

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du :

Master Sciences et Techniques
Spécialité : Ingénierie Mécanique

Thème :

Implantation de la démarche TPM sur la ligne de
Broyage BK5

Lieu :

LAFARGE Meknès

Présenté par :

- GARZIAD Mouad

Encadré par :

- Mr. FATIMI Youness
- Mr. ABOUTAJEDINE Ahmed

Soutenu le 18/06/2014 devant le jury :

- M^{me}. MOUTAWAKKIL Imane
- Mr. ABOUCHITA Jalil
- Mr. ABOUTAJDDINE Ahmed

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui m'ont soutenu moralement et financièrement à tracer ma voie.

A mes frères et ma sœur pour l'aide qu'ils m'ont apportée.

A mes amis pour leurs conseils et leurs encouragements qui étaient pour moi un grand soutien.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier vivement Monsieur **FATIMI Youness** qui a accepté d'être mon tuteur de projet de fin d'étude au sein de LAFARGE Meknès et qui s'est engagé tout au long de cette période de stage à l'élaboration et à la réussite de ce modeste projet.

Je remercie également l'ensemble des personnes de bureau des méthodes **Mr MAHFOUD Omar, Mr. ECHCHTYTEH Said , Mr NAJI Lachmi, Mr. EL AMRANI Mourad et Mr. CHOUKRI, Mr. HATIB** qui m'ont toujours soutenu et qui ont apporté un éclairage à toutes mes questions.

Je tiens à remercier aussi le personnel du secteur broyage et particulièrement Mr MOURAD Mohamed.

Je tiens à présenter mes remerciements à mon professeur encadrant **Mr. ABOUTAJEDINE Ahmed** pour le temps consacré à la lecture et aux réunions qui ont rythmé les différentes étapes de mon sujet. Les discussions que nous avons partagées ont permis d'orienter mon travail d'une manière patiente je le remercie aussi pour sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions d'amélioration.

Résumé

Mon Projet Industriel de Fin d'Etude à LAFARGE Ciments usine de Meknès, a pour finalité d'implémenter la démarche TPM sur la ligne BK5.

Ce projet vise d'une part à maximiser le rendement et la performance des équipements de la ligne BK5 en se basant sur l'amélioration continue selon la méthode **KAIZEN** ainsi que la mise à jours des plans de maintenance des équipements critiques pour augmenter leur maintenabilité par la MBF, d'autre part l'implémentation de la maintenance autonome vise à responsabiliser le personnel responsable des équipements à contribuer dans les opérateurs de la maintenance préventive des équipements.

Le choix de La TPM dans le cadre de ce projet a pour objectif le développement d'une démarche d'amélioration continue de la performance industrielle qui s'inscrit dans une politique de maîtrise totale de la qualité et de l'excellence. Elle repose essentiellement sur la mesure du rendement des équipements en rapportant le temps utile au temps d'ouverture de l'équipement et non la capacité nominale.

Abstract

My Master thesis developed in LAFARGE Meknes, aims to implement the TPM philosophy on the BK5 production line.

This project aims firstly to maximize the efficiency and performance of the BK5 production line equipments based on continuous improvement according to KAIZEN Method as well as to update maintenance plans for critical equipments to increase their maintainability by MCF approach, on the other hand the implementation of autonomous maintenance is to empower staff responsible for equipment to assist operators in preventive maintenance of equipments.

The choice of TPM was widely deliberate as part of this project because it is considered as a process of continuous improvement of industrial performance that is part of a policy of total quality management and excellence. It is based primarily on performance measurement equipment relating to the timely opening of equipment time and not the nominal capacity

TABLE DES MATIERE

| | |
|----------------------------------|----|
| <i>Dédicace</i> | 2 |
| <i>Remerciements</i> | 3 |
| TABLE DES MATIERE | 6 |
| LISTE DES ACRONYMES | 9 |
| LISTE DES FIGURES | 10 |
| LISTE DES TABLEAUX | 12 |

Partie 1: Cadre général du projet

| | |
|---|----|
| Chapitre 1 : présentation de LAFARGE Meknès | 18 |
| 1. Raison sociale | 17 |
| 1.1 <i>Historique</i> | 17 |
| 1.2 <i>Secteur d'activité</i> : | 17 |
| 1.3 <i>Statut juridique</i> : | 18 |
| 1.4 <i>Organigramme de LAFARGE</i> | 19 |
| 2. LES DIFFERENTS SERVICES DE L'USINE..... | 19 |
| 2.1 <i>Direction générale</i> : | 19 |
| 2.2 <i>Service finance et achat</i> :..... | 19 |
| 2.3 <i>Service production</i> : | 19 |
| 2.4 <i>Service personnel</i> : | 19 |
| 2.5 <i>Service administrative et financier</i> : | 20 |
| 2.6 <i>Sécurité</i> :..... | 20 |
| 2.7 <i>Service maintenance</i> : | 20 |
| 3. Procédé de fabrication ciment : | 20 |
| 3.1 <i>Les différents types de ciments</i> | 20 |
| 3.2 <i>Processus de fabrication</i> | 21 |
| Les différentes étapes de fabrications sont les suivantes : | 21 |
| Chapitre 2 : contexte du projet | 29 |
| 1. Présentation du projet | 28 |
| 2. Présentation de l'atelier BK5 : | 30 |

Partie 2: Démarche TPM

| | |
|---|----|
| Chapitre 3 : concept TPM | 36 |
| 1. Introduction | 35 |
| 2. Définition de la TPM :..... | 35 |
| 3. Objectifs de la TPM :..... | 36 |
| 4. Taux de rendement synthétique (TRS) :..... | 37 |
| 5. Les sources de pertes :..... | 38 |
| 6. Les 5 principes de la TPM | 40 |
| 7. Les 8 piliers de la TPM : | 41 |
| 8. Mise en place de la TPM..... | 42 |

Partie 3: Contribution a l'implantation de la TPM

| | |
|--|----|
| Chapitre 4 : Amélioration cas par cas | 47 |
| 1. Introduction | 46 |
| 2. Evaluation de TRS..... | 47 |
| 3. Analyse des Problèmes | 48 |
| 3.1. <i>Analyse du problème chute de résistance</i> | 48 |
| 3.2. <i>Analyse du problème chute de performance</i> | 54 |
| Chapitre 5 : maintenance autonome | 62 |
| 1. Introduction | 62 |
| 2. Etape d'implémentation de la maintenance autonome | 63 |
| 2.1. <i>Découverte des anomalies</i> | 63 |
| 2.2. <i>Gamme de la maintenance autonome</i> | 71 |
| 3. Tableau d'activité TPM..... | 74 |
| 4. Audit de la maintenance autonome..... | 75 |
| Chapitre 6 : Maintenance planifiée | 76 |
| 1. Introduction | 76 |
| 2. Les outils de la MBF..... | 76 |
| 3. Les étapes de la MBF..... | 77 |
| 4.1. <i>Equipe de pilotage</i> | 77 |
| Voir groupe TPM..... | 77 |
| 4.2. <i>Sélection des équipements critiques</i> | 77 |
| 4.3. <i>Analyse des défaillances fonctionnelles</i> | 80 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 4.4. | <i>Sélection des actions</i> | 86 |
| 4.5. | <i>Elaboration de plan de maintenance</i> | 87 |
| Chapitre 7 : Amélioration du savoir-faire | | 88 |
| 1. | Introduction | 88 |
| 2. | Conduite du pilier..... | 88 |
| 3. | Détermination des moyennes et de la responsabilité | 89 |
| 4. | Axe de développement | 90 |

