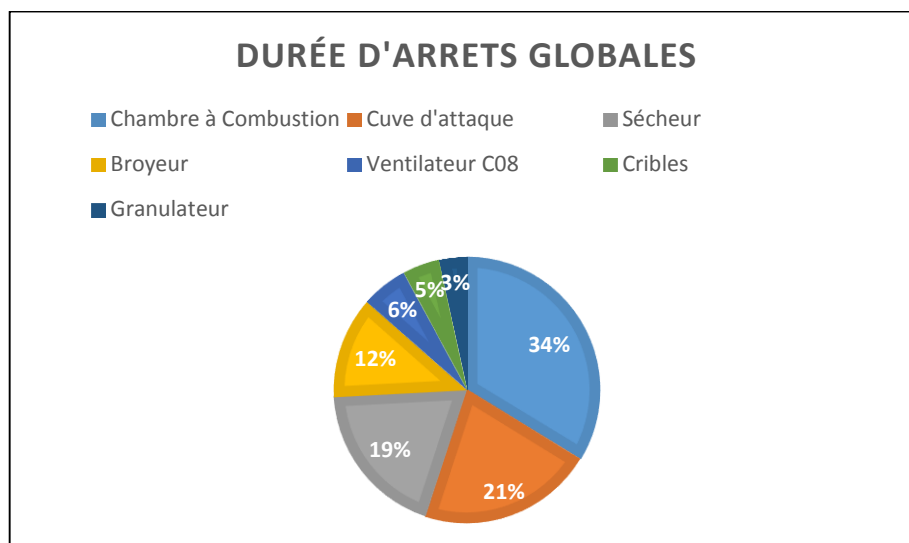
**Graphe 8 : % durée d'arrêts (Avril)**

## 5. Bilan global des arrêts

Le tableau suivant montre la durée globale d'arrêt des équipements critiques en se basant sur les résultats précédents :

**Tableau 5 : Statistiques des arrêts globales.**

Équipement	Durée globale d'arrêt
Chambre à Combustion	30
Cuve d'attaque	19
Sécheur	17
Broyeur	11
Ventilateur C08	5
Cribles	4
Granulateur	3



**Graphe 9 : Durée d'arrêts globale**

D'après le diagramme précédent, notre étude va se baser sur les trois équipements critiques majeurs qui sont les suivants :

- ✓ Chambre à combustion
- ✓ Cuve d'attaque
- ✓ Sécheur

## II. Influence de la défaillance des équipements sur la production TSP.

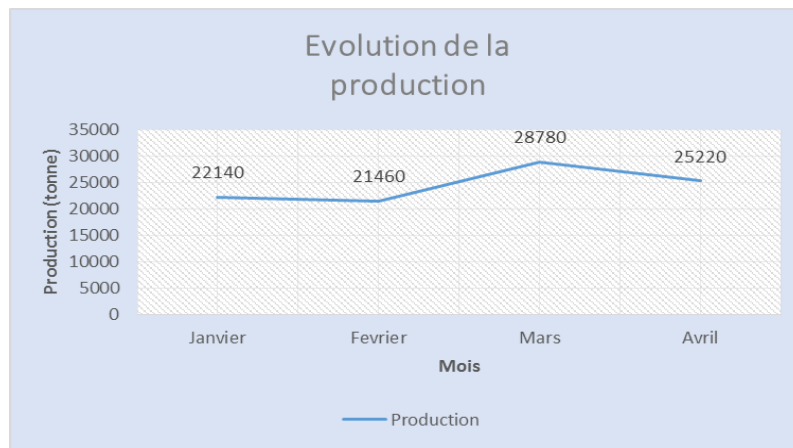
### ❖ INTRODUCTION :

Le taux de rendement d'une production ou la cadence dépend de plusieurs facteurs dont les performances se combinent pour aboutir en sortie de production à un résultat plus ou moins proche de l'objectif que l'on s'est fixé. Au-delà du résultat global, il est souvent intéressant d'en connaître les composantes pour mieux cibler les actions correctives qui découlent des écarts constatés. Ainsi le rendement global dépend de :

- La performance des machines.
- La performance du personnel de la production.
- La performance de la maintenance.
- La performance des fournisseurs au travers de la qualité des matières et des pièces.
- .....

