



Liste des abréviations

<u>Désignation</u>	<u>Signification</u>
PE	Production d'Engrais
ACP	Acide Phosphorique
RA	Rapport d'acidulation
TS	Taux de solide dans l'ACP
%Eg	Le taux d'évolution granulométrique
Q recyclé	Le débit massique de produit recyclé (T/h)
Ddl	Le degré de liberté
F	valeur de Fisher
P	probabilité
R-carré	coefficient de détermination
ANOVA	Analyse de la variance
RS	La régression simple
RLM	La régression linéaire multiple
D_{phosphate}	Débit massique de phosphate (T/h)
D_{Acide Phosphorique}	Débit volumique d'acide phosphorique (m ³ /h)
T_{cuve d'attaque}	Température de la cuve d'attaque (°C)
A_{ER}	Ampérage d'élévateur de recyclage(A)
AFCOME	L'Association Française de Commercialisation et de Mélange d'Engrais
Q^s_(b)	La quantité de la bouillie à la sortie de la cuve d'attaque
Q^{gh}_(TSP)	La quantité du produit TSP granulé
Q^{ss}_(TSP)	La quantité du produit TSP à la sortie du tube sécheur
Q^r_(conca)	La quantité du produit TSP concassé
Q^r_(broy)	La quantité du produit TSP broyé
Q^{bande}_(fines)	La quantité du produit TSP fine
Q^{pousiere 12}_(cyclo)	La quantité du produit TSP poussiéreux récupérer par le 12 cyclone de Tube Sécheur
Q^{pousiere 12}_(cyclo)	La quantité du produit TSP poussiéreux récupérer par le 4 cyclone de d'assainissement
Q^f_(TSP)	La quantité du produit fini TSP
Q^s_(12cyclo)	La quantité du produit TSP après lavage du gaz dépoussiérer par les 12 cyclones



Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise d'accueil, généralités sur les engrais & Procédés de fabrication

I.	Présentation du groupe OCP	3
1.	Le groupe OCP	3
2.	Activités du Groupe OCP	3
3.	Fiche technique	3
4.	Organigramme OCP au Maroc	4
II.	Pôle Industriel de Safi	4
1.	Introduction	4
2.	Les composantes de l'IDS	4
III.	Activités du pole chimie de SAFI	5
1.	Introduction	5
2.	Production d'acide phosphorique	5
3.	Production des engrais	5
4.	Production d'électricité	5
IV.	Lieu du stage : Atelier engrais Maroc Chimie	5
1.	Généralités sur les engrais phosphate.....	5
V.	Atelier de fabrication des engrais TSP.....	6
1.	Section Attaque	6
1.1.	Circuit phosphate.....	6
2.	Section granulation.....	6
3.	Section Séchage.....	7
3.1.	Les caractéristiques du tube sécheur.....	7
4.	Section classification	7
4.1.	Les caractéristiques techniques des cribles.....	7
5.	Section recyclage et assainissement	7
5.1.	Broyage.....	7
5.1.1.	Les caractéristiques techniques du broyeur.....	7
5.1.2.	Les caractéristiques techniques du concasseur.....	8
5.2.	Assainissement.....	8

Chapitre II : Organisation du travail du Projet de Fin d'Etudes et formulation du problème

I.	Caractéristiques du projet	10
1.	Diagnostic	10
2.	Objectifs fixés par la direction	10
3.	Méthodologie de travail	10
3.1.	Introduction	10
3.2.	La méthode de résolution de problème.....	10
II.	Phase de préparation	10



1. Quel est le projet ?	10
2. Pourquoi travailler sur ce projet ?.....	11
3. Comment s'organiser ?	12
III. Identification du problème	12
1. La méthode QQQQCP	12
2. Les types de refus	13
2.1.Les poussières	13
2.2.Les fines	13
2.3.Les sur-granulés	13
3. Quel est réellement le problème ?	14
<u>Chapitre III : Compréhension du fonctionnement normal du système & Fixation des objectifs</u>	
IV. Comprendre le fonctionnement normal du système	16
1. Introduction	16
2. La qualité de la matière première	16
3. Définition de quelques paramètres de marche	17
4. Liste des composants	18
5. Conclusion	20
V. Fixation des objectifs	20
1. L'analyse SMART	20
<u>Chapitre IV : Analyse et vérification des causes racines</u>	
VI. Les causes racines	22
1. Introduction	22
2. Quantification et analyse des causes racines	22
2.1. La granulométrie du produit granulé	22
2.1.1 Etude statistique	23
2.1.1.1. Introduction	23
2.1.1.2. Etude comparative des deux échantillons de données	23
2.1.1.3. Conclusion	25
2.2. Le dysfonctionnement de la bascule de recyclage	26
2.2.1. Méthode de vérification	26
2.2.2. Analyse mathématique.....	27
2.3. Influence des paramètres de marche sur la qualité du produit	28
2.3.1. Les causes possibles	28
2.3.2. Méthode de modélisation.....	29
2.3.3. Validation du modèle.....	30
2.4 Le non contrôle des débits sortants des équipements de production	31
2.5 Le retard de passation de l'information entre les agents.....	32
2.6 Changement de la qualité granulométrique de produit fini lors de déstockage	32
3. Conclusion	32



**Chapitre IV : - Actions et contre-mesures sur les pertes & Vérification des résultats.
- Généralisation et verrouillage**

VII. Actions et contre-mesures.....	34
1. Introduction	34
2. Actions sur les problèmes détectés	34
3. Actions primordiales	34
4. Action 1 : L'augmentation de la hauteur du seuil du granulateur.....	35
5. Action 2 : Ajout d'un crible finisseur	36
6. Action3 : Ajout des indicateurs à la sortie de la cuve d'attaque et à l'entrée du GRANNULATEUR.....	36
7. Action 4 : minimisation de l'erreur de l'indication de débit de recyclage.....	36
8. Action 5 : contrôle de débit de produit fini.....	36
8.1. Interface VB.NET	36
9. Action 6 : Enrobage de produit déstocké par une huile anti-poussière	37
10. Action7 : Le démarrage du deuxième concasseur	40
11. Conclusion	40
Conclusion générale	41
Références	42

ANNEXES

ANNEXE 1	43
ANNEXE 2	45
ANNEXE 3	46
ANNEXE 4	47
ANNEXE 5	48
ANNEXE 6	49
ANNEXE 7	50



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Afin de préserver sa position de leader mondial dans un environnement en pleine mutation, Le groupe OCP vise à optimiser ses processus en cherchant à éliminer toutes les anomalies existantes dans son système. Produire à coût réduit et augmenter ses capacités de production font toujours l'objet des recherches continues et permanentes.

Dans ce cadre, la recherche d'une meilleure qualité de produit nécessite de prime :

- La détermination des conditions de marche optimaux du procédé afin d'améliorer la production.
- L'identification des sources de refus à tous les niveaux du circuit de fabrication des engrais Triple Superphosphate et leur minimisation.

C'est dans cette optique d'amélioration des performances de l'atelier des engrais Triple Superphosphate de Maroc chimie que vient s'inscrire notre mission de Projet de Fin d'Etudes qui s'annonce comme suit :

- Définition des principaux facteurs qui entravent la qualité granulométrique de produit fini.
- En regard de ces facteurs, proposition des leviers d'amélioration pour atteindre les objectifs fixés.

Pour bien cerner le problème étudié, notre projet sera organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre est dédié à une présentation abrégée du groupe OCP, particulièrement le pôle industriel de Safi et ses différentes activités ainsi que l'atelier Production des Engrais, lieu du déroulement de notre stage, aussi il inclut un petit aperçu sur les engrais, le procédé et la chimie de sa fabrication.
- Le deuxième chapitre est consacré à une vue globale du sujet étudié ainsi que la méthodologie adoptée pour la réalisation des tâches.
- Dans le troisième chapitre on s'intéresse à une explication plus détaillée du processus existant au sein de l'atelier PE ainsi que les objectifs à atteindre durant la période de notre stage.
- Le quatrième chapitre inclue une étude sur les différentes causes agissant sur la quantité de produit recyclé.

Dans le cinquième chapitre sont détaillées les actions que nous avons proposé pour l'amélioration de la production et la qualité de produit fini ainsi l'optimisation de la quantité de refus afin d'atteindre les buts fixés ainsi que les procédures de pilotage.



*Chapitre I : Présentation de l'entreprise d'accueil, généralités
sur les engrais & Procédés de fabrication*

Ce chapitre constitue une présentation abrégée du groupe OCP, particulièrement le pôle industriel de Safi et ses différentes activités, ainsi que l'atelier **PE/TSP**, lieu du déroulement de stage.

Le souci de transformer les sels insolubles dans l'eau en sels solubles a donné naissance au procédé de fabrication des engrais



I. Présentation du groupe OCP

1. Le groupe OCP

OCP, un des leaders mondiaux sur le marché du phosphate et des produits dérivés, est un acteur de référence incontournable sur le marché international depuis sa création en 1920.

OCP maîtrise toute la chaîne de création de valeur de l'industrie de phosphate: extraction et traitement du minerai, transformation de cette matière première en un produit liquide intermédiaire, l'acide phosphorique, et fabrication des produits finis par concentration et granulation de cet acide ou par purification : engrais et acide phosphorique purifié.

La variété et la qualité des sources des phosphates contenus dans le sous sol marocain, parmi les plus importantes au monde, assurent la richesse de la gamme de produits offerts par OCP. Sa stratégie commerciale repose notamment sur un portefeuille de produits innovants et de qualité, adaptés à la diversité des sols et des variétés végétales. Sa capacité industrielle massive, couplée à la flexibilité de son appareil productif, lui assure une structure de coûts optimale.

De quelques centaines de personnes à sa création, pour un chiffre d'affaires de 3 millions de Dollars US, OCP a réalisé un chiffre d'affaires de 7 milliards de Dollars US en 2011 et compte près de 20 000 collaborateurs [1].

2. Activités du Groupe OCP

Le groupe OCP est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphates et de ses produits dérivés. Chaque année, plus de 38 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain qui recèle les trois quarts des réserves mondiales.

Principalement utilisé dans la fabrication des engrais, le phosphate provient des gisements de Khouribga, Benguerir, Youssoufia et Boucraâ-Laàyoun. Selon le cas, le minerai subit une ou plusieurs opération de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec....), une fois traité, il est exporté ou bien livré aux industries chimiques du Groupe, à Ljorf Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produit dérivés commercialisable : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solide.

Premier exportateur mondial de phosphates sous toutes ses formes, Le groupe écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète [4].

3. Fiche technique:

Le tableau suivant résume quelques informations principales concernant le groupe OCP pour l'année 2005.

<u>Raison sociale</u>	Office Chérifien des Phosphates (OCP)
<u>Date de création de l'OCP</u>	Le 7 Août 1920
<u>Date de création du groupe</u>	1975
<u>Statut juridique</u>	Société anonyme
<u>Réserves de phosphate</u>	¾ des réserves mondiales
<u>Sites d'exploitation minière</u>	Khouribga, Youssoufia/Ben guérir, Boucraâ/Laâyoune
<u>Sites de valorisation chimique</u>	Safi, Jorf-Lasfar
<u>Ports d'embarquement</u>	Casablanca, Safi, Jorf-Lasfar, Laàyoun.

Tableau 1 : Fiche technique du Groupe OCP

4. Organigramme OCP au Maroc:



Figure 1 : Organigramme du Groupe OCP

II. Pôle Industriel de Safi :

1. Introduction :

Le Pôle Industriel de Safi (IDS) est l'un des plus grandes plates formes de fabrication d'acide phosphorique par la valorisation des phosphates minéraux à l'échelle mondiale. C'est une société anonyme, filiale du groupe OCP.

2. Les composantes de l'IDS :

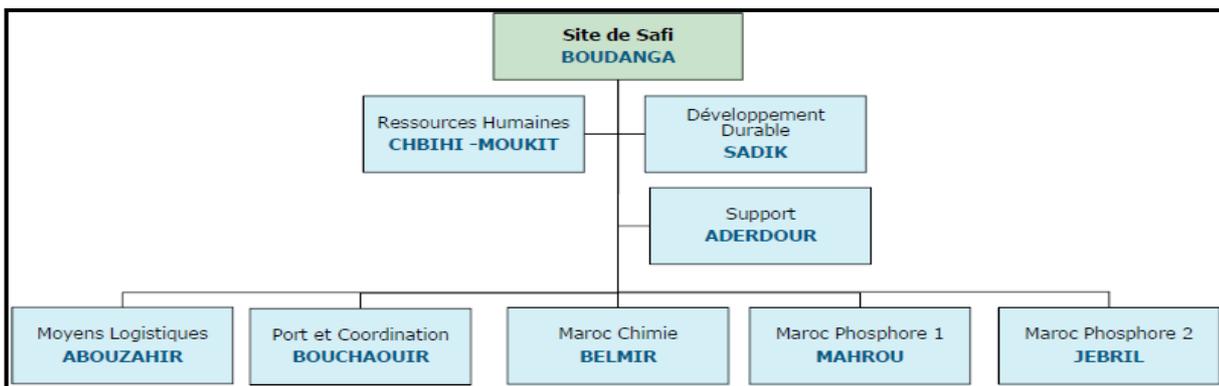


Figure 2 : Organigramme du Pôle Industriel de Safi

III. Activités du pole chimie de SAFI :

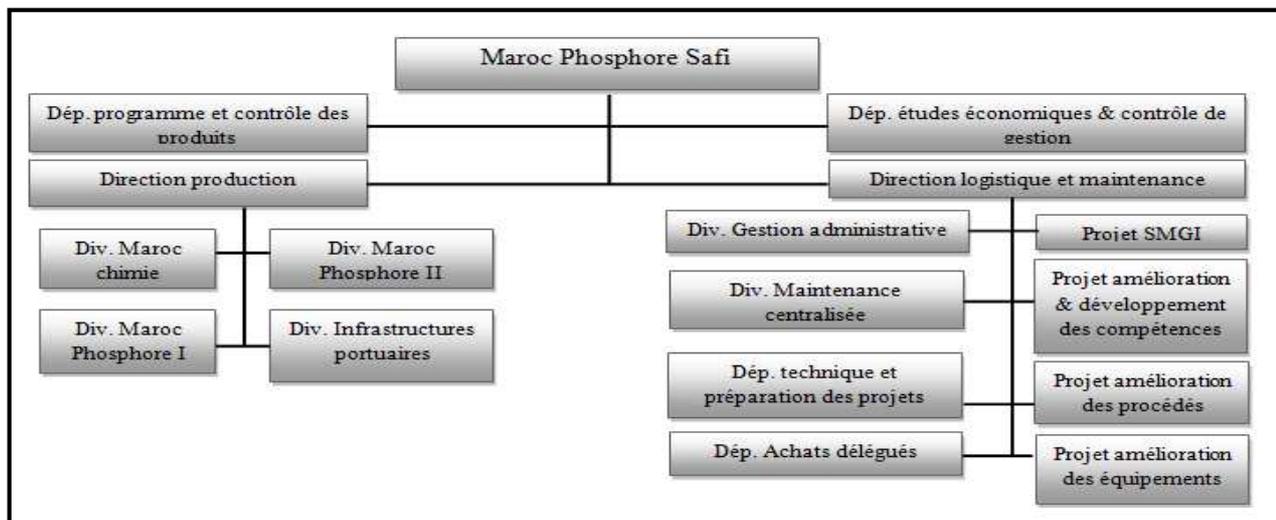


Figure 3 : organigramme des activités du pole chimie de SAFI

1. Production d'acide sulfurique :

C'est un liquide lourd, huileux, corrosif et miscible dans l'eau, il est utilisé par les industries chimiques comme agent d'attaque des phosphates minéraux au cours de la fabrication d'acide phosphorique.

