

Année Universitaire : 2016-2017



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

**Amélioration de la performance du procédé de
séchage de l'usine Béni-Idir par la méthode COST
DEPLOYMENT**

Lieu : OCP Khouribga

Référence : 9 /17-MGI

Présenté par:

Essalih Safaa

Hadadi Hajar

Soutenu Le 14 Juin 2017 devant le jury composé de:

- **Mlle. Rzine (encadrant)**
- **Mr. Bachar (encadrant)**
- **Mr. El hammoumi (examineur)**
- **Mr. Bine El ouidane (examineur)**

Stage effectué à : OCP khouribga

RÉSUMÉ

Le pilotage de la performance est un enjeu stratégique majeur des entreprises industrielles engagées dans des secteurs concurrentiels. C'est une source de valeur ajoutée, sous forme de maîtrise des procédés et des flux de production, de performance en qualité et en quantité.

Comme l'usine Beni Idir, s'inscrit dans une stratégie Cost Leadership, il vise le diagnostic de ces pertes par le Cost Deployment, pour pouvoir les éliminer et pour pouvoir réduire les coûts de transformation.

La méthode Cost Deployment appliquée dans ce projet, nous a permis de répondre aux objectifs qui nous ont été confiés. Ces objectifs ont été atteints au fur et à mesure de l'avancement du projet à travers trois phases à savoir, l'élaboration d'un état des lieux de la performance permettant le diagnostic de la situation, l'analyse des pertes et enfin la définition d'un plan d'amélioration.

La première phase de cette étude est élaborée à travers une étude de performance de procédé de séchage au niveau de l'usine Beni -Idir de l'année 2016. Dans cette phase, nous avons calculé le Taux de rendement global et les pertes de performance de procédé de séchage.

La deuxième phase a été achevée en construisant les matrices A, B et C. Elles nous ont permis de mettre sous le microscope ces pertes, de les prioriser et les chiffrer en termes de coûts..

La troisième phase a été établie en élaborant et construisant un plan d'amélioration sous forme de quatre matrices D, E, F et G. Cette phase vise principalement le suivi de ces pertes ainsi que la réduction des coûts qu'elles engendrent.

ABSTRACT

The performance management is a strategic issue of industries engaged in competitive sectors. It is adding value in form of process and workflow control, and quality and quantity performance.

As workschop Beni Idir is part of Cost Leadership strategy, it aims for the diagnosis of these losses by the Cost Deployment, to eliminate them and to be able to reduce processing costs.

The Cost Deployment method used in this project has enabled us to meet the objectives that have been consigned to us. These objectives were achieved as and when the project progresses through three phases, namely, the development of an inventory of performance that can diagnose the situation, the analysis of losses and finally the definition of an improvement plan.

The first phase of this review was developed through a study of performance of the drying process of the worckschop Beni Idir in 2016. In this phase, we calculated the TRG and loss of performance.

The second phase was completed by forming the matrix A, B and C, which have allowed us to put under the microscope these losses, to prioritize and quantify them in terms of cost.

The third phase was established, by developing and forming an improvement plan in the form of four matrices D, E, F and G, which aims mainly monitoring these losses and reducing their costs.

REMERCIEMENTS

« La reconnaissance est la mémoire du cœur »

Hans Christian Andersen.

Tout d'abord, nous tenons à remercier le corps professoral qui nous a encadré et orienté vers la bonne direction. Un grand Merci au département industriel.

Nous tenons à exprimer nos chaleureux remerciements à notre encadrante Mlle. RZINE BOUCHRA pour nous avoir encadré et guidé tout au long de notre projet de fin d'études, et pour l'intérêt qu'elle a porté à ce projet.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui travaillent dans le service exploitation au sein de l'usine Béni-Idir, pour leur accueil, leur aide précieuse, leurs fructueuses informations et pour les connaissances qu'ils ont su nous transmettre durant ce projet.

Nous tenons à présenter nos remerciements à notre encadrant de stage Monsieur M. BACHAR SAID, responsable du service exploitation, pour son accueil, son encadrement et son aide précieuse.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur A. DARHOUNI, Monsieur S. ENNAR, Monsieur S. HAJOUBI, et Monsieur K. IDRISSE, qui se sont montrés très coopératifs, très respectueux, et prévenants pour contribuer à la bonne marche de ce projet. Nous leur dis Merci pour leur aide, et leur accueil.

Nous tenons à remercier également les membres de jury Mr. El hammoumi et Mr. Bine Elouidane d'avoir bien voulu participer à l'évaluation de ce travail.

Merci à vous tous.

DEDICACE

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut. . . Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance. . .

Aussi, c'est tout simplement que nous dédions ce Projet de Fin d'Études....

A nos Pères,

« L'épaulé solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de notre estime et de notre respect.»

A nos mères,

« Vous nous avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que nous pouvons vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que nous vous portons.»

A nos Frères et nos sœurs,

A nos chers amis

Sommaire

ABSTRACT	II
REMERCIEMENTS	III
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE 1:PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL.....	2
I. Présentation du groupe OCP	3
I.1. Introduction	3
I.2. Historique.....	3
I.3. Carte géographique des mines de phosphates au Maroc	5
I.4. Mission de l'OCP.....	5
I.5. L'organigramme de l'organisme	6
I.6. Les activités de groupe OCP.....	6
II. Présentation de l'usine BENI-IDIR	7
II.1. Unité de stockage du phosphate humide	7
II.2. Unité de stockage du fuel	7
II.3. Unité de chaufferie.....	7
II.4. Unité de stockage et chargement du phosphate sec	7
II.5. Unité de séchage	8
II.6. Processus du travail dans l'usine de BENI-IDIR.....	8
CHAPITRE 2:DESCRIPTION DE PROCÉDE D'ETUDE ET CONTEXTE DU PROJET	10
I. Description de procédé séchage	11
I.1. But de séchage	11
I.2. Description des fours sécheurs	12
II. Définition du projet	20
II.1. Contexte	20
II.2. Problématique	21
II.3. Objectifs du projet	22
II.4. Démarche projet.....	22
II.4.1. Phases de projet.....	22
II.4.2. Méthode de résolution.....	23
II.4.2.1. Objectif.....	23
II.4.2.2. Etapes du Cost Deployment	23

CHAPITRE 3:ÉTAT DES LIEUX DE LA PERFORMANCE	25
I. Analyse de la performance liée aux équipements	26
I.1. Analyse du TRG -----	26
I.1.1. Types de pertes en TRG	26
I.1.2. Analyse de la situation en 2016	27
I.2. Cartographie des pannes -----	29
II. Analyse de la performance liée à la main d'œuvre (M.O) -----	32
II.1. Analyse du temps improductif -----	32
II.2. Répartition des heures de la M.O de procédé de séchage -----	32
III. Analyse de la performance liée aux consommations	33
III.1. Evolution des consommations -----	34
 CHAPITRE 4:ANALYSE DES PERTES	 35
I. Identification des pertes de procédé de séchage	36
I.1. Définition des types de pertes de l'unité séchage -----	36
I.1.1. Pertes liées aux équipements	36
I.1.2. Pertes liées à la main d'œuvre	37
I.1.3. Pertes liées aux consommables	37
I.2. Identification des pertes principales de procédé séchage -----	37
I.3. Elaboration de la Matrice A -----	39
II. Séparation des pertes	41
II.1. Séparation des pertes principales des pertes associées -----	41
II.2. Elaboration de la Matrice B -----	41
III. Chiffrage des pertes en termes de cout	44
III.1. Calcul de la quantité des consommables perdues	44
III.2. Elaboration de la Matrice C -----	46
 CHAPITRE 5:PLAN D' ACTIONS	 48
I. Identification des méthodes de résolution : Matrice D	49
II. Estimation des coûts et les gains possibles : Matrice E	49
III. Etablissement d'un plan d'amélioration : Matrice F	49
IV. Calcul des bénéfices : Matrice G	50
V. Maitrise statistique de la consommation de fuel	55
V.1. Maitrise statistique des procédés -----	55
V.2. Calcul des cartes de contrôle -----	56
V.2.1. Tests sur les observations	56
V.2.2. Les cartes de contrôle statistiques	57
V.3. Identification des causes de la consommation élevée de fuel -----	60

V.4. Solutions proposées	61
CONCLUSION GÉNÉRALE	63
BIBLIOGRAPHIE- WEBOGRAPHIE	64
ANNEXES	65

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géographique des unités de phosphate au Maroc. [1].....	5
Figure 2 : Organigramme de Groupes Office Chérifien des phosphates[1]	6
Figure 3 : Vue globale du processus de travail de l'usine [1]	9
Figure 4 : Schéma synoptique du four sécheur. [2].....	12
Figure 5 : Vue de face du four sécheur. [2]	13
Figure 6 : La buse. [2].....	13
Figure 7 : Structure géométrique de la buse. [2]	13
Figure 8 : Forme géométrique d'un tube sécheur. [2]	14
Figure 9: le mouvement du produit dans le tube sécheur (la virole). [2]	15
Figure 10: Chambre de détente. [2]	15
Figure 11: Filtre à manche.[2]	16
Figure 12: l'architecture de la cheminée et des ventilateurs de tirage. [2]	16
Figure 13: Ventilateur de tirage[2]	17
Figure 14: Schéma synoptique du système d'alimentation en produit.[2].....	17
Figure 15: Vis et Sas de la chambre de détente.[2].....	18
Figure 16: photo convoyeur[2]	18
Figure 17: Tanks de fuel de Beni-Idir. [2].....	19
Figure 18: Schéma synoptique de l'air secondaire. [2]	20
Figure 20 : Les étapes de la méthode COST DEPLOYMENT. [1].....	24
Figure 21 : Performance basée sur le TRG de procédé de séchage.	28
Figure 22 : Répartition des pertes en TRG de l'unité de séchage au sein de l'usine Béni-Idir.	28
Figure 23 : Pareto des arrêts de procédé séchage.....	30
Figure 24 : la cartographie des pannes de l'unité séchage	31
Figure 25 : Répartition des heures de la M.O de l'unité séchage durant l'année 2016. ...	33
Figure 26 : identification des pertes : Matrice A	40
Figure 27 : Séparation des pertes : Matrice B.	43
Figure 28 : Chiffrage des pertes : Matrice C	46
Figure 29 : Plan d'action : Matrice D	51
Figure 30 : Plan d'action: Matrice E.	52
Figure 31 : Plan d'action : Matrice F	53
Figure 32 : Plan d'action : Matrice G.....	54
Figure 33 : Plan d'action : Matrice G.....	54
Figure 34 : Répartition des pertes en 2016.....	55
Figure 35 : Autocorrélation de la Csf	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.L'outil QOOQCP	21
Tableau 2. Les heures et nombres d'arrêts de séchage.....	30
Tableau 3. Evolution des consommations de l'année 2016.....	34
Tableau 4. Identification des pertes de procédé de séchage	38
Tableau 5. Les pertes principales et les pertes résultantes.....	41
Tableau 6. Calcul des pertes en fuel pour les pannes.....	44
Tableau 7. Calcul des pertes en fuel pour les arrêts planifiés	45
Tableau 8. Calcul de TRG 2016	69
Tableau 9. Calcul de TRG en pertes	69
Tableau 10. Calcul de la puissance totale consommée par un four sécheur	70

LISTE DES ABREVEATIONS

CM : Congé mariage
CN : Congé naissance
CR : Congé régulier
Csf : consommation spécifique de fuel
HS : Heures supplémentaires
HN : Heures Normales
IRR : Irrégulier
M.O : Mains d'œuvre
MSP : maîtrise statistique des procédés
OCP : office chérifien des phosphates.
PDR : Pièces de rechange.
PE : Permission exceptionnel
RM : Repos maladie
RC : Repos compensé
TRG : Taux de rendement total.
QMP : qualité et maîtrise de procédés
DDC : développement des compétences
MP : maintenance planifiée
GAE : gestion autonome des équipements
MA : maintenance autonome
MRP : méthodologie de résolution de problème

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans un environnement difficile et exigeant, les entreprises doivent faire face à une concurrence accrue, aux exigences des clients, aux exigences réglementaires et à l'évolution industrielle, économique et sociale. Pour se faire, elles mettent en place des outils de gestion et de management efficaces et stratégiques.

Dans le cadre de nouvelles stratégies de progrès et de Cost Leadership, le groupe OCP a mis en œuvre un nouveau système, OPS (OCP Production Systems), qui intègre un ensemble de démarches visant l'amélioration de la production, la maîtrise des flux et des procédés ainsi que la réduction des coûts. Parmi ces démarches, il se repère le COST DEPLOYMENT, qui est utilisé pour le pilotage de la performance à travers une analyse des pertes et une réduction des coûts.

Pour s'inscrire dans la stratégie Cost Leadership adoptée par le groupe OCP, la division Béni-Idir vise le traitement des pertes du procédé de séchage, et la réduction des coûts de ces derniers.

C'est dans cette perspective que s'inscrit ce projet de fin d'études qui consiste en l'application du Cost Deployment pour analyser les pertes du procédé de séchage, et réduire leurs coûts.

Ce présent rapport traitera cette problématique comme suit :

- Le premier chapitre sera dédié à une présentation générale du groupe OCP et de la division Béni-Idir.
- Le deuxième chapitre présentera la description de procédé et le contexte du projet.
- Le troisième chapitre présentera l'état des lieux de la performance de procédé séchage.
- Le quatrième chapitre traitera l'analyse des pertes de procédé.
- Le cinquième chapitre comportera le plan d'actions proposé pour réduire les coûts des pertes en question.

CHAPITRE 1
PRÉSENTATION DE L'ORGANISME
D'ACCUEIL

Pour cerner les différents aspects de ce projet, il est primordial de présenter l'organisme dans lequel il a été effectué. Cela nécessite de commencer par présenter en général le Groupe OCP, et le site de Béni-Idir en particulier.

I. Présentation du groupe OCP

I.1. Introduction

Le Groupe Office Chérifien des phosphates est une entreprise publique qui a comme secteur d'activités : l'extraction (aux niveaux des gisements Oulad Abdoun, Gantour, Meskala, Boucraa), traitement, valorisation et commercialisation des phosphates et produits dérivés.

L'OCP est le leader mondial sur le marché du phosphate et des produits dérivés, et première entreprise du royaume, le Groupe opère sur les cinq continents. Son ouverture traditionnelle et sur l'international le pousse à développer en permanence des capacités d'adaptation, de flexibilité et d'anticipation pour pouvoir répondre aux exigences, de plus en plus fortes, des clients dans un marché fortement concurrentiel.

Le seule actionnaire en OCP est l'état marocain dirigé par un Président Directeur Général(PDG), nommé par dahir, l'OCP est contrôlé par le conseil d'administration qui représente l'intérêt permanent de l'état, ce conseil d'administration est présidé par le premier ministre.

Par ailleurs, la situation géographique de notre pays, à proximité des grandes zones mondiales de transformation des phosphates, a fait du Maroc un fournisseur privilégié (le deuxième producteur de phosphate et le premier exportateur au niveau mondial).

I.2. Historique

Depuis sa création, le groupe OCP a connu une large évolution.

Les étapes les plus importantes dans son évolution sont : *[1]*

- **1920** : Création du groupe OCP le 7 Aout.
- **1921** : Début des exploitations en souterrain dans la région d'Oued-Zem sur le gisement des Oulad Abdoun le 3 Mars.
- **1931** : Début des exploitations en souterrain.
- **1954** : Démarrage des premières installations de séchage Youssoufia.
- **1961** : Mise en service de la première laverie à Khouribga.
- **1962** : Introduction de la mécanisation de souterrain à Youssoufia le 19 septembre.

- **1965** : Création de MAROC CHIMIE et Extension de l'extraction à ciel ouvert à la mine de MERAH- EL AHRACH (Khouribga).
- **1965** : Démarrage du complexe de séchage de BENI-IDIR.
- **1967** : Introduction de la mécanisation du souterrain à Khouribga.
- **1969** : Entrée en exploitation de la première recette de phosphate noir à Youssoufia.
- **1974** : Lancement des travaux pour la réalisation du centre minier de Benguérir.
- **1975** : Création du groupe OCP.
- **1981** : L'OCP entre dans le capital de la société PRAYON (Belgique).
- **1982** : Démarrage du complexe de séchage d'Oued-Zem.
- **1994** : Démarrage du projet minier de Sidi Chennane.
- **1997** : Accord « OCP-Grande Paroisse » pour l'utilisation de l'usine de Rouen.
- **1998** : Le groupe OCP obtient le Prix National de la Qualité.
- **1999** : Démarrage de la production d'acide phosphorique de l'usine d'Imacid à Jorf Lasfar, le 1er novembre.
- **2004** : Création de la société "Pakistan Maroc Phosphore" S.A en Joint-venture entre l'OCP et Fauji Fertilizer Bin Qasim Limited (Pakistan).
- **2005** : Démarrage de l'usine de Lavage/Flottation à Youssoufia.
- **2006** : Projet nouvelle ligne DAP 850000 t/an à JorfLasfar.
- **2007** : Démarrage de Pakiston, Maroc Phosphore (JorfLasfar).
- **2008** : La société anonyme OCPSA est née le 22 janvier.
- **2009** : Démarrage de Bunge Maroc Phosphore à Jorf Lasfar (BMP).
- **2010** : Mise en service d'une nouvelle station d'épuration des eaux usées de la ville de Khouribga (STEP) en avril.
- **2010** : Option d'une technologie des filtres à manches à Youssoufia, en décembre.
- **2010** : Mise en service de la cinquième laverie du groupe OCPSA, celle de Merah Lahrach en octobre.
- **2011** : Démarrage des travaux d'excavation du pipeline entamés par Tekfen, qui sera opérationnel en juin 2012.
- **2013** : Démarrage programmé du projet Slurry Pipeline sur l'axe Khouribga-Jorf Lasfar de 235Km.
- **2015** : Démarrage Programmé du slurry pipeline de l'axe Ben guérir-Youssoufia-Safi

I.3. Carte géographique des mines de phosphates au Maroc

La direction générale du groupe OCP est située à Casablanca, route d'El Jadida depuis 1979.

Le phosphate extrait des quatre zones minières soit exporté brut à l'étranger soit transformé localement dans des industries chimiques de Safi et de Jorf Lasfar.

Les zones minières sont :

- Zone de **Khouribga (Oulad –Abdoun)**
- Zone de **Youssoufia (Gantour)**.
- Zone de **Benguerir**.
- Zone de **Bouqraâ**.