### 1. Etude statistique de la production de l'unité 307 durant les quatre mois précédents

La courbe ci-contre montre l'évolution de la production TSP durant les quatre mois précédents :

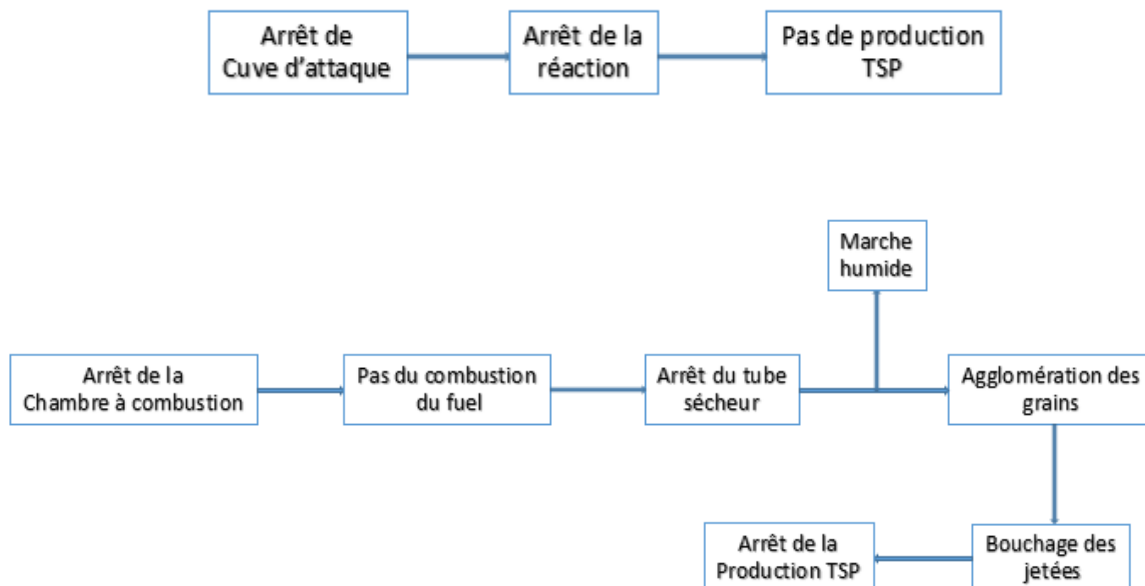


**Graphe 10 : Evolution de la production**

D'après les résultats précédents, nous constatons que le taux de production de l'unité 307 n'est pas constant, cela est dû à plusieurs facteurs, mais notre étude va concerner seulement la défaillance des équipements.

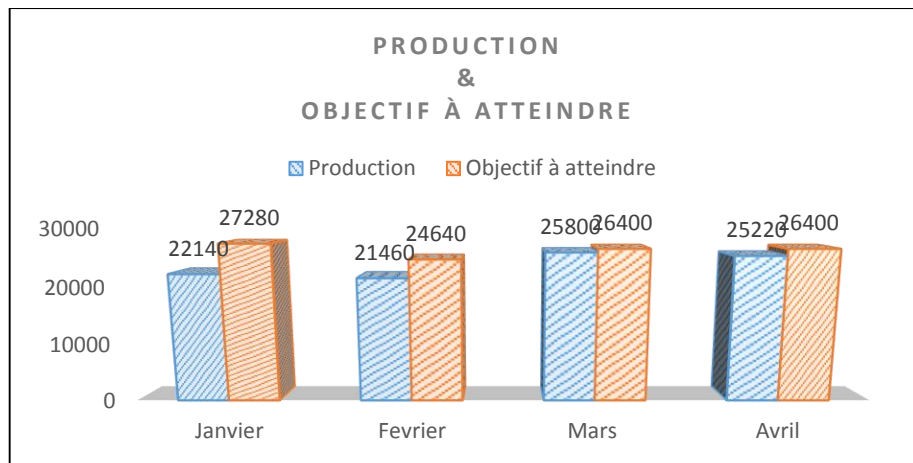
## 2. Influence de la défaillance de la chambre à combustion, du sécheur et de la cuve d'attaque sur la production de l'unité 307