2. Production d'électricité :

Au cours de la fabrication d'acide sulfurique, la réaction exothermique de combustion de soufre, libère une grande quantité d'énergie qui est utilisée pour produire la vapeur d'eau qui sert à actionner les turbosoufflantes des ateliers sulfuriques et les alternateurs de la centrale thermique (production d'électricité).

3. Production d'acide phosphorique :

La production de H_3PO_4 se fait à partir de la réaction de phosphate et l'acide sulfurique, ensuite il subit une opération de concentration pour obtenir l'acide 54% en P_2O_5 .

4. Production des engrais :

Les engrais, sont des produits utilisés dans le domaine agricole. Le Maroc fait partie des pays exportateurs des engrais grâce à l'importance de la production du groupe OCP.

IV. Lieu du stage : Atelier engrais Maroc Chimie

1. Généralités sur les engrais phosphate :

Les engrais phosphates sont caractérisés par leur forme granulée sphérique, et leur richesse en éléments fertilisants. L'engrais triple superphosphate riche en phosphore (47%), contient aussi une série d'éléments oligo (Mg, Zn, Cu, B). L'obtention du TSP est basée sur l'attaque du phosphate broyé par l'acide phosphorique à 42% en P_2O_5 [5].



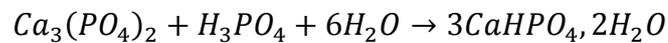
V. Atelier de fabrication des engrais TSP

L'atelier engrais est composé de deux lignes (Nord et Sud) destinées à la fabrication des engrais (TSP), selon le procédé Maroc Chimie, (Voir schéma global de procédé de fabrication des engrais TSP à l'annexe 1). Le procédé de fabrication du TSP vise principalement la conversion du maximum de P_2O_5 des matières premières en P_2O_5 assimilable par les plantes [1].

1. Section Attaque :

Les deux lignes utilisent un seul circuit de phosphate et d'acide phosphorique venant de l'atelier PPI (voir annexe 1).

C'est l'attaque du phosphate broyé (80 à 160 μm et 30% en P_2O_5) par l'acide phosphorique 42% en P_2O_5 , de telle façon que le phosphate tricalcique $Ca_3(PO_4)_2$ est transformé par la réaction avec l'acide au phosphate mono calcique soluble dans l'eau [2] :



La réaction a lieu dans une cuve d'attaque (voir annexe 1) de volume réactionnel de 18 m^3 , le produit sort à l'état visqueux et coule par gravité vers le GRANULATEUR.

Noté Bien : le pré mélangeur est utilisé pour assurer et maximiser le premier contact entre les réactifs pour éviter le colmatage des grains solides dans la cuve d'attaque.

2. Section granulation :

La bouillie provenant de la cuve d'attaque, s'écoule par débordement dans un GRANULATEUR rotatif via une tuyauterie chauffée à la vapeur (voir annexe 1), la bouillie rencontre le produit de recyclage 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 tube et de la perte d'humidité de la bouillie.

Le GRANULATEUR est un tambour incliné de 2,5%, équipé intérieurement dans sa partie supérieure d'un décrotteur, ce dernier comporte un ensemble des couteaux.

Il est à noter, la présence d'un ventilateur permet de l'aspiration des gaz fluorés issus de la cuve d'attaque et du GRANULATEUR [2].

3. Section Séchage :

Il s'obtient par l'exposition du produit granulé à un débit de gaz chaud issu de la combustion du fuel-oil (voir annexe 1). Cet échange thermique s'opère à Co-courant dans un tube rotatif à palettes (voir annexe 1). Le déplacement du produit est dû à l'inclinaison du tube et au flux gazeux qui le traverse vers l'effet d'une dépression [2].



3.1. Les caractéristiques du tube sécheur :

<u>Longueur totale</u>	<u>Diamètre</u>	<u>Capacité</u>	<u>Pente</u>	<u>Vitesse de rotation</u>	<u>Puissance moteur</u>	<u>Hauteur de seuil</u>
25m	4m	250 à 300 t/h	2,5 à 3%	3,5 à 4Tr/min	260kw	60cm

Tableau 2: les caractéristiques du tube sécheur

4. Section classification:

Le refus des transporteurs vibrants de taille supérieure à 20 mm (voir annexe 1) alimente un concasseur (voir annexe 1) avant de passer à la bande de recyclage. Le passant alimente les cribles vibrants (voir annexe 1). Chaque crible est équipé de deux toiles superposées, la première à 4 mm et la deuxième à 3.15 mm. Le refus des tamis supérieur à 4 mm passe par des broyeurs à cylindres avant de rejoindre la bande de recyclage. Les grains inférieurs à 3.15 mm passent directement à la bande de recyclage et le produit fini (tranche de 3 à 4 mm) est envoyé vers le hall de stockage pour murissement.

Il est à noter que l'assainissement est assuré par un ventilateur qui aspire en divers points de l'unité : transporteurs vibrants, cribles, broyeurs (voir annexe 1) et bande de recyclage. Les gaz sont dépoussiérés au niveau d'une série de quatre cyclones avant d'être lavés à Co-courant dans un laveur à l'eau de mer et les poussières récupérées rejoignent la bande de recyclage [2].

4.1. Les caractéristiques techniques des cribles :

<u>Nombres d'étages</u>	<u>Support</u>	<u>Etanchéité intérieure</u>	<u>Etanchéité extérieure</u>	<u>Surface de criblage</u>	<u>Puissance moteur</u>	<u>Ampérage</u>	<u>Inclinaison</u>	<u>Débit</u>
2	ressort travaillant en appui	bavettes	bavettes	8m ²	11kw	7 à 12 A	17°	60T/h

Tableau 3: les caractéristiques des cribles

5. Section recyclage et assainissement:

Les gaz qui résultent des réactions chimiques ainsi que les grains rejetés par les différents équipements sont acheminés vers des laveurs venturisés et des tours de lavage moyennant des ventilateurs d'assainissement, et ceci pour les récupérer avant le dégagement vers l'atmosphère. Donc ces particules suivent un lavage à l'eau de mer. Leur proportion est généralement faible [2].

5.1. Broyage :

5.1.1. Les caractéristiques techniques du broyeur :

<u>Type</u>	<u>Moteur1</u>	<u>Moteur2</u>	<u>Débit max</u>	<u>Vitesse de rotation</u>	<u>Longueur de cylindres</u>	<u>Ampérage</u>
trois cylindres, diamètre de chacun 600mm	30kw entraînement d'un cylindre	37kw entraînement de deux cylindres	15T/h	550 tr/min	1000mm	20 à 25 A

Tableau 4 : les caractéristiques du broyeur

5.1.2. Les caractéristiques techniques du concasseur :

<u>Longueur du rotor</u>	<u>Diamètre du rotor</u>	<u>Puissance moteur</u>	<u>Débit nominal</u>	<u>Vitesse de rotation de rotor</u>	<u>Marteaux en acier</u>	<u>Ampérage</u>
0,55m	0,65m	30kw	30T/h	1,175 tr/min	6 rangées de 25marteaux	20 à 25 A

Tableau 5: les caractéristiques du concasseur

5.2. Assainissement :

Le circuit d'assainissement est composé de [2] :

- Quatre tours de lavage des gaz chargé en poussière, on distingue le lavage des gaz du tube sécheur par l'eau de mer et l'eau brut et le lavage des gaz issu de l'Assainissement du circuit par l'eau de mer et l'eau brut ;
- Trois grands ventilateurs, trois cheminées, neuf pompes et cinq saturateurs.

Les problèmes rencontrés lors d'assainissement sont :

- Bouchage des pulvérisateurs et du filtre ;
- Circuit chargés en poussière.

Parmi les solutions utilisées pour remédier ces problèmes, on trouve :

- Nettoyage des pulvérisateurs et du filtre ;
- Régler la marche.



Chapitre II : Organisation du travail du Projet de Fin d'Etudes et formulation du problème

Cette partie est consacrée à une vue globale du sujet étudié, ainsi que la méthodologie suivie pour réaliser les tâches qui nous ont été confiées

I. Caractéristiques du projet :

1. Diagnostic :

<u>Etat initial</u>	Une grande quantité de produit non conforme nommé refus est recyclé avec un taux de recyclage non maîtrisable.
----------------------------	--

2. Objectifs fixés par la direction :

<u>Objectif</u>	- Définir les principaux facteurs qui entravent le contrôle de la production ; - Des actions simples et rentables pour réduire les causes de la production de refus ; - Augmenter la productivité et atteindre un débit de recyclage optimal.
<u>Finalité</u>	Minimisation des pertes physiques et énergétiques
<u>Contraintes</u>	Période du stage : du 28/01/2013 au 31/05/2013

3. Méthodologie de travail :

3.1. Introduction :

La gestion d'un projet, quelle que soit sa nature, est toujours organisé sur les bases de multiples prévisions, observations et expériences, et pour arriver à des résultats satisfaisantes par une manière logique il est nécessaire de mettre en œuvre des démarches d'organisation, d'amélioration ou de résolution des problèmes .

3.2. La méthode de résolution de problème :

Pour achever les buts fixés, on a opté pour les 7 étapes de résolution de problème, qui est une méthode introduite par TADASHI YAMASHIMA le président du Centre Technique de Toyota. C'est une méthode reconnue par son efficacité dans le monde entier, la figure suivante illustre ces sept étapes [3].

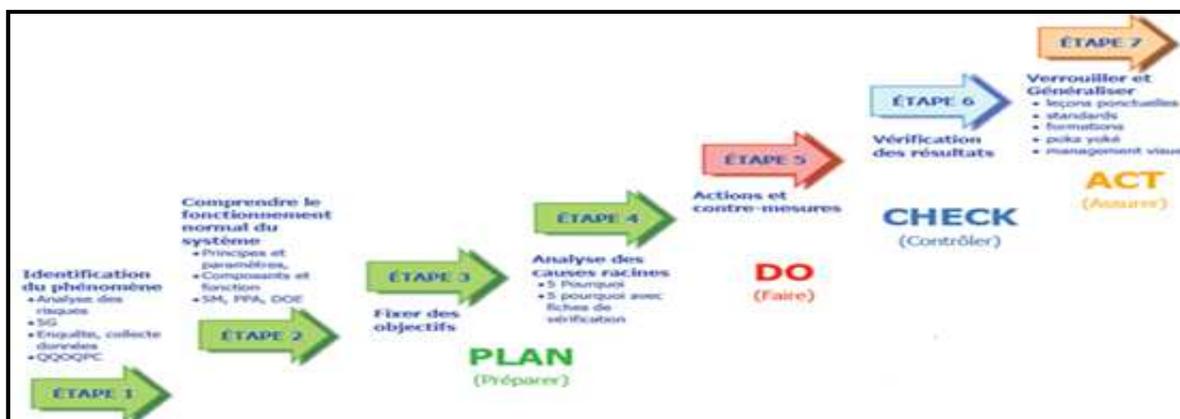


Figure 4 : schéma représentatif des sept étapes de résolution de problème

II. Phase de préparation :

1. Quel est le projet ?

Il existe une multitude des paramètres qui régissent la marche des deux lignes de production des engrais TSP. Ces paramètres interviennent à différents niveaux de processus de production et leur contrôle permet l'amélioration des performances.



La qualité de l'atelier PE est évaluée en se basant sur des indicateurs fiables. Ces derniers permettent le suivi de la production ainsi que l'orientation des mesures correctives apportées à l'exploitation de l'unité, parmi ces indicateurs on trouve :

- Matières premières:
- La qualité de phosphate broyé : Finesse, % P₂O₅; % CaO; % H₂O; % CO₂; % SiO₂; % MgO et Cd ppm
- La qualité de l'acide phosphorique : Densité, % P₂O₅, P₂O₅ g/l, H₂SO₄ g/l, % T.S, Cd ppm
- Les paramètres de procédé :

		Paramètre
Réaction :		Rapport d'acidulation
		Température de la CA
		Temps de séjour
Granulation		Débit d'écoulement et L'humidité de la bouille
		Taux de recyclage : débit de recyclé/débit de Produit Fini
		Temps de séjour on modifiant la vitesse de moteur du granulateur ou le seuil
Séchage		Température de produit granulé
		Humidité du produit granulé
Classification	Transporteurs vibrant	Diamètre des grilles
		Débit de produit
	Les Cribles	Qualité et durabilité des tamis.
		Maille des tamis.
	Broyeur	Débit de produit
		Serrage des cylindres

Tableau 6 : les paramètres de procédé

2. Pourquoi travailler sur ce projet ?

Notre mission est de diagnostiquer les différents problèmes qui génère un débit de produit refus élevé, ainsi que chercher leurs causes racines et focaliser l'étude sur ceux ayant la priorité d'action dans le but d'atteindre les objectifs fixés pendant la période de notre stage de PFE.