En outre, l'OCP dispose de quatre ports d'embarquement à : Casablanca, Jorf Lasfar, Laâyoune et Safi :



Figure 1 : Carte géographique des unités de phosphate au Maroc. [1]

I.4. Mission de l'OCP

La mission du Groupe OCP est d'extraire le phosphate, de le traiter, de le valoriser et de le commercialiser sous forme naturelle ou produits dérivés, tel que l'acide phosphorique ou engrais. Le Groupe OCP comprend deux centres de transformation chimique et de valorisation, Safi et Jorf Las far et quatre ports d'embarquement, Casablanca, Safi, Jorf Las far et Laayoune. Par conséquent, garantir un accès mondial et durable au phosphate en s'engageant pour un leadership économique, social et environnemental au Maroc et à travers le monde.

II. Présentation de l'usine BENI-IDIR

L'usine de traitement de Beni-Idir fait partie de la direction des exploitations minières de Khouribga. C'est la plus grande usine de traitement de phosphate que possède l'Office Chérifien des Phosphates.

L'usine de Beni-Idir est constituée de cinq unités dont les différentes fonctions gravitent autour de la fonction principale de l'usine qui est le séchage du phosphate humide venant des laveries ou directement des zones d'extraction. Le phosphate vient avec une humidité de 12% à 18% le séchage la diminue à un pourcentage qui ne dépasse pas 2%.

Les cinq unités fonctionnent d'une façon liée. Les éléments de chaque unité sont en double afin de garder la continuité de service.

II.1. Unité de stockage du phosphate humide

Cette unité est de capacité 270 000 tonnes, assure la fonction de la réception du phosphate humide provenant de la laverie, du criblage et du parc Elwafi. Elle est équipée de :

- ✓ Deux machines de stockage (stockeuse)
- ✓ Deux machines de déstockage (roues-pelles orientables).

II.2. Unité de stockage du fuel

Cette unité est destinée à la réception et le stockage du fuel dans des réservoirs qui alimentent les chaudières et les fours sécheurs.

II.3. Unité de chaufferie

C'est là où on a trois chaudières qui produisent la vapeur chaud à partir de l'eau déminéralisée. La vapeur permet de réchauffer le fuel de 40°C à 120°C la température à laquelle il sera injecté dans le four.

II.4. Unité de stockage et chargement du phosphate sec

Le phosphate criblé alimente le circuit sec où il sera classé en différentes qualités. Cette unité comporte trois stocks ayant une capacité globale de 500000 tonnes.

Une station de chargement permet de remplir les wagons à destination du Port de Casablanca (exportation), et du Port de Jorf-ellasfar.

II.5. Unité de séchage

Elle comprend huit fours sécheurs d'une capacité de 300 tonnes par heure chacun. Son rôle est de diminuer, par échange thermique, l'humidité contenue dans le phosphate brut ou lavé.

II.6. Processus du travail dans l'usine de BENI-IDIR

L'usine de Béni-Idir reçoit le phosphate provenant des deux liaisons DAOUI et la Zone centrale à travers les convoyeurs. En fait, dès l'arrivée à l'usine, le phosphate sera stocké dans le parc humide par les stockeuses, ensuite la roue-pelle (ou la déstockeuse) met le phosphate sur le convoyeur du parc humide jusqu'à deux trémies de stocks initiales alimentant les fours sécheurs.

Deux convoyeurs QF et KC assurant l'alimentation la trémie au niveau de la buse de chaque four, ensuite un extracteur KE détermine le débit du produit à sécher.

Le produit issu de la chambre du filtre (produit fin) sera transmis par le convoyeur RP1 jusqu'aux stocks sec, alors que celui issu de la chambre de détente (produit gros) sera transmis par les convoyeurs QH et KG jusqu'à la salle de criblage.

Dans la salle de criblage, on fait soumettre le produit à certaine condition au niveau de la section de ses particules, puis on décide si ce produit sera transmis au stock sec ou bien à la mise à terfil.

Au niveau du stock sec, on revoit la qualité du produit et on décide si ce produit respecte les normes, puis on le renvoie vers le chargement. Sinon on le transmet à l'enrichissement à sec et ensuite vers le chargement.

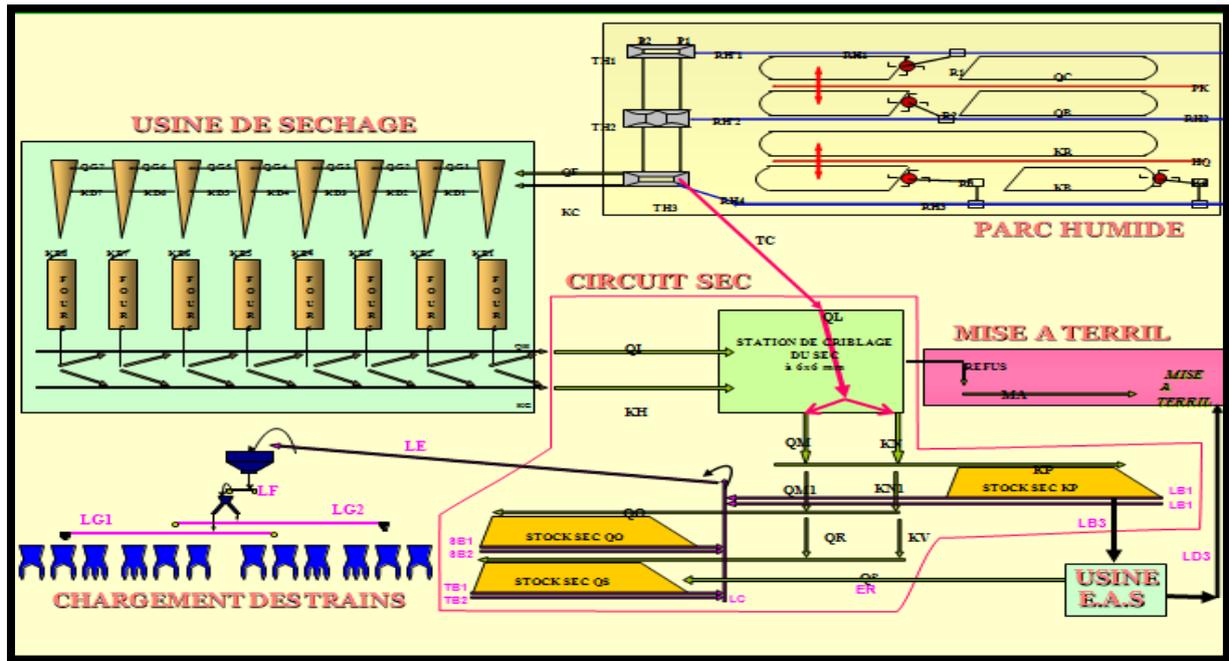


Figure 3 : Vue globale du processus de travail de l'usine [1]

Conclusion :

La description de l'organisme d'accueil ainsi que la présentation du lieu de déroulement de projet de fin d'études, à savoir l'usine Béni-Idir, est une phase primordiale pour mieux assimiler et cerner ce projet. Et c'est dans ce sens qu'il est indispensable de déterminer le cadre contextuel du projet. Cela sera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 2
DESCRIPTION DE PROCEDE D'ETUDE
ET CONTEXTE DU PROJET

Ce chapitre a pour objectif de définir la problématique traitée dans ce travail ainsi que la description de procédé et une présentation de la méthode appliquée.

I. Description de procédé séchage

L'usine de séchage de Béni-Idir a démarré en **1965** avec quatre fours sécheurs, et dans le cadre d'une extension de l'usine, quatre autres fours ont été mis en service en **1970**, ce qui a permis d'atteindre une capacité de production annuelle de **9.3 MT**. Cette capacité a passé à **10.7 MT** suite à l'apport du projet de réaménagement de Béni-Idir. Le phosphate criblé à la maille **15*50 mm** alimente le parc humide qui comporte quatre stocks ayant une capacité globale de **500000 tonnes**.

L'alimentation du séchage est assurée par deux axes de convoyeurs permettant de traiter en parallèle deux qualités sources, ces qualités sont mises sur les convoyeurs par des roues-pelles.

Le phosphate humide transporté par les convoyeurs se met dans des trémies, ces dernières sont vidées à l'aide des extracteurs à débit réglable et introduit directement dans la virole par l'intermédiaire d'un engin appelé « **buse** ». Le produit rentre en contact avec la masse gazeuse chaude produite dans le foyer par combustion du fuel. La circulation des gaz dans le tube sécheur est assurée par des ventilateurs de tirage.

La virole est équipée à l'intérieur d'augets et de palettes permettant, par rotation, de pulvériser et transporter le produit vers d'autres convoyeurs ensuite vers stockage ou enrichissement à sec et les poussières et les gaz dégagés de réaction de combustion du fuel suivi leur chemin vers la cheminée.

Les fours sécheurs sont manutentionnés par deux axes pour être criblé à la maille **6,6 mm** dans la station de criblage à sec. Le passant des cribles rejoint les circuits de mise en stock du sec pour un stockage dans l'un des trois stocks du sec disponible. Le refus transporté à son tour pour un stockage dans l'une des deux mises à stérile existante.

I.1. But de séchage

On sèche le phosphate dans le but d'augmenter sa teneur par élimination de l'eau en vue de minimiser le coût de transport et faciliter son exploitation. le taux d'humidité du produit d'entrée environ 14% qui augmente à 18% du fait de lavage et en fonction du qualité du parc humide du fait de séchage en sort entre 1% à 3% suivant le choix des clients et la qualité demandée. Le séchage se fait grâce à un four dit four sécheur que l'usine de BENI-IDIR en contient 8 fours.

I.2. Description des fours sécheurs

Un four sécheur est composé de plusieurs éléments :

- Le foyer (chambre de combustion).
- La buse.
- La virole (tube sécheur).
- La chambre de détente.
- Le filtre à manche.
- La cheminée
- Les ventilateurs de tirage.
- La trémie d'alimentation du four.
- Les sas et les vis.
- Les convoyeurs.

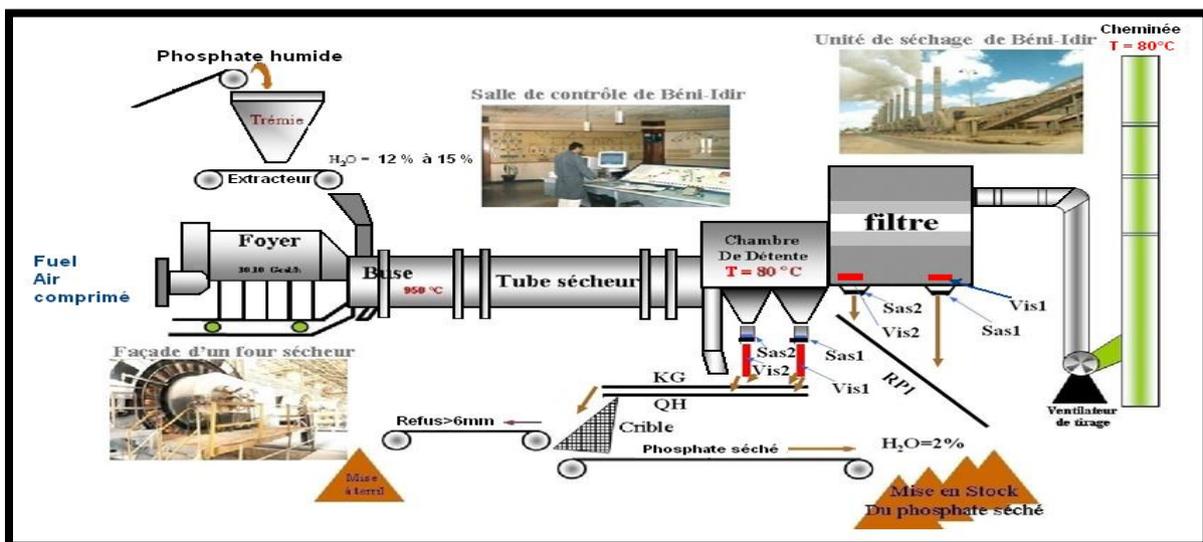


Figure 4 : Schéma synoptique du four sécheur. [2]

▪ Le foyer ou chambre de combustion

Il a la forme d'une enceinte cylindrique ayant un diamètre intérieur de 3 m, une longueur de **14.4 m** et un volume de **74 m³**. Il dispose de **24** carnaux sur sa façade.

Le foyer est revêtu intérieurement de briques isolantes afin de limiter la diffusion de chaleur vers l'extérieur et protègent les tôles d'acier contre la fonte.

Il joue le rôle du générateur de gaz chaud. Le fuel est pulvérisé en fines gouttelettes par l'adjonction d'un jet de fluide auxiliaire de vapeur d'eau.

L'air primaire, injecté par un ventilateur VRB, donne naissance à l'oxygène nécessaire à la combustion. La quantité de chaleur produite dans la chambre de combustion, est véhiculée par la dépression créée par les ventilateurs de tirage disposés en tête du tube sécheur.

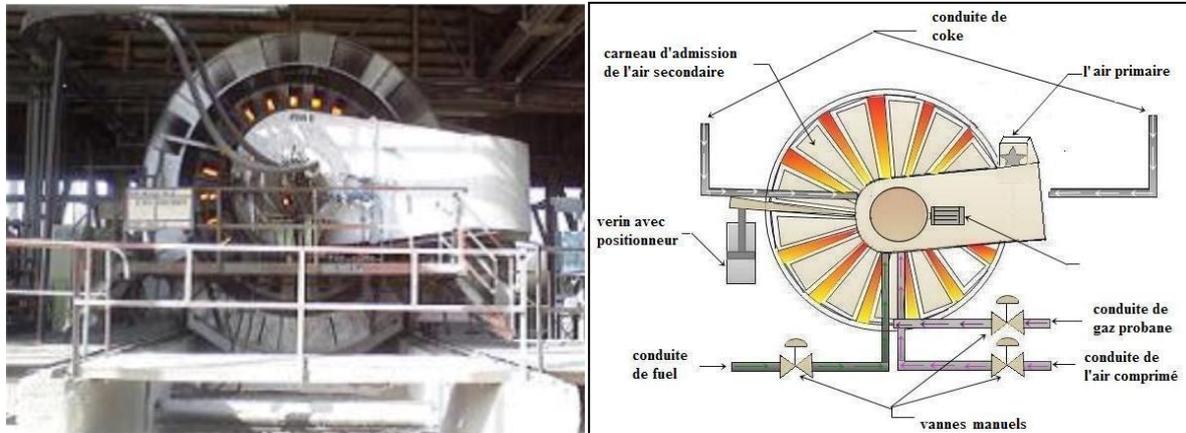


Figure 5 : Vue de face du four sécheur. [2]

▪ La buse

C'est un élément intermédiaire entre le foyer et la virole d'une structure géométrique spéciale permettant la combinaison entre le foyer et la virole. De plus c'est le premier élément qui reçoit le phosphate de la trémie.



Figure 6 : La buse. [2]

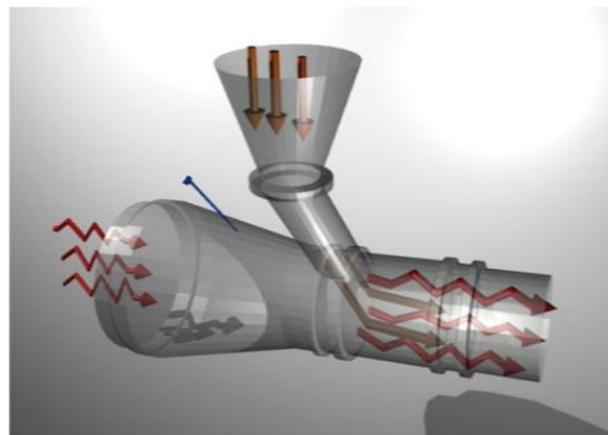


Figure 7 : Structure géométrique de la buse. [2]

▪ La virole ou tube sécheur

C'est un tube sécheur tournant de **25 m** de long et de **1.70 m** de diamètre, entraîné à une vitesse constante (**8tr/min**), et équipé des augets et des palettes disposées le long de sa paroi interne :

- **Les augets** : permettent la pulvérisation du produit en le faisant tomber en pluie au cours de la rotation du tube sécheur ce qui permet d'augmenter considérablement la surface d'échange thermique entre le produit et la masse gazeuse et donc contribuer à faciliter l'évaporation de l'eau que contient le phosphate.
- **Les palettes** : disposées en hélice sur toute la longueur du tube sécheur, permettent l'avancement du produit à travers la virole.

Ils facilitent à la fois l'échange thermique entre les gaz chauds et le phosphate ainsi que le déplacement de ce dernier afin d'atteindre la chambre à poussière.

Dans la virole la masse gazeuse circule dans le même sens que le produit ce qui permet un échange entre les deux milieux (**masse gazeuse et phosphate**).

L'efficacité de ces échanges dépend du potentiel énergétique de la masse gazeuse chaude et de la façon avec laquelle cette masse de gaz attaque le produit à l'intérieur du tube sécheur et des paramètres géométriques de la virole qui conditionnent la capacité du séchage.

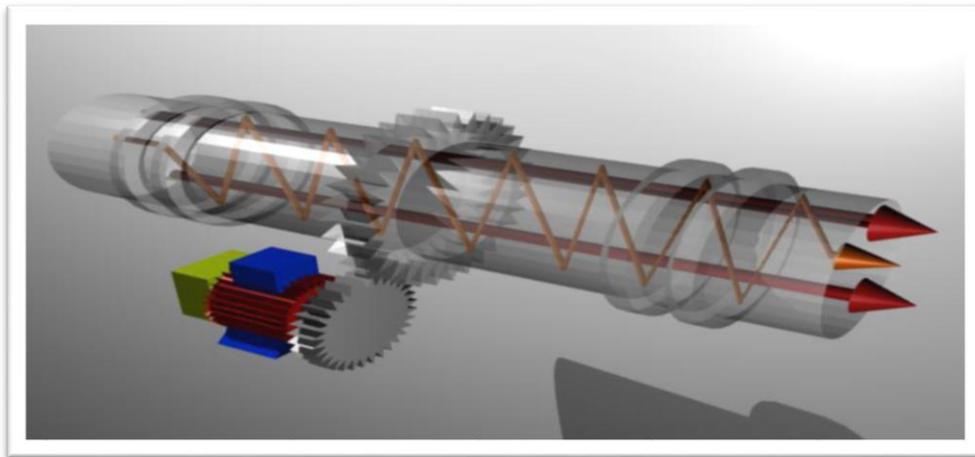


Figure 8 : Forme géométrique d'un tube sécheur. [2]

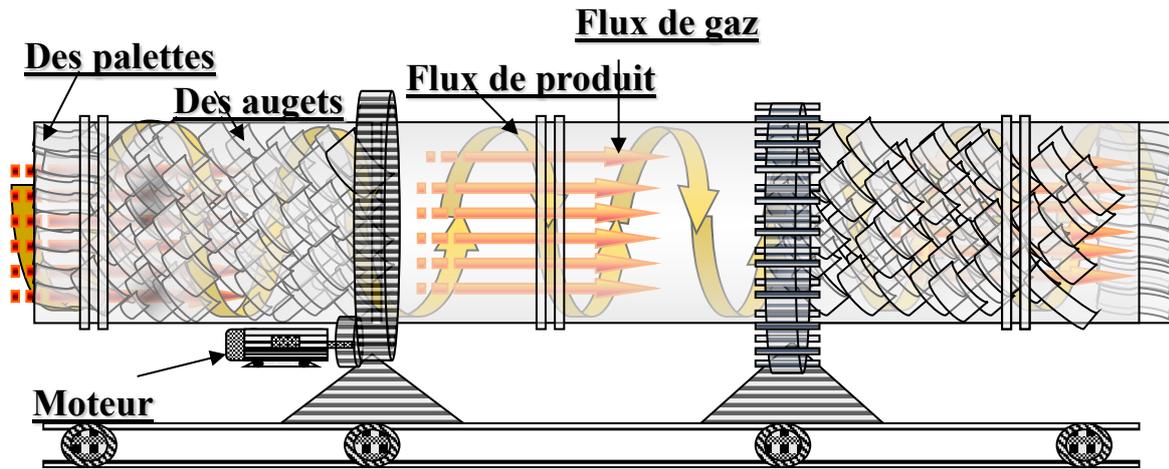


Figure 9: le mouvement du produit dans le tube sécheur (la virole). [2]

La virole dispose de **66** augets et de **366** palettes pour pouvoir sécher le phosphate correctement.