La chambre à combustion, le tube sécheur ainsi que la cuve d'attaque sont des éléments ayant une très grande importance dans la production car sans eux la ligne s'arrêtera et on n'aura plus de production TSP, cette influence est résumée dans les schémas suivants :



Pour montrer l'influence de ces équipements sur la production TSP, on va se baser sur le diagramme suivant :





**Graph 11 : Production & objectif à atteindre**

- **Détermination de la durée d'arrêt de chaque équipement pour chaque mois :**

**Tableau 6 : Durée des arrêts des équipements.**

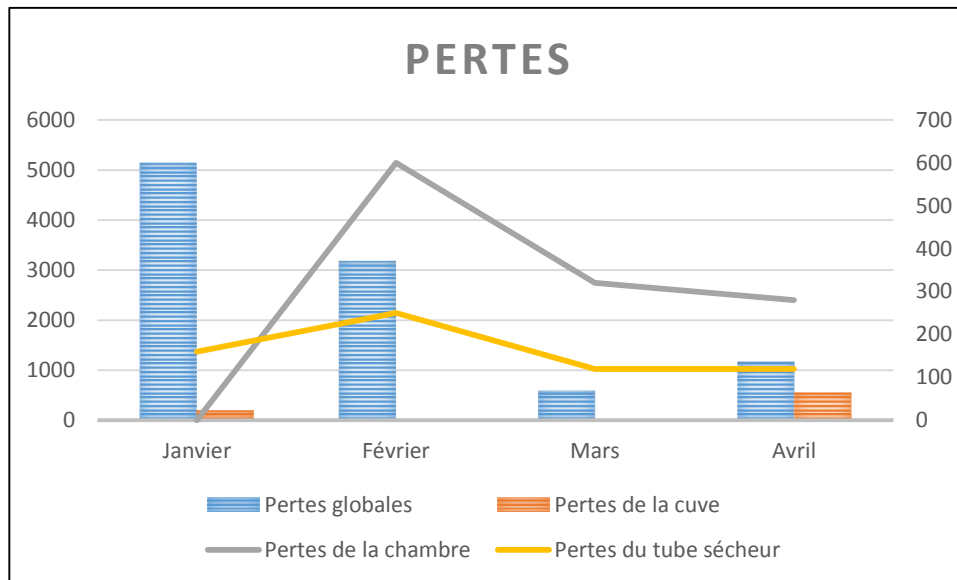
<i>Mois</i>	<i>Équipement</i>	<i>Durée d'arrêt</i>
Janvier	Cuve d'attaque	5h
	Sécheur	4h
Février	Chambre à combustion	15h
	Sécheur	7h
Mars	Chambre à combustion	8h
	Sécheur	3h
Avril	Cuve d'attaque	14h
	Chambre à combustion	7h
	Sécheur	3h

- **Calcul des pertes globales et des pertes provoquées par l'arrêt de chaque équipement durant les 4 mois précédents :**

D'après le diagramme ci-dessus et le tableau précédent, nous avons trouvé les résultats suivant :

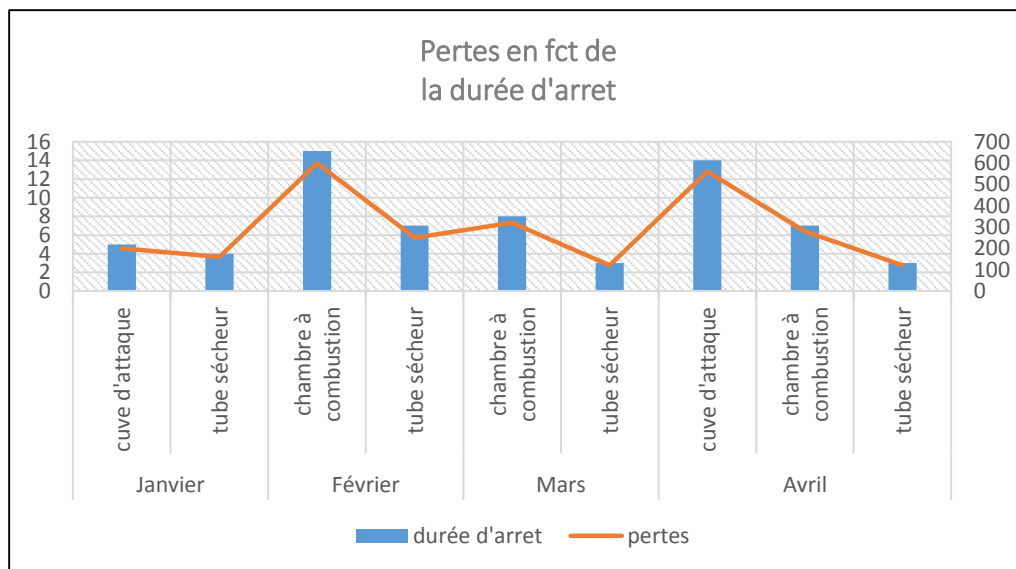
**Tableau 7 : Pertes provoquées par les équipements critiques.**