LISTE DES ACRONYMES

| | |
|--------------|---|
| TPM | : Total Productive Maintenance |
| TRS | : Taux de Rendement Synthétique |
| CPJ | : Ciment Portland Composé |
| BK | : Broyeur Clinker |
| MSP | : Maitrise Statique des Procédé |
| RCA | : Root Causes Analyses |
| RC | : Résistance Ciments |
| CC | : charge circulante |
| Cp | : Indice de capabilité |
| Cpk | : Indice de centrage |
| PV | : Petit vitesse |
| GV | : Grande Vitesse |
| MBF | : Maintenance Basé sur la Fiabilité |
| AMDEC | : Analyse des Modes des Défaillance et leur Criticité |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1.1 : organigramme Lafarge Meknès..... | 19 |
| Figure 1.2 : processus fabrication du ciment..... | 21 |
| Figure 1.3:extraction et transport de la matière première..... | 22 |
| Figure 1.4: concassage..... | 22 |
| Figure 1.5 : pre-homogénéisation..... | 23 |
| Figure 1.6 : broyage cru | 23 |
| Figure 1.7 : cuisson..... | 25 |
| Figure 1.8 : Ensachage..... | 27 |
| Figure 2.1 : Planning prévisionnel du projet..... | 30 |
| Figure 2.2 : Ligne BK5..... | 30 |
| Figure 2.3 : broyeur Clinker..... | 31 |
| Figure 2.4 : séparateur dynamique..... | 32 |
| Figure 3.1 : Maison de la TPM..... | 41 |
| Figure 4.1 : suivi de TRS..... | 48 |
| Figure 4.2 : suivi des Taux..... | 48 |
| Figure 4.3 : carte de contrôle 1 jour | 49 |
| Figure 4.4: carte de contrôle 2 jours | 49 |
| Figure 4.5 : carte de contrôle 7 jours | 50 |
| Figure 4.6 : carte de contrôle 28 jours | 50 |
| Figure 4.7 : diagramme d'Ishikawa de la chute de résistance..... | 52 |
| Figure 4.8: réactivité clinker..... | 52 |
| Figure 4.9 : évolution température sortie broyeur | 53 |
| Figure 4.10 : Composition du clinker..... | 53 |
| Figure 4.11 : Identification des anomalies..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Figure 4.12:humidité de mélange..... | 59 |
| Figure 5.1: étape de la maintenance autonome | 63 |
| Figure 5.2: rapport anomalie..... | 67 |
| Figure 5.3: étiquette..... | 68 |
| Figure 5.4: Tableau d'activité TPM..... | 75 |
| Figure 6.1: étape MBF..... | 77 |
| Figure 6.2: diagramme de définition de la criticité finale..... | 79 |
| Figure 6.3: sélection des actions | 86 |
| Figure 7.1: Roue DEMING | 89 |
| Figure 7.2: condition de réussite..... | 95 |
| Figure A1.1 : leçon ponctuelle | 4 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1.1 : Statut juridique de Lafarge | 18 |
| Tableau 1.2 : Compositions de différents types de ciment..... | 20 |
| Tableau 1.3 : Caractéristiques des deux fours | 25 |
| Tableau 1.4 : description des broyeurs..... | 26 |
| Tableau 2.1 : groupe de pilotage..... | 29 |
| Tableau 3.1 : domaine d'analyse d'une démarche TPM..... | 43 |
| Tableau 4.1 : calcul du TRS sous Excel | 47 |
| Tableau 4.2 : interprétation du diagramme d'ishikawa..... | 51 |
| Tableau 4.3 : valeur des cp et cpk | 52 |
| Tableau 4.4: plan d'action..... | 54 |
| Tableau 4.5 : démarche d'analyse PM..... | 55 |
| Tableau 4.6: description du problème | 56 |
| Tableau 4.7: analyse PM..... | 57 |
| Tableau 4.7: taux de remplissage de broyeur BK5..... | 58 |
| Tableau 4.8 Jeux de lumière de cloison | 58 |
| Tableau 4.9: plan d'action..... | 60 |
| Tableau 5.1 : Significations, objectifs et actions des 5S..... | 64 |
| Tableau 5.2: plan d'action..... | 69 |
| Tableau 5.3 : Pilotage visuelle | 71 |
| Tableau 5.4 gamme de la maintenance autonome..... | 73 |

| | |
|--|----|
| Tableau 6.1 : Tableau de classification selon la criticité..... | 78 |
| Tableau 6.2 : les trois classes de criticité des équipements..... | 79 |
| Tableau 6.3 : les types d'amdec | 81 |
| Tableau 6.4 : cotation AMDEC..... | 82 |
| Tableau 6.5: décomposition fonctionnelle de l'unité de broyage..... | 85 |
| Tableau 6.6: décomposition fonctionnelle de l'élévateur | 87 |
| Tableau 6.7: décomposition fonctionnelle de l'unité de séparation..... | 87 |
| Tableau A.1.2 : fiche audit maintenance autonome | 3 |
| Tableau A2.1 : broyeur..... | 5 |
| Tableau A2.2 : central de lubrification..... | 6 |
| Tableau A 2.3 : groupe de commande du broyeur..... | 7 |
| Tableau A2.5 : palier entré & sortie du broyeur..... | 8 |
| Tableau A2.6 : groupe de commande de l'élévateur broyeur..... | 9 |
| Tableau A2.7 : accessoire de l'élévateur..... | 10 |
| Tableau A2.8 : pied de l'élévateur..... | 11 |
| Tableau A2.9 : carter supérieur de séparateur..... | 12 |
| Tableau A2.10 : central de lubrification de séparateur..... | 13 |
| Tableau A2.11 : groupe de commande de séparateur..... | 13 |
| Tableau A2.12 : carter inférieur de séparateur..... | 14 |
| Tableau A3.1 : matrice de criticité des équipements de la ligne BK5..... | 15 |
| Tableau A3.2 : Plan de maintenance préventive du broyeur..... | 16 |
| Tableau A3.3 : Plan de maintenance préventive de l'élévateur..... | 18 |
| Tableau A3.4 : Plan de maintenance préventive du séparateur..... | 19 |

Introduction

Ce mémoire synthétise l'ensemble des travaux réalisés au sein de LAFARGE Meknès dans le cadre du stage de fin d'études du Master Science et Technique Ingénierie Mécanique.

Ce stage a été effectué sur la période étalée entre le 14 janvier et le 16 juin 2014. Pendant cette période, j'ai commencé par une phase d'intégration qui consiste à une visite des différentes fonctions de l'entreprise. Ensuite, je me suis tardé à l'étude du processus de fabrication de ciment pour pouvoir réussir les objectifs du projet qui sera fixé ultérieurement.

Suite à cette phase d'intégration au sein de la société, l'encadrant industriel Mr. **Younes FATIMI** m'a proposé de lui faire une implantation d'un certain nombres de piliers dans la démarche TPM dans la ligne BK5.

Pour aboutir aux objectifs fixés par le sujet et le cahier des charges, le travail réalisé est basé sur les points suivants comme suit :

- 1- Amélioration cas par cas
- 2- implantation de la maintenance autonome
- 3- Mise à jour des plans de maintenance concernant les équipements critiques en se basant sur la MBF (maintenance basé sur la fiabilité).
- 4- Implantation du pilier savoir faire

Ce mémoire de fin d'études se compose principalement de trois parties.

Une première partie traite du cadre général du projet et se compose des deux chapitres 1 et 2. Le chapitre 1 fournit une présentation générale de LAFARGE Meknès, alors que le chapitre 2 présente le contexte du projet.

Dans la deuxième partie, qui se compose du chapitre 3, nous rappelons les concepts généraux de la démarche TPM.

L'ensemble des résultats développés dans ce projet de fin d'étude sont présentés dans la troisième et dernière partie intitulée « contribution à l'implantation de la TPM ». Cette partie se compose de quatre chapitres :

- Le chapitre 4 : Amélioration au cas par cas
- Le chapitre 5 : Maintenance autonome
- Le chapitre 6 : maintenance planifiée
- Le chapitre 7 : Amélioration de savoir faire

Enfin, ce mémoire termine par une conclusion générale de travail avec la mise au point de l'impact sur l'amélioration de la fonction maintenance au sein de LAFARGE Meknès.

Partie 1

Cadre général du projet

Cette première partie se compose des chapitres 1 et 2 de ce mémoire.

Dans le chapitre 1, nous allons donner une présentation de LAFARGE Meknès allant de sa raison social jusqu'à une description complète de ses différentes fonction. Ce chapitre donne aussi un aperçu détaillé du processus de fabrication du ciment.

Le chapitre 2 porte sur le contexte du projet. Il commence par définir les objectifs du projet. Ensuite, il présente les différentes tâches et leurs planifications dans la période de stage. Enfin, il termine par description de la ligne BK5 qui fait objet de ce travail de fin d'études

Chapitre 1 :

Présentation de LAFARGE MEKNES

Ce chapitre se compose de trois paragraphes. Le premier paragraphe présente brièvement un historique de LAFARGE Meknès avec son secteur d'activité et d'autres informations sur sa raison sociale. Le deuxième paragraphe donne un aperçu général sur la structure de l'entreprise avec ses différents services. Enfin, le paragraphe 3 présente le processus de fabrication du ciment.