▪ Chambre de détente

C'est une enceinte qui est située juste à la sortie de la virole, sa longueur est plus grande que le diamètre de la virole. Le gaz chargé baisse brusquement, les particules relativement grosses perdent de l'aptitude et tombent, les fines s'échappent et continuent le chemin vers le filtre.

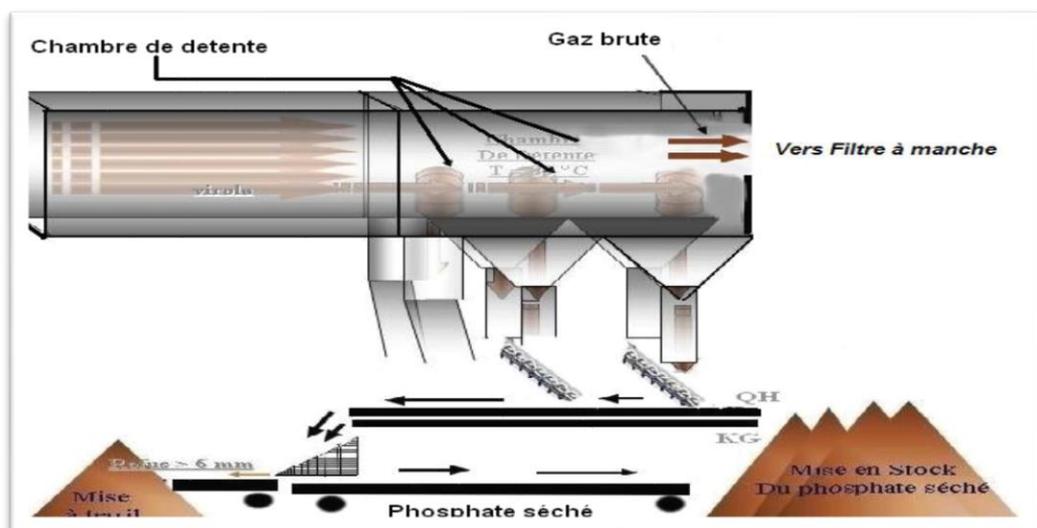


Figure 10: Chambre de détente. [2]

▪ Filtre à manche

C'est l'un des moyens les plus performants pour séparer les poussières transportées par une veine d'air, collectée dans un conduit.



Figure 11: Filtre à manche. [2]

Le gaz chargé de poussière entre dans le filtre par la partie supérieure. Il descend et est aspiré vers le bas à travers les manches horizontales qui retiennent les poussières sur leurs faces extérieures.

Un système de dé-colmatage contribue à diriger ces poussières en flux descendant vers la trémie d'évacuation.

- **La cheminée**

La cheminée a pour rôle d'évacuer les gaz de combustion, la vapeur d'eau due au séchage et la poussière irrécupérable du phosphate dans les fours ne disposant pas des filtres à manches et de la vapeur d'eau et les imbrulés dans les fours ayant des filtres.

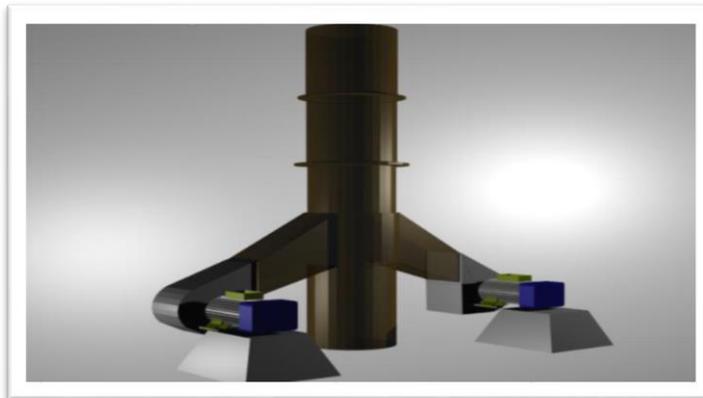


Figure 12: l'architecture de la cheminée et des ventilateurs de tirage. [2]

- **Les ventilateurs de tirage**

Les ventilateurs de tirage servent à créer une dépression en tête du tube sécheur et ce, afin d'éviter son étranglement d'une part, et pour induire d'autre part, le courant d'air secondaire.

En d'autres termes le ventilateur de tirage cause une dépression le long du four sécheur, qui a pour rôle l'aspiration de la matière gazeuse chaude existante dans le foyer, et participe aussi à l'avancement du phosphate vers la chambre à poussière et vers la cheminée.



Figure 13: Ventilateur de tirage. [2]

▪ La trémie d'alimentation du four

La trémie est une sorte de réservoir qui contient le phosphate humide, elle déverse le produit dans l'extracteur **KE (convoyeur)** qui à son tour déverse le phosphate dans la buse.

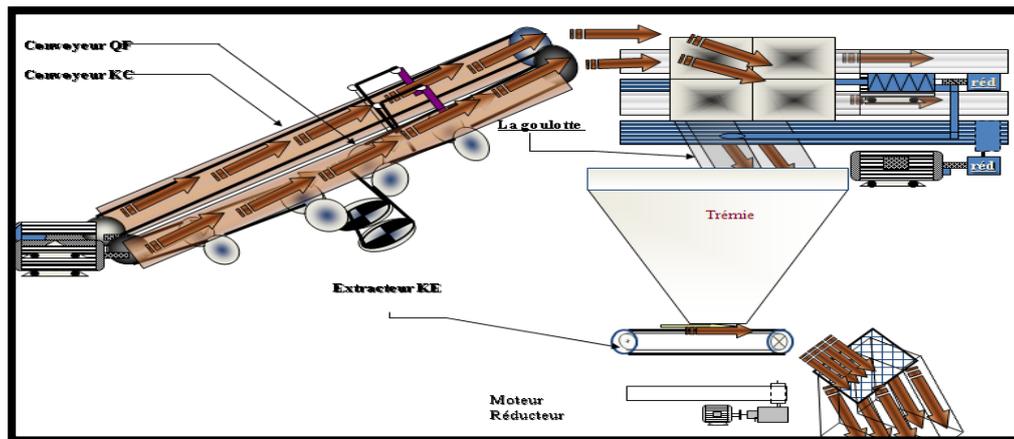


Figure 14: Schéma synoptique du système d'alimentation en produit. [2]

▪ Les Sas et les Vis

Les Sas : ressemble à un moulin, cette architecture n'est pas un fruit du hasard, en effet cette structure est choisie afin de ne pas laisser l'air parasite entrer et ce pour ne pas affecter l'humidité du phosphate.

Les Vis : leur système ressemble à celui de la virole, ils permettent de déplacer le phosphate en un mouvement hélicoïdal (**rotation translation**). Leur importance s'exhibe dans la diminution de la poussière ce qui diminue par conséquent les pertes.

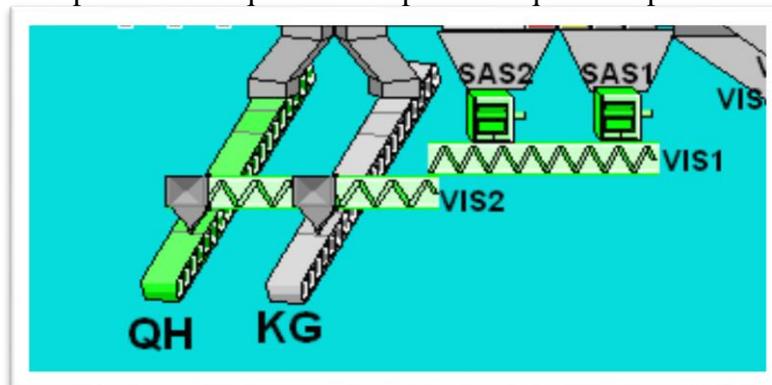


Figure 15: Vis et Sas de la chambre de détente. [2]

▪ Les convoyeurs

Le convoyeur est un ensemble électromécanique destiné pour le transport du phosphate dès son extraction jusqu'à son stockage final en passant par toutes les unités de traitement, il constitue un moyen de transport très avantageux qui relie les différents points de production. Son avantage majeur est d'assurer un débit continu et réglable selon le besoin, sans négliger la réduction considérable du prix de revient du transport de phosphate.



Figure 16: photo convoyeur. [2]

▪ Les systèmes d'alimentation d'un four sécheur

Le four sécheur est un système à plusieurs entrées et plusieurs sorties.

Il est alimenté par :

- Le phosphate humide
- Le combustible qui peut être le fuel seul

- L'air de combustion et de tirage

Les systèmes d'alimentation du four constituent souvent l'origine des pannes affectant la stabilité du système. Ceci montre l'importance d'une description détaillée de chacun de ces systèmes d'alimentation.

a. Systèmes d'alimentation en produit

Le phosphate humide est repris, du parc de stockage de l'humide par des roues-pelles. Il est transporté par une série de convoyeurs vers des silos qui alimentent les fours sécheurs. Des extracteurs à débit réglable introduisent le phosphate issu des trémies dans les fours. Ce phosphate entre en contact avec la masse gazeuse chaude venant du foyer.

b. Système d'alimentation en fuel



Figure 17: Tanks de fuel de Beni-Idir. [2]

Le fuel est stocké dans des grands tanks, chacun est de capacité **2500 m³**.

La vapeur chaude venant de la chaudière sous une pression de **7 bar**, une température entre **185-200°C** permet de :

- Réchauffer le fuel dans les conduites : Ceci facilite l'écoulement du fuel dans la canalisation, car il est visqueux à l'état naturel ;
- Réchauffer le fuel à l'entrée du foyer : Ceci pour que le fuel atteigne son degré d'inflammation ;
- Pulvériser le fuel au niveau du foyer du four pour que la combustion soit rapide et efficace.

c. *Système d'alimentation en air*

L'air constitue un élément essentiel dans le processus de séchage. Il est indispensable pour avoir une combustion et pour la création de la masse gazeuse chaude.

Le four est alimenté en air à travers deux sources :

✚ L'air primaire

Il est assuré par un ventilateur de vitesse constante. Les volets de la turbine, qui commande la quantité d'air entrante dans le foyer, sont commandés manuellement. L'excès d'air conduit à refroidir le foyer ce qui n'est pas souhaitable. Le manque d'air conduit à une combustion incomplète, par conséquent une perte en combustible et pollution de l'environnement.

✚ L'air secondaire

Sur la façade du foyer on dispose de carneaux distribués sur une couronne de diamètre légèrement inférieure à celui de la façade.

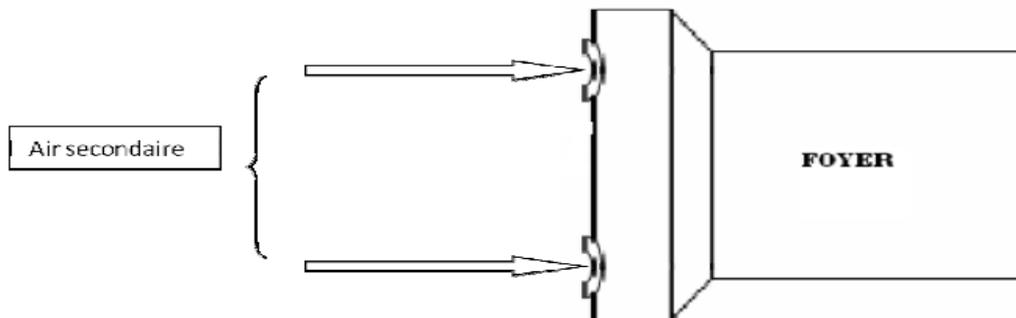


Figure 18: Schéma synoptique de l'air secondaire. [2]

II. Définition du projet

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, il est demandé d'analyser les pertes du procédé du séchage par la méthode Cost Deployment. De ce fait, nous allons travailler sur trois volets principaux. Notre première mission repose sur l'élaboration d'un état des lieux de la performance liée aux équipements, à la main d'œuvre et aux consommations des matières. La deuxième mission concerne l'identification et l'analyse des pertes. Alors que la dernière mission consiste en la détermination et la proposition d'un plan d'amélioration de la performance de procédé de séchage.

II.1. Contexte

L'usine Béni-Idir s'inscrit dans le cadre d'une stratégie COST LEADERSHIP, qui vise la réduction des coûts de transformation et par conséquent la dotation du groupe OCP d'un atout concurrentiel.

Dans ce cadre, et à travers ce projet de fin d'études, il est demandé d'analyser les différentes pertes liées au procédé du séchage au sein de l'usine Beni-Idir en employant la méthode Cost Deployment. Ce projet vise principalement à améliorer les performances actuelles des équipements de production, réduire les coûts de production et instaurer la culture de la performance et de l'amélioration continue.

II.2. Problématique

Au niveau de l'usine Béni-Idir, le procédé du séchage engendre des pertes importantes qui se répercutent directement sur la performance de l'usine et qui conduisent à l'augmentation des coûts de transformation.

C'est dans cette perspective, que la méthode COST DEPLOYMENT est nécessaire pour analyser et identifier les pertes de l'usine Béni-Idir et par la suite proposer un plan d'amélioration de la performance.

Le tableau 1 présente l'outil QQQQCP, qui synthétise la problématique évoquée par ce projet de fin d'études.

Tableau 1.L'outil QQQQCP

Qui ? Qui est concerné par le problème ?	Site Béni-Idir.
Quoi ? C'est quoi le problème ?	Analyse des différentes pertes engendrant des coûts importants de transformation, en vue d'améliorer la performance de l'usine Béni-Idir.
Où ? Où apparaît le problème ?	Le procédé de séchage au sein de Béni-Idir.
Quand ? Quand apparaît le problème ?	Le projet concerne l'analyse des pertes de l'année 2016.
Comment ? Comment mesurer le problème ? Comment mesurer ses solutions ?	Ce projet sera réalisé par l'application de la méthode COST DEPLOYMENT.
Pourquoi ? Pourquoi résoudre le problème ?	L'augmentation des pertes au niveau du procédé du séchage, engendre des coûts de transformation importants et affecte directement la performance de l'usine Béni-Idir.

II.3. Objectifs du projet

Compte tenu de la problématique soulevée, les objectifs principaux ont été fixés a priori afin de mieux gérer la progression du projet. Ils se présentent comme suit :

- ✚ Faire un état des lieux de la performance
- ✚ Identifier et analyser les pertes de procédé du séchage
- ✚ Ressortir un plan d'amélioration de la performance de l'usine

Pour bien situer l'analyse et atteindre les objectifs de base, nous avons tracé les repères suivants :

- ✚ La mise en question des outils de suivi et d'évaluation des données
- ✚ Le suivi des étapes de la méthode Cost Deployment
- ✚ L'élaboration des critères de classification et de jugement de l'importance des équipements
- ✚ La proposition d'outils d'amélioration de la performance.

II.4. Démarche projet

Afin d'atteindre les objectifs définis au préalable de ce projet en appliquant la méthode COST DEPLOYMENT , nous allons travailler en suivant des phases.

II.4.1. Phases de projet

➤ Phase 1 :

Dans la première phase du projet, nous allons réaliser **l'étape 1** de la méthode COST DEPLOYMENT :

Etape 1 : Faire un état des lieux de la performance sur chacun des thèmes suivants :

- Liée aux équipements
- Liée à la main d'œuvre
- Liée aux consommations

➤ Phase 2 :

La deuxième phase du projet concernera les étapes 2, 3 et 4 de la méthode COST DEPLOYMENT.

Etape 2 : Identifier les pertes qualitativement, Matrice A.

Etape 3 : Séparer les pertes principales des pertes associées, Matrice B.

Etape 4 : Chiffrer les pertes identifiées en coûts, Matrice C.

➤ **Phase 3 :**

La troisième et la dernière phase portera sur les étapes 5, 6 et 7 de la méthode COST DEPLOYMENT :

Etape 5 : Identifier les méthodes pour attaquer ces pertes, Matrice D.

Etape 6 : Estimer les coûts pour attaquer ces pertes et estimer les gains possibles, Matrices E.

Etape 7 : Établir un plan d'amélioration et le lancer, Matrice F et G.

Cette phase concerne principalement la proposition d'un plan d'action, sa validation et son suivi.

II.4.2. Méthode de résolution

Le Cost Deployment est une méthode employée pour analyser les pertes et établir un programme de réduction des coûts, scientifiquement et systématiquement par une coopération entre les départements Production et Finance. [1]

A l'aide d'une série de matrices dont la réalisation est simple, nous localisons, puis nous valorisons l'essentiel des pertes de l'usine. Nous vérifions ensuite qu'ils peuvent être éliminées, et dans quelles conditions. Et enfin, nous construisons le plan d'action avec mois par mois, le livrable en euros, et nous le connectons avec la construction budgétaire ».

Le plan d'action de réduction des pertes est le livrable de cette phase de diagnostic. Le choix des piliers à mettre en œuvre et des activités menées dépend de celui-ci.

Le Cost Deployment est un avantage décisif par rapport aux autres méthodes globales de progrès. C'est la boussole permanente du progrès, visuelle, consensuelle et communicable. L'expérience montre qu'il génère une amélioration des coûts ajoutés de l'ordre de 30% chaque année, sans limitation de durée.