<i>Mois</i>	<i>Pertes(t)</i>	<i>Pertes provoquées par la cuve(t)</i>	<i>Pertes provoquées par la chambre(t)</i>	<i>Pertes provoquées le tube sécheur(t)</i>
Janvier	5140	200	00	160
Février	3180	00	600	250
Mars	600	00	320	120
Avril	1180	560	280	120



**Graphe 12 : Evolution des pertes**

➤ **Conclusion**



**Graphe 13 : Pertes en fct de la durée d'arrêts**

D'après ces résultats, on peut déduire que la durée d'arrêt des équipements critiques a une grande influence sur la production TSP, car l'augmentation de la durée d'arrêt des équipements nous conduit à une diminution de la production.

### III. Influence de la défaillance de la chambre à combustion, de la cuve d'attaque et du tube sécheur sur la qualité physicochimique du produit fini TSP.

#### 1. Données statistiques

Pour déterminer l'influence de ces équipements sur la qualité physicochimique du produit fini TSP, on va se baser sur les données du mois Avril.

**Tableau 8 : Feuille de marche du produit fini TSP.**

Jours	Types d'arrêts	ANALYSES								
		% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> SE+CIT	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Tot	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> SE	% AL	% H <sub>2</sub> O <sub>Tq</sub>	% H <sub>2</sub> O <sub>Ab</sub>	GRANULOMETRIE		
27/04/2017	Tube sécheur	46.98	49.08	41.17	3.69	2.23	4.12	[1- 4] mm	[2-4] mm	D > 4 mm
								90%	87%	9.7%
15/04/2017	Cuve d'attaque	46.5	47.75	41.4	4.26	3.15	4.54	97.2%	88%	2.8%
07/04/2017	CàC	45.89	47.12	40.75	3.69	4.37	5.67	98.3%	86.3%	11%

- ✓ % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SE+CIT : pct du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble dans l'eau et dans les citrates.
- ✓ % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Tot : Pct du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total.
- ✓ % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SE : pct du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble dans l'eau.
- ✓ % AL : pct des acides libres.
- ✓ % H<sub>2</sub>O<sub>Tq</sub> : pct de H<sub>2</sub>O dans les grains du produit fini.
- ✓ %H<sub>2</sub>O<sub>Ab</sub> : pct de H<sub>2</sub>O après broyage des grains du produit fini.

#### ➤ **Caractéristiques du produit marchand :**

##### 1.Caractéristiques chimiques

- % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SE+CIT = 46%
- % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Tot = 48%
- % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SE = 41%
- % AL = 3.5 %
- %H<sub>2</sub>O<sub>Ab</sub> = 3.5%