1. Raison sociale

1.1 Historique

Créée en 1950, la société des ciments artificiels de Meknès (CADEM) représente de nos jours l'une des composantes chefs du secteur cimentier marocain.

Par son potentiel de production et grâce à son dynamisme, CADEM assure le commandement cimentier au Maroc dans certains domaines technique.

Au démarrage de l'usine en 1953, la production quotidienne de clinker du seul four installé était de 300 tonnes.

Depuis, plusieurs améliorations techniques ont été réalisées pour augmenter le niveau de production (adjonction d'un 2ème four en 1969 avec un nominal de 900 tonnes/jours, installation de broyeurs à cru et à ciment, amélioration de la station de concassage etc..). En 1976, la production de ciment de CADEM atteint 650.000 tonnes.

Toujours à la recherche des techniques de pointe, de nature à améliorer le rendement de ses installations et de leurs exploitations, CADEM a lancé dès 1982 un vaste programme d'économie d'énergie.

1.2 Secteur d'activité :

Le groupe LAFARGE, N° 1 mondial des matériaux de construction rassemble 66000 collaborateurs dans 65 pays et réalise un chiffre d'affaire de 64.3 milliards de francs.

Le groupe exerce ses activités dans le ciment, les bétons et granulats, les plâtres, les produits de spécialités et dans les bio-activités.

Il occupe la place numéro2 mondial sur le marché du ciment avec 57 usines réparties dans plus de 15 pays.

Meknès fait partie de l'une des quatre villes du Maroc où est implantée l'entreprise LAFARGE. L'usine produit du ciment selon une capacité de production de 1250000 t.

Site pilote des usines LAFARGE Maroc, elle emploie 321 personnes et réalise des ventes représentant environ 30% des ventes de LAFARGE Maroc et 11,78% du marché national.

L'usine extrait ces matières premières en grande partie en provenance d'une carrière à proximité de l'usine et produit 2 types de ciment : le CPJ35 et le CPJ45.

Elle possède deux lignes de production ayant chacune un four d'une capacité de production de clinker respective de 1800t/j et 1200t/j.

1.3 Statut juridique :

Tableau 1.1 : Statut juridique de Lafarge

| | |
|-------------------------------|--|
| Nom | LAFARGE Ciments Usine de Meknès |
| Forme juridique | Société Anonyme |
| Capital social | 476 430 500 DH |
| Capacité de production | 1 250 000 tonnes/an. |
| Pays d'origine | France |
| Adresse | Km 8, route de Fès – Meknès BP 33 et 233 |
| Téléphone | 0535 52 26 44 |
| Fax | 0535 54 93 07 |
| Effectif | 163 |
| Date de création | 1953 |
| Activité | Cimenterie |
| Produit fabriqué | CPJ35, CPJ45, CPJ55 |
| Site web | www.lafarge.ma |

1.4 Organigramme de LAFARGE

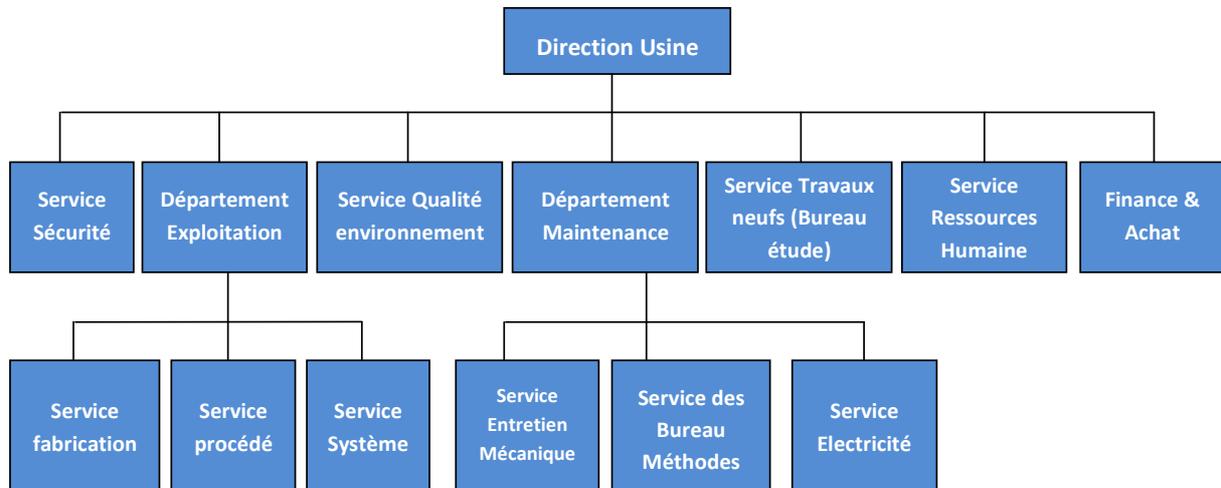


Figure 1.1 : organigramme Lafarge MKS

2. LES DIFFERENTS SERVICES DE L'USINE

2.1 Direction générale :

Service qui s'occupe de la définition du budget et de la politique à suivre.

2.2 Service finance et achat:

Service qui s'occupe de l'achat de nouveau matériel et pièces de rechange.

2.3 Service production :

Service qui s'occupe des planifications des dates d'arrêt de l'installation et suivi du processus de production.

2.4 Service personnel :

Service qui s'occupe de la gestion du personnel en assurant leur formation, leurs rémunérations, leurs congés, etc.

2.5 Service administrative et financier :

Ce service s'occupe de la comptabilité des opérations de la gestion de la trésorerie et assure les tâches suivantes :

- Comptabilité, après traitement et contrôle.
- Réception des factures et contrôle de toutes les dépenses.
- Règlement des fournisseurs.
- Information de la direction générale à travers les états mensuels.

2.6 Sécurité :

Service qui s'occupe de l'information du personnel sur les mesure et consignes de sécurité.

2.7 Service maintenance :

Il est placé très haut dans la hiérarchie de l'usine ce qui prouve son importance. Il assure la disponibilité des machines afin de produire le maximum de produits dans de bonnes conditions de qualité, de sécurité avec un coût optimal.

3. Procédé de fabrication ciment :

3.1 Les différents types de ciments

Tableau 1.2 : Compositions de différents types de ciment

| Ciments Compositions | CPJ35 | CPJ45 | CPA55 |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| Calcaire | 35.60% | 24.00% | 0.00% |
| Cendres volantes | 3.21% | 6.52% | 0.00% |
| Gypse | 2.80% | 3.14% | 5.64% |
| Clinker | 58.39% | 66.34% | 94.36% |