II.4.2.1. Objectif

L'objectif du Cost Deployment est de prioriser les activités pour dégager un maximum de gains avec le minimum d'efforts.

II.4.2.2. Etapes du Cost Deployment

La méthode COST DEPLOYMENT s'articule autour de sept étapes (Figure 19). Dans un premier temps, l'équipe en charge doit choisir la période à considérer lors de l'application de la méthode, puis analyser les faits qui y sont corrélés. Ensuite l'équipe entame la collecte des données nécessaires au sujet traité, pour faire un état des lieux de la performance. Une fois l'état des lieux est établi, la phase d'identification et de valorisation des pertes débute. Et enfin, la

construction d'un plan d'actions prend lieu. L'objectif est d'appliquer les actions sélectionnées puis d'analyser les résultats, tout en déterminant les gains possibles de chaque action.

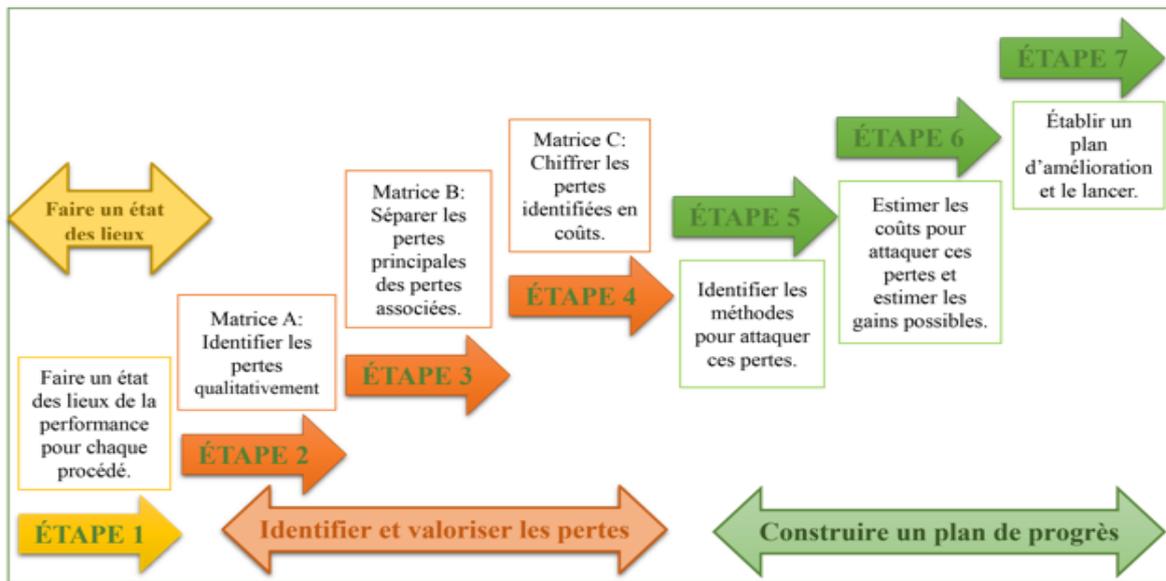


Figure 20 : Les étapes de la méthode COST DEPLOYMENT. [1]

Conclusion :

Les principales caractéristiques de ce projet, à savoir la problématique, les objectifs visés, la durée, la démarche à suivre, ainsi que les différentes étapes de déroulement de la méthode COST DEPLOYMENT adoptée pour réaliser ce projet ont été déterminés.

CHAPITRE 3
ÉTAT DES LIEUX DE LA PERFORMANCE

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, il est demandé de faire une analyse des différentes pertes de procédé de séchage au sein de l'usine Béni-Idir, en utilisant la méthode COST DEPLOYMENT.

Pour se faire, nous commencerons ce chapitre par l'application de l'étape de la méthode : Faire un état des lieux de la performance liée aux équipements, à la main d'œuvre et aux consommations.

I. Analyse de la performance liée aux équipements

Pour maîtriser les différentes pertes, la disponibilité et la performance des unités, l'usine Béni-Idir fait le suivi de l'indicateur des pertes en Taux de Rendement Global (TRG), des heures de marche et des maintenances exécutées.

I.1. Analyse du TRG

Le Taux de Rendement Global ou le TRG est un indicateur, exprimé en pourcentage, permettant d'exprimer la réalité de fonctionnement par rapport à un idéal de fonctionnement. Il permet aussi de visualiser les différentes pertes de rendement d'utilisation, de performances et de qualité.

La force du TRG réside dans le fait qu'il tient compte simultanément des trois principaux paramètres de performance manufacturière, soit :

- **La disponibilité** - le nombre d'heures de production par rapport au nombre d'heures planifiées.
- **L'efficacité** - le nombre d'unités produites pendant les heures productives par rapport à la capacité maximale (autrement dit, la performance de l'équipement par rapport aux spécifications du fabricant)
- **La qualité** - le nombre d'unités respectant les critères de qualité par rapport au nombre total d'unités produites pendant les heures productives.

Nous avons choisi, dans ce projet, de traiter la performance d'une année, pour bien identifier tous les problèmes contribuant à la sous performance.

I.1.1. Types de pertes en TRG

Il existe principalement six types de pertes en TRG au niveau de procédé de séchage à l'usine Béni-Idir. Ces pertes sont sous forme d'heures d'arrêts :

- ✓ Arrêts pannes (pannes mécaniques, électriques,...) ;

- ✓ Arrêts planifiés (révision) ;
- ✓ Arrêts de complexe (manque d'énergie électrique...) ;
- ✓ Arrêts externes : ce sont des arrêts dus à des causes externes de procédé de séchage (des arrêts dans les autres unités de l'usine Beni-Idir qui ont une influence sur le procédé de séchage) ;
- ✓ Arrêts process (chute de brique, changement des manches des filtres...) ;
- ✓ Réduction de vitesse : ce sont des pertes dues à la réduction de la cadence de production ;

I.1.2. Analyse de la situation en 2016

Pour faire une analyse de la situation en 2016 de la performance de procédé de séchage, plus précisément de la performance liée aux équipements, nous avons procédé à un recensement des différents types d'arrêts de l'année 2016 de procédé de séchage.

A partir de l'historique des différents arrêts de l'année 2016 (**Annexe 1**) ainsi que le suivi de la production journalière (**Annexe 2**), nous avons pu calculer le TRG, suivre les différentes pertes en TRG.

$$\text{TRG} = \text{Taux de disponibilité} * \text{taux d'allure} * \text{taux de qualité. [4]}$$

Tel que :

Taux de disponibilité= heures disponibles totales/heures de fonctionnement totales.

Taux d'allure= tonnage réalisé/ tonnage théorique.

Taux de qualité est considéré égal à 100%.

Les tableaux 1 et 2 qui résument les différents calculs de TRG et les pertes en TRG sont disponibles dans l'**Annexe 3**.

La figure 20 montre la performance de procédé durant l'année 2016, en mettant l'accent sur le pourcentage de chaque type de perte en TRG.

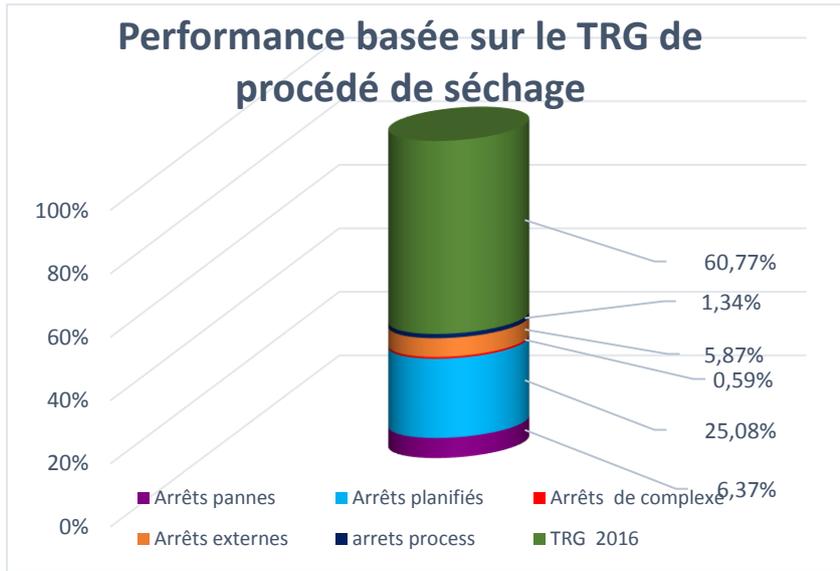


Figure 21 : Performance basée sur le TRG de procédé de séchage.

Cette performance est représentée par un total des pertes en TRG atteignant les **39.33%**. Donc d'après la figure 21 nous pouvons déterminer les principaux facteurs qui entravent la disponibilité des différentes unités de l'usine et qui atténuent la performance ainsi que la productivité de l'usine. La figure 22 étale ces pertes en TRG et montre leur répartition ainsi que leur pourcentage du total des pertes.

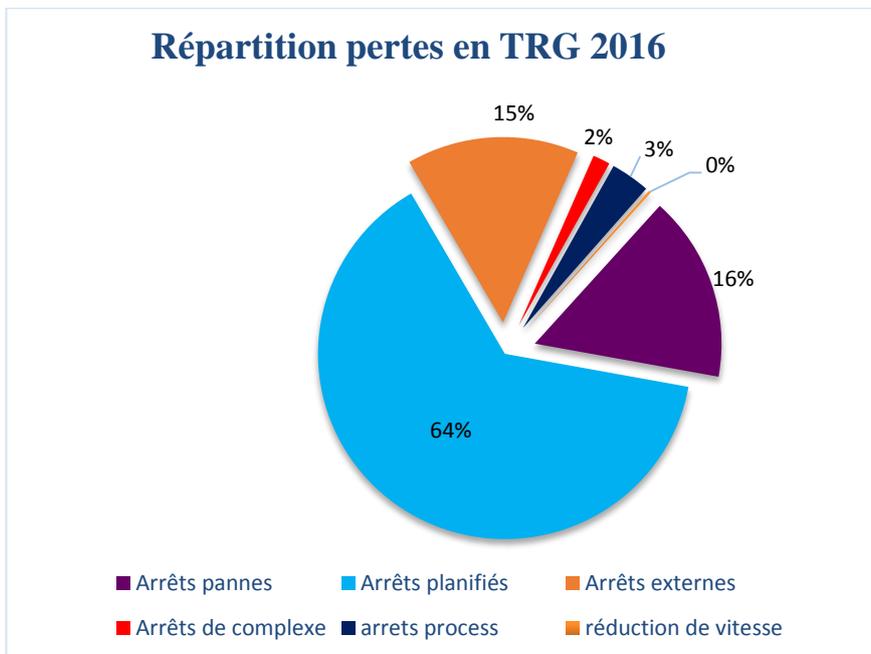


Figure 22 : Répartition des pertes en TRG de l'unité de séchage au sein de l'usine Béni-Idir.

A l'aide des graphiques présentés sur la figure 22, nous pouvons analyser la performance de procédé. En effet, la valeur du TRG en lui-même n'indique que le niveau de performance atteint et qui arrive à 60.77%. Mais ce qui nous intéresse le plus est d'analyser le complément à 100, c'est-à-dire la part des pertes ou de sous-performance qui atteint les 39.33%. La répartition de ces pertes permet de visualiser l'importance de chaque type d'arrêt, mais elle ne donne qu'une projection superficielle de ces arrêts. C'est pourquoi il faut analyser séparément les principales pertes identifiées sur ce graphique pour mieux détecter des éventuelles anomalies dans le procédé.

I.2. Cartographie des pannes

Après avoir analysé le TRG, nous avons constaté que la perte principale sur quoi nous pouvons agir est les arrêts causés par les pannes de séchage. Cette perte est de l'ordre de 16 % de total des pertes.

C'est pourquoi nous allons analyser et stratifier cette perte, qui est sous forme de pannes, afin de pouvoir représenter visuellement la situation, c'est-à-dire cartographier ces pannes.

Le tableau 2 représente les heures et le nombre de pannes de chaque équipement de l'unité de séchage.

Tableau 2. Les heures et nombres d'arrêts de séchage

Equipements	Heures d'arrêts	NB d'arrêts	%des arrêts	%cumul des arrêts
Filtre	465,32	153	24,45%	24,45%
KE	206,48	281	10,85%	35,30%
VRB	171,57	568	9,01%	44,31%
Foyer	141,62	318	7,44%	51,75%
Bruleur + buse	117,58	73	6,18%	57,93%
Virole	105,93	106	5,57%	63,50%
Vis2	90,35	69	4,75%	68,24%
VT1	88,08	82	4,63%	72,87%
Compresseur	87,23	158	4,58%	77,45%
VT2	63,15	67	3,32%	80,77%
RP1	62,4	110	3,28%	84,05%
Vis1	54,62	32	2,87%	86,92%
Chaufferie	45,75	24	2,40%	89,32%
Pomperie	43,83	124	2,30%	91,63%
Sas2	41,92	52	2,20%	93,83%
KD	33	49	1,73%	95,56%
Sas1	31,33	37	1,65%	97,21%
Trémie	19,52	85	1,03%	98,23%
RP2	17,25	53	0,91%	99,14%
QH	8,75	53	0,46%	99,60%
QF	7,67	23	0,40%	100,00%
Total	1903,35	2517		

Le tableau 2 est une classification des durées des pannes survenues au niveau de séchage. Ces durées sont représentées graphiquement sur la figure 23 sous forme d'un diagramme Pareto.

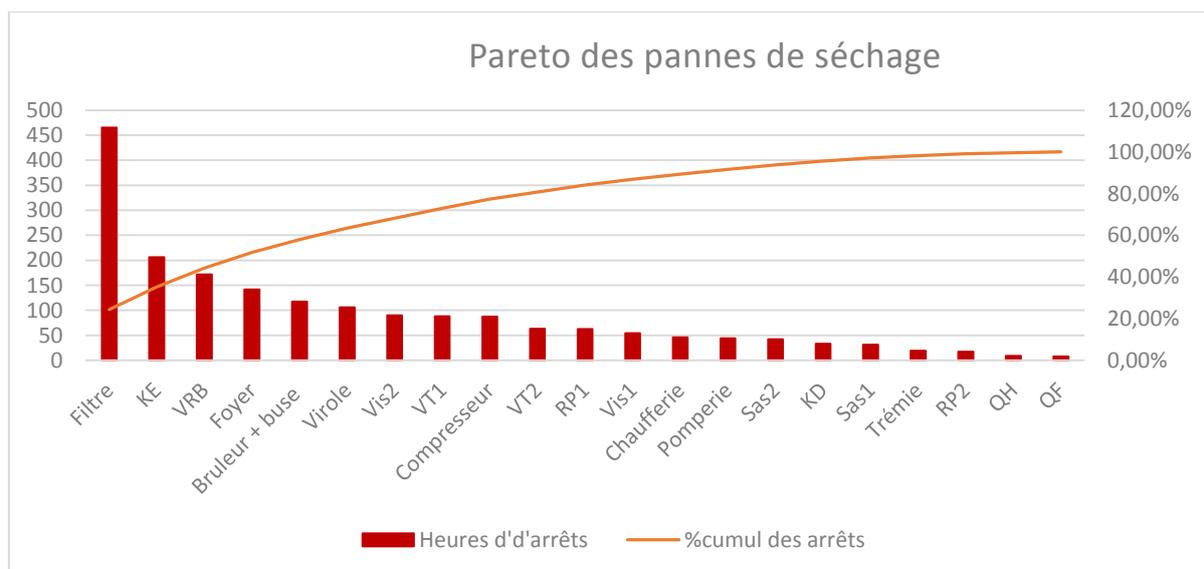


Figure 23 : Pareto des arrêts de procédé séchage.

Suite au diagramme Pareto présenté sur la figure 23, nous constatons que les équipements les plus critiques d'après la méthode ABC sont les filtres, KE, VRB, Foyer, Bruleur buse, virole, vis 2, les VT et les compresseurs.

La cartographie présentée sur la figure 24 visualise l'ensemble des heures et de nombre d'arrêts appropriés à chaque équipement.

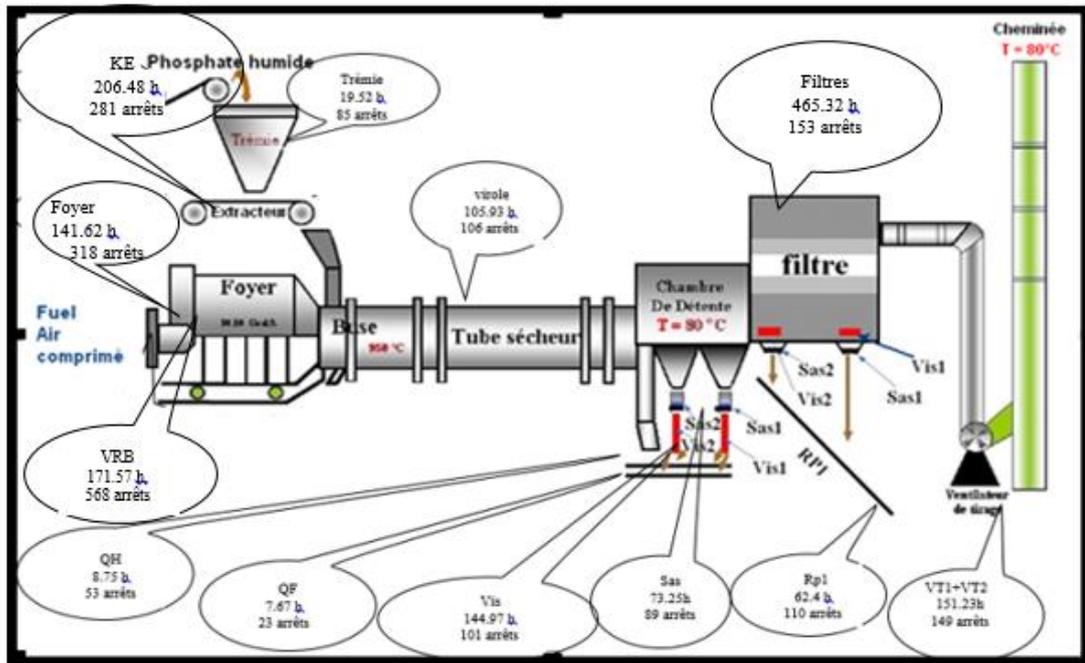


Figure 24 : la cartographie des pannes de l'unité séchage

II. Analyse de la performance liée à la main d'œuvre (M.O)

L'analyse de la performance liée à la main d'œuvre, consiste en l'identification des pertes jugées influençant cette performance. Et par la suite, analyser ces pertes pour pouvoir déterminer leurs impacts économique et opérationnel sur la performance de procédé.