L'objectif visé alors est d'avoir une quantité de refus optimal afin d'être enrober par la bouillie pour donner un produit de qualité souhaitée.

3. Comment s'organiser ?

- Réunion, rapports et inspection sur terrain ;
- Réunion avec l'encadrant industriel ;
- Contact avec l'encadrant pédagogique.



Nom de la tâche	4/2	11/2	18/2	25/2	4/3	11/3	18/3	25/3	1/4	8/4	15/4	22/4	29/4	6/5	13/5	20/5	27/5
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	
Compréhension de procédé et choix de sujet avec collecte des données	■	■															
Phase de préparation			■	■													
Identification du problème					■	■											
Comprendre le fonctionnement normal du système						■	■										
Fixer les objectifs									■	■							
Analyse des causes racines											■						
Actions et contre mesures												■					
Vérification des résultats													■	■	■	■	
Verrouillage et généralisation																■	■
Rédaction du rapport		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tableau 7 : diagramme Gantt de planification des tâches

III. Identification du problème :

1. La méthode QOOQCP :

L'objectif de cette présente partie est de bien cerner le problème est ceci en ayant recours à la méthode QOOQCP pour la formulation du problème.

Quoi	Il s'agit d'un produit non conforme hors spécifications commerciales, exigées par l' AFCOME (voir annexe2) qui présente un débit important dans la chaîne de production nommé refus de recyclage. Mais ce dernier doit être présent avec une quantité optimale mélangé avec la bouillie au niveau de GRANULATEUR qui contribue à la création des grains TSP.
Qui	L'ensemble du personnel existant à l'atelier de PE/TSP sont concernés par l'amélioration des performances et la réduction des pertes physiques et chimiques.
Où	Le problème se situe dans l'atelier de PE/TSP, Division Maroc Chimie-OCP- Safi.
Quand	Le refus est généré lors de la production des engrais TSP par : <ul style="list-style-type: none"> - La formation des poussières récupérées par les cyclones ; - Les blocs ayant une granulométrie supérieure à 20 mm retenu par les grilles des transporteurs vibrants, puis envoyés au concasseur pour réduire ses dimensions ; - Le produit broyé dont la taille est supérieure à 4 mm ; - Les produits fines ayant une granulométrie inférieure à 3 mm ; - Le refus de criblage de REX (1et2) et des bateaux avant l'exportation ; - Le produit récupéré lors de nettoyage.
Comment	Le refus de chaque équipement forme le produit à recycler qui joint la bande de recyclage qui le transmet au granulateur.
Pourquoi	Afin de réagir sur les différents facteurs entravant la production de l'atelier TSP, en essayant au mieux de les maîtriser pour permettre une atteinte aux objectifs fixés. Ce qui s'aligne avec les objectifs de la stratégie « IQLAA ».

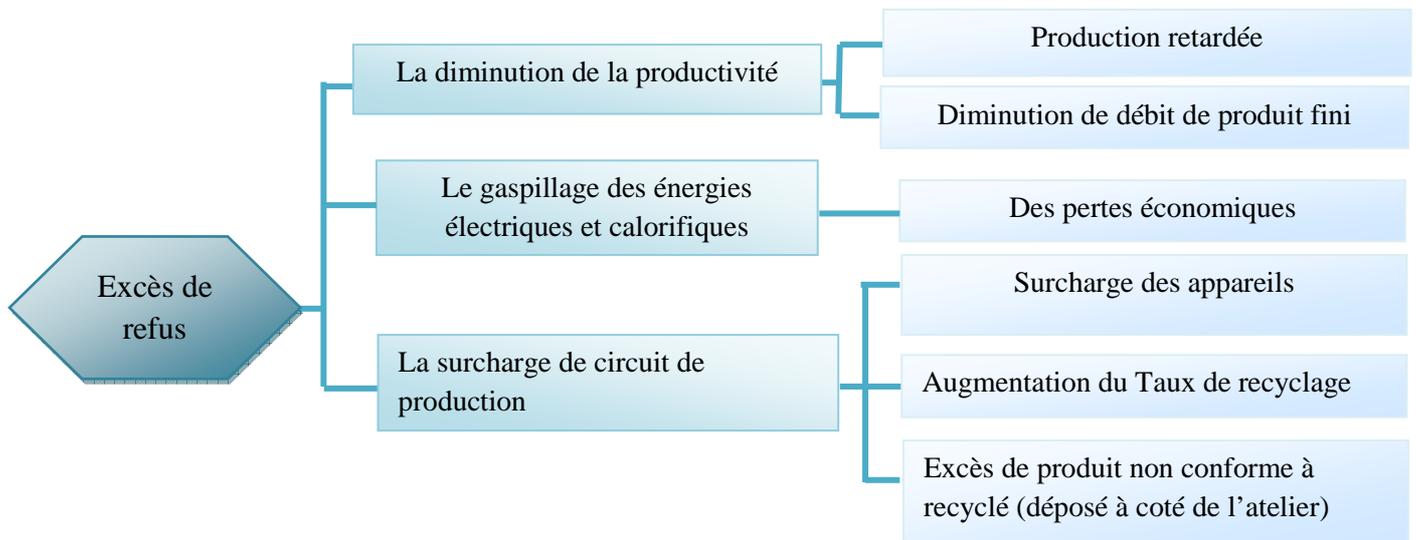
Tableau 8 : la méthode QOOQCP



L'équilibre se déplace dans le sens 2, donc l'augmentation de l'humidité de la bouille.

- ⇒ L'absence d'un deuxième concasseur qui réduit la dimension des grains ;
- ⇒ Le mauvais broyage dû à une mauvaise attaque.

3. Quel est réellement le problème ?



Chapitre III : Compréhension du fonctionnement normal du système & Fixation des objectifs

Dans ce chapitre, on s'intéresse à une explication plus détaillée du processus existant au sein de l'atelier TSP, ainsi que les objectifs à atteindre durant la période de stage.

I. Comprendre le fonctionnement normal du système :

1. Introduction:

Afin de découvrir le VRAI problème, nous devons comprendre comment fonctionne notre système (machine, procédé, processus) et faire une analyse complète des données de fonctionnement.

2. La qualité de la matière première:

Voici une liste qui regroupe les constituants qui ont une influence sur la qualité du produit et l'impact de la variabilité de la teneur de quelques éléments chimiques qui contiennent l'ACP et le phosphate sur la fabrication du TSP.

<u>Matière</u>	<u>élément</u>	<u>Fourche</u>	<u>Impact</u>
Phosphate	%SiO ₂	2,5-4	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse du régime de marche à 24T/h (réduction de cadence de 25%). - Encrassement prématuré des appareils de classification (broyeurs, cribles, TV, jetées), circuits d'assainissement de l'atelier et séchage. - Dégradation de la qualité du produit fini
	%MgO	0.6-0.7	<ul style="list-style-type: none"> - Génération des poussières au niveau des TV et batteries des cyclones du tube sécheur, bouchage fréquent des grilles sortie AG et diminution du régime de la marche ; - Friabilité des croutes et par conséquent détachement fréquent et imprévu des croutes d'AG et jetées d'élévateur.
	finesse	80–160 µm	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la surface d'attaque et mauvais écoulement de la bouillie.
	%P ₂ O ₅	30-31	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la consommation d'acide phosphorique ;
	% H ₂ O	2-2.5	<ul style="list-style-type: none"> - Génération d'un produit sur-granulé à la sortie du GRANULATEUR ; - Encrassement de la goulotte sortie d'AG et la vis d'entrée du tube sécheur.
Acide phosphorique	TS		<ul style="list-style-type: none"> - Génération des poussières.
	SO ₄ ²⁻	Inf. 35 g/l	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse du taux de conversion du phosphate et augmentation de la Consommation Spécifique de l'acide phosphorique.
		Sup 50g/l	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la viscosité de la bouillie, ce qui induit à un mauvais écoulement et usure prématurée des toiles des cribles.

Tableau 9: les différents éléments qui caractérisent la matière première



3. Définition de quelques paramètres de marche :

- Rapport d'acidulation :

Appelé aussi rapport entre l'acide phosphorique et le phosphate, théoriquement RA=2 et pratiquement ce rapport varie entre 2,4 et 2,6 à cause des impuretés apportées par les matières premières. Le rapport d'acidulation est défini par [2] :

$$RA = \frac{\%P2O5 \text{ (acide)}}{\% P2O5 \text{ (phosphate)}}$$

- Température de la cuve d'attaque :

Généralement, la température de la cuve d'attaque varie entre 100 et 104°C, la température de la cuve d'attaque est contrôlée par le débit de vapeur moyenne pression (5.5bars, 200°C) à l'entrée de la cuve.

- Densité de l'acide phosphorique :

La densité variant généralement de 1465 à 1480, ce facteur peut être corrigé par ajout d'eau de dilution [2].

- Taux de recyclage

C'est le rapport entre le débit recyclé et le débit du produit fini, ce rapport doit être égal à 3 durant le régime permanent [2].

- Température du granulateur :

C'est la chaleur apportée par la bouillie ou par le produit de recyclage, généralement de 65 à 75°C [2].

- Température de séchage.
- Consommation spécifique :

Afin de produire une tonne de TSP, les valeurs moyennes des débits de matière première consommée sont [2] :

<u>Matière première</u>	Phosphates	Acide phosphorique	Vapeur	Eau brute	Fuel
<u>Consommation spécifique</u>	0.452 T/T	0.364 T/T	0.13 T/T	0.18 m3/T	15-17 kg/T

Tableau 10 : la consommation des matières premières

Le tableau suivant permet de rassembler les effets des variations de chaque paramètre de marche(annex7) et les problèmes d'exploitation susceptibles de survenir ainsi que les remèdes mis en place pour chaque cas et ça pour les trois principales étapes de la production (attaque, granulation et séchage).

<u>Paramètre</u>	<u>Ecart</u>	<u>Causes</u>	<u>Remèdes</u>
RA	Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit poussiéreux - Mauvais écoulement de la bouillie 	l'opérateur augmente ou abaisse le débit de l'ACP ou la densité.



	Elevé	Insuffisance d'acide et par conséquent : TSP produit de bas titres	
Température de la cuve d'attaque	Faible	Action négative sur la fluidité de la bouillie avec un risque de la prise en masse, aussi il défavorise l'attaque.	le réglage se fait par rapport à la vapeur pour ajuster la Température
	Elevé	Evaporation excessive de l'eau contenant dans la bouillie ce qui rend cette dernière compact et son écoulement difficile.	
Densité de l'acide phosphorique	Faible	une augmentation de l'humidité de la bouillie ce qui favorise la formation de sur-granulés à la sortie du GRANULATEUR.	l'opérateur la régler par ajout ou diminution de l'eau.
	Elevé	un effet négatif sur le bilan d'eau et l'écoulement de la bouille sera difficile et il y aura présence de poussières au niveau de la production.	
Taux de recyclage	Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Produit fini Humide (diminution du RA). - Formation des mottes et sur-granulés 	il faut réduire de la cadence pour soulager la boucle, Recycler une partie du produit fini vers le GRANULATEUR et une partie de refus extérieur.
	Elevé	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit poussiéreux - présence des sur-granulés - Surcharge de la boucle de granulation 	
Température du granulateur	Elevé	Perturbation de la granulation et surcharge du granulateur (présence des poussières).	Si l'opérateur se trouve devant une température élevée il la ramène à 85°C au niveau du GRANULATEUR, il baisse la température de produit fini il agit sur le débit de fuel
Température de séchage	Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau du produit élevée ; - Débit et température des gaz chauds bas ; - Densité d'acide basse ; - Surcharge du GRANULATEUR (présence des poussières). 	il faut régler le débit et la température des gaz, ajuster la densité d'acide et baisser le régime de marche (la cadence)
	Elevé	<ul style="list-style-type: none"> - Débit et température élevés des gaz chauds. - Blocage de la granulation et de mûrissement au cours du stockage du TSP. 	

Tableau 11 : influence des paramètres de marche

4. Liste des composants:

La liste des composants et la connaissance des modes de détérioration des composants définissent les anomalies possibles [6] :

<u>N°</u>	<u>Nom du composant</u>	<u>fonction</u>	<u>Mode de détérioration</u>	<u>Conséquence sur le fonctionnement</u>
1	silos pour le stockage du phosphate	stockage du phosphate	Bouchage de sortie silos s'il y a une humidité du phosphate ou une	Arrêt d'alimentation du phosphate



			perturbation de la fluidification et la finesse.	
2	Readler élévateurs à godets	Transport horizontale du produit, transport verticale du produit	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance de la chaîne cinématique (coincement) ; - Détachement des godets ; - Encrassement des godets. 	Arrêt d'alimentation du phosphate
3	bande doseuse	Dosage du phosphate Amène le phosphate vers la Pré-mélangeur	<ul style="list-style-type: none"> - Dérèglages ; - Rupture de la bande. 	Mauvaise estimation de la quantité du phosphate d'alimentation par conséquence sur le RA
4	pré mélangeur	Mélange du phosphate avec l'acide	<ul style="list-style-type: none"> - Bouchage par encrassement 	Arrêt d'alimentation des matières premières (ACP+phosphate)
5	cuve d'attaque	Le milieu où se passe la réaction	<ul style="list-style-type: none"> - Encrassement des parois - Bouchages de l'injecteur du vapeur - Bouchage de la goulotte bouillie de la cuve d'attaque 	Arrêt de la production
6	GRANULATEUR	Naissance des grains de TSP	<ul style="list-style-type: none"> - Encrassement des parois ; - Formation du bloc du produit au fond du GRANULATEUR ; - Bouchage de la grille . 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimisation de la cadence - Arrêt de la production
7	Tube Sécheur	Séchage du produit granulé	Encrassement des parois	Détachement des courroies du tube sécheur
	Turbine du séchage	Assurer la dépression dans le tube sécheur.	Chute de dépression	Chute de la productivité de sécheur
8	Turbine d'assainissement	Assurer l'aspiration poussière.	Vibration due à l'encrassement	Nettoyage et contrôle des pallies
9	Bande de recyclage	Amène le produit de recyclage vers GRANULATEUR	Débordement de la bande	Centrage de la bande
10	Bande sous trémie	Amène poussière récupérée vers bande de recyclage	Débordement de la bande	Centrage de la bande
11	transporteurs vibrants	Transporter le refus (>20mm) vers le concasseur Assurer une bonne Répartition du produit sur les cribles.	Bruit au niveau du moteur vibrant du transporteur	Etre à l'origine d'accidents et effets sur la santé



12	cribles	Ils sont conçues à séparer le produit de divers tailles	Encrassement du produit sur les tamis	bouchage des mailles
13	broyeurs	Broyage de refus	Bouchage des cylindres	broyage non conforme

Tableau 12 : liste des composants de la chaîne de production

5. Conclusion :

La vérification des conditions réelles de fonctionnement permet de connaître le fonctionnement réel du mécanisme et l'état réel des composants et de définir si:

- 1) L'un des composants peut être à l'origine du problème ;
- 2) Absence des indicateurs qui permet de suivre l'évolution des transformations du produit dans chaque étape.