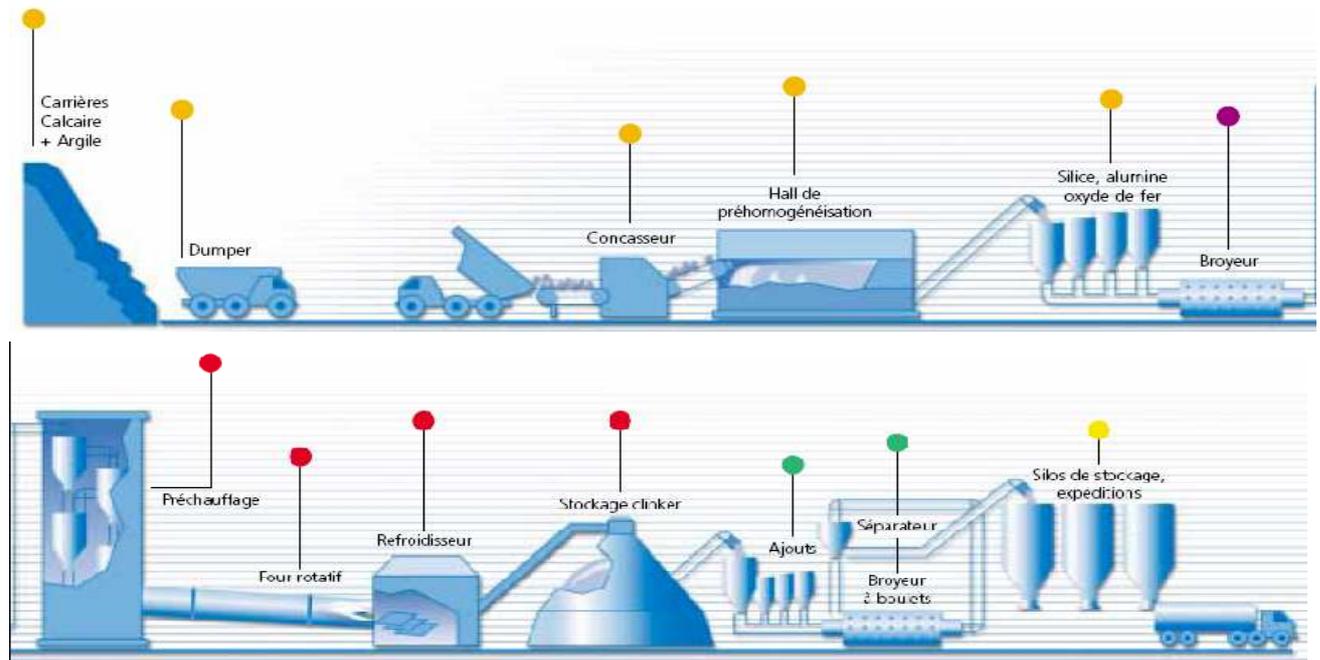


Figure 1.2 : processus de fabrication du ciment

Le schéma de la figure 1.2 résume les différentes transformations subies par la matière première jusqu'à l'obtention du ciment et son expédition :

3.2 *Processus de fabrication*

Les différentes étapes de fabrications sont les suivantes :

- L'extraction et la préparation des matières premières.
- Préparation cru.
- Cuisson de la farine.
- Broyage clinker.
- Stockage et ensachage.

Il existe deux lignes de productions du ciment à LAFARGE-CIMENT Usine de Meknès, qui sont presque identiques. Le type de procédé qui est utilisé à l'usine est la voie sèche dont on fabrique un cru en sec (poudre) qui est introduit dans une tour de préchauffage.

De la carrière à l'ensachage la matière première du ciment suit des étapes différentes qui sont des transformations physique et chimique. L'organigramme ci-dessous résume les différentes étapes pour les deux lignes de production à l'usine Meknès.

a) Extraction de la matière

➤ Carrière

LAFARGE ciments Meknès exploite une carrière qui fournit deux matières premières : le calcaire et le schiste. L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs :



Figure 6: Extraction et transport de la matière première

Figure 1-3: extraction et transport de la matière première.

➤ Concassage

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste). En effet, le calcaire et le schiste transportés par les camions sont déchargés dans une trémie qui est reliée à un alimentateur à vitesse variable qui permet de réguler le débit d'alimentation.

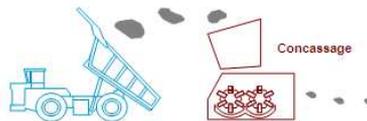


Figure 7: Concassage

Figure 1.4: concassage

➤ Pré-homogénéisation :

La pré-homogénéisation des matières premières est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière du mélange des matières premières. Des échantillons du mélange des matières premières sont prélevés lors de la constitution des tas dans une station d'échantillonnage, ces échantillons sont analysés au niveau du laboratoire de l'usine. Les résultats de ces analyses permettent de définir les corrections nécessaires à apporter au mélange des matières premières, qui seront dénommées en cimenterie par le cru.

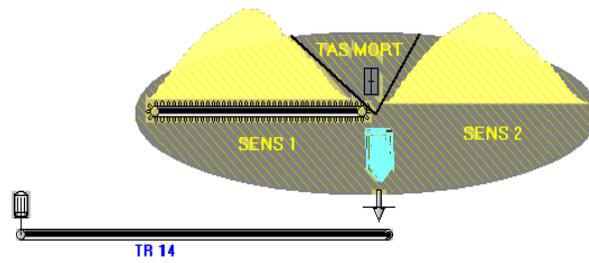


Figure 1.5 : pre-homogénéisation.

Elle permet une bonne répartition des couches qui en résulte une distribution moyenne de la composition chimique. Le jeteur de type Stocker déverse la matière sur la ligne génératrice supérieure du tas et effectue des allées et retours successifs. Par la suite, les couches du tas ont la forme d'une surface de prisme et s'encastrent les unes sur les autres.

b) Préparation cru :

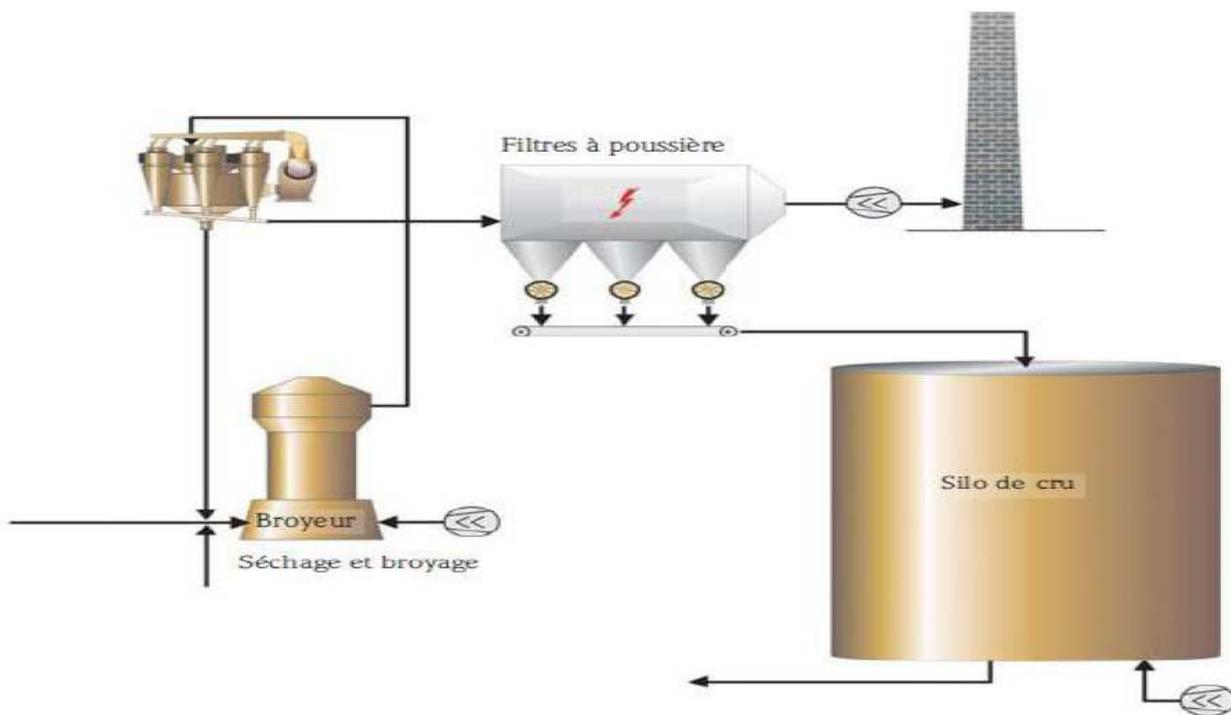


Figure 1.6 : broyage cru

➤ **Broyage**

L'opération de broyage est assurée par des galets qui sont actionnés par des vérins hydrauliques, montée et descente. Ils viennent écraser la matière sur une piste munie d'un mouvement de rotation moyennant un réducteur vertical. Le séchage et le transport de la matière broyée se fait à l'aide des gaz chauds provenant du four. La séparation des particules, suffisamment broyées, de celles nécessitant encore du broyage, se fait moyennant un séparateur placé au-dessus des galets. Ainsi, le cru provenant de la pré-homogénéisation est alors réduit en poudre (farine).

Le transport de la farine cru par des aéroglisteurs risque de générer des poussières. Le système de dépoussiérage consiste alors à éliminer les émissions des poussières par l'utilisation des manches ou des électro-filtres (pour une meilleure protection de l'environnement).