Les pertes de la performance liée à la main d'œuvre de procédé séchage, se décomposent en deux : les pertes sous forme de temps improductif et les pertes sous forme d'heures supplémentaires (HS).

II.1. Analyse du temps improductif

Après plusieurs réunions avec le chef de projet, nous avons pu estimer les temps improductifs des opérateurs durant une journée de travail, et que se résument comme suit :

✘ Le temps perdu d'un opérateur, lors de l'intervention du service de maintenance électrique, sous forme d'attente des consignations ou des déconsignations, atteint les 30 min/jour.

✘ Le temps perdu lors de l'intervention du service de maintenance mécanique, sous forme de préparation des outillages ou équipements, touche les 30 min/jour.

✘ Le temps perdu lors de l'intervention du service de régulation, sous forme de préparation des outillages ou équipements, touche les 20 min/jour.

Et pour Le temps improductif pour les opérateurs du service exploitation est de l'ordre 667 heures durant l'année 2016.

Donc le temps improductif total estimé arrive jusqu'à 1153.67 heures durant l'année 2016. Et sachant qu'une heure normale en moyenne est comptabilisée à 30 DH/h, nous pouvons calculer le coût total du temps improductif de la M.O.

Ce coût est égal à $30 \times 1153.67 = 34\ 610.1$ DH

II.2. Répartition des heures de la M.O de procédé de séchage

Pour analyser les pertes de la performance liée à la M.O, qui se présentent sous forme d'heures supplémentaires, nous allons représenter les heures total du personnel de l'unité séchage. Cette représentation va nous servir pour déterminer la portion propre aux heures supplémentaires et pour calculer le coût de ces H.S.

A l'aide de notre maître de stage nous avons pu estimer la répartition des heures de la M.O de procédé de séchage (figure 25).

Heures de la main d'œuvre	Nombre d'heures
Heures normales (HN)	180 900,56
Heures supplémentaires(HS)	24 800
Heures irrégulières (IRR)	584
Congé régulier (CR)	17980
Repos maladie(RM)	7500
Permission exceptionnel	1790
Repos compensé (RC)	6300
SANCTION	1890
Détachement	88
Formation	1416
Congé mariage (CM)	
Congé naissance (CN)	210

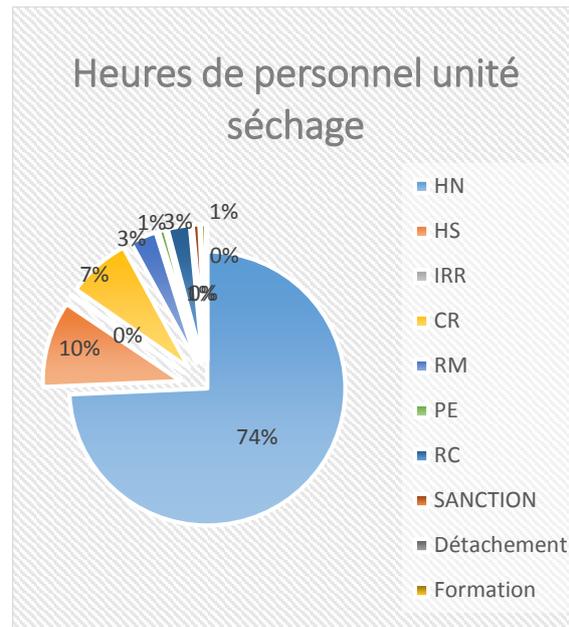


Figure 25 : Répartition des heures de la M.O de l'unité séchage durant l'année 2016.

D'après le graphique de la figure 25, nous remarquons la quantité quasi importante des HS et qui représente 24 800 heures durant l'année 2016, avec 10% de la totalité des heures du personnel.

Sachant qu'une heure supplémentaire en moyenne est comptabilisée à 45 DH/h, nous pouvons calculer le coût total de la perte présentée sous forme d'HS de la M.O.

Ce coût est égal à $45 \times 24800 = 1\ 116\ 000$ DH.

Après avoir estimé le coût de chaque perte de performance liée à la M.O, qui se présente sous forme de temps improductif et d'heures supplémentaires, nous pouvons calculer le coût total des pertes de performance de la M.O.

Coût total des pertes est égal à $34\ 610 + 1\ 116\ 000 = 1\ 150\ 610,1$ DH.

Il est clair maintenant, après l'analyse de la performance liée à la main d'œuvre, que la maîtrise de ce coût des pertes de performance de la M.O va contribuer à la réduction des coûts de transformation et à l'amélioration de la performance de l'unité.

III. Analyse de la performance liée aux consommations

L'analyse de la performance liée aux consommations comprend la détermination et des matières consommées ainsi que le suivi de la consommation des différentes matières et utilités tout au long de l'année 2016. Cela nous renvoi à étudier l'évolution de la consommation de chaque matière au cours de l'année 2016.

Cette étude de performance liée aux consommations va nous permettre de visualiser l'impact des pertes en consommations des matières sur la performance.

III.1. Evolution des consommations

Pour analyser la performance liée aux consommations, nous allons suivre l'évolution des consommations du procédé. Ce suivi est présenté sur le tableau 3.

Tableau 3. Evolution des consommations de l'année 2016

Mois	consommations des matières			
	Fuel en Kg	Energie électrique en KWh	L'eau en Kg	Vapeur Kg
Janvier	4 832 000,00	2 033 950,00	744 810,00	621 690,00
Février	4 266 000,00	1 708 894,00	702 589,02	630 596,00
Mars	3 168 000,00	1 430 773,00	607 271,30	593 303,00
Avril	3 711 000,00	1 670 987,00	770 295,30	734 782,00
Mai	4 231 000,00	1 800 795,00	366 761,80	331 082,00
Juin	4 711 000,00	1 903 112,00	691 739,50	640 466,00
Juillet	5 075 000,00	1 873 003,00	514 748,70	499 021,00
Août	5 667 000,00	1 846 478,00	514 748,70	500 513,75
Septembre	5 238 000,00	1 633 933,00	703 616,90	629 434,00
Octobre	6 016 000,00	1 813 925,00	689 004,60	631 824,00
Novembre	7 360 000,00	1 868 168,00	618 666,70	590 733,00
Décembre	9 200 000,00	1 761 379,00	814 110,10	720 372,00
Total	63 475 000,00	21 345 397,00	8 345 633,92	7 123 816,75

Conclusion :

La première étape du Cost Deployment : établir un état des lieux de la performance, a été présentée dans ce chapitre. Elle nous a permis de mettre sous le microscope les différentes pertes de performance, que ce soient la performance liée aux équipements, ou celle liée à la main d'œuvre ou aux consommations.

A l'aide de l'état des lieux de performance établi dans ce chapitre, nous avons pu identifier et stratifier les pertes de performance de procédé séchage. Maintenant, il faut passer à l'analyse de ces pertes identifiées à l'aide des étapes 2, 3 et 4 du Cost Deployment.

CHAPITRE 4

ANALYSE DES PERTES

Après avoir établi l'état des lieux de la performance liée aux équipements, à la main d'œuvre et aux consommations qui constituent l'étape 1 de COST DEPLOYMENT, il est maintenant nécessaire de passer à la deuxième phase : Identification et analyse des pertes, pour ce faire nous allons appliquer les étapes 2,3 et 4 de la méthode.

I. Identification des pertes de procédé de séchage

La matrice A consisté à l'identification des pertes principales de l'unité séchage, tout en définissant les types de pertes appropriées à chaque catégorie et en représentant le degré d'importance de ces pertes identifiées. En effet, les pertes principales sont généralement les pertes causées par un problème l'équipement lui-même, les pertes liées à un événement identifiable.

Cette matrice a pour objectif de répondre à deux questions :

- Où sont les pertes principales ?
- Quelles importances, Quelles priorités ?

I.1. Définition des types de pertes de l'unité séchage

Pour pouvoir construire la matrice A, il faut commencer par définir les types de pertes appropriées à chaque catégorie de pertes. Ces pertes seront des pertes standards de procédé séchage. En effet, nous trouvons généralement dans l'industrie, trois catégories de pertes : les pertes liées aux **équipements, à la main d'œuvre, et aux consommables.**

I.1.1. Pertes liées aux équipements

Dans cette catégorie de perte, nous avons défini les types de pertes industrielles qui sont liées aux équipements et qui sont propres au procédé séchage :

- ✘ Maintenance Planifiée : nombre d'heures où le procédé est arrêté pour réaliser des interventions de maintenance.
- ✘ Pannes : nombre d'heures où le procédé est arrêté à cause de pannes mécaniques ou électriques ou de régulation.
- ✘ Pertes de vitesse : temps équivalent de production perdu lorsque le procédé tourne en dessous de la vitesse standard, due au changement de qualité.
- ✘ Micro-arrêts : arrêts d'une durée inférieure à 5 min.
- ✘ Arrêts de complexe (manque de l'énergie électrique...).

I.1.2. Pertes liées à la main d'œuvre

Dans cette catégorie de perte, nous avons défini deux types de pertes industrielles qui sont liées à la main d'œuvre de procédé séchage :

- ✘ Heures supplémentaires : nombre d'heure ajoutées par la main d'œuvre sans apporter une valeur ajoutée.
- ✘ Temps improductifs (VA limitée) : nombre d'heures de main d'œuvre perdues par attente d'instructions, ou nombre d'heures sans valeur ajoutée (le procédé à l'arrêt, temps passé à surveiller les machine, opérations inutiles, nettoyage, ...).

I.1.3. Pertes liées aux consommables

Concernant cette catégorie de perte, nous avons défini trois types de pertes industrielles qui sont liées aux consommables de procédé :

- ✘ Consommation spécifique des consommables : quantité du dépassement de la consommation spécifique des consommables (Fuel, Energie électrique et Eau).

I.2. Identification des pertes principales de procédé séchage

Après avoir déterminé les pertes de performance de procédé de séchage, il est maintenant temps de déterminer uniquement les pertes principales conformément aux types de pertes standards de procédé définis précédemment.

Le tableau 4 nous montre le descriptif de chaque perte principale, tout en indiquant son type de pertes industrielles ainsi que sa catégorie.

Tableau 4. Identification des pertes de procédé de séchage

Pertes Principales	Catégorie	Types de pertes	Descriptif des pertes	
	EQUIPEMENTS	Maintenance Planifiée		Au niveau de procédé de séchage, les arrêts planifiés sont la cause N°1 des pertes en TRG avec 25.08% équivalent à 64% des pertes totales en TRG.
		Pannes		Au niveau de séchage, le total des heures d'arrêts est : 1903.35, avec 24.45% des arrêts des fours sont causés par les filtres à manches et 10.85% causés par les convoyeurs KE.
		Incidents process		Les arrêts process arrivent principalement dans la virole et le filtre (changement de brique, changement des manches de filtre.)
		Pertes vitesse		Réduction de vitesse des fours sécheurs suit au changement de la qualité de phosphate.
		Micro-arrêts		Micro-arrêts suite aux arrêts qui ont une durée inférieure à 5 min.
		Arrêts complexe (Manque énergie électrique)		Le manque d'énergie cause des arrêts au niveau de procédé.
	MAIN D'ŒUVRE	Heures supplémentaires		24 800 heures supplémentaires dans l'unité séchage durant l'année 2016.
		Temps improductifs (VA limitée)		Temps improductifs d'attente est estimé à 1153.67h durant l'année 2016
	consommables	Energie électrique.		La consommation journalière d'énergie électrique dépasse la consommation spécifique.
Eau.			La consommation journalière d'eau dépasse la consommation spécifique.	
Fuel.			La consommation journalière du fuel dépasse la consommation spécifique	

I.3. Elaboration de la Matrice A

La matrice A est un outil pour l'analyse des pertes. Elle nous permet de regrouper les pertes, les classer quantitativement et les prioriser. Cette matrice est un outil visuel pour faire circuler l'information. C'est pourquoi, elle sera affichée sur les tableaux d'affichage des salles de contrôle ainsi que dans les salles de réunion, pour faciliter l'accès à l'information aux différents opérateurs.

Pour remplir la matrice A nous avons suivi les étapes suivantes :

- A partir des pertes identifiées dans l'état des lieux à travers les analyses de la performance, nous avons nommé et écrit les pertes sur des post-it. Pour chaque perte traitée sur l'état des lieux, nous l'avons marqué d'un trait, ensuite la regroupé avec son type de perte principale en ajoutant un commentaire sur le post-it.
- Nous avons positionné le post-it sur la matrice A et ensuite nous l'avons relié à sa case.
- Nous avons évalué chaque perte pour chaque étape du procédé : importante (5 ou rouge), moyenne (3 ou orange), faible (1 ou vert). [1]
- Après le premier passage, nous avons comparé les pertes importantes (de degré 5) entre elles, puis nous les avons confrontés aux pertes moyennes (de degré 3) pour s'assurer de la bonne évaluation. (Seule les pertes rouges seront traitées par la suite).
- Nous avons évalué la quantité de pertes importantes (de degré 5) ; [1]

6 à 26 % des pertes doivent être classées en importance 5 ;

>26%, alors nous aurons trop de sujets à traiter ;

< 6%, il est fort possible d'avoir oublié des pertes ;

La figure 26 nous montre la matrice A, telle affichée sur les tableaux d'affichage.

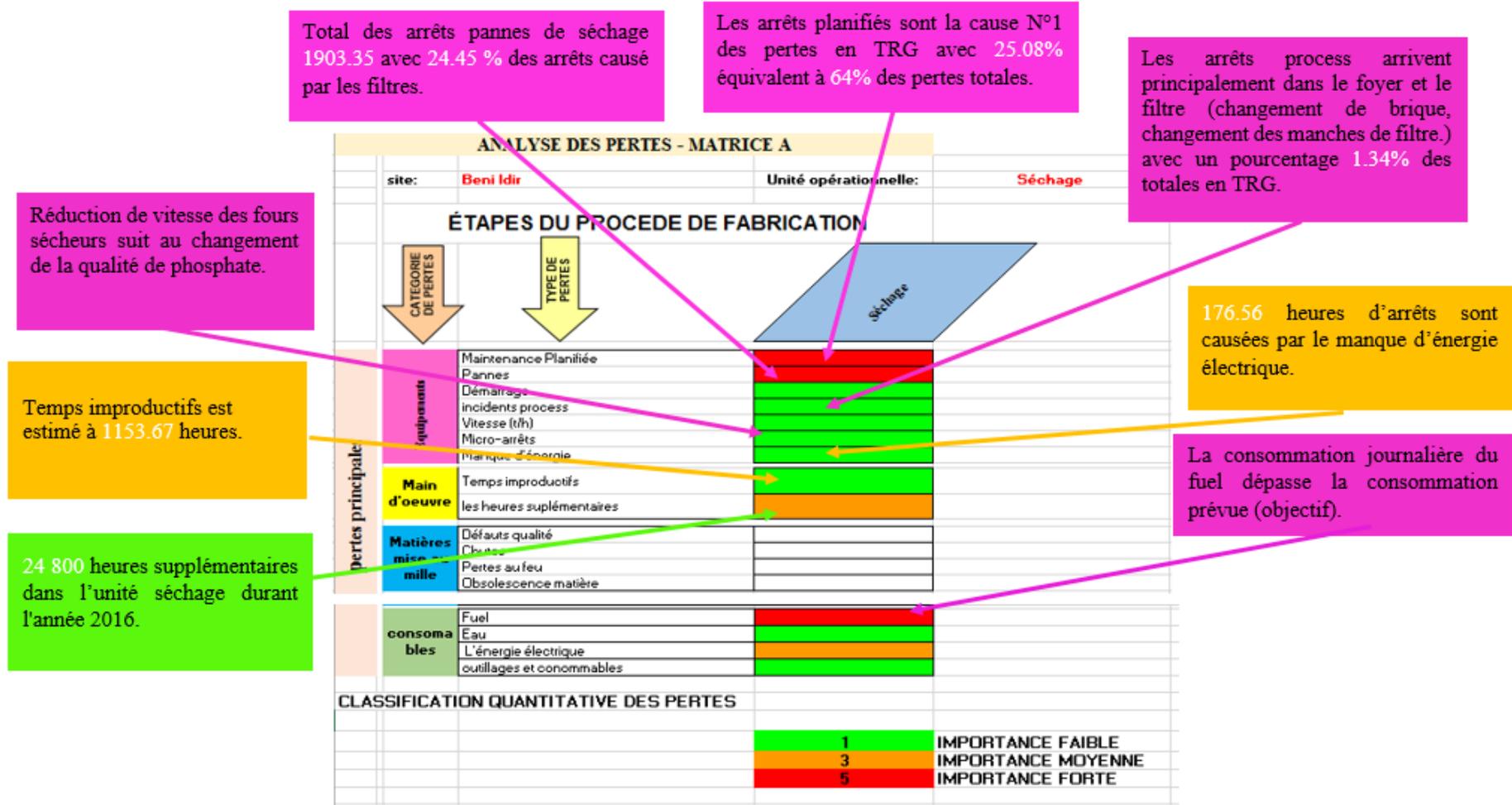


Figure 26 : identification des pertes : Matrice A

II. Séparation des pertes

La matrice B comporte la détermination des pertes résultantes de chaque perte principale, jugée importante et prioritaire en se basant sur la matrice A.

La matrice B a pour principaux objectifs :

- ✚ Valider la bonne séparation des pertes principales et des pertes résultantes.
- ✚ Identifier, pour chaque perte principale, toutes les pertes résultantes de façon exhaustive.

II.1. Séparation des pertes principales des pertes associées

Après que nous avons mis en évidence les pertes principales à l'aide de la matrice A, nous allons passer maintenant pour identifier les pertes résultantes de chaque perte principale. Et cela dans le but d'estimer la vraie valeur des pertes principales de procédé séchage. En effet, il n'existe pas de solution directe et efficace, pour attaquer une perte résultante, tant que la perte principale n'est pas attaquée. Nous devons éliminer les événements et les causes des pertes principales, parce que si nous concentrons nos efforts sur une perte résultante, nous n'aurons pas d'impact.

Le tableau 5 nous présente les pertes résultantes correspondantes à chaque perte principale.

Tableau 5. Les pertes principales et les pertes résultantes.

		Pertes Résultantes			
Pertes principales		Résultante 1	Résultante 2	Résultante 3	Résultante 4
Séchage	Maintenance Planifiée	Consommation Fuel lors de démarrage	Surconsommation Electricité lors de démarrage	Ajout des heures supplémentaires	Augmentation du temps improductif
	Pannes	Consommation Fuel lors de démarrage	surconsommation Electricité lors de démarrage	Ajout des heures supplémentaires	Augmentation du temps improductif

II.2. Elaboration de la Matrice B

La matrice B est un outil qui nous permet d'indiquer visiblement les pertes résultantes de chaque perte principale (degré d'importance 5) devant l'étape du procédé correspondante à ces pertes. Cette matrice sera affichée sur des tableaux d'affichage pour présenter ces pertes aux opérateurs.