II. Fixation des objectifs :

1. L'analyse SMART:

L'analyse SMART est un moyen mnémotechnique pour se souvenir des caractéristiques que devraient idéalement avoir un objectif et un indicateur pour permettre la réalisation de l'objectif et la mesure de son avancement.

Spécifique : l'objectif est d'optimiser le taux de refus de recyclage pour avoir une production avec le moins des pertes au niveau des matières et des énergies.

Mesurable : On peut calculer le débit de refus par rapport au produit fini.

Atteignable : la spécificité de notre projet est touchable avec contrainte :

- Manque des indicateurs.
- Insuffisance de temps.

Réaliste : Avec les compétences au sein de l'atelier de production des engrais et les informations collectées, aussi :

- Ajoutons autres indicateurs qui permet le suivie des transformations du produit ;
- Des actions pour améliorer la productivité de l'atelier ;
- Etablissement des méthodes d'investigation sur les données d'observations, ou d'expérimentations, des modèles mathématiques(RS et RLM), où l'objectif principal est de rechercher une liaison linéaire entre une variable Y quantitative et une ou plusieurs variables X également quantitatives.

Temps : on veut réaliser notre projet dans un délai de quatre mois.

<u>Situation actuelle</u>	Quantité de refus non réglable
<u>Situation visée</u>	Une quantité optimale de refus de recyclage



Chapitre IV : Analyse et vérification des causes racines

Ce chapitre inclue une étude sur les différentes causes agissant sur la quantité de refus



I. Les causes racines :

1. Introduction:

L'objectif de cette partie est de chercher en profondeur les causes qui expliquent l'apparition du problème.

Parmi les anomalies qui sont la conséquence des contraintes et des fluctuations aléatoires qui affectent la qualité de produit fini et d'après une discussion décisive avec l'encadrant industriel, on dénombre les causes potentielles suivantes :

- Le non maîtrise de la qualité granulométrique demandée ;
- Le manque des appareils indicateurs qui cause une perturbation d'efficacité des paramètres de marches tels que la densité, le rapport d'acidulation, la température de la Cuve d'attaque, la température de produit recyclé et le taux de recyclage qu'ils sont nécessaires de mettre en œuvre pour réaliser le produit avec la qualité désirée ;
- Le retard de passation de l'information au niveau d'enchaînement de différentes étapes d'élaboration de produit (informations sur les propriétés de la matière première ainsi que le manque des mesures parallèles avec la production) ;
- Changement de la qualité granulométrique de produit fini lors de stockage.

2. Quantification et analyse des causes racines :

Le refus se produit tout le long du processus de fabrication depuis la cuve d'attaque jusqu'à l'expédition des engrais. Pour entamer l'étude, il s'avère intéressant d'examiner le problème en grandeurs mesurables afin de mieux apprécier l'amélioration.

2.1. La granulométrie du produit granulé :

Au cours de la période de notre stage, des améliorations sont effectuées sur la chaîne de production au mois de février, pour but de minimiser la quantité de refus et par conséquent avoir un maximum de grains dont la taille est incluse dans l'intervalle de produit désiré.

Le tableau ci-dessous résume les tâches réalisées pour l'amélioration de la productivité et l'optimisation de refus :

<u>Amélioration</u>	<u>objectif</u>	<u>Conséquences de la situation initiale</u>	<u>Avantages de l'amélioration</u>
Changement des grilles métallique du TV par des grilles caoutchouté	Eviter l'engorgement de débit du produit à classifier	- Coincement du block dans les mailles des gilles - Charge supplémentaire pour le nettoyage	- Eviter l'encrassement des grilles - Réduire la quantité de produit fini passant au concasseur, diminuer la surcharge du circuit - Baisser la fréquence de nettoyage et l'arrêt non programmé
Installation d'une cloison répartiteur au sein de chaque couloir du TV	Assurer une répartition équitable du produit au niveau de chaque crible	-Mauvais rendements des cribles - fréquence de nettoyage des étoiles élevé	- Augmenter les rendements des cribles - Stabilité des marches des lignes



			- Amélioration des conditions de travail
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Installation des grilles dans les jetées ✓ Installation d'un électroaimant dans la bande sauterelle ✓ Installation du vérin 	Amélioration du fonctionnement des broyeurs	<ul style="list-style-type: none"> - Déclenchement fréquent des broyeurs suite à la présence de ferraille - Difficultés de réglage et manipulation des broyeurs - 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire les pannes et le temps d'intervention au niveau des broyeurs. - Faciliter la conduite des broyeurs
Changement des toiles des cribles de l'étage inférieur 2.15*50mm par 3.2*50mm	Incité le système de criblage à produire une gamme granulométrique précise	- Une large gamme granulométrique	- Réduire la dispersion de la gamme granulométrique de produit fini de [2 4] à [3 4]
Elargissement des caissons d'assainissement avec installation des bavettes en caoutchouc	Améliorer le système d'assainissement au niveau des TV	<ul style="list-style-type: none"> - Environnement poussiéreux - Usure des appareils 	- Amélioration des conditions de travail

Tableau 13: les améliorations apportées à l'atelier

On va se baser sur une étude statistique pour montrer l'effet de l'amélioration apportée à l'atelier.

2.1.1. Etude statistique :

2.1.1.1. Introduction :

Le but de la statistique est d'extraire des informations pertinentes de la liste des valeurs qui sont difficile à interpréter par une simple lecture (voir annexe3).

Comme base de calcul on va prendre les résultats d'analyse granulométrique de la ligne NORD de l'atelier de production TSP des mois de janvier et de février de l'année 2013.

Noté Bien:

- La fréquence d'échantillonnage, est de 3 fois par post. On va considérer que le facteur du poste sans effet.
- L'unité est le pourcentage de produit inclus dans la gamme granulométrique [2,5-4] mm.

2.1.1.2. Etude comparative des deux échantillons de données:

Cette étude à pour but d'évaluer l'efficacité des changements des améliorations apportées à l'atelier pour s'adapter à la nouvelle qualité exigée par l'AFCOME surtout la qualité granulométrique du produit.

On va se focaliser alors sur le pourcentage du produit inclus dans la gamme granulométrique [2,5-4] mm pour les deux mois de janvier et de février de l'année 2013 (annexe3).

- Domaine d'avantage :

On va calculer des statistiques aussi tracer des graphiques pour chaque échantillon (mois) et effectuer divers tests pour déterminer s'il y a lieu des différences significatives entre les deux mois.

- Statistiques résumées :

	<u>janvier</u>	<u>Février</u>
<u>Effectif</u>	223	224
<u>Moyenne</u>	69,4709%	74,3259%
<u>Ecart-type</u>	6,26788%	5,67633%
<u>Coef. de variation</u>	9,02232%	7,63708%
<u>Minimum</u>	46,0%	49,0%
<u>Maximum</u>	81,0%	89,0%
<u>Etendue</u>	35,0%	40,0%

Tableau 14: présentation des calculs statistiques

- Intervalle de confiance à 95,0% pour la moyenne de janvier: $69,4709 \pm 0,827163$ [68,6437; 70,298] ;
- Intervalle de confiance à 95,0% pour la moyenne de Février: $74,3259 \pm 0,747404$ [73,5785; 75,0733].

- Comparaison des moyennes

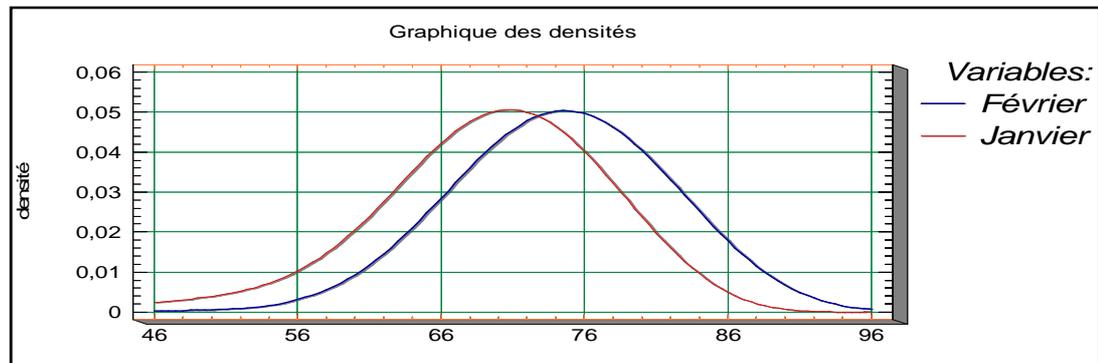


Figure 6 : graphique des densités

- Test t de comparaison des moyennes :

- ❖ Hypothèse nulle: moyenne (février) = moyenne (janvier)
- ❖ Hypothèse Alt.: moyenne (février) \neq moyenne (janvier)
- ❖ En supposant l'égalité des variances: $t = 8,58429 \Rightarrow$ Probabilité = $1,6346 \cdot 10^{-7}$
- ❖ Rejet de l'hypothèse nulle pour $\alpha = 0,05$

- ✓ Conclusion1.

Il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes au niveau de confiance de 95,0%.

- Comparaison des médianes :

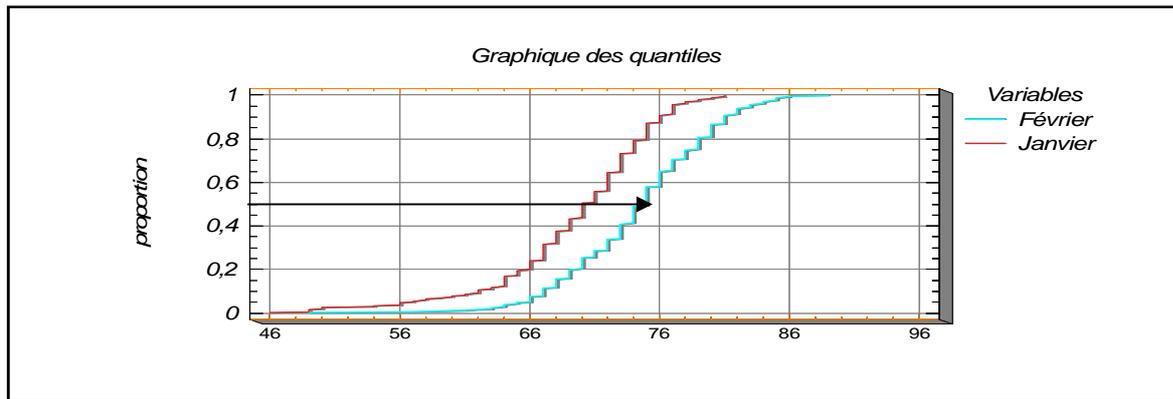


Figure 7 : graphique des quantités

- ✓ Conclusion2 :

Il y a une différence statistiquement significative entre les médianes au niveau de confiance de 95,0%.

- Comparaison des écarts-types :

	<u>janvier</u>	<u>Février</u>
<u>Ecart-type</u>	6,26788	5,67633
<u>Variance</u>	39,2863	32,2207
<u>Ddl</u>	222	223

Tableau 15: les paramètres de dispersion

Rapport des variances = 0,82015

- Test F de comparaison des écarts-types :
- ❖ Hypothèse nulle: $\sigma(\text{février}) = \sigma(\text{janvier})$
- ❖ (1) Hypothèse Alt: $\sigma(\text{février}) \neq \sigma(\text{janvier})$
- ❖ $F = 0,82015 \rightarrow \text{Probabilité} = 0,139927$
- ❖ Ne pas rejeter l'hypothèse nulle pour $\alpha = 0,05$

- ✓ Conclusion3 :

Il n'y a pas de différence significative entre les écarts-types des deux échantillons au niveau de confiance de 95,0%.

2.1.1.3. Conclusion :

On constate qu'il y a une différence entre les deux mois. Pour une estimation quantitative de la différence pour voir s'il y a une satisfaction parallèle aux améliorations apportées à l'atelier de production TSP:

- Le pourcentage de produit inclus dans la gamme prédéfinie est évolué pour le mois de février par rapport au mois de janvier (à noter : %Eg : Taux d'évolution de la qualité granulométrique par rapport au mois de janvier) ;



$$\%E_g = 100 \times \frac{[moy(f\acute{e}vrier) - moy(janvier)]}{moy(janvier)}$$

A.N : $\%E_g$ moyenne = 7% ; $\%E_g$ médiane = 7.14 % .

- Incertitude (février) < incertitude (janvier) : ce qui implique la variabilité du pourcentage de produit inclus dans la gamme granulométrique [2,5-4] mm est diminuée, l'incertitude réduite, ce résultat nous a permis de constater que les améliorations de l'atelier conduisent à une stabilité considérable au procédé de fabrication du TSP.