##### 2.Caractéristiques granulométriques

- Φ [1 - 4] = 96%
- Φ [2 - 4] = 90%

## 2. Interprétation des données

### a) Influence de la cuve d'attaque

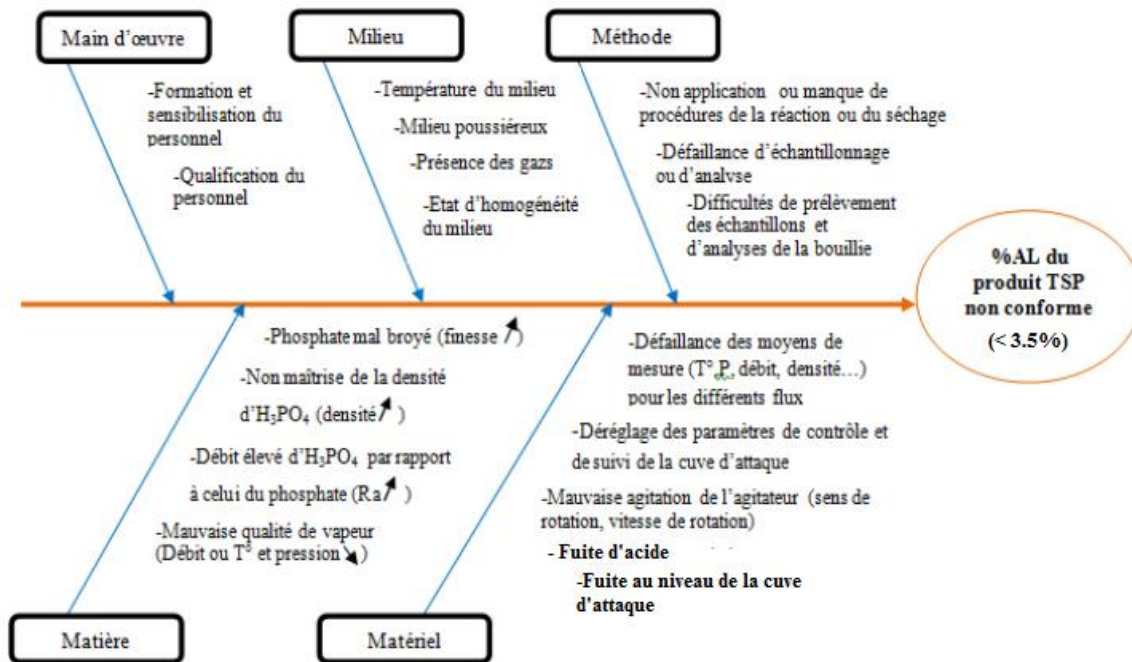


Figure 10 : Paramètres influençant sur le taux des acides libres.

D'après les résultats précédents, nous constatons une anomalie au niveau du taux des acides libres. Le diagramme suivant montre les paramètres influençant le taux des acides libres :

Au niveau de la cuve d'attaque, nous constatons que le taux des acides libres peut être influencé par les paramètres suivants :

- ✓ Défaillance des moyens de mesures ( $T^{\circ}$ ,  $P$ , débit, densité....) pour les différents flux.
- ✓ Dérèglement des paramètres de contrôle et de suivi de la cuve d'attaque.
- ✓ Mauvaise agitation de l'agitateur (sens de rotation, vitesse de rotation).
- ✓ Fuite d'acide.
- ✓ Fuite au niveau du fond de la cuve d'attaque.

Les deux problèmes majeurs que nous rencontrons dans cette étude sont les suivants :

- ✓ Fuite d'acide.
- ✓ Fuite au niveau du fond de la cuve d'attaque.

La défaillance de la cuve d'attaque influence sur la qualité physicochimique du produit fini de la manière suivante : L'augmentation du taux des acides libres contribue à la

formation d'une bouillie humide, cette dernière provoque un bouchage partiel au niveau des cribles ce qui provoque une anomalie sur la qualité granulométrique du produit marchand. On constate aussi que la cuve d'attaque n'a aucune influence sur le taux du  $P_2O_5$ , car ce dernier n'est influencé que par les débits des matières premières entrantes.

b) Influence du sécheur (chambre à combustion + tube sécheur) sur la qualité physicochimique du produit fini TSP.