Pour créer et remplir la matrice B nous avons suivi les étapes suivantes :

- Nous avons créé un tableau avec :
 - En colonne, toutes les pertes classées par type ;

En ligne, les pertes principales ;

- Nous avons indiqué avec un O, l'intersection de chaque perte principale avec son type de perte.
- Pour chaque perte principale, nous avons passé en revue la colonne et nous avons identifié par une X les pertes résultantes. A chaque fois qu'une perte principale génère une résultante, nous avons mis une croix dans la case d'intersection.
- Nous avons créé et positionné des post-it contenant des commentaires ou des valeurs, et ensuite nous les avons reliés à leur case (croisement type de perte et étape du procédé / perte principale).

La figure 27 nous montre la matrice B, telle affichée sur les tableaux d'affichage.

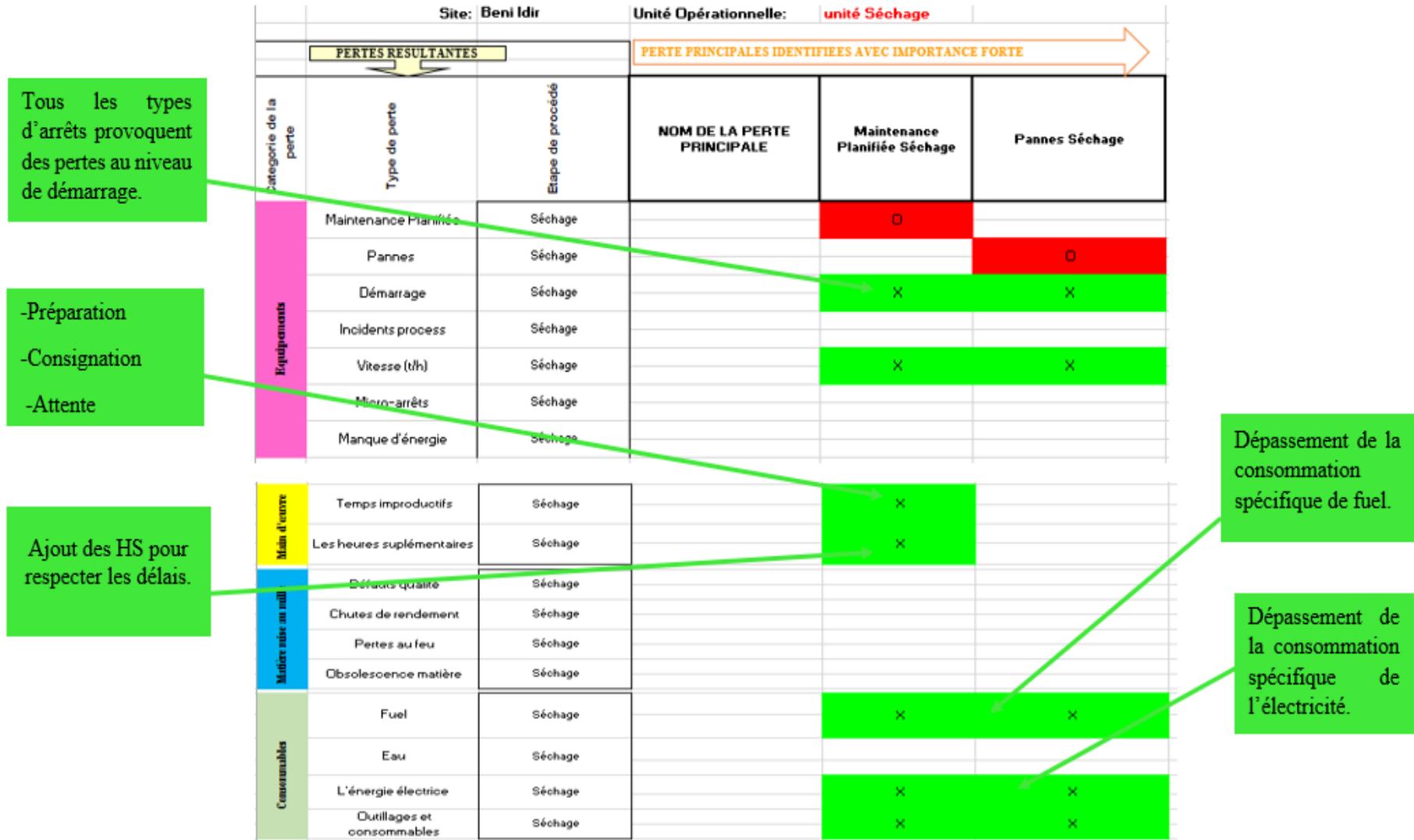


Figure 27 : Séparation des pertes : Matrice B.

IV. Chiffrage des pertes en termes de coût

Pour remplir la matrice C nous devons calculer d'abord les quantités des pertes engendrées par les pertes principales.

III.1. Calcul de la quantité des consommables perdues

Nous avons constaté que la consommation de fuel et de l'électricité augmente au niveau de démarrage c'est-à-dire une surconsommation engendrée par chaque arrêt.

a. Calcul de la surconsommation de fuel

Pour calculer la surconsommation de fuel nous avons appliqué la formule suivante :

$$C_f = N_a * N_h * D_p * P_f$$

Tel que :

C_f : surconsommation de fuel.

N_a : nombre d'arrêt (on consomme de l'énergie à chaque démarrage pour cela il est indispensable de multiplier par le nombre d'arrêts pour calculer la surconsommation de fuel).

N_h : nombre d'heure de fonctionnement moyen des fours en service qui égale 22 h.

D_p : débit entrant de produit qui égale 260 tonne/h.

P_f : perte en fuel dépend de la durée d'arrêt.

Le tableau suivant résume le calcul de perte de fuel pour les arrêts pannes.

Tableau 6. Calcul des pertes en fuel pour les pannes.

Type d'arrêt	Perte en fuel correspondante (Kg/tonne séché)	Nombre d'arrêt (N_a)	Surconsommation de fuel en tonne (C_f)
arrêt dont la durée est < 10 min	0.2	1015	1 161,16
arrêt dont la durée est entre 10 min et 4 h	0.5	1400	4 004,00
arrêt dont la durée est entre 4 et 8 h	0.7	53	212,21
arrêt dont la durée est entre 8 et 24 h	1	49	280,28

D'après le tableau la perte totale de fuel liée aux arrêts pannes en termes de quantité est **5 657.65** tonnes (1 161.16+4 004+212.21+280.28).

Le tableau suivant résume le calcul de perte de fuel pour les arrêts planifiés.

Tableau 7. Calcul des pertes en fuel pour les arrêts planifiés

Type d'arrêt	Perte en fuel correspondante (Kg/tonne séché)	Nombre d'arrêt(Na)	Surconsommation de fuel en tonne(Ct)
arrêt dont la durée est entre 10 min et 4 h	0.5	8	22,88
arrêt dont la durée est entre 4 et 8 h	0.7	86	344,34
arrêt dont la durée est entre 8 et 24 h	1	295	1 687,40

D'après le tableau la perte totale de fuel liée aux arrêts planifiés en termes de quantité est **2054.54** tonnes (22.88+344.34+1687.40).

b. Calcul de la surconsommation de l'électricité

Pour calculer la perte de l'électricité en kWh pendant un arrêt nous avons appliqué la formule suivante :

$$P_p = 6P_n * \text{durée de démarrage}$$

Tel que :

P_n : puissance nominale consommée par un four sécheur en W

P_p : la puissance totale consommée par un four sécheur pendant le démarrage en Wh

Durée de démarrage : estimée à 15 min.

La perte totale est donnée par la formule suivante : $P_{pt} = P_p * N_a$

Tel que :

P_p : la puissance totale consommée par un four sécheur qui égale à 1076.18 kWh (**Annexe 3**).

Pour les pannes : $P_{pt} = 2517 * 1076.18 = 2\,708\,732,48$ kWh

Pour les arrêts planifiés : $P_{pt} = 389 * 1076.18 = 418\,632,08$ kWh

III.2. Elaboration de la Matrice C

La matrice C consiste en la détermination des coûts de ces pertes, c'est-à-dire le chiffrage de ces pertes en termes de coûts.

Cette matrice a pour objectif la valorisation de chacune des pertes principales importantes en DH, en transformant les heures d'arrêts perdues en termes de coûts.

Pour notre cas on a chiffré les pertes en fuel et en électricité en termes de cout pour les arrêts pannes et la maintenance planifié.

ANALYSE DES PERTES - MATRICE C						
site:	Béni-Idir	unité opérationnelle:	Séchage			
						
Nom de la perte	Coût unitaire	Unité Dhs /	MP Séchage		Pannes Séchage	
			Quantité	Coût	Quantité	Coût
Charge de personnel						
Heures supplémentaires	45	Heure	18 850,00	848 250,00	5 950,00	267 750,00
Fournitures internes						
Electricité HT		MWh				
Electricité BT	0,823	kWh	418 632,08	344 534,20	2 708 732,48	2 229 286,83
Eau		m ³				
Consommations & fournitures						
Gasoil	8	m ³				
Fuel -Oil N°2	4760	T	2 054,54	9 779 610,40	5 657,65	26 930 414,00
Lubrifiants		l				
Divers		Dhs				
Bande		km				
Explosifs		kg				
Pneumatiques		mm				
Pièces de rechange		Dhs				
Prestations de services		Heure				
Autres	78,12	Dhs				
Pertes Totales				10 972 394,60		29 427 450,83

Figure 28 : Chiffrage des pertes : Matrice C

Conclusion :

Les matrices A, B et C constituent les étapes 2,3 et 4 de COST DEPLOYMENT, elles nous ont permis d'identifier, classifier et chiffrer les pertes de procédé de séchage.

A l'aide de ces matrices établies et présentées dans ce chapitre nous avons pu prioriser les pertes de procédé de séchage sur quoi nous allons agir par la suite à l'aide d'un plan d'amélioration.

CHAPITRE 5

PLAN D' ACTIONS

Après avoir établi la phase d'analyse des pertes, il faut maintenant identifier et proposer des solutions efficaces et dresser un plan d'action à l'aide des matrices D, E, F et G, dans le but d'éradiquer ces problèmes à la source.

I. Identification des méthodes de résolution : Matrice D

La matrice D (figure 29) a comme vocation la détermination des méthodes et des compétences nécessaires pour attaquer une perte. Nous insérons les pertes principales, leur montant et les méthodes nécessaires pour les attaquer.

II. Estimation des coûts et les gains possibles : Matrice E

L'objectif de la matrice E (figure 30) est d'estimer le cout pour attaquer les pertes et estimer les gains possible. Cette matrice est alimentée en plaçant les pertes en lignes avec leur montant. Après on estime l'économie potentielle et le bénéfice à tirer chaque année.

Les pertes sont ensuite priorisées selon le critère ICE (avec $ICE = Impact * Coût * Easy$).

- I : Impact de chaque perte par rapport à l'ensemble ;
- C : Coût pour réduire la perte ;
- E : Facilité de la réduction de la perte.

Critère de priorisation : sont disponibles dans l'**Annexe 4**.

III. Etablissement d'un plan d'amélioration : Matrice F

La matrice F (figure 31) permet de planifier les actions selon la roue PDCA qui est un moyen mnémotechnique permettant de repérer avec simplicité les étapes à suivre pour améliorer la qualité.

La méthode comporte quatre étapes, chacune entraînant l'autre, et vise à établir un cercle vertueux. Sa mise en place doit permettre d'améliorer sans cesse la qualité d'un produit, d'une œuvre, d'un service, etc.

- Plan : Préparer, planifier (ce que l'on va réaliser)
- Do : Développer, réaliser, mettre en œuvre (le plus souvent, on commence par une phase de test)
- Check : Contrôler, vérifier
- Act (ou Adjust): Agir, ajuster, réagir (si on a testé à l'étape Do, on déploie lors de la phase A)

IV. Calcul des bénéfices : Matrice G

L'objectif de la Matrice G (figure 32) est d'estimer les gains et réductions de pertes obtenus par les groupes de travail.

En se basant sur la matrice E nous avons calculé les bénéfices pour chaque perte.

Plan d'action - MATRICE D																	
Site : Beni Idir		Unité Opérationnelle: Séchage															
Description de la perte principale	Montant de la perte (MDHS) par an	Type de perte	PILIER OPS											Outils nécessaires et compétences nécessaires	Constitution du groupe de travail		
			HYGIENE, SANTE ET SECURITE	ENVIRONNEMENT	DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES	MANAGEMENT DE TERRAIN - 5S	RESOLUTIONS DE PROBLEMES	MAINTENANCE AUTONOME	MAINTENANCE PROFESSIONNELLE	CONTRÔLE ARTICLES/DES EQUIPEMENTS	QUALITE ET MAINTIEN DES PROCÉDES	INDUSTRIALISATI ON NYX PRODUITS	MAÎTRE DES PLOX ET DES PROCESSUS		Pilote	Membres du groupe	
MP Séchage	10,97	MAINTENANCE PLANIFIEE		X									X		ENVIRONNEMENT QMP	BACHAR	MAZZAL TAOUAM MDEQA BIROUK
					X										DDC	NEFLI	BACHAR MABDOUI DIRAA LAMLAHI
						X									5S	MABDOUI	HOUSAFI KHATABI SADRAOUI EL YOUSFI LAMQUDEN
						X									5S	DIRAA	LAARAJ ENNAR HAMDAN DARHOUI CHABIL
Pannes Séchage	29,43	PANNES				X									5S	LAMLAHI	ACHCHAR ECHAQUI KOUSSAIMI
									X					MP	HARIS	MABDOUI DIRAA LAMLAHI	
										X				GAE	NEFLI HARIS	BACHAR MABDOUI DIRAA LAMLAHI	
													X		QMP	BACHAR	MAZZAL TAOUAM MDEQA BIROUK ECHAQUI
				X		X	X						DDC MRP MA	NEFLI BACHAR	MAZZAL MDEQA BIROUK ECHAQUI		

Figure 29 : Plan d'action : Matrice D

Plan d'action- MATRICE E - ICE

Site : Beni Idir

Unité Opérationnelle: Séchage

DESCRIPTION DE LA PERTE	MONTANT DE LA PERTE (MDHs) PAR AN	IMPACT		ÉCONOMIE POTENTIELLE		COÛT		INDICATEURS AMELIORES							BÉNÉFICE ANNUEL			EASY	I x C x E
		%	I(1-5)	%	MDHs PAR AN	COÛT ESTIME DU GROUPE DE RÉDUCTION DE LA PERTE MDHs	C (1-5) 1=Fort	SÉCURITÉ	ENVIRONNEMENT	FIABILITÉ - DISPONIBILITÉ	VITESSE	TAUX QUALITÉ - RENDEMENT	CONSOMMATION	FLEXIBILITÉ - TAILLE DE LOT	AN1	AN2	AN3	E (1-5) 5= Fort	
Pannes Séchage	29,43	73%	5	30,0%	8,83	4,68	1	X	X	X	X		X		2,94	2,94	2,94	2	10
MP Séchage	10,97	27%	5	30,0%	3,29	1,75	2	X		X					1,10	1,10	1,10	4	40
TOTAL	40,40				12,12	6,61													

Figure 30 : Plan d'action : Matrice E.

Plan d'action - MATRICE G				Unité Opérationnelle: Séchage			
Site: Beni Idir				PERTE PRINCIPALES IDENTIFIEES			
Nom de la perte	Coût unitaire	Unité Dhs /	Bénéfice total / année cost	Pannes Séchage		MP Séchage	
				Economie visée +		Economie visée +	
				Perte totale	Bénéfice	Perte totale	Bénéfice
Charge de personnel		Heure					
Heures supplémentaires	45	Heure	334 800,00	267 750,00	80 325,00	848 250,00	254 475,00
Fournitures internes							
Electricité HT		MWh					
Electricité BT	0,823	kWh	772 146,31	2 229 286,83	668 786,05	344 534,20	103 360,26
Eau		m3					
Consommations & fournitures							
Gasoil	8	m3					
Fuel -Oil N°2	4760	T	11 013 007,32	26 930 414,00	8 079 124,20	9 779 610,40	2 933 883,12
Divers		Dhs					
Bande		km					
Explosifs		kg					
Pneumatiques		mm					
Pièces de rechange	1	Dhs					
Prestations de services		Heure					
Autres	78,12	Dhs					
Total			12 119 953,63	29 427 450,83	8 828 235,25	10 972 394,60	3 291 718,38

Figure 32 : Plan d'action : Matrice G

Après avoir élaboré les différentes matrices et le plan d'action nous avons constaté que la perte en termes de cout de fuel est la perte la plus importante qui est de l'ordre de 36.9 MDH représentant un pourcentage de 91% des pertes totales.

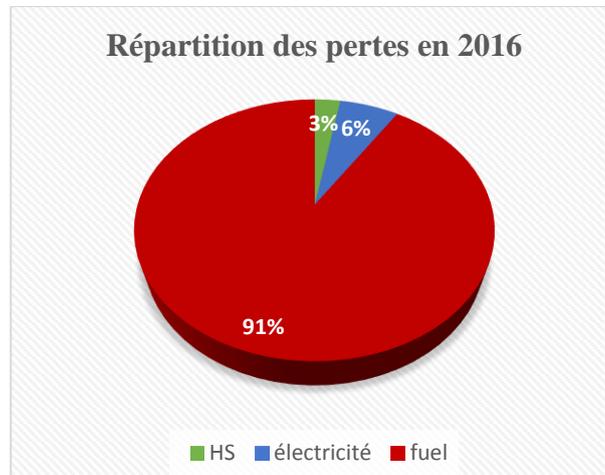


Figure 34 : Répartition des pertes en 2016

Pour cela nous avons vu qu'il est nécessaire d'élaborer des carte de contrôle afin de bien maitriser la consommation de fuel.

V. Maitrise statistique de la consommation de fuel

V.1. Maitrise statistique de procédés

La MSP est une méthode de surveillance d'un processus afin d'identifier des causes spécifiques de variation et signaler le besoin de prendre des actions correctives, quand c'est approprié.

La MSP s'appuie sur un outil fondamental : le suivi de processus par les cartes de contrôle.

Les cartes de contrôle sont l'un des outils historiques de la MSP, elles permettent de surveiller les paramètres d'un processus pour prévenir des dérives et s'assurer la qualité.

Les cartes de contrôle présentent dans le temps l'évolution des paramètres que nous avons décidé de mettre sous contrôle.

Le choix de la carte va se faire en fonction de type de données que nous avons décidé de recueillir.