2.2. Le dysfonctionnement de la bascule de recyclage:

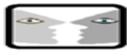
La Bascule de recyclage est l'un des paramètres les plus importants pour la bonne maîtrise de la production. Elle mesure le débit de produit recyclé et par conséquent la quantité de refus qui va entrer au GRANULATEUR.

La fiche Quick Kai zen : est la synthèse d'un processus de résolution de problème.

Afin de remonter aux différentes causes d'excès et de non maîtrise de refus de l'atelier de production des engrais, on opte pour la méthode Quick Kai zen qui permet de rechercher les causes d'un problème ou d'un dysfonctionnement.

2.2.1. Méthode de vérification:

A l'aide de formulaire ci-dessous, on vérifie la cause étudiée [6].

Vue	Toucher	Odeur	Expérience	Bruit	Contrôle et mesure	Standards et documentation
						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

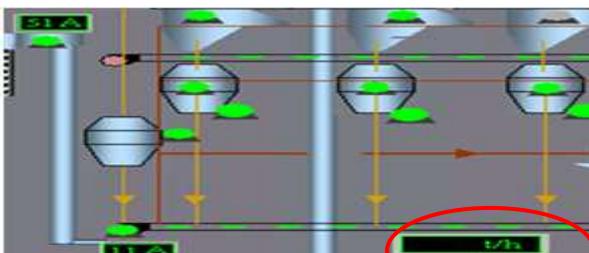
Problème :

Bascule de recyclage en arrêt et une estimation de débit par l'ampérage

Causes possibles :

- Vieillesse de l'appareil
- Qualité de bascule est mauvaise
- Le type de l'appareil est non convenable à la condition de production (excès de poussières)

Découverte:



Pas d'indication de débit de recyclage

Vérification :

Le suivi de l'ampérage de l'élévateur donne une indication approximative sur le débit de produit recyclé (annexe 4).

Pour vérifier cette possibilité on va faire un collecte des données de suivi de ces deux variables et une étude pour chercher s'il existe une corrélation entre elles

Action :

Pour la résolution de ce problème on va tenter à modéliser (par la méthode de la régression (voir annexe4) ces deux paramètres pour éliminer le non connaissance de quantité du produit recyclé.

2.2.2. Analyse mathématique :

Avant de commencer cette analyse on pose les questions suivantes :

- Est-ce que le suivi de l'ampérage de l'élévateur de recyclage nous approche à la vraie quantité de refus qui passe par la bande de recyclage ?
- Est-ce qu'il ya un lien logique (mathématique) entre ces deux variables ?
- Est-ce que ce lien mathématique est vraiment important et significatif de telle sorte on suit L'ampérage pour résoudre le problème d'arrêt de la bascule ?
- Combien on a pour expliquer cette variation et avec combien d'erreur résiduel ?
- Est-ce que l'erreur de notre Modèle est acceptable ?

➤ Pour répondre à ces questions on réalise une étude mathématique

❖ Variable à expliquer: Q recyclé ;

❖ Variable explicative: Ampérage Elévateur de Recyclage.

- Signification des Coefficients :

	<u>Estimation des moindres carrés</u>	<u>Erreur type</u>	<u>t</u>	<u>Probabilité</u>
<u>Ordonnée</u>	-857,577	107,059	-8,01035	0,0000
<u>Pente</u>	277,067	28,4684	9,73246	0,0000

Tableau 16 : résultat de la méthode des moindres carrés

❖ Coefficient de corrélation = 0,736292

❖ R-carré = 54,2126 % et R-carré (ajusté pour les ddl) = 53,6403 %

❖ Estimation de l'écart-type du résidu = 12,4836

- Analyse de variance :

<u>Source</u>	<u>Somme des carrés des écarts</u>	<u>Ddl</u>	<u>Carré moyen</u>	<u>F</u>	<u>Probabilité</u>
<u>Modèle</u>	14761,3	1	14761,3	94,72	0,0000
<u>Résidu</u>	12467,2	80	155,84		
<u>Total (Corr.)</u>	27228,5	81			

Tableau 17 : analyse de variance

- L'équation du modèle ajusté est:

Les résultats de l'ajustement d'un modèle logarithmique par la méthode des moindres carrés pour décrire la relation entre Q recyclé et Amp/E/R nous a donné l'équation suivante :

$$Q_{\text{recyclé}} = -857,577 + 277,067 \times \ln(A_{ER})$$

- Interprétation :

Comme la valeur de la probabilité dans le tableau de l'ANOVA est inférieure à 0,05, il y a une relation statistiquement significative entre Q recyclé et Ampérage de l'élévateur de Recyclage au niveau de confiance de 95,0%.

La statistique de R² indique que le modèle ajusté explique 54,33% de la variabilité de la Q_{recyclé}. Le coefficient de corrélation vaut **0,737**, ce qui indique une relation modérément forte entre les variables.

- ✓ Valeurs prévues :

Ce tableau donne les valeurs prévues de Q_{recyclé} en utilisant le modèle ajusté.

- ❖ intervalle de prévision à 95,0% pour les nouvelles observations ;
- ❖ intervalle de confiance à 95,0% pour la moyenne d'un ensemble d'observations.

Le tableau ci-dessous montre un exemple des intervalles de prévision et de confiance

<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Limite de prévision</u>		<u>Limite de confiance</u>	
		<i>inférieure</i>	<i>supérieure</i>	<i>inférieure</i>	<i>supérieure</i>
A _{ER}	<i>prévu</i>				
39,0	157,475	131,887	183,063	151,346	163,605
48,0	215,005	189,234	240,777	208,15	221,861

Tableau 18 : présentation des valeurs prévues

- Conclusion pour la Régression :

Comme l'analyse de la validité du modèle mathématique montre que son pouvoir prédictif est non fiable, à cause de non régularité de l'ampérage de l'élévateur de recyclage, car ce dernier est influencé par des perturbations propres à l'équipement comme :

- Le non stabilité de la Chaîne cinématique de l'élévateur ;
- Ecrasement des godée ;
- Calibration de l'équipement.

Donc ce modèle reste juste un moyen de prédiction de la quantité recyclé ce qui explique l'erreur au niveau de la valeur prise par l'opérateur.

A la prise de ce model, on peut diminuer l'erreur causé par l'estimation du débit recyclé.

2.3. Influence des paramètres de marche sur la qualité du produit :

2.3.1. Les causes possibles :

- Mauvaise fluidité et écoulement de la bouillie ;
- Non réglage de l'humidité de la bouillie et par conséquent la formation de sur-granulés ;
- Le non stabilité et maitrise de la température du produit recyclé ;
- Le taux de recyclage non considérable.

Dans cette partie on va traiter les paramètres contrôlables qui peuvent influencer sur la qualité de produit ainsi sa granulométrie en se basant sur des expériences exercées avec les paramètres de marche (annexe5) tout en assurant le suivie de la variation de productivité en fonction des paramètres influencés afin d'élaborer un modèle mathématique multi varié.



<u>facteur</u>	<u>Contraintes</u>	<u>Dépendant</u>	<u>Le suivie</u>
Débit d'écoulement de la bouillie	Absence d'un appareil de mesure	Débit de phosphate	oui
		Débit d'acide phosphorique	oui
		Débit de vapeur	Non
L'humidité de la bouillie	Absence d'un appareil de mesure	T° du Cuve d'Attaque	oui
débit de refus recyclé	Bascule de recyclage en arrêt	Ampérage de l'élévateur de recyclage	oui
Temps de séjour de la granulation	Pilotage par modification de la hauteur du seuil	Hauteur du seuil	fixé
Température de produit recyclé.	Même T° de produit fini s'il ya pas un recyclage d'un refus extérieur	Prise d'échantillon au niveau de la bande de recyclage	Non
La granulométrie du refus à recycler (finesse)	Absence d'un suivie et de contrôle de différente tranche granulométrie de refus	Prise d'échantillon au niveau de la bande de recyclage	estimé

Tableau 19: les paramètres influençant sur la qualité du produit

2.3.2. Méthode de modélisation :

Afin de déterminer avec le maximum de précision l'influence respective des différents paramètres de conception ou de fabrication de produit TSP, On souhaite ajuster un modèle multilinéaire. On dispose de plusieurs Facteurs qui sont les paramètres de marche, le tableau de l'annexe 5 illustre les valeurs que j'ai pris pour faire l'étude.

La méthode suivie pour rechercher les estimations des coefficients de régression est la méthode des MOINDRES CARREES qui consiste à minimiser la somme de l'erreur issue de l'ajustement de modèle.

Les résultats de l'ajustement d'un modèle de régression linéaire multiple pour décrire la relation entre le Débit du Produit fini et 4 variables explicatives, ainsi que les interactions entre eux. L'équation du modèle ajusté est:

Débit produit fini

$$\begin{aligned}
 &= -1699,99 + 225,636 \times D_{\text{phosphate}} - 119,64 \times D_{\text{Acide Phosphorique}} + 8,86841 \\
 &\times T_{\text{cuve d'attaque}} + 10,5708 \times A_{ER} + 4,42182 \times D_{\text{phosphate}} D_{\text{Acide phosphorique}} \\
 &- 1,56152 \times D_{\text{phosphate}} * T_{\text{cuve d'attaque}} - 0,386467 \times D_{\text{phosphate}} * A_{ER} \\
 &+ 0,963886 \times D_{\text{acide phosphorique}} T_{\text{cuve d'attaque}} - 1,5551 \times D_{\text{acide phosphorique}}^2 \\
 &- 3,38605 \times D_{\text{phosphate}}^2
 \end{aligned}$$

- Exemple de calcul :

<u>facteur</u>	<u>Valeur</u>
constante	1
<u>Plage d'entrer</u>	
$D_{\text{phosphate}}$ (T/h)	26
$D_{\text{Acide Phosphorique}}$ (m ³ /h)	34



<u>Plage d'entrer</u>	$T_{cuve\ d'attaque} (^{\circ}C)$	104	
	$A_{ER} (Ampère)$	50	
<u>Interactions</u>	$D_{phosphate} D_{Acide\ phosphorique}$	884	
	$D_{phosphate} * T_{cuve\ d'attaque}$	2704	
	$D_{phosphate} * A_{ER}$	1300	
	$D_{acide\ phosphorique} * T_{cuve\ d'attaque}$	3536	
<u>Terme quadratique</u>	$D_{phosphate}^2$	676	
	$D_{acide\ phosphorique}^2$	1156	
Consommation spécifique d'ACP(T/T)		0,364	
Consommation spécifique du phosphate(T/T)		0,452	
<u>Plage de sortie</u>	<u>Débit prédit (selon le modèle ajusté par la RLM) de produit fini en T/h</u>		<u>55,41</u>
	Débit de Produit fini (en T/h) selon les Consommation Spécifique	ACP	55,31
		phosphate	57,14

Tableau 20: application du modèle mathématique

2.3.3. Validation du modèle :

- Analyse de variance :

La décomposition de la variabilité pour montrer que la majeure partie de la variabilité de débit de produit fini s'explique par celle des variables explicatifs et que la variabilité des erreurs est petite.

<u>Source</u>	<u>Somme des carrés</u>	<u>Ddl</u>	<u>Carré moyen</u>	<u>F</u>	<u>Probabilité</u>
<u>Modèle</u>	17116,2	10	1711,62	40,62	0,0000
<u>Résidu</u>	3918,8	93	42,1377		
<u>Total (Corr.)</u>	21035,0	103			

Tableau 21: présentation des calculs du modèle mathématique

- Comme la valeur de la probabilité dans le tableau de l'ANOVA est inférieure à 0,05, il y a une relation statistiquement significative entre les variables au niveau de confiance de 95,0% . ;
- La statistique du R-carré indique que le modèle ajusté explique 81,3701% de la variabilité de Débit Produit fini ;
- La statistique du R-carré ajusté, qui est plus adaptée pour comparer des modèles comportant des nombres différents de variables explicatives, est 79,3668% ;
- L'erreur-type d'estimation indique que l'écart-type des résidus est de 6,49135 ;
- La signification des variables explicatives et les interactions déjà présentes dans l'équation soient testées. Les variables qu'apportent une contribution significative. Sont ceux ayant une valeur de probabilité inférieure à 0,05.