D'après les analyses précédentes nous constatons une anomalie au niveau du taux d'humidité. Le diagramme suivant nous permet de savoir les paramètres influençant le taux d'humidité :

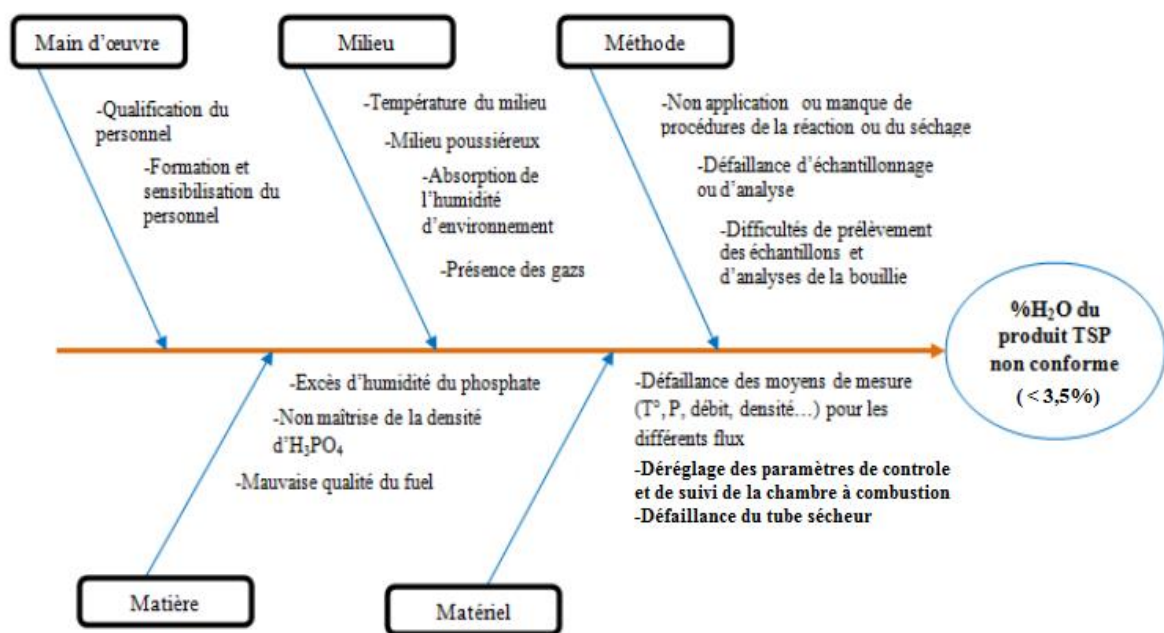


Figure 11 : Paramètres influençant sur le taux d'humidité.

Au niveau du sécheur, le taux d'humidité du produit fini peut être influencé par les paramètres suivants :

- ✓ Défaillance des moyens de mesure (T°, P, débit, densité...) pour les différent flux.
- ✓ Déréglage des paramètres de contrôle et de suivi de la chambre à combustion.
- ✓ Défaillance du tube sécheur.

Les deux problèmes majeurs que nous rencontrons dans cette étude sont les suivants :

- ✓ Déréglage des paramètres de contrôle et de suivi de la chambre à combustion.
- ✓ Défaillance du tube sécheur.

La défaillance de la chambre à combustion ou du tube sécheur nous conduit à la sortie d'une marche humide du tube sécheur. Cette dernière contribue à un bouchage partiel des tamis, ce qui provoque une anomalie au niveau de la qualité granulométrique du produit fini. Il faut noter que le sécheur n'a aucune influence sur le taux du  $P_2O_5$ , car ce dernier a une relation avec les paramètres de la réaction.

#### IV. Elaboration du plan d'action pour résoudre les anomalies constatées.

##### 1. Actions techniques

<b>Types d'arrêts</b>	<b>Causes</b>	<b>Effets</b>	<b>Remèdes</b>
<b>Cuve d'attaque</b>			
Fuite d'acide.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propriété corrosive de l'acide Phosphorique</li> <li>✓ Corrosion des brides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la réaction</li> <li>✓ Arrêt de la ligne 307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Changement des anciennes brides par des brides en inox</li> </ul>
Fuite au niveau du fond de la cuve d'attaque.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propriété corrosive de l'acide Phosphorique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la réaction</li> <li>✓ Arrêt de la ligne 307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soudure du fond</li> <li>✓ Vérification des conduites amenant la vapeur</li> <li>✓ Réglage des vannes manuelles</li> <li>✓ Diminution de l'inclinaison de l'extrémité des conduites</li> </ul>
<b>Chambre à combustion</b>			
Défaut de position d'allumage volet air de combustion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vibration élevée au niveau de la coupelle rotative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la ligne 307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diminution de la vibration</li> </ul>
Défaut sur l'automate programmable	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grillage de l'automate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la ligne 307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Changement de l'automate</li> </ul>