Il existe deux types de cartes de contrôle :

- les cartes de contrôle pour les caractéristiques continu (mesurable).
- les cartes de contrôle pour les caractéristiques non mesurables (attributs).

V.2. Calcul des cartes de contrôle

Une collecte des données s'avère nécessaire afin de mieux refléter l'état actuel du procédé de séchage. Les données aux quelles nous avons besoin étaient la consommation spécifique journalière du fuel pour les deux mois Avril et Mai de l'année 2017.

Le tableau regroupant ces valeurs est disponible dans l'**Annexe 5**.

V.2.1. Tests sur les observations

Lors du procédé de séchage de phosphate, nous avons essayé de diagnostiquer la stabilité de la consommation spécifique du fuel journalière des deux mois Avril et Mai de l'année 2017, en prélevant 60 valeurs

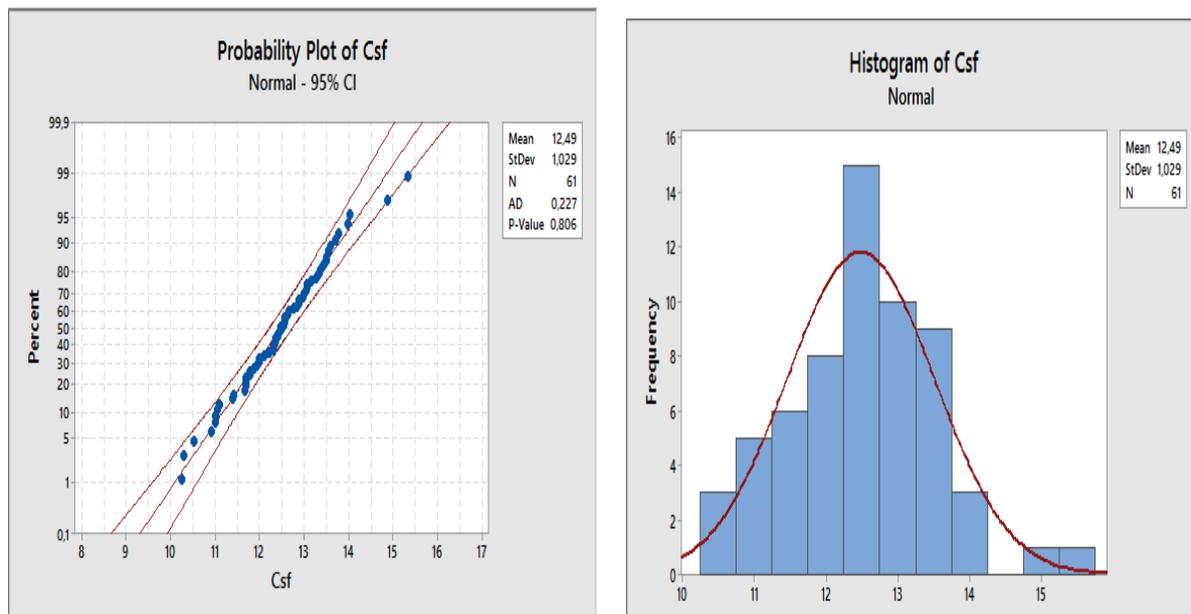
Avant d'établir une carte au mesures de Schwartz il faut que :

- Les données soient distribuées selon une loi normale de moyenne μ et de variance σ^2 constante dans le temps.
- Les observations soient indépendantes

Il existe des outils statistiques qui permettent de tester la normalité et l'indépendance à l'aide du logiciel Mini Tab qui sont :

- 1- PP-plot pour la Normalité.
- 2- L'autocorrélogramme pour Indépendance des données.

Pour cela nous avons testé la normalité à l'aide du logiciel Mini Tab, nous avons obtenu les courbes suivantes :



D'après le p-plot, nous remarquons que les données suivent l'allure de la droite d'Henri, ce qui montre qu'elles suivent approximativement une loi normale.

Nous avons testé l'indépendance à l'aide de Mini Tab, nous avons obtenu la courbe suivante :

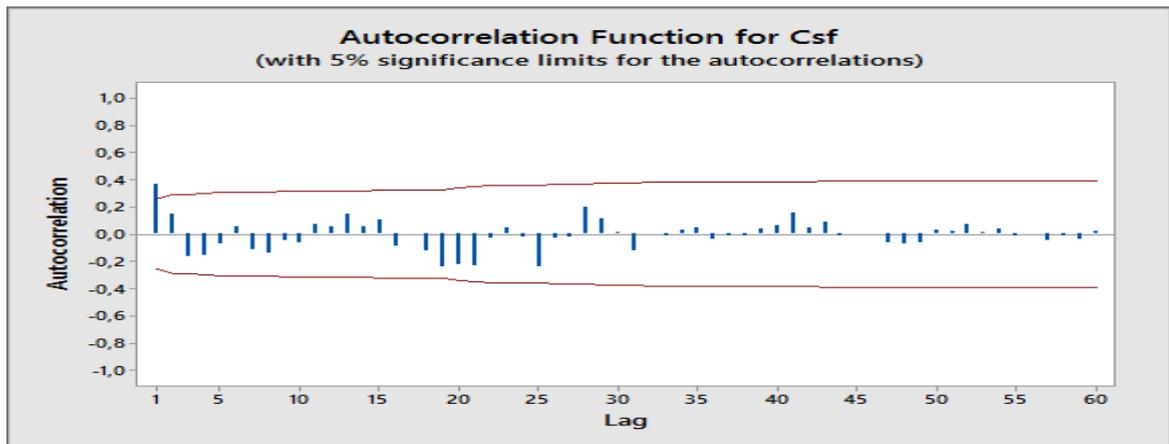


Figure 35 : Autocorrélation de la Csf

Nous remarquons qu'il n'existe pas des piques qui sortent de l'intervalle de tolérance, donc nous pouvons accepter que les données soient indépendantes.

V.2.2. Les cartes de contrôle statistiques

Nous calculons les cartes de contrôle en suivant les étapes suivantes :

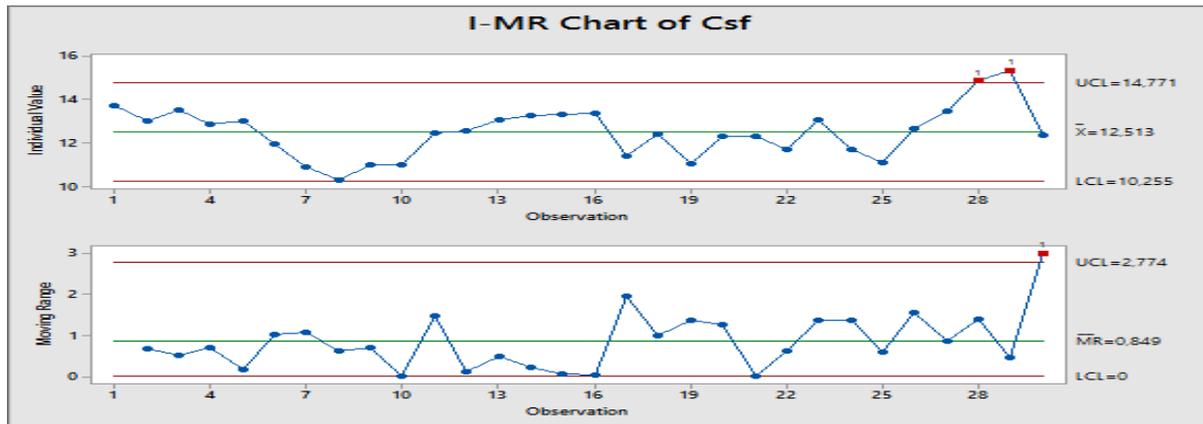
- Choisir la moitié des données (c.à.d. 30 premières valeurs).
- Appliquer la carte de contrôle et détecter s'il y a des dérives.
- Corriger les données par élimination des valeurs anormaux.
- Retracer la carte de contrôle puis et déduire les nouvelles limites valides.
- Imposer les limites valides trouvées dans l'étape précédente sur le reste des données.

➤ La Carte X-R

C'est une carte qui permet de visualiser en parallèle l'évolution et la tendance centrale et la dispersion du procédé sur deux cartes :

- ✦ **La carte X** : cette carte mesure la variabilité entre les valeurs.
- ✦ **La carte R** : cette carte mesure l'étendue glissant entre les valeurs.

Nous travaillons dans un premier temps sur la première moitié des prélèvements.

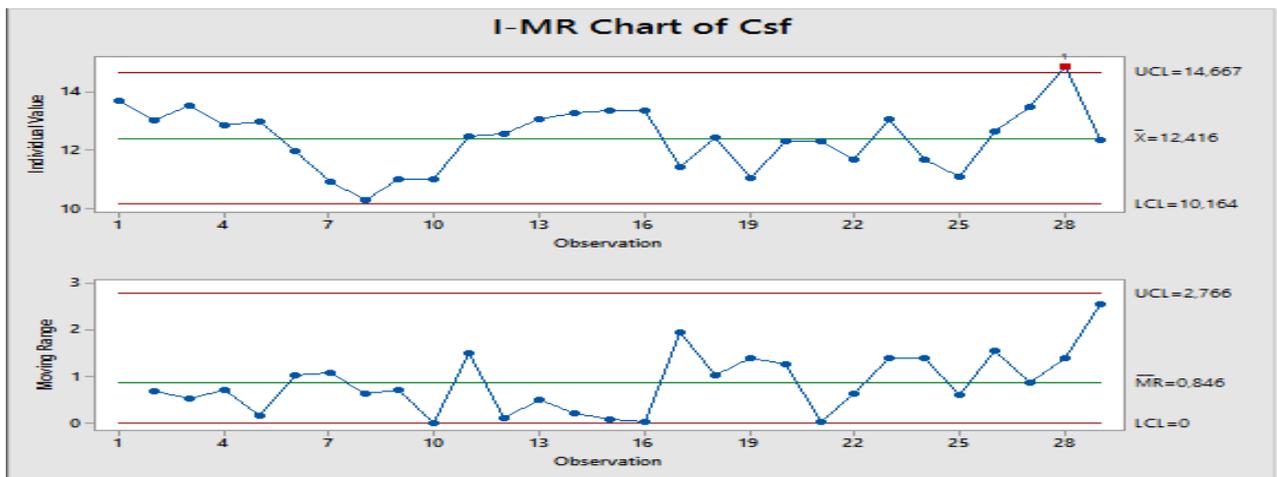


Interprétation

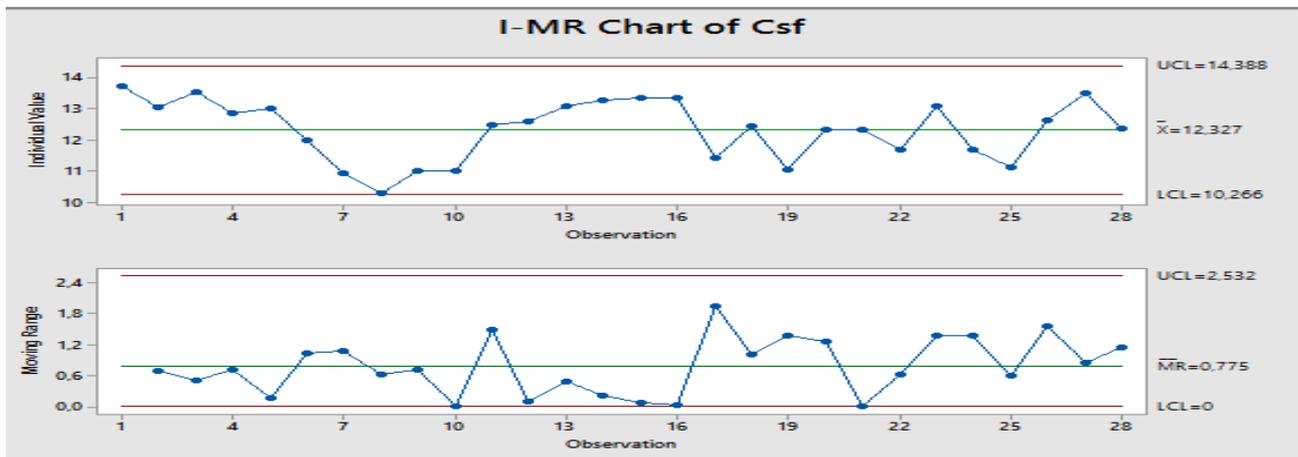
- La carte R est hors contrôle pour le groupe 29, les limites de contrôles ne sont pas correctes très larges légèrement à cause de groupe 29.
- La carte X est hors contrôle pour les groupes 28,29.

Le procédé n'est pas sous contrôles statistique La présence d'un ou plusieurs points au-delà de l'une ou l'autre des limites de contrôles constitue une preuve de la présence de causes assignables en ce ou ces points.

Eliminer le groupe 29 :



Eliminer le groupe 28 :



Nous validons les limites pour les deux cartes :

La carte X :

La limite supérieure UCL = 14.388 Kg/t

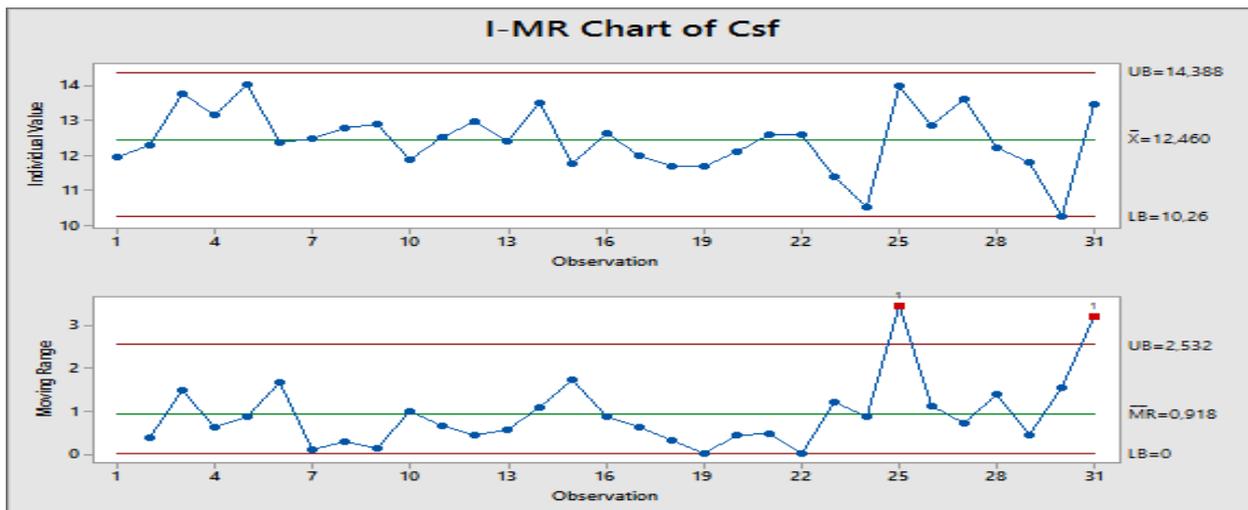
La limite inférieure LCL = 10.266 Kg/t

La carte R :

La limite supérieure UCL = 2.532 Kg/t

La limite inférieure LCL = 0

En imposant les limites obtenues à valeurs restantes.



Nous remarquons qu'il existe des dérives sur la carte R cartes donc la consommation spécifique du procédé est hors contrôle.

Dans le paragraphe qui suit nous allons analyser les paramètres et les données collectés dans le paragraphe précédente puis éliminer progressivement jusqu'à définir les paramètres critiques influençant sur la consommation spécifique du fuel.

V.3. Identification des causes de la consommation élevée de fuel

Nous avons utilisé l'outil Brainstorming pour identifier les causes de la consommation élevée du fuel. Ce brainstorming est effectué en présence d'un groupe de stagiaires et des conducteurs dans la salle de réunion.

- Mauvaise conditions de stockage de produit humide
- Dégradation du matériel dû aux arrêts répétitifs de la production
- Changement de la température (température très basse et une hygrométrie très élevée en hiver)
- Surcharge virole.
- Humidité du phosphate à l'entrée dû au teneur élevée en eau
- Dégradation des briques réfractaire dues à la température élevée dans le foyer ou à la mauvaise qualité
- Arrêts circuit en amant
- Arrêts circuit en aval
- Mauvais fonctionnement des bruleurs
- Absence de réglage pour air de VRB
- L'écart de température entrée filtre et température sortie filtre dépasse la consigne

V.4. Solutions proposées

A partir des causes racines trouvées dans la partie précédente, nous avons déterminé les solutions qu'il faut apporter sur les mécanismes et qui sont en état de dysfonctionnement ou mal conçu.

Les solutions trouvées sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Causes	Solution		
	Corrective	Préventive	Améliorative
Mauvaise condition de stockage de produit			Respecter la gestion du first in first out
Dégradation du matériel aux arrêts répétitifs de la production		respecter le processus de la maintenance pour respecter ces dégâts	planifier les entretiens des fours systématiquement
Changement de la Température (température très basse et une hygrométrie très élevée en hier)			Maitriser la consommation du fuel à l'aide des cartes de contrôles saisonnière
Surcharge virole	augmenter dépression pour avoir un tirage plus élevé		
Humidité du phosphate à l'entrée du au teneur élevée en eau		Mesurer HO2 de l'entrée de chaque changement de qualité	
Dégradation des briques réfractaire dues à la température élevée dans le foyer ou à la mauvaise qualité	Changement des briques usées ou cassées	créer une alarme de sécurité lorsque la température buse dépasse 1050°C	
Arrêts circuit en amant	Maintenance corrective dans le cas d'une panne	Maintenance systématique de la roue pelle qui assure l'alimentation des trémies	
Arrêts circuit en aval		Maintenance systématique des convoyeurs de sortie ainsi les cribles	
Mauvais fonctionnement des bruleurs		nettoyer systématiquement et surtout la partie MEPA	
Absence de réglage pour air de VRB			Créer une boucle de régulation entre le débit de fuel et l'air primaire
L'écart de température entrée filtre et température sortie filtre dépasse la consigne			Préchauffage de l'air de dé colmatage des manches filtrants des filtres

Conclusion :

Le plan d'action établi dans ce chapitre va contribuer à une élimination de 30% des pertes identifiées principales, avec un gain possible dépassant les 12 MDH.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Face à un marché concurrentiel, la division Béni-Idir du groupe OCP, le leader mondial du marché de phosphate, cherche à piloter la performance et suivre les défis exigés par le groupe à travers la mise en place des outils de gestion, de suivi et de pilotage de la performance.

L'étude menée à travers ce projet consiste à appliquer le Cost Deployment pour analyser les pertes de procédé séchage et proposer un plan de progrès permettant d'éliminer les pertes et par conséquent réduire les coûts de transformation.