<u>Source</u>	<u>Somme des carrés</u>	<u>Ddl</u>	<u>Carré moyen</u>	<u>F</u>	<u>Probabilité</u>
$D_{phosphate}$	10563,0	1	10563,0	250,68	0,0000
$D_{Acide\ Phosphorique}$	1463,03	1	1463,03	34,72	0,0000
$T_{cuve\ d'attaque}$	65,2128	1	65,2128	1,55	0,2166

A_{ER}	257,556	1	257,556	6,11	0,0152
$D_{phosphate} D_{Acide phosphorique}$	753,805	1	753,805	17,89	0,0001
$D_{phosphate} * T_{cuve d'attaque}$	1186,02	1	1186,02	28,15	0,0000
$D_{phosphate} * A_{ER}$	455,294	1	455,294	10,80	0,0014
$D_{acide phosphorique} T_{cuve d'attaque}$	1827,85	1	1827,85	43,38	0,0000
$D_{acide phosphorique}^2$	165,67	1	165,67	3,93	0,0503
$D_{phosphate}^2$	378,669	1	378,669	8,99	0,0035
Modèle	17116,2	10			

Tableau 22: analyse de la validité des coefficients du modèle

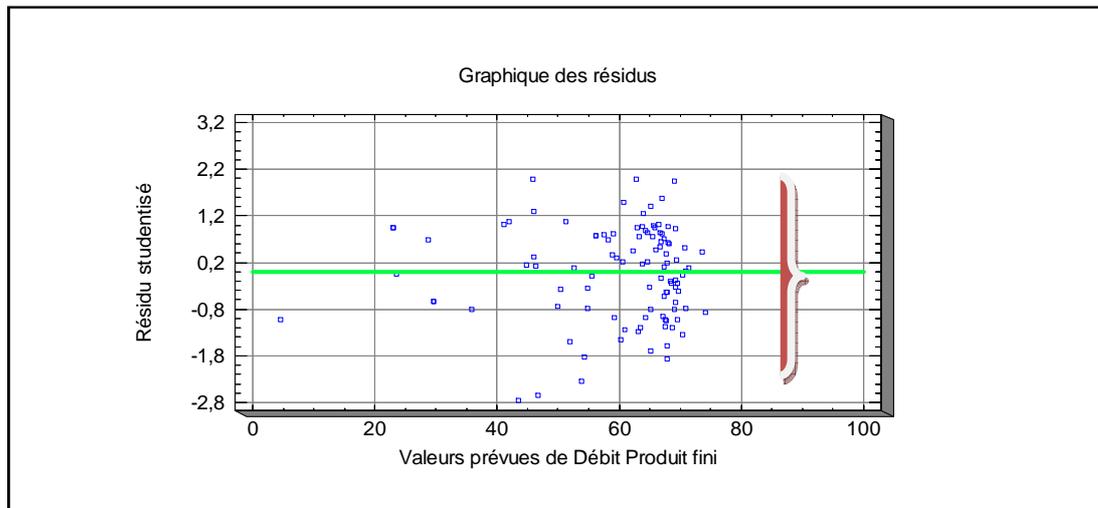


Figure 8 : graphique des résidus studentisés

Les corrélations estimées entre les coefficients du modèle ajusté :

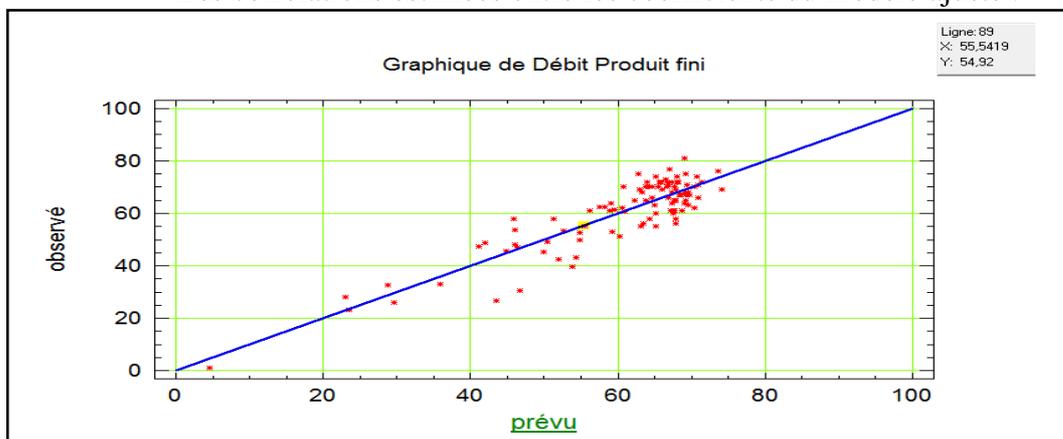


Figure 9 : graphique de corrélation de débit produit fini prévu et les valeurs expérimentales

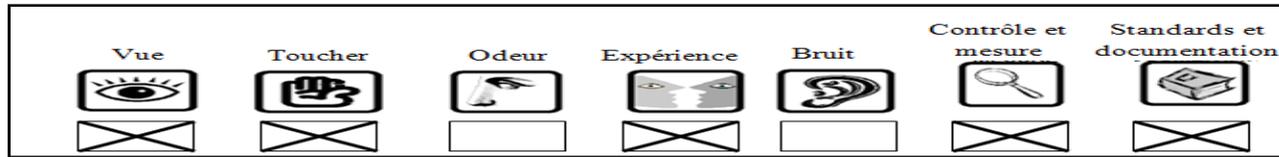
• Conclusion :

Un respect de la qualité désiré d'un produit industrialisé, dépend des paramètres de réglage du processus, des caractéristiques de la matière première et de la capabilité du processus.

2.4. Le non contrôle des débits sortants des équipements de production :

Un manque d'indication journalière concernant la quantité sortante de chaque équipement (cuve d'attaque, granulateur, tube sécheur,...) ce qui traduit par l'ignorance de la qualité de produit sortant de chacun ainsi que les anomalies produites. Afin de bien maîtriser les besoins en production.

Pour vérifier cette cause, on utilise le formulaire suivant [6].



Problème :

Pas d'indication journalière du débit de la bouillie à la sortie de la cuve d'attaque

Causes possibles :

- Le non contrôle de la qualité de produit
- Le non maîtrise de la détérioration de matériels
- Le non maîtrise de la granulation du produit

Découvertes :

Lors de l'enregistrement des paramètres de production

Vérification :

Absence dans la feuille de marche des informations indiquant le débit journalière de la bouillie produite dans la cuve d'attaque.

2.5. Le retard de passation de l'information entre les agents :

Ne pas négliger également le fait qu'un même problème concerne dans la plupart des cas plusieurs personnes bien formés au niveau des connaissances qui peuvent agir sur le contrôle du problème. Par conséquent, Il est nécessaire de recenser les idées de tous afin d'assurer une bonne résolution (délai et qualité).

Il est nécessaire d'effectuer des formations pour permettre aux opérateurs de bien connaître leur travail et les outils nécessaires pour améliorer la production.

2.6. Changement de la qualité granulométrique de produit fini lors de déstockage:

Au cours de l'expédition et les moments de déstockage de produit fini, le dégagement de poussières lors de la manutention engendre une modification de sa taille granulométrique et une diminution de la performance.

3. Conclusion :

Une fois les causes racines bien visualisées, on passe à l'étape de la détermination des actions adéquates afin de remédier aux problèmes physiques et chimiques détectées au niveau de l'atelier de production des engrais.

Dans ce cadre, vient s'annoncer le but du chapitre suivant qui s'articule sur l'application des actions proposées comme remèdes aux causes potentielles détectées.

Chapitre IV : - Actions et contre-mesures sur les pertes & Vérification des résultats.

Dans ce chapitre sont détaillées les actions proposées sur l'optimisation de la quantité de refus afin d'atteindre les buts fixés.

I. Actions et contre-mesures :

1. Introduction :

Une fois que les causes racines ont été identifiées, il incombe de mettre en œuvre le plan d'action qui vise à éliminer une faiblesse détectée dans le système ou la cause d'une non-conformité afin d'en empêcher la réapparition.

Après la détection des causes racines ayant comme effet la perturbation de l'atelier de production des engrais, on propose des actions ayant pour but la réalisation des performances souhaitées.

2. Actions sur les problèmes détectés :

<u>N°</u>	<u>Problème</u>	<u>Action proposée</u>
1	Insuffisance de temps de séjour au niveau du GRANULATEUR	L'augmentation de la hauteur du seuil du GRANULATEUR
2	Détérioration de l'efficacité de système de classification, suite au bouchage des grilles et des toiles.	Installation d'un nouveau crible finisseur.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Débordement fréquent de la bouille au niveau de la goulotte vers le GRANULATEUR ; - Le non maîtrise de la granulation du produit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation d'une pompe qui permet le contrôle de débit de la bouillie. ; - Ajout des débitmètres à la sortie de matière. : - Le suivie et l'enregistrement des mesures de débits par chaque post.
4	Le dysfonctionnement de la bascule de recyclage	<ul style="list-style-type: none"> - L'adoption de l'équation mathématique trouvée pour connaître le débit recyclé à la place de l'indication de l'ampérage afin de minimiser l'erreur ; - La remise en service de la bascule de recyclage.
5	Retard de passation de l'information entre les opérateurs	Assurer que les valeurs des caractéristiques chimiques de la matière première sont connues par l'opérateur au cours de la production pour l'aider à accomplir sa mission sans aucune difficulté.
6	Le non prévision du débit de produit fini	Adoption du modèle mathématique pour contrôler le débit de produit fini.
7	.Dégradation de la qualité granulométrique de produit lors de l'expédition	Enrobage de produit stocké et mure par l'huile

Tableau 23: présentation des actions proposées

3. Action 1 : L'augmentation de la hauteur du seuil du granulateur :

Une quantité de produit est restée fixe dans le granulateur, assurée par une capacité de ce dernier, une inclinaison et un seuil de Hauteur bien déterminée à la sortie du granulateur qui limite cette quantité.

Pour profiter de la capacité du granulateur et allonger la quantité du produit piégé dans ce dernier, aussi augmenter la productivité, toute en assurant une bonne granulation du produit due à l'augmentation du temps de séjour de produit dans le granulateur

La capacité du granulateur est assez suffisante pour étaler le seuil afin de profiter des avantages déjà présentées dans le chapitre précédent.

Après une décision des responsables de l'atelier, un accroissement de la hauteur du seuil de 10 cm est fait au 29/04/2013, la figure suivante montre l'action :

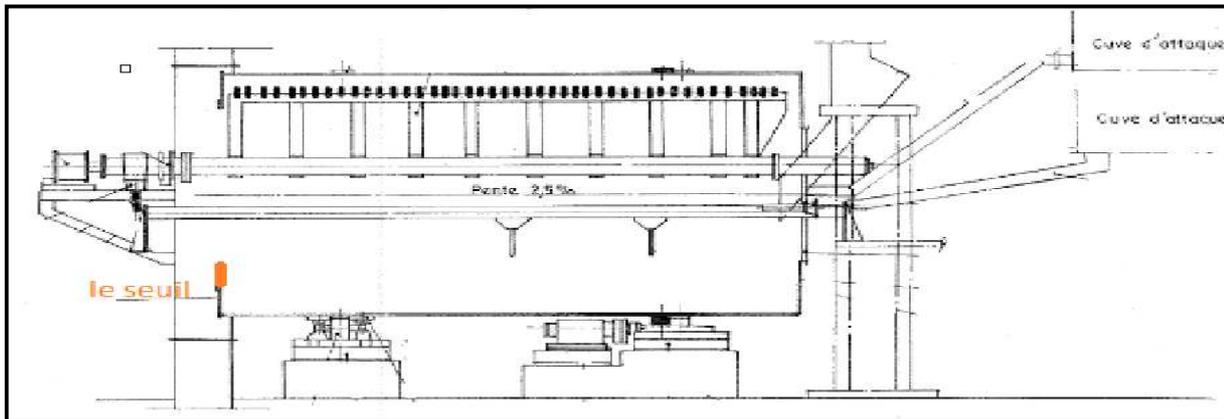


Figure 10 : schéma explicatif de l'amélioration au niveau du granulateur :



Figure 11 : illustration sur terrain montrant le seuil

Pour réaliser une comparaison afin de vérifier l'amélioration, on suit les paramètres de sortie avant et après la modification :

- Correspondant à la productivité ;
- Correspondant à la qualité de produit fini.

4. Action 2 : Ajout d'un crible finisseur :

Pour bien maîtriser la production il faut réaliser une amélioration relative à la section de classification, dans laquelle on va ajouter un crible finisseur, pour :

- Augmenter l'efficacité de la section de classification
- Augmenter la productivité.
- Préciser le contrôle de la gamme granulométrique.



- Comment :

L'inspection sur terrain a montrée qu'il y à la possibilité d'installer un nouveau crible finisseur qui permet de refaire la classification du produit sortants de l'ensemble des cribles. Cette solution reste encore à faire valider au bureau d'étude.

5. Action3 : Ajout des indicateurs à la sortie de la cuve d'attaque et à l'entrée du GRANNULATEUR:

Afin de bien savoir les indications nécessaires pour le contrôle de la qualité granulométrique du produit, il faut ajouter des indicateurs :

- Au niveau de la cuve d'attaque :
 - Un débitmètre massique a comme rôle de mesurer la quantité optimale de matière la traversant et il permet de s'affranchir de l'erreur due aux variations de densité de l'acide phosphorique. ;
 - Le contrôle par poste du taux d'humidité de la bouillie par prise d'échantillon.
- Au niveau du GRANNULATEUR
 - Le suivie de la Température de produit recyclé.

6. Action 4 : minimisation de l'erreur de l'indication de débit de recyclage :

Pour réaliser cette action on adopte de l'équation mathématique trouvée au chapitre précédent, pour connaitre le débit recyclé à la place de l'indication de l'ampérage afin de minimiser l'erreur.

L'équation du modèle est la suivante :

$$Q_{recyclé} = -857,577 + 277,067 \times \ln(A_{ER})$$

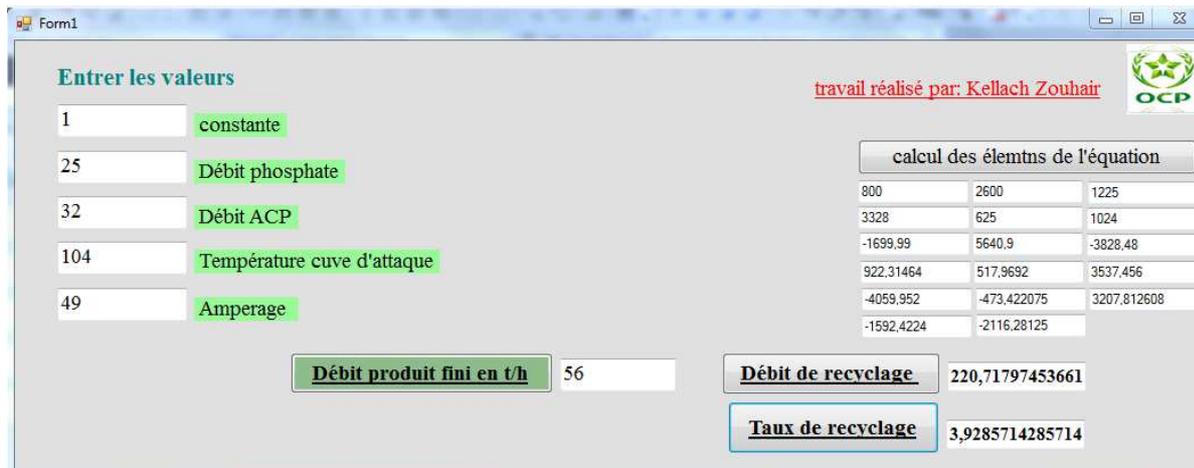
7. Action 5 : contrôle de débit de produit fini :

Pour contrôler le débit de produit fini à partir des paramètres de marche et le calculé avant la production, on s'appuie sur le modèle mathématique trouvé dans le chapitre précédent.