➤ **Homogénéisation :**

L'opération d'homogénéisation complète le processus de pré-homogénéisation préalable, elle permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques uniformes qui permettent la fabrication d'un clinker de qualité constante. La préparation de la matière première est maintenant achevée.

c) Cuisson de la farine :

La ligne de cuisson est constituée de :

- Une tour à cyclones ;
- Un four rotatif ;
- Un refroidisseur.

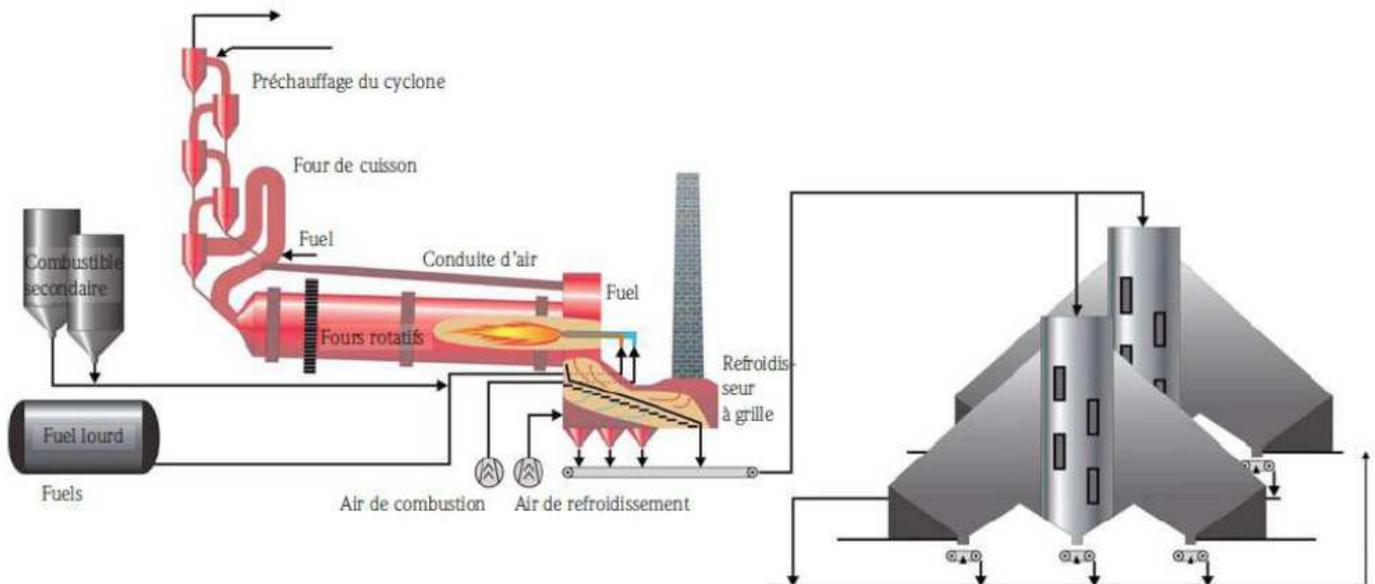


Figure 1.7 : cuisson

➤ **Tour à cyclones :**

A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est introduite par voie pneumatique en tête d'une tour de préchauffage à cinq étages et de 70 m de hauteur. Elle circule le long de cinq cyclones, à contre-courant des gaz chauds ascendants du four, l'évacuation de ces gaz étant assurée par le ventilateur de tirage évoqué précédemment. Il s'effectue alors un échange thermique le long de la tour qui s'accompagne des phénomènes suivants :

- Entre 250 et 750°C : déshydratation.
- Au-delà de 750°C : décarbonatation partielle de la farine

➤ **Four rotatif :**

L'usine dispose de deux fours rotatifs légèrement inclinés. La réaction qui se produit dans le four est la clinkérisation. Elle a lieu entre 1200 et 1500°C et elle donne naissance à une phase liquide formée de C3A et C4AF (Alumino-ferrite tétra-calcique ou Ferrite), et à des phases solides formées de C2S (Silicate bi-calcique ou Bénéite) et C3S (silicate tricalcique ou Alite).

Tab1.3 : Caractéristiques des deux fours

| Four n° | Longueur | Diamètre | Pente | Capacité (t/j) |
|---------|----------|----------|-------|----------------|
| 1 | 96 m | 3.75 m | 3° | 1800 |
| 2 | 64 m | 4 m | 3° | 1200 |

➤ **Refroidisseur :**

Il est situé à l'aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales au nombre de deux à commande hydraulique. Le refroidissement est assuré par des ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage.

Le refroidisseur a un triple rôle :

- Refroidir le clinker qui sort du four
- Récupérer le maximum de chaleur contenu dans le clinker
- Assurer la trempe de clinker par un refroidissement énergétique et rapide.

d) Broyage Clinker :

Une fois refroidi, le clinker est stocké dans un hall d'une capacité de 20000 t, équipé de deux ponts Roulants. Le clinker est broyé dans un broyeur à boulet avec des matières d'ajouts, qui sont le calcaire et le gypse.

Cette addition a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique et aussi de conférer au ciment des propriétés spécifiques correspondant aux différentes qualités du ciment.

L'usine de Meknès dispose des broyeurs à boulets nommés BK3, BK4 et BK5.

Tab 1.4 : description des broyeurs

| | Cuit 3 | Cuit 4 | Cuit 5 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Constructeur | FCB | POLYSIUS | POLYSIUS |
| Diamètre en m | 3.4 | 3.2 | 4 |
| Longueur | 11.25 | 11.06 | 12.50 |
| Nombre de chambres | 2 | 2 | 2 |
| Puissance en kW | 1620 | 1400 | 2700 |
| Débit t/heure environ : | 80 | 80 | 92 |

➤ **Stockage et Ensachage :**

LAFARGE dispose de 7 silos d'une capacité de stockage total de 18.000 tonnes de ciment.

A l'aide des pompes pneumatiques, le ciment ainsi produit est envoyé vers les silos de stockage final, ils sont au nombre de sept.

Lafarge dispose de 2 silos d'environ 5000 tonnes, et 4 silos de 2000 tonnes chacun, et un silo récemment ajouté. L'ensachage du ciment est assuré par trois ensacheuses rotatives Haver à huit becs.

La livraison du ciment se fait par camion ou par voie ferrée. Le CPJ 45 est livrable soit en vrac soit en sacs. Le CPJ 35 est livré en sacs par contre le CPJ 55 est livrable en vrac seulement.

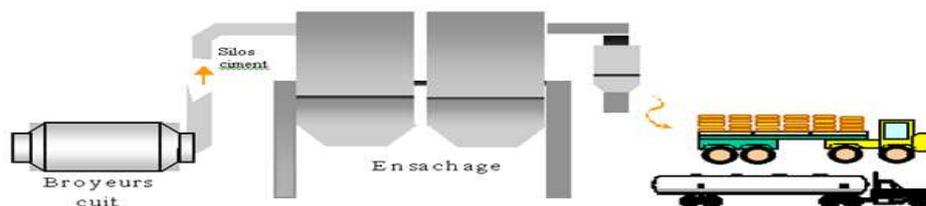


Figure 1.8 : Ensachage

Chapitre 2 : Contexte du projet

Le chapitre 2 porte sur le contexte général du projet. Il commence par définir les objectifs du projet. Ensuite, il présente les différentes tâches et leurs planifications dans la période de stage. Enfin, il termine par description de la ligne BK5 qui fait objet de ce travail de fin d'études

1. Présentation du projet

1.1. Définition des objectifs

L'objectif de ce projet de fin d'études est la contribution à la mise en place des piliers 1, 2, 3 et 4¹ du concept TPM pour rentabiliser au maximum les équipements et assurer la disponibilité de la ligne BK5 dans le cadre d'un partenariat intégré de la production, la qualité et la maintenance, dans une approche d'amélioration du savoir-faire de l'entreprise.

Notre contribution dans le cadre de ce projet s'articule autour des points suivants et qui seront développés en détail dans la partie 3 intitulée « contribution à l'implantation de la TPM » :

- Dans une première étape, notre travail consiste à collecter les données nécessaires pour effectuer les mesures du TRS de la ligne BK5. Ensuite en se basant sur quelques outils d'analyse nous procédons à déterminer les causes racines de pertes pour l'année 2013. Enfin nous proposons quelques solutions pour les supprimer.