La démarche, que nous avons adoptée, a permis de mener à bien les différentes phases de ce projet et à atteindre les objectifs ciblés. Ces objectifs se sont déclinés au fur et à mesure de l'avancement du projet en trois grande parties à savoir, l'élaboration d'un état des lieux de la performance qui permet de diagnostiquer la situation, l'analyse des pertes et enfin la définition d'un plan d'amélioration.

La première phase de cette étude a été réalisée à partir d'une étude de performance, que ce soit la performance liée aux équipements, à la main d'œuvre ou aux consommations, sous forme de diagnostic et d'analyse de la situation de l'année 2016. Par ailleurs, cette analyse a été faite en décortiquant le TRG et les pertes de performance.

Avec un diagnostic achevé, nous avons passé à l'analyse des pertes de l'atelier, en construisant les matrices A, B et C qui nous ont permis de mettre sous le microscope ces pertes, de les prioriser et les chiffrer en termes de coûts. Ces matrices nous ont aussi permis de faire circuler le résultat de cet analyse à l'ensemble des opérateurs de l'unité.

Une fois l'analyse établie, nous avons élaboré et construit un plan d'amélioration sous forme de quatre matrices D, E, F et G, qui vise principalement le suivi de ces pertes ainsi que la réduction des coûts qu'elles engendrent.

Grace au chantier COST DEPLOYMENT nous avons constaté que la perte majeure de laquelle souffre le procédé séchage est la surconsommation de fuel, pour cela nous avons appliqué la maîtrise statistique de la consommation spécifique de fuel par les cartes de contrôles.

BIBLIOGRAPHIE- WEBOGRAPHIE

- [1] Documentation de l'OCP
- [2] Anciens rapports de stage
- [3] Cours de la MSP de Mme.Tajri
- [4] Cours de la maintenance de Mr.Hammoumi

Annexes

Annexe 1 :

Annexe 1.1 : extrait de l'historique des arrêts de l'année 2016 de l'unité Béni-Idir.....	71
Annexe 1.2 : tableau de bord de l'atelier séchage de Janvier.....	72
Annexe 2 : extrait du suivi de la production et les prévisions journalières.....	73
Annexe 3 : calcul de TRG 2016 et TRG en pertes.....	74
Annexe 4 : puissance totale consommée par un four sécheur.....	75
Annexe 5 : critères de priorisation concernant la matrice.	76
Annexe 6 : consommation spécifique de fuel journalière pendant les deux mois Avril et Mai 2017.....	77

Annexe 1.1 : extrait de l'historique des arrêts de l'année 2016 de l'unité béni-idir.

FOUR	Date	detail	debut	fin	nature	Installation	secteur	durée(en heure)	Fréquence
f1	31/12/2016	Défaut pression	22:40	23:10	Régulation	Filtre_F1	Séchage	0,50	1
f4	31/12/2016	Déport bande	19:30	20:30	Installation	KE4	Séchage	1,00	1
f4	31/12/2016	Arrêt sans défaut	14:30	14:40	Electrique	Virole4	Séchage	0,17	1
f6	31/12/2016	Changement brûleur	08:45	08:50	Exploitation	Four6	Séchage	0,08	1
f4	31/12/2016	Patinage bande	08:10	08:55	Installation	KE4	Séchage	0,75	1
f8	31/12/2016	Translation pour changement de qualité	07:45	07:55	Exploitation	R1	Humide	0,17	1
f8	31/12/2016	Translation pour changement de qualité	02:45	03:00	Exploitation	R1	Humide	0,25	1
f7	31/12/2016	Soulagement stock sec	00:00	23:59	Externe	Sec	Sec	24,00	0
f5	31/12/2016	Entretien général	00:00	23:59	Entretien	Four5	Séchage	24,00	0
f1	31/12/2016	Défaut électrique	00:00	00:35	Electrique	Filtre_F1	Séchage	0,58	1
f1	30/12/2016	Défaut électrique	23:15	23:59	Electrique	Filtre_F1	Séchage	0,75	1
f2	30/12/2016	Débouchage goulotte	22:40	22:50	Exploitation	KE2	Séchage	0,17	1
f6	30/12/2016	Démarrage par service électrique	18:25	18:35	Electrique	Filtre_F6	Séchage	0,17	1
f8	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f6	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f4	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f3	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f2	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f1	30/12/2016	Arrêt et démarrage sans défaut	18:10	18:25	Electrique	SF	Mise à terril	0,25	1
f6	30/12/2016	Travaux électriques	15:20	15:35	Electrique	KE6	Séchage	0,25	1
f8	30/12/2016	Manque produit	13:40	13:50	Exploitation	Humide	Humide	0,17	1
f4	30/12/2016	Contrôle buse de sortie	12:30	12:45	Exploitation	Four4	Séchage	0,25	1
f2	30/12/2016	Défaut électrique	11:00	11:30	Régulation	Séchage	Séchage	0,50	1
f1	30/12/2016	Défaut électrique	11:00	11:30	Régulation	Séchage	Séchage	0,50	1
f6	30/12/2016	Changement brûleur	10:10	10:15	Exploitation	Four6	Séchage	0,08	1
f6	30/12/2016	Défaut palpeur	09:35	09:40	Electrique	KE6	Séchage	0,08	1
f8	30/12/2016	Respect du mélange	08:45	09:05	Exploitation	R1	Humide	0,33	1
f2	30/12/2016	Débouchage goulotte	08:30	08:45	Exploitation	KE2	Séchage	0,25	1
f1	30/12/2016	Changement brûleur	08:30	08:35	Exploitation	Four1	Séchage	0,08	1
f8	30/12/2016	Changement brûleur	08:20	08:30	Exploitation	Four8	Séchage	0,17	1
f4	30/12/2016	Débouchage goulotte	06:35	06:45	Exploitation	Trémie4	Séchage	0,17	1
f6	30/12/2016	Débouchage goulotte	06:10	06:35	Exploitation	KE6	Séchage	0,42	1
f8	30/12/2016	Difficulté d'aiguillage	04:00	04:20	Exploitation	KN	Sec	0,33	1
f6	30/12/2016	Difficulté d'aiguillage	04:00	04:20	Exploitation	KN	Sec	0,33	1
f4	30/12/2016	Difficulté d'aiguillage	04:00	04:20	Exploitation	KN	Sec	0,33	1

Annexe 1.2 : tableau de bord de l'atelier séchage du mois Janvier.

Date	T°C Ambiante		T°C Gaz. cheminée		T/H Sec		Nbre jours en Sce		Fréq. des arrêts		Hres dispon. total Four en Sce		Hres total Four en Sce	
	Jour	Cum	Jour	Cum	Jour	Cum	Jour	Moy	Jour	Cum	mois	cum	mois	cum
	1	20,00	20,0	75,00	75,0	204	204	4	4,0	19	19	190,00	190,00	96
2	20,00	20,0	75,00	75,0	197	201	4	4,0	12	31	191,66	381,66	96	192
3	20,00	20,0	75,00	75,0	207	204	4	4,0	18	49	190,42	572,08	96	288
4	20,00	20,0	75,00	75,0	0	102	4	4,0	22	71	187,91	759,99	96	384
5	20,00	20,0	75,00	75,0	0	51	4	4,0	6	77	185,75	945,74	96	480
6	20,00	20,0	75,00	75,0	238	145	4	4,0	16	93	190,91	1136,65	96	576
7	18,00	19,7	75,00	75,0	248	196	4	4,0	8	101	182,75	1319,40	96	672
8	19,00	19,6	75,00	75,0	252	224	4	4,0	9	110	190,50	1509,90	96	768
9	19,50	19,6	75,00	75,0	260	242	4	4,0	19	129	180,25	1690,15	96	864
10	18,00	19,4	75,00	75,0	225	233	4	4,0	12	141	191,25	1881,40	96	960
11	19,00	19,4	75,00	75,0	219	226	4	4,0	16	157	189,08	2070,48	96	1056
12	20,00	19,4	75,00	75,0	223	225	4	4,0	4	161	192,00	2262,48	96	1152
13	20,00	19,4	75,00	75,0	211	218	4	4,0	22	183	188,92	2451,40	96	1248
14	20,00	19,5	75,00	75,0	208	213	4	4,0	15	198	183,50	2634,90	96	1344
15	20,00	19,5	75,00	75,0	209	211	4	4,0	25	223	190,83	2825,73	96	1440
16	17,00	19,3	75,00	75,0	232	221	4	4,0	12	235	189,16	3014,89	96	1536
17	14,00	19,0	75,00	75,0	221	221	4	4,0	5	240	191,83	3206,72	96	1632
18	16,90	18,9	75,00	75,0	260	241	4	4,0	13	253	188,42	3395,14	96	1728
19	18,00	18,8	75,00	75,0	232	236	4	4,0	16	269	192,00	3587,14	96	1824
20	15,30	18,6	75,00	75,0	220	228	4	4,0	20	289	185,92	3773,06	96	1920
21	15,50	18,5	75,00	75,0	253	241	4	4,0	7	296	162,25	3935,31	96	2016
22	15,50	18,4	75,00	75,0	248	244	3	4,0	4	300	190,75	4126,06	72	2088
23	16,20	18,3	75,00	75,0	0	122	3	3,9	3	303	192,00	4318,06	72	2160
24	16,00	18,2	75,00	75,0	275	199	3	3,9	3	306	191,67	4509,73	72	2232
25	15,00	18,2	75,00	75,0	253	226	2	3,8	6	312	192,00	4701,73	48	2280
26	15,50	18,1	75,00	75,0	189	207	3	3,8	11	323	191,09	4892,82	72	2352
27	15,50	18,0	75,00	75,0	234	221	3	3,7	20	343	190,09	5082,91	72	2424
28	12,00	17,9	75,00	75,0	257	239	3	3,7	10	353	186,00	5268,91	72	2496
29	10,00	17,7	75,00	75,0	235	237	3	3,7	9	362	187,66	5456,57	72	2568
30	11,00	17,5	75,00	75,0	251	244	3	3,7	9	371	190,00	5646,57	72	2640
31	11,00	17,2	75,00	75,0	242	243	3	3,6	2	373	191,58	5838,15	72	2712

Annexe 2 : extrait du suivi de la production et les prévisions journalières.

DATE	Tonnage réalisé	Tonnage théorique	Tonnage expédié	H2OE	H2OS	Nbre de trains expédié	HM	Débit réalisé sec
01/01/2016	11234	18000	20280	16,8	2,26	6	88,5	204
02/01/2016	21536	26000	20700	16,8	2,32	6	89,5	197
03/01/2016	23183	27000	20940	16,73	2,19	6	92	207
04/01/2016	22364	26216	20220	16,25	2,27	6	88,7	205
05/01/2016	18990	26000	20760	14,44	2,23	6	70	214
06/01/2016	25186	28000	17040	14,92	2,24	5	90,7	238
07/01/2016	22327	26000	20940	14,93	2,46	6	71,4	248
08/01/2016	28852	32000	14100	17,47	2,22	4	94,1	252
09/01/2016	24017	27000	3942	16,45	2,32	4	80,3	260
10/01/2016	21805	26000	13560	16,84	2,46	3	94,2	225
11/01/2016	24244	26000	14400	17,22	2,42	5	90,7	219
12/01/2016	8976	15000	17040	16,81	2,28	5	32,6	223
13/01/2016	21184	26000	17880	17,65	2,4	5	82,8	211
14/01/2016	21496	24000	14040	17,12	2,39	4	84,8	208
15/01/2016	21444	26000	14220	17,53	2,29	4	92	209
16/01/2016	25895	33000	18000	18,53	2,34	5	91,1	232
17/01/2016	25675	37000	17340	16,57	2,22	5	94,5	221
18/01/2016	16537	24400	17820	15,54	2,37	5	83,1	258
19/01/2016	14376	23000	17340	14,94	2,18	5	49,8	232
20/01/2016	23774	28000	21240	14,52	2,27	6	85,5	278
21/01/2016	20205	32000	17340	14,46	2,23	5	65,7	253
22/01/2016	16737	37000	17160	15,67	2,39	5	54,5	248
23/01/2016	21300	26000	17580	15,99	2,44	5	71,4	242
24/01/2016	19187	26000	17520	15,01	2,33	5	55,8	275
25/01/2016	4286	13280	17520	15,13	2,6	5	13,6	253
26/01/2016	15794	26000	10620	15,68	2,36	4	67,5	234
27/01/2016	17704	22400	13860	15,94	2,47	4	67,9	234
28/01/2016	10316	17000	17640	16,09	2,57	5	32,4	257
29/01/2016	17343	26000	13740	16,15	2,44	5	66,6	236
30/01/2016	20207	26000	16200	15,97	2,34	5	68,5	251
31/01/2016	20176	26000	16380	16,26	2,38	5	71,6	241

Annexe 3 : calcul de TRG 2016 et TRG en pertes.

Tableau 8. Calcul de TRG 2016

Mois	Tonnage réalisé brut	Tonnage théorique brut	Heures disponibles totales	Heures de fonctionnement totales	Heures totales Four en service	taux de disponibilité	taux d'allure	taux de qualité	taux de rendement global=TRG
1	606 350	802 296	5838,15	5952	2712	98,09%	75,58%	100,00%	74,13%
2	540 280	608 478	5491,92	5568	2088	98,63%	88,79%	100,00%	87,58%
3	441 260	481 299	5885,33	5952	1800	98,88%	91,68%	100,00%	90,65%
4	526 300	946 698	4653,27	5760	2016	80,79%	55,59%	100,00%	44,91%
5	520 900	1 000 540	4458,55	5952	2200	74,91%	52,06%	100,00%	39,00%
6	44 460	68 558	4977,54	5760	2160	86,42%	64,85%	100,00%	56,04%
7	261 000	377 319	4279,9	5952	2424	71,91%	69,17%	100,00%	49,74%
8	713 430	1 080 801	4333,67	5952	2616	72,81%	66,01%	100,00%	48,06%
9	558 550	984 870	4554,27	5760	2500	79,07%	56,71%	100,00%	44,84%
10	865 400	935 918	5089,91	5952	2736	85,52%	92,47%	100,00%	79,07%
11	712 000	870 731	5170,53	5760	3150	89,77%	81,77%	100,00%	73,40%
12	709 540	981 833	5320,99	5952	3480	89,40%	72,27%	100,00%	64,61%
Total	6 499 470,00	9 139 341,00	60054,03	70272	29882	85,46%	71,12%	100,00%	60,77%

Tableau 9. Calcul des pertes en TRG

Pour calculer les pertes en TRG on divise les heures d'arrêts de chaque type par les heures totales des fours en services

mois	arrêts pannes (hr)	arrêts planifiés (hr)	arrêts externes (hr)	arrêts de complexe (hr)	réduction de vitesse (hr)	arrêts de process (hr)	Heures totales fours en service (hr)
1	105,92	584	196,08	0	1	35	2712
2	138,32	0	91,99	20,75	1,5	25	2088
3	167,95	0	109,42	0	2	28	1800
4	110,38	864	93,67	10,25	4	33	2016
5	107,72	767,5	197,89	9	3	34	2200
6	93,75	825,17	87,75	27,24	4	40	2160
7	171,52	723,25	41,04	31,16	2	49	2424
8	300,67	744	173,59	1,75	1	45	2616
9	132,57	936	179,74	0	1,5	32	2500
10	137,17	744	303,5	4,5	2	26	2736
11	219,29	562,83	102,22	23,33	1	29	3150
12	218,09	744,33	176,41	48,58	2	24	3480
total	1903,35	7495,08	1753,3	176,56	25	400	29882
Perte en TRG	6,37%	25,08%	5,87%	0,59%	0,08%	1,34%	

Annexe 4 : Calcul de la puissance totale consommée par un four sécheur**Tableau 10. Calcul de la puissance totale consommée par un four sécheur**

	Puissance (kW)	Puissance P_p (kWh)
VT1	250	375
VT2	250	375
VIROLE	110	165
VRB	37	55,5
KE	19,5	29,25
VIS1	11	16,5
VIS2	15	22,5
SAS1	0,75	1,125
SAS2	0,7	1,05
VIS1	11	16,5
VIS2	11	16,5
SAS2	0,75	1,125
SAS2	0,75	1,125
total		1 076,18

Annexe 5 : critères de priorisation concernant la matrice ICE.**Impact :**

Impact	
Inférieur à 1%	1
De 1 à 2,5%	2
De 2,5 à 5%	3
De 5 à 15%	4
Supérieur à 15%	5

Coût :

Coût	
Supérieur à 50%	1
De 15 à 50%	2
De 10 à 15%	3
De 5 à 10%	4
Inférieur à 5%	5

Easy :

IMPACT	
Supérieur à 2 ans	1
De 1 à 2 ans	2
De 0,5 mois à 1 an	3
De 0,25 ans à 0,5 ans	4
Inférieur à 3 mois	5

Annexe 6 : la consommation spécifique journalière pour les deux mois Avril et Mai 2017

Date	Csf (Kg/T séché)	Date	Csf (Kg/T séché)	Date	Csf (Kg/T séché)
01/04/2017	13,72	21/04/2017	12,33	11/05/2017	12,54
02/04/2017	13,04	22/04/2017	11,7	12/05/2017	12,98
03/04/2017	13,55	23/04/2017	13,07	13/05/2017	12,41
04/04/2017	12,85	24/04/2017	11,7	14/05/2017	13,5
05/04/2017	13,01	25/04/2017	11,11	15/05/2017	11,78
06/04/2017	11,99	26/04/2017	12,65	16/05/2017	12,63
07/04/2017	10,92	27/04/2017	13,5	17/05/2017	12
08/04/2017	10,29	28/04/2017	15	18/05/2017	11,7
09/04/2017	11	29/04/2017	12,5	19/05/2017	11,68
10/04/2017	11	30/04/2017	12,36	20/05/2017	12,11
11/04/2017	12,48	01/05/2017	11,94	21/05/2017	12,58
12/04/2017	12,58	02/05/2017	12,31	22/05/2017	12,58
13/04/2017	13,07	03/05/2017	13,78	23/05/2017	11,39
14/04/2017	13,28	04/05/2017	13,17	24/05/2017	10,54
15/04/2017	13,35	05/05/2017	14,04	25/05/2017	13,98
16/04/2017	13,37	06/05/2017	12,37	26/05/2017	12,88
17/04/2017	11,43	07/05/2017	12,48	27/05/2017	13,6
18/04/2017	12,43	08/05/2017	12,77	28/05/2017	12,23
19/04/2017	11,06	09/05/2017	12,89	29/05/2017	11,8
20/04/2017	12,32	10/05/2017	11,89	30/05/2017	10,25
				31/05/2017	13,45