Dans le but de simplifier l'utilisation du modèle et le rendre pratique pour que tout opérateur puisse l'employer, on va le programmer sur une interface à base du logiciel Visual Basic.NET (annex6), qui est un outil visuel permettant de créer une interface graphique. L'intérêt de ce langage est de pouvoir associer aux éléments de l'interface (boutons, images, champs de texte, menus déroulants,...) des portions de code associées à des événements.

7.1. Interface VB.NET:

La figure ci-dessus montre l'interface créée par le logiciel :



Form1

travail réalisé par: Kellach Zouhair

calcul des éléments de l'équation

800	2600	1225
3328	625	1024
-1699,99	5640,9	-3828,48
922,31464	517,9692	3537,456
-4059,952	-473,422075	3207,812608
-1592,4224	-2116,28125	

Entrer les valeurs

1 constante

25 Débit phosphate

32 Débit ACP

104 Température cuve d'attaque

49 Amperage

Débit produit fini en t/h 56

Débit de recyclage 220,71797453661

Taux de recyclage 3,9285714285714

Figure 12 : interface VB.NET

8. Action 6 : Enrobage de produit déstocké par une huile anti-poussière :

Dans le but de garder la qualité de produit déstocké, un ajout d'une huile anti-poussière est nécessaire.

L'enrobage de produit par cette huile assure un écoulement facile et les frottements entre les grains TSP ne vont pas produire des poussières grâce à la fluidité assurée par ce produit.

- Le nom d'huile utilisé est: FERTALA 7031

L'utilisation de FERTALA 7031 entre dans le cadre de la protection de la santé et de l'environnement, c'est un agent dépoussiérant qui assure une bonne conservation de la qualité physique du produit ainsi que la diminution des pertes issues lors du transport.

Le mode d'utilisation d'huile d'enrobage consiste à pulvériser (une quantité bien déterminée) à l'aide d'une pompe installée au-dessous de la bande HA63 d'expédition à REX-II « voir le circuit d'enrobage ». À savoir que la quantité à utiliser doit être optimale de façon à ne pas avoir un lâchement des gouttelettes d'huile d'enrobage.



Figure 13 : Fut d'huile et Pompe à piston

Noté Bien :

L'injection d'huile doit être après le mûrissement du produit TSP par ce que le Taux d'humidité se qui cause l'arrêt de murissement n'évolue pas au cours de ce stade este risque du blocage du murissement.

Sauf qu'il ya des précautions à prendre et des ambiguïtés concernant l'exactitude et L'adéquation entre l'huile et le produit TSP.

- Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles d'huile d'enrobage :

<u>Etat physique</u>	liquide
<u>Couleur :</u>	brun foncé
<u>Odeur :</u>	de Soufre piquante
<u>pH :</u>	4,6 - 5,5 (20 °C, 0,0735 g/l)
<u>Point d'écoulement :</u>	-3,15 °C
<u>Point d'ébullition :</u>	346,85 °C
<u>Température d'inflammation</u>	276 °C
<u>Pression de vapeur</u>	0,0227 kPa (25 °C)
<u>Masse volumique</u>	0,9587 - 9.694 g/cm ³

Tableau 24: les caractéristiques d'huile d'enrobage



Figure 14 : pulvérisation d'huile au niveau de la bande de déstockage

Le schéma suivant illustre la manière d'usage de l'opération d'enrobage.

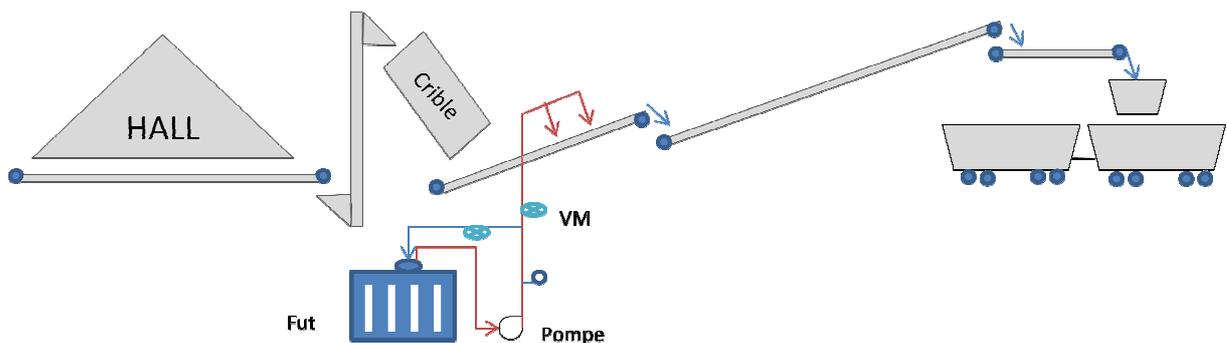


Figure 15 : schéma du circuit d'enrobage

- Construction des essais :

Pour le choix de la quantité optimale et la sélection du mode de pulvérisation d'huile d'enrobage un série des essais est effectuée :

Le totale du produit enrobé 2403.65T (45 wagons) pour les 3 essais.

<u>Essai</u>	<u>Date</u>	<u>Fournisseur</u>	<u>Quantité totale enrobé(T)</u>	<u>Quantité d'huile en kg/ T de TSP mure</u>	<u>Nombre des buses</u>	<u>Conformité</u>	<u>Commentaire</u>
1	06/05/2013	CLARIANT	1134.65	2.08	2	NC	- Poussière - Odeur piquante - Produit non homogène
2	07/05/2013	CLARIANT	634.45	2,27	2	Quasi-Conforme	- Poussière - Odeur piquante
3	08/05/2013	CLARIANT	634.55	3.04	2	Conforme	- Odeur piquante - Produit homogène - Pas de poussière

Tableau 25: les essais d'enrobage



Figure 16 : Produit avant et après l'enrobage



Figure 17 : Déchargement du wagon vers trémie

- Analyse des points critiques:

La satisfaction suite à l'utilisation d'huile d'enrobage est basée sur des critères de manutention ainsi qu'avoir un produit TSP amélioré plus proche à la qualité AFCOME afin d'assurer la conservation de la qualité chimique et granulométrique du produit.



GRANULOMETRIE (tranches)

Référence	> 6,30 mm	> 5,00 mm	> 4,00 mm	> 3,15mm	> 2,50 mm	> 2,00 mm	> 1,00 mm	> 0,50 mm	> 0,20mm
D2 du 07/05/13	0	1	9	72	99	100	100	100	100
D2 du 08/05/13	0	0	4,4	50	92,6	98,7	100	100	100

• Analyses chimique :

	<u>H2O%</u>	<u>A.L%</u>	<u>P2O5 SE%</u>	<u>P2O5 SE+SC %</u>	<u>P2O5 TOTAL%</u>	<u>Cd ppm</u>
D2 du 07/05/13	3,4	1,28	43,78	46,17	47,61	18,0
D2 du 08/05/13	3,5	1,07	44,86	46,33	47,77	19,2

• Interprétation des résultats expérimentaux

- Poussière quasi-nulle au moment de déchargement des wagons au port ;
- Pas de prise en masse du produit ;
- Une couleur normale du produit TSP ;
- Dégagement d'une odeur piquante lors de la manipulation du produit.

Synthèse :

Après la réalisation de l'action de l'enrobage, les résultats des analyses des variables chimiques et des tranches granulométriques effectuées au laboratoire ont montré une validation des exigences de 'AFCOM et une satisfaction visuelle de la situation. Tous ces avantages jugent l'utilité d'huile d'enrobage

9. Action7 : Le démarrage du deuxième concasseur :

Le démarrage du deuxième concasseur qui va annuler la surcharge du circuit par des blocks.

10. Conclusion :

A la lumière des études réalisées nous avons proposé quelques actions pour l'optimisation de refus, l'augmentation de production et en même temps l'amélioration de la disponibilité de PE, ce qui exprime le fond de projet IQLAA lancé par l'OCP.

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée durant ce stage sur l'optimisation de la quantité de refus de l'atelier des engrais TSP de Maroc Chimie nous a permis :

D'identifier les problèmes significatifs et leurs causes principales et de proposer et concrétiser des actions d'amélioration visant à maîtriser ces problèmes et améliorer la production.

D'identifier, quantifier et analyser l'origine de refus occasionnés dans l'atelier de production des engrais TSP et proposer et réaliser des solutions pour leur minimisation.

Vu la complexité et le temps que nécessite l'achèvement d'un tel projet, notre contribution et nos actions étaient spécifiquement axées sur :

- La programmation d'un modèle mathématique vise à nous approcher de la vraie quantité de refus qui passe par la bande de recyclage ;
- L'augmentation de la hauteur du seuil du GRANULATEUR ;
- Ajout d'un crible finisseur ;
- Enrobage de produit stocké et mure par une huile.

Ceci dit que j'ai atteint les objectifs fixés lors du début de traitement de la problématique accordée.

Pour ces raisons, nous pouvons bien dire que ce stage de projet de fin d'études a été bien réussi grâce à l'acquisition de la notion de travail en équipe, le développement de notre savoir faire et l'occasion que j'ai eu pour faire le lien entre le monde professionnelle, les connaissances et la formation acquise.

Références

- **Bibliographie**

- [1] : Documentation OCP
[2] : Manuel procédé de l'atelier PE
[3] : Les étapes de résolution des problèmes
[6] : formulaire de la méthode de résolution de problème

- **Webographie**

- [4] : <http://www.ocpgroup.ma/groupe/vision/mission>
[5] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate>
[7] : <http://www.webprofesseur.com/vbnet/15440n1.htm>.

Les Annexes

Annexe 1

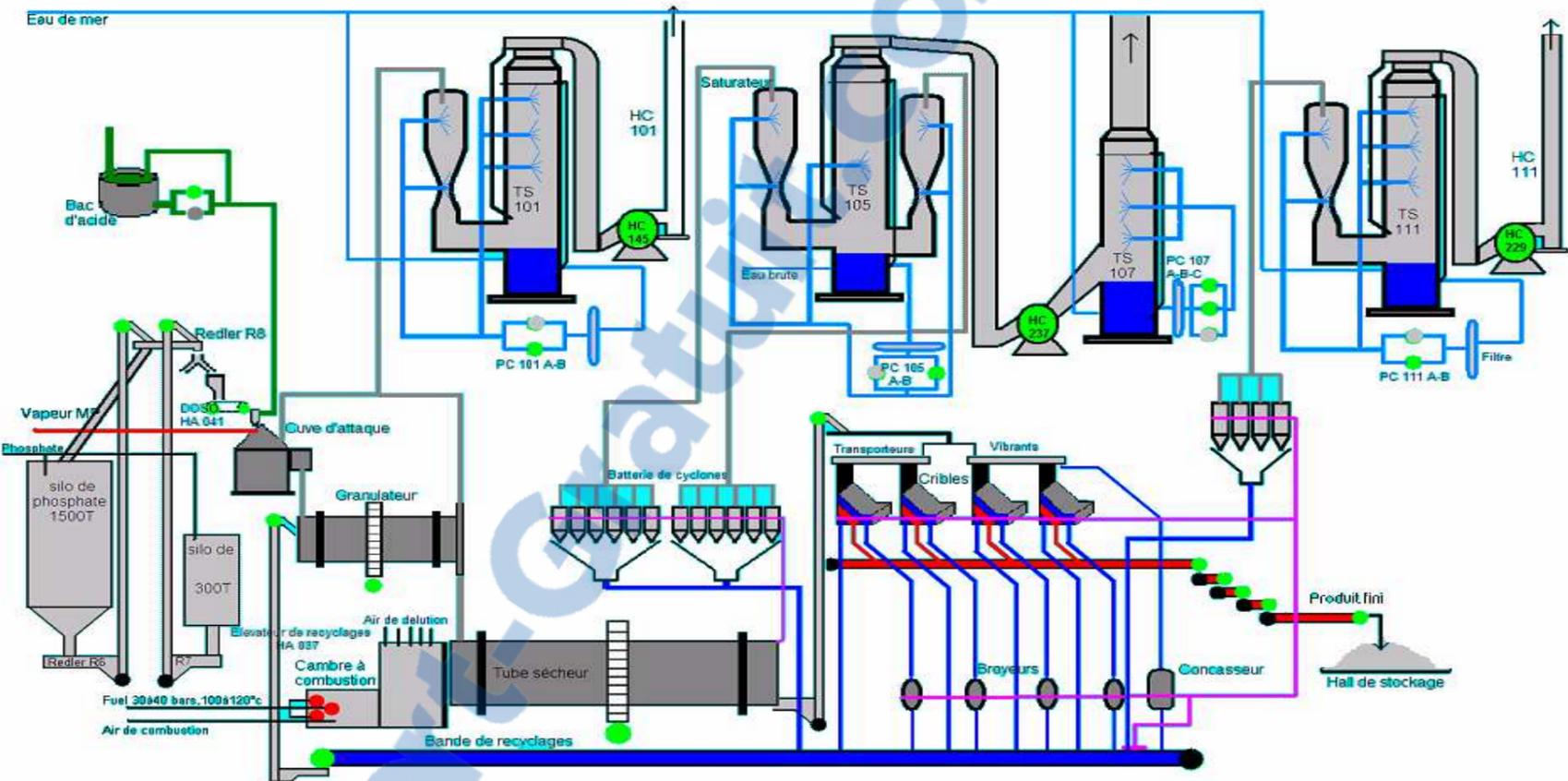


Figure 1.1 : Schéma global de procédé de fabrication des engrais

Désignation	Illustration	Equipements	Matière première	Des indications	Problèmes rencontrés	Solutions adéquates
<u>Schéma Circuit de phosphate</u>		<ul style="list-style-type: none"> 2 silos Système de fluidisation 3 readlers Bande doseuse 	- Phosphate broyé	<p><u>Nature du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Grains de 80 et 160µm 	- Bouchage par colmatage de phosphate humide.	- Débouchage manuel
<u>Schéma cuve d'attaque</u>		<ul style="list-style-type: none"> Une cuve d'attaque Un bac d'acide phosphorique Deux agitateurs. un pré mélangeur 	<ul style="list-style-type: none"> - Phosphate (30% en P2O5). - Acide Phosphorique 42% en P2O5 - Vapeur MP à 200°C. 	<p><u>Nature du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bouillie. <p><u>Écoulement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Par gravité. <p><u>Température d'entrée :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambiante. <p><u>Température de sortie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 à 104°C. 	- bouchage du prémélangeur	- Rinçage de ce dernier.
<u>Schéma du granulateur</u>		<ul style="list-style-type: none"> Un tambour tournant Deux roues lisses et une dentée Quatre galets de positionnement Un galet de guidage 	<ul style="list-style-type: none"> - Bouillie de la cuve d'attaque - Produit de recyclage 	<p><u>Nature du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Grains <p><u>Écoulement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Par entraînement 	<ul style="list-style-type: none"> -bouchage de la jetée d'entrée -bouchage de la goulotte sortie -usure des lames du décrocteur 	<ul style="list-style-type: none"> - débouchage par ringard - changement des lames.
<u>chambre de combustion</u>		<ul style="list-style-type: none"> - Ventilateur d'air de combustion. - Ventilateur d'air de dilution. - Deux bacs de stockage. - Un réchauffeur à vapeur. - Une pompe compression 	- Fuel liquide	<p>.....</p> <p>....</p>	<p>.....</p> <p>...</p>	<p>.....</p> <p>.</p>