Une synthèse des activités réalisées dans le cadre cette première étape se trouve dans le chapitre 4 de la partie 3

- Dans le chapitre 5 de la partie 3 nous nous proposons de mettre en place une politique de maintenance autonome pour responsabiliser tout le personnel du chantier aux actions de maintenance de premier niveau.

¹ Voir partie 2 : Généralités sur la TPM

- Le chapitre 6 de la partie 3 sera consacré à la mise à jour des plans de maintenance pour les équipements critiques de la ligne BK5 en se basant sur les notions de fiabilité (MBF)
- Enfin, le chapitre 7 de la partie 3 sera dédiée à la planification et l'organisation de la formation pour maintenir et améliorer le savoir faire du personnel.

1.2. Constitution de l'équipe projet (Groupe de pilotage)

L'équipe de travail est composée de personnes qui représentent chaque fonction de l'entreprise afin d'aborder une mise à niveau selon différentes visions. Il s'agit d'impliquer les responsables de fabrication, de qualité et de bureau de méthode. Ce comité polyvalent va pouvoir évaluer l'ensemble des propositions d'améliorations présentées sous différentes approches.

Au départ, l'équipe était composée de personnes détenant les principaux éléments du projet. Ensuite, la composition de l'équipe a évolué dans le sens où de nouvelles personnes impactant le projet viennent l'intégrer pour apporter leur soutien au projet.

Tableau 2.1 : groupe de pilotage

| Membres de l'équipe | Statut |
|----------------------------|-----------------------------------|
| -Mr.ATTINI Tarik | - Chef de département maintenance |
| -Mr.MAHFOUD Omar | - chef de bureau de méthode |
| - Mr.GARZIAD Mouad | - porteur du projet (stagiaire) |
| - Mr.FATIMI Youness | -visiteur Bureau de méthodes |
| - Mr.MOURAD Mohamed | - Chef d'équipe |
| - Mr.MANSOUR Khalid | - visiteur service procédé |
| - Mr.BOUHAMIDIMoulayrachid | - Responsable lubrification |
| - Mr.BOUAAYOUNE Youness | - service fabrication |
| - Mr. ECHCHTYTEH Said | - préparateur bureau de méthode |
| - MrNAJI Lachmi | - préparateur bureau de méthode |

1.3. Planning du projet

Vu la durée limitée prévue pour la réalisation du projet, les 4 mois ont été répartis suivant les 4 étapes de la méthodologie de la TPM structurant le projet. Ainsi le planning prévisionnel se résume comme suit :

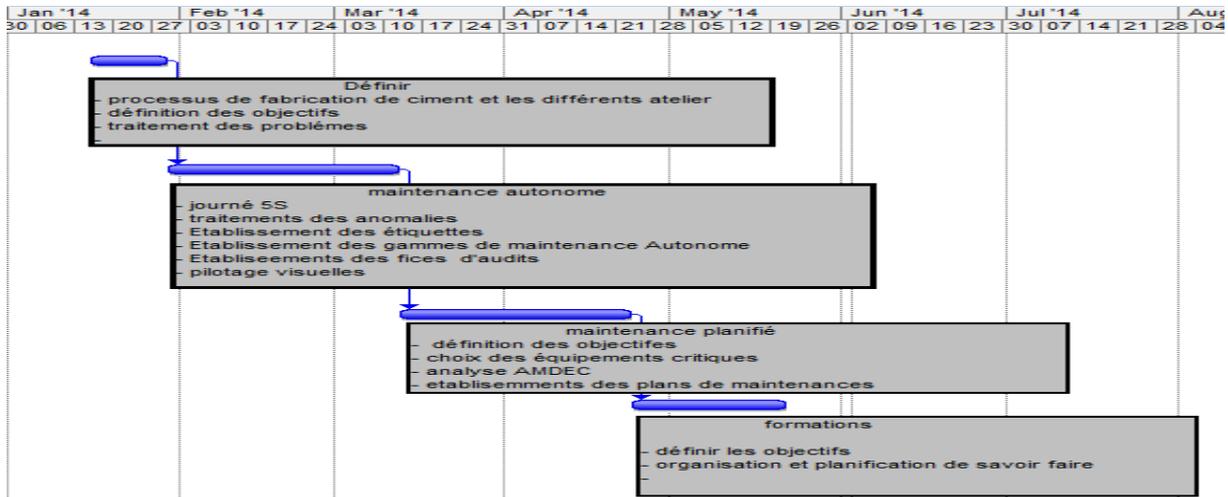


Figure 2.1 : Planning prévisionnel du projet

2. Présentation de l'atelier BK5 :

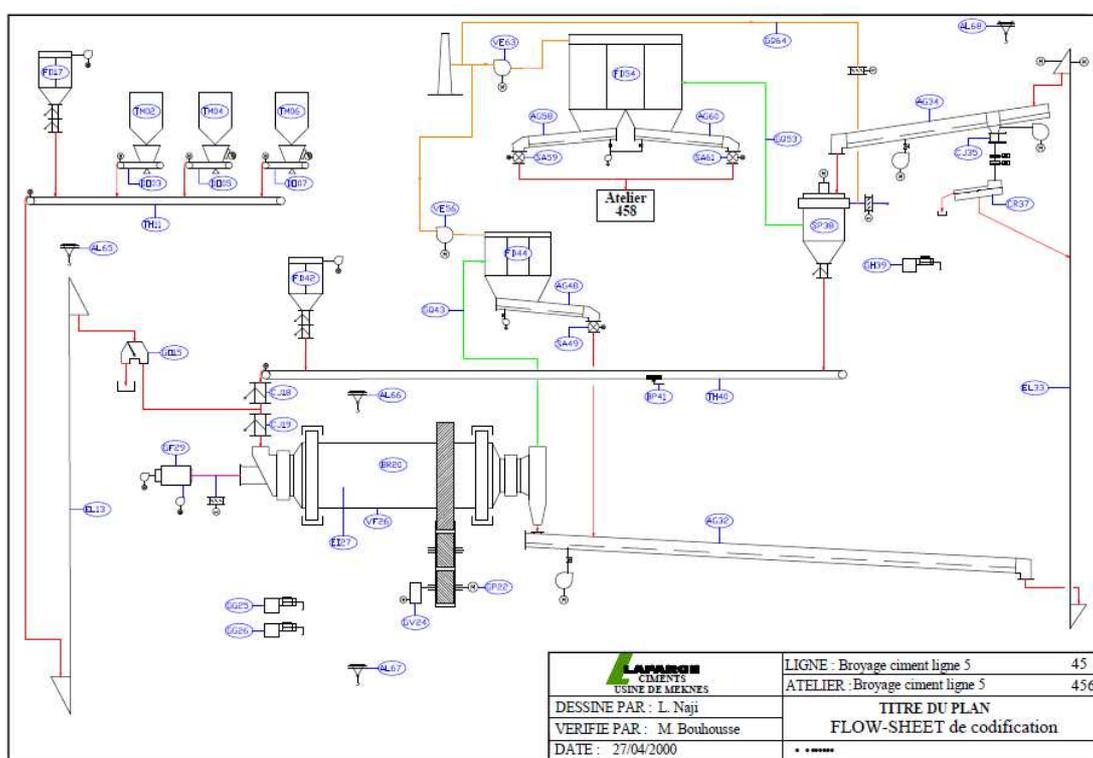


Figure 2.2 : Ligne BK5

L'atelier BK5, figure 3.2, se compose de :

➤ **doseur :**

Les doseurs sont des équipements d'alimentation pondéraux de la matière. Celle-ci est transportée sur une bande dont la vitesse est ajustée pour obtenir un débit de matière correspondant à une valeur de consigne.

En règle générale, la bande transporteuse assure également l'extraction de la matière du silo d'alimentation.

➤ **Broyeur :**

Le tube du broyeur est constitué de deux chambres séparées par une cloison intermédiaire.