Déclenchement de la chambre à combustion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Flamme principale</li> <li>✓ Haute température du fuel</li> <li>✓ Basse température du fuel</li> <li>✓ Arrêt de C03 et de C04</li> <li>✓ Arrêt de C07 et de C08</li> <li>✓ Fermeture de volets</li> <li>✓ Problème mécanique au niveau du bruleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la ligne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réglage de la température et de la pression</li> <li>✓ Chercher les causes des arrêts de C03, C04, C07 et C08</li> </ul>
Défaut de flamme pilote.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bouteille vide</li> <li>✓ Fermeture d'électrovanne</li> <li>✓ Bougie d'étincelle défectueuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Refus de démarrage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Changement de la bouteille</li> <li>✓ Changement de la bougie</li> </ul>
Défaillance du bouclier thermique.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Déformation du bouclier</li> <li>✓ Dégradation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vibration au niveau de la coupelle rotative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Changement du bouclier</li> </ul>
Défaillance de la coupelle rotative.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dégradation au niveau du mécanisme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la ligne 307</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Changement de la coupelle</li> </ul>
<b>Tube sécheur</b>			
Fusion du fusible hydraulique du tube sécheur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Surcharge</li> <li>✓ Durée de vie</li> <li>✓ Mauvaise qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vérification de la chaîne cinématique</li> <li>✓ Vérification du niveau d'huile du coupleur</li> <li>✓ Limitation de la boucle dans un tonnage adéquat</li> </ul>
Déclenchement du tube sécheur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Défaut électrique</li> <li>✓ Surcharge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arrêt de la boucle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limitation de la boucle dans un tonnage adéquat</li> </ul>

			✓ Vérification de l'état mécanique
Détachement de la 1 <sup>ère</sup> ceinture des marteaux frappeurs du tube sécheur.	✓ Dessoudure	✓ Encrassement du produit	✓ Conception de nouveaux marteaux

## 2. Actions correctives

<i>Anomalies observées</i>	<i>Actions correctives (sortie ligne)</i>
Taux d'humidité élevé du produit fini.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolement du lieu de stockage afin d'éviter la contamination du produit déjà stocker.</li> <li>• Gestion du traitement du produit non conforme du à l'humidité.</li> <li>• Grattage et recyclage des boues générées à la surface du stock NC.</li> <li>• Suivi de l'évolution de l'humidité du produit NC.</li> </ul>
Taux d'acides libres élevé du produit fini.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolement du lieu de stockage afin d'éviter la contamination du produit déjà stocker.</li> <li>• Gestion du traitement du produit non conforme du aux acides libres.</li> <li>• Grattage et recyclage des boues générées à la surface du stock NC.</li> <li>• Suivi de l'évolution du taux d'acides libres du produit NC.</li> </ul>



# *CONCLUSION*

---

L'office chérifien des phosphates adopte depuis plusieurs années une stratégie d'amélioration continue visant à l'optimisation du procédé de la fabrication de son produit Triple Super Phosphates afin de répondre aux exigences du client et pouvoir se distinguer vis-à-vis ses concurrents d'engrais dans le marché international.

Le présent travail rentre parfaitement à cette stratégie visant à l'optimisation de la qualité physicochimique de l'engrais TSP, en déterminant les paramètres influençant cette dernière notamment la défaillance des équipements. A cet effet, nous avons réalisé une étude générale concernant les équipements critiques entrant dans la production du Triple Super Phosphates ayant pour objectif de déterminer leur influence sur la production et sur la qualité physicochimique du produit fini.

Pour effectuer cette étude, on s'est basé sur plusieurs outils, parmi lesquels on cite : étude des données statistiques des arrêts des équipements ; étude de l'évolution de la production durant la période étudiée ; étude des feuilles de marche du produit fini afin de déterminer le degré de l'influence des équipements critiques sur la production et sur la qualité physicochimique du produit fini.

Finalement, cette étude nous a ramené à détecter les anomalies et ensuite à établir un plan d'action pour y remédier et maintenir la qualité physicochimique du produit TSP.