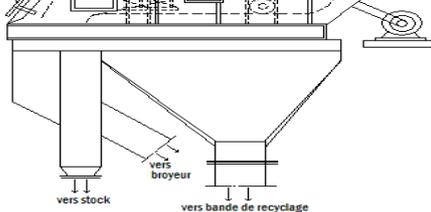
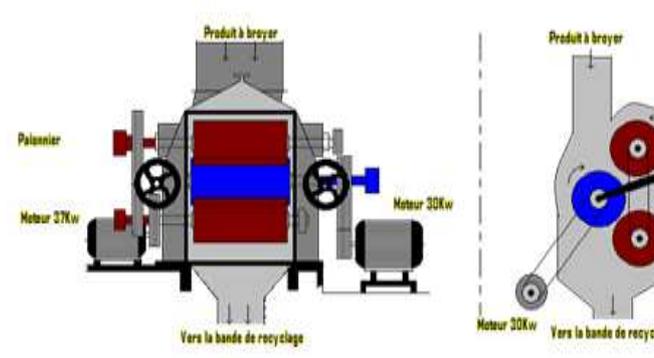
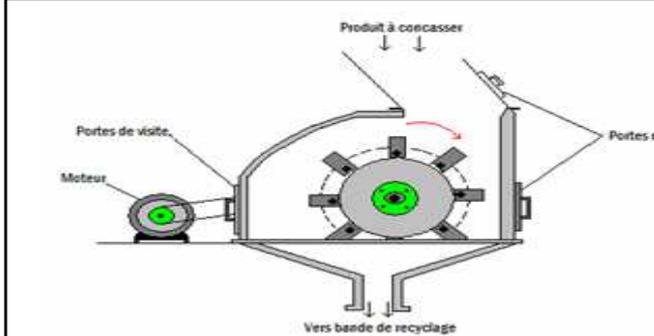
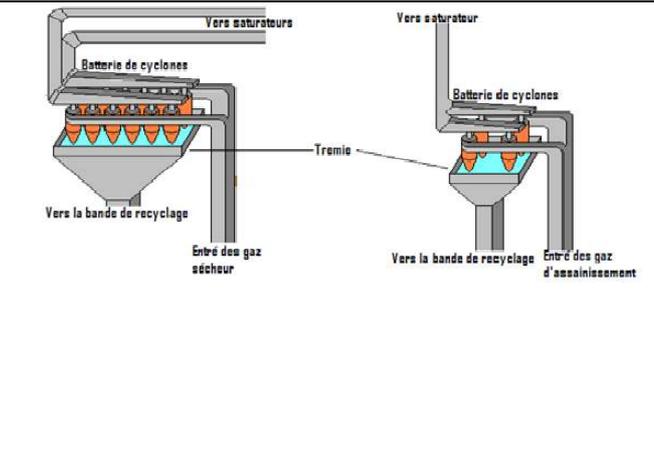
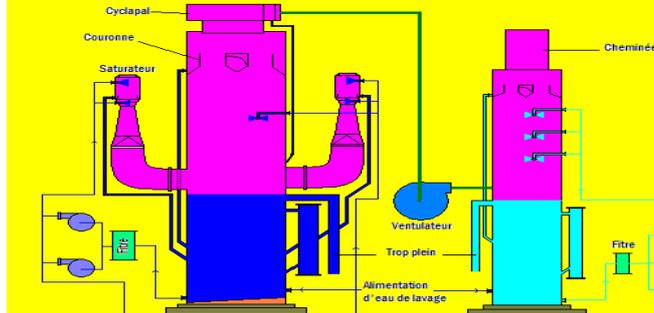
<p><u>Crible</u></p>		<p>Quatre cribles à deux tamis</p>	<p>Grains séchés</p>	<p>- granulom (vers stock Passé du ta - Les fines recyclage)</p>
<p><u>schéma de broyeur</u></p>		<p>Quatre broyeurs à trois cylindres</p>	<p>Refus des cribles supérieur à 4mm</p>	<p>Produit br La bande recyclage</p>
<p><u>Concasseur à marteaux</u></p>		<p>Marteaux en acier 6 rangées de 25 marteaux</p>	<p>refus des transporteurs vibrants de taille supérieure à 20 mm</p>	<p>Produit ap concessag La bande recyclage</p>
<p><u>Schéma de cyclones</u></p>		<p>- 12 Cyclones du sécheur - 4 Cyclones d'assainissement</p>	<p>La poussière</p>	<p>Vitesse à des cyclon respectives - 10 - 12 Débit gaz cyclones respectives - 10 - 12 Nm³/h - 10 - 12 Nm³/h</p>
<p><u>Le Tour de lavage</u></p>		<p>Lavage des gaz du tube sécheur</p>	<p>Gaz saturée</p>	<p>..... .</p>

Tableau 1.1 : des équipements de l'atelier de PE/TSP

D ₅₀	3,25 mm ± 0,25
-----------------	----------------

Tableau 2.1 : exigence granulométriques d'AFCOME

<u>Caractéristiques chimiques</u>	<u>Valeurs exigées par l'AFCOME</u>
P2O5 Total	Min. 46%
P2O5 SE	Min. 42%
AL	Max. 2%
Humidité	Max. 3,5%
Cd	Max. 25 ppm
Granulométrie	90% entre [1 – 4]

Tableau 2.2 : exigence des Caractéristiques chimiques principale d'AFCOME

68	73	70	85	73	72	81	68	74	79
77	80	73	80	63	71	80	75	73	74
75	62	75	77	69	73	75	72	73	77
76	75	75	67	71	71	73	70	76	73
72	71	75	63	64	68	73	81	75	76
72	72	49	66	59	66	79	79	78	74
70	70	69	73	49	76	81	74	73	76
68	61	66	75	74	73	80	79	71	76
70	66	64	73	75	84	69	66	67	69
72	67	68	73	75	85	70	67	60	74
73	70	70	73	75	86	68	77	67	73
75	72	68	70	68	76	75	76	66	79
72	72	74	77	67	78	70	80	63	76
75	68	70	79	54	81	71	83	50	78
69	71	70	82	67	77	58	80	65	78
72	68	67	74	71	73	67	89	66	80
69	64	67	67	74	70	62	76	64	79
66	65	71	65	76	70	74	73	66	80
68	68	72	74	73	73	72	74	64	74
61	57	71	75	73	79	54	73	73	68
66	76	74	75	72	75	72	84	72	78
67	81	72	69	77	72	56	79	67	81
75	79	74	69	67	69	64	72	71	76
70	72	74	64	72	70	67	74	76	80
71	70	74	69	76	82	69	75	75	81
77	70	75	77	66	78	73	75	76	79
67	66	69	69	70	75	73	67	77	76
73	66	69	67	70	68	71	72	77	80
75	68	69	79	67	75	72	74	64	81
77	71	74	84	67	69	65	80	64	83
56	75	71	80	71	82	60	77	68	76
61	79	74	75	56	77	64	70	67	83

Tableau 3.1 : le suivie de la qualité granulométrique de produit fini

12	200	45	55	195	41
13	190	45	56	175	42
14	175	43	57	185	41
15	180	42	58	195	47
16	195	43	59	158	40
17	175	40	60	183	42
18	180	44	61	200	44
19	195	44	62	172	42
20	156	40	63	173	42
21	160	40	64	158	44
23	198	44	65	195	43
24	158	41	67	169	42
25	150	39	68	160	42
26	188	45	69	200	45
27	150	39	70	185	43
28	187	42	71	150	41
29	185	42	72	180	42
30	178	42	73	150	40
31	190	40	74	150	40
32	205	43	75	205	45
33	205	42	76	215	46
34	172	42	77	198	47
35	190	43	78	180	44
36	215	45	79	205	45
37	200	44	80	182	44
38	160	40	81	171	43
39	158	40	82	200	47
40	190	44	83	198	46
41	185	42	84	187	47
42	165	41	85	196	45
43			86	190	45

Tableau 4.1 : les enregistrements de l'ampérage et de débit de recycl

11	23,83	31,6	111,81	52,32
12	25,95	34,4	103,74	50,36
13	20,09	26,71	104,28	53,67
14	20,09	26,71	104,28	53,67
15	21,89	29,15	104,64	48,75
16	21,92	29,28	106,24	54,74
17	17,97	23,74	109,14	55,75
18	26,99	35,91	105,17	41,85
19	27,03	36	105,34	45,72
20	26,76	35,55	104,64	44,65
21	27,3	35,93	104,24	49,5
23	27,41	35,97	102,67	45,93
24	26,9	35,68	105,01	45,84
25	15,2	13,63	60,69	47,27
26	24,38	31,96	110,07	46,75
27	24,08	31,86	109,36	49,84
28	26,1	34,46	108,47	44,2
29	25,83	35,11	106,96	43,01
30	25,98	35,02	105,52	42,26
31	26,1	34,88	103,2	48,56
32	22,19	28,79	108,07	42,97
33	22,19	28,79	108,07	42,97
34	18,13	22,44	106,43	45,66
35	25,65	34,71	106,61	47,07
36	25,8	35,26	103,13	42,99
37	25,88	35,04	106,66	47,39
38	26,03	35,25	107,09	47,82
39	26,96	37,67	110,08	54,27
40	24,31	32,56	103,32	49,25
41	26,92	36,33	112,05	45,81
42	27,32	36,61	112,1	49,56
43	26,95	36,53	110,48	50,1
44	26,95	36,5	111,54	51,57
45	26,74	36,38	110,47	45,57
46	26,88	35,64	110,34	55,21

Tableau 5.1: les enregistrements des paramètres de marches

❖ Déclaration des variables

Dim debit_phosphate As Integer

Dim debit_ACP As Integer

Dim temperature_cuve_dattaque As Integer

Dim amperage As Integer

Dim constante As Integer

❖ Création des zones de textes :

On crée des zones de textes à partir de commande Toolbox de l'interface de VB.NET

❖ Programmation des boutons

<u>Bouton</u>	<u>calcul des éléments de l'équation</u>	<u>débit produit fini</u>	<u>Débit de r</u>
<u>Code</u> <u>VB.NET</u>	<pre> debit_phosphate = TextBox1.Text debit_ACP = TextBox2.Text temperature_cuve_dattaque = TextBox3.Text amperage = TextBox4.Text TextBox5.Text = debit_phosphate * debit_ACP TextBox11.Text = debit_phosphate * temperature_cuve_dattaque TextBox10.Text = debit_phosphate * amperage TextBox9.Text = debit_ACP * temperature_cuve_dattaque TextBox12.Text = debit_phosphate * debit_phosphate TextBox6.Text = debit_ACP * debit_ACP constante = TextBox13.Text TextBox7.Text = ((-1699.99) * constante) TextBox8.Text = (225.636 * debit_phosphate) TextBox14.Text = ((-119.64) * debit_ACP) TextBox15.Text = (8.86841 * temperature_cuve_dattaque) TextBox16.Text = (10.5708 * amperage) TextBox17.Text = (4.42182 * TextBox5.Text) TextBox18.Text = ((-1.56152) * TextBox11.Text) TextBox19.Text = ((-0.386467) * TextBox10.Text) TextBox20.Text = (0.963886 * TextBox9.Text) TextBox21.Text = ((-3.38605) * TextBox12.Text) TextBox22.Text = ((-1.5551) * TextBox6.Text) </pre>	<pre> TextBox23.Text = (Val(TextBox7.Text) + Val(TextBox8.Text) + Val(TextBox14.Text) + Val(TextBox15.Text) + Val(TextBox16.Text) + Val(TextBox17.Text) + Val(TextBox18.Text) + Val(TextBox19.Text) + Val(TextBox20.Text) + Val(TextBox21.Text) + Val(TextBox22.Text)) </pre>	<pre> TextBox24.7 857.577) + (*Math.Log(</pre>

Tableau 6.1 : code de programme sous VB.NET

<u>Séchage</u>	<u>Chambre à combustion</u>	- Pression fuel - Température fuel - Température foyer de la Chambre à Combustion	- 18 à - 100 - 100
	<u>Tube sécheur</u>	- Température entrée sécheur - Température sortie sécheur (produit sortie sécheur) - Humidité du produit sortie sécheur	- 650 - 92 à - 4,5
<u>Classification</u>		- Granulométrie du produit fini - Température du produit fini	- 90 % - 76 à
<u>Stockage</u>		- Soluble eau - Soluble eau + Citrates d'ammoniac - P ₂ O ₅ Total - Humidité	- < 4% - < 4% - < 4% - 4,5

Tableau 7.1 : les paramètres de marche du procédé