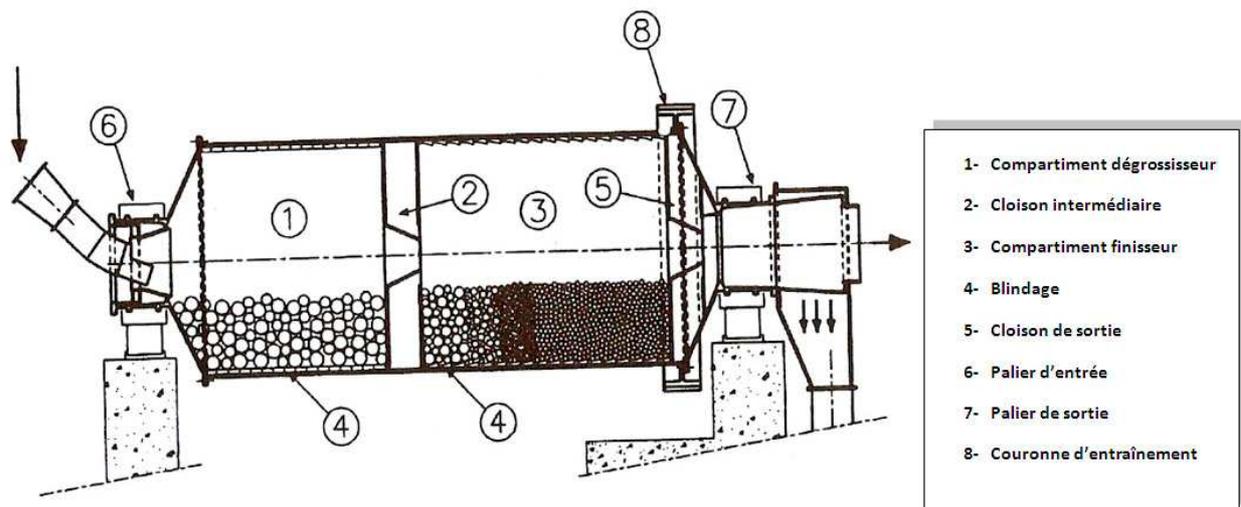


Figure 2.3 : broyeur Clinker

La première chambre réalise un concassage fin par choc entre les boulets, le broyage est effectué en éliminant les plus gros grains, cette chambre est relativement courte et remplie de boulets de gros diamètre.

La seconde chambre, quant à elle, réalise le broyage fin par attrition, elle est plus longue et ses boulets sont deux à trois fois plus petits que dans la première.

Entre les deux compartiments, la paroi intermédiaire, large de 500mm et avec une face avant pourvue de grilles amovibles résistant à l'usure permet le passage du produit à broyer tout en s'opposant à celui des corps broyant et en contrôlant l'écoulement de la matière grâce à la conception particulière des releveurs qui la composent. De même conception que la précédente, la paroi de sortie permet l'évacuation centrale du produit broyé.

Le broyeur à boulets tourne sur des patins qui assurent son positionnement et sa rotation, nécessaire pour le broyage de la matière. Deux paliers l'un à l'entrée du broyeur et l'autre à sa sortie supportent tout le poids à la fois du broyeur, de la charge broyant et de la matière à broyer, ces deux patins sont fabriqués en bronze pour supporter les températures élevées (90°C) consécutives du frottement et de la température du clinker qui s'élève à 100°C, en plus des conditions difficiles créées par les poussières et le travail en continu du broyeur (24h/24h).

➤ **Central de lubrification**

Le central de la lubrification est un central qui permet de lubrifier le palier d'entrée et de sortie pour faciliter la rotation de broyeur

➤ **Séparateur dynamique :**

Le séparateur dynamique mis en question est un séparateur de 3ème génération à haut rendement pour produits granuleux. La matière alimentée est amenée par le haut à travers la goulotte d'alimentation, avant de parvenir au centre du plateau dispersé où elle est uniformément répartie dans la zone de séparation. La matière fine est séparée dans un filtre de dépoussiérage, alors que la matière grossière tombe vers le bas dans le collecteur de gruaux et elle est de nouveau reconduite dans le processus du broyage.

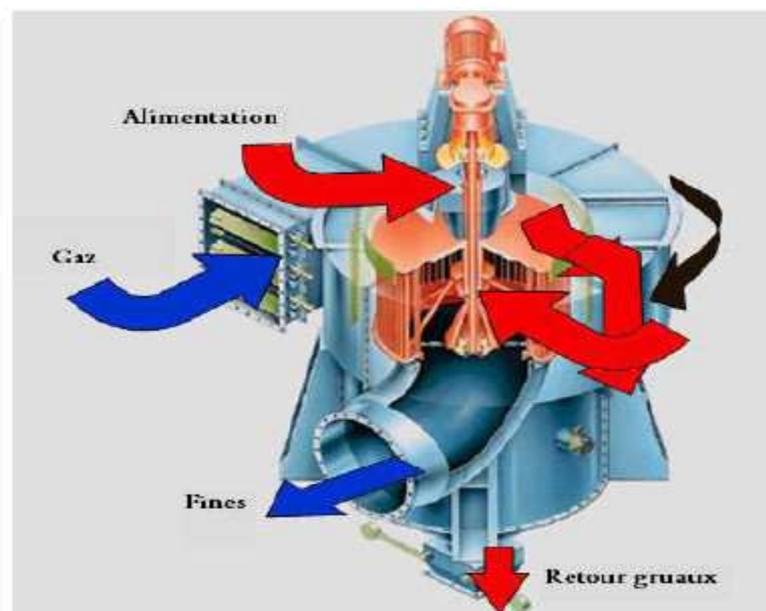


Figure 2.4 : séparateur dynamique

Le débit d'air nécessaire à la séparation est généré par un ventilateur de recyclage. Le produit à séparer est amené par l'alimentation matière sur le disque du rotor supérieur qui répartit la matière dans la zone de séparation. Sous l'influence des forces inertielles et d'écoulement, le produit à séparer est divisé en produits grossiers et fins. Le produit fini est convoyé par le débit

d'air nécessaire à la séparation à l'aide du rotor de séparation dans des cyclones ou filtres de dépoussiérage, pour y être séparé.

La finesse du produit fini peut être réglée, sans interrompre la marche, par modification du régime du rotor de séparation (variation de la vitesse de rotation) et du volume d'air de séparation sur le ventilateur de recyclage. Par un ajustage supplémentaire de la couronne à pales en arc, des produits tout à fait différents peuvent être fabriqués.

➤ **Filtre à manches :**

Ils sont situés en amont de séparateur dynamique, ces filtres, dits respectivement filtre broyeur et filtre séparateur, d'une capacité de 6500 m², ont pour fonction le dépoussiérage des gaz. Ils sont répartis en deux compartiments comportant chacun des manches.

Les gaz sont soit acheminés vers l'environnement extérieur, soit recyclés vers l'entrée du séparateur dynamique dans le cas du filtre séparateur. Quant aux poussières, elles peuvent être renvoyées soit au produit fini soit au pied de la boîte de sortie du broyeur.

➤ **Élévateur à godet (entré et sortie)**

Un élévateur à godets entré est une installation assurant l'ascension de matières (calcaire, gypse, cendre volant, clinker) vers l'entrée du broyeur à l'aide des godets fixés à intervalles réguliers sur une chaîne

Un élévateur à godet de sortie qui sert à acheminer la matière sortie broyeur vers le séparateur

Partie 2

Démarche TPM

Cette deuxième partie se veut comme un rappel des concepts de base de la démarche TPM. Elle se compose du chapitre 3 de ce mémoire.

Chapitre 3 :

Généralité sur la TPM

Ce chapitre introduit le concept de la TPM avec ses objectifs. Il développe le TRS (Taux de Rendement Synthétique) et les sources de pertes qui constituent les notions fondamentales dans le cadre du travail réalisé dans ce projet. Il termine par une présentation des 5 principes et des 8 piliers de la TPM avec leurs mises en œuvre.

1. Introduction

La TPM (**T**otal **P**roductive **M**aintenance) est un projet d'entreprise qui doit être intégré dans une politique à long terme. C'est une démarche de progrès permanent, à petits pas mais de manière continue. Plus qu'une démarche visant la performance économique de l'entreprise, la TPM implique un changement culturel et comportemental. Total Productive Maintenance et TPM sont des marques déposées par le Japon Institute of Plant Maintenance (**JIPM**).

2. Définition de la TPM :

Mr Nakajima, de nationalité japonaise, fut le promoteur de la **TPM** et la définit en 5 points :

- La TPM a pour objectif de réaliser le rendement maximal des équipements
- La TPM est un système global de maintenance productive, pour la durée de vie totale des équipements
- La TPM implique la participation de toutes les divisions, notamment l'exploitation et la maintenance
- La TPM implique la participation de tous les niveaux hiérarchiques
- La TPM utilise les activités des cercles de qualité comme outils de motivation

Une démarche TPM est longue à mettre en œuvre (3 à 5 ans) de par la forte implication humaine qu'elle impose. Il s'est avéré, au fur et à mesure de l'expérience, que la mise en place d'une TPM a un impact très important sur la réduction des coûts et l'augmentation de la qualité.

3. Objectifs de la TPM :

La TPM vise la performance des ressources de production et la création de valeur partagée. Elle a pour objectifs :

- d'obtenir le rendement optimal des équipements.
- de diminuer les coûts de revient des produits.
- d'optimiser le coût d'exploitation des équipements (Life Cycle Cost).
- d'améliorer la valeur opérationnelle de l'entreprise.
- de développer l'efficacité maximale de toutes les fonctions de l'entreprise.

La TPM intervient aussi en amont de la production dans :

- la conduite ou planification des projets.
- la définition du cahier des charges d'un investissement.
- la conduite des revues de projet permettant de réagir le plus en amont possible sur les éléments qui permettent d'optimiser la productivité, la fiabilité, la maintenabilité, la capabilité, la sécurité et la disponibilité de l'équipement.

La mise en œuvre de la TPM passe par une phase initiale consistant à retrouver les conditions normales d'utilisation des équipements et à identifier les 16 causes de pertes d'efficacité du système de production.

La structure de la démarche est fondée sur cinq principes qui s'appuient sur huit piliers:

1. Supprimer les 16 causes de pertes de rendement (utilisation du TRG et analyse des coûts).
2. Mettre en place la maintenance autonome.
3. Développer ou améliorer la maintenance planifiée.
4. Améliorer les connaissances et le savoir-faire du personnel.
5. Maîtriser la conception des nouveaux produits et équipements.
6. Maîtriser la qualité.

7. Elargir la démarche TPM aux autres fonctions de l'entreprise

8. Améliorer Sécurité - Environnement - Conditions de travail

4. Taux de rendement synthétique (TRS) :

Le TRS tient compte de tous les paramètres qui affectent la productivité d'un équipement. Cet outil permet de calculer, à partir de relevés des temps d'arrêt machine, le rendement global machine ainsi que d'autres composantes telles que le taux de qualité machine et la disponibilité machine. Le processus de calcul du TRS va aussi permettre de suivre et de lister de manière détaillée l'ensemble des pannes intervenant lors de la production. La méthode de calcul la plus courante est la suivante :

$$\text{TRS} = \text{Taux de disponibilité} \times \text{Taux de performance} \times \text{Taux de qualité}$$

Avec :

- **Taux de disponibilité ou disponibilité opérationnelle D** : elle évalue la disponibilité réelle de la machine au cours d'un cycle de production et traduit ainsi le taux d'occupation de la machine

Pour notre cas **le temps d'ouverture = temps totale = 24h/j**

TD = temps de fonctionnement / temps requis

Temps requis = temps d'ouverture – les arrêts programmés

Temps de fonctionnement = temps requis – arrêt de production

- **Taux de performance ou taux d'allure TP** : Il permet de comparer les cadences réelles constatées en atelier, par rapport aux cadences théoriques machines fournis par le constructeur.

$\text{TP} = \text{temps net} / \text{temps de fonctionnement}$

$\text{Temps net} = \text{temps de fonctionnement} - \text{écart de cadence}$

Remarque :

Pour notre cas on va calculer le temps de fonctionnement à partir du débit de de production.

TP = débit atteint / débit théorique.

- **Le taux de qualité de la machine TQ** : Il permet d'évaluer la qualité de production de la machine.

$\text{TQ} = \text{temps utile} / \text{temps net}$

$\text{Temps utile} = \text{temps net} - \text{non qualité}$

Finalement, le TRS se calcule :

$$TRS = TQ * TD * TP = \frac{\textit{Temps utile}}{\textit{Temps requis}}$$

Le TRS ne doit pas être pris comme un simple indicateur. C'est un outil de progrès.

Réduire à zéro les 16 causes de pertes

La TPM dénombre 16 causes de pertes. Elles concernent la performance des équipements - de la main-d'œuvre - des matières et de l'énergie. La TPM vise à réduire à zéro ces 16 causes de pertes pour améliorer les performances des ressources de production et obtenir l'efficacité maximale des hommes, des équipements, des matières et de l'énergie. Ce qui nécessite :

- de supprimer les dysfonctionnements dus aux carences de l'organisation,
- d'améliorer la fiabilité intrinsèque et opérationnelle des équipements,
- d'améliorer les méthodes et procédés de fabrication.

5. Les sources de pertes :

La TPM dénombre 16 causes de pertes. Elles concernent la performance :

- des équipements
- de la main-d'œuvre
- des matières, outillages et fournitures
- de l'énergie

Et ont pour origines :

- le manque de fiabilité des équipements,
 - o **Arrêts propres sur pannes :**

Ce sont des pannes de durées supérieures à 10 minutes (par oppositions aux micro-arrêts de type 3). Elles concernent le plus souvent l'équipement, mais aussi l'outillage. Les avaries graves, donc exceptionnelles, entraînant des dommages corporels et/ou matériels et des durées de réparation longues, doivent être traitées séparément puisque statistiquement non significatives (car anormales).

- o **Changements et arrêts induits :**

Ces arrêts machines sont extrinsèques à l'équipement puisque généralement liés à l'organisation et aux aléas de production. Les changements d'outils et d'outillages ou de production engendrent des arrêts auxquels il faut ajouter les temps de réglages et d'adaptation nécessaires. La stratégie SMED est la réponse adaptée associée à une stratégie cohérente de production. Les arrêts induits concernent les

saturation « aval » ou les désamorçages en « amont », les manques de pièces, de ressources externes ou de main d'œuvre.

- **Les micro-arrêts :**

Une grande quantité de causes arrêtent la production pour des durées très courtes mais fortement répétitives : bourrages dérèglages, etc. Chaque machine automatisée a ses propres arrêts. La difficulté est donc de saisir objectivement ces courtes durées et à qualifier chacune des causes à des fins d'améliorations. L'aide des opérateurs est ici incontournable.

- **Les ralentissements et « marches à vide » :**

Il est difficile d'évaluer les pertes de production dues aux ralentissements variables, ou au choix d'une cadence inférieure au nominal (marche dégradée), ou aux marches à vide. Dans cette situation, un compteur horaire n'est d'aucune utilité.

- **Défauts de qualité :**

C'est la pire perte. Mieux vaut un équipement en panne qu'un équipement qui consomme de l'énergie, des matières, de la main d'œuvre pour fabriquer des pièces non vendables et dont il faut payer en plus la destruction ou la réfection.

- **Pertes au démarrage :**

Le démarrage ou le redémarrage après arrêt entraîne sur de nombreux process une période transitoire (à mesurer) de fabrication de produits hors qualité.

- les carences de l'organisation,

- **Changements de fabrication :**

- **Activité de l'opérateur :**

- l'habileté de l'opérateur,
 - sa formation et son savoir-faire,
 - la qualité des modes opératoires,
 - l'assiduité de l'opérateur.

- **les méthodes et procédés utilisés.**

- Pertes dues aux méthodes et procédés

- **Rendement énergétique**

6. Les 5 principes de la TPM

➤ **Principe n° 1: atteindre l'efficacité maximale du système de production.**

Pour cela, il est indispensable :

- de supprimer les causes de pertes de rendement. C'est l'objet du pilier n°1 : la chasse aux pertes.
- de supprimer toutes les causes spéciales et chroniques de diminution de la fiabilité intrinsèque des équipements.

Cette action est réalisée à partir du pilier n°2 : maintenance autonome.

- de prévenir les défaillances naturelles. C'est l'objectif principal du pilier n°3 : maintenance planifiée.
- d'améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance.

C'est l'objet du pilier n°4 : amélioration du savoir-faire et des connaissances.

➤ **Principe n° 2: démarrer rapidement les nouveaux produits et les nouveaux équipements**

Ce principe est défini par le pilier n°5 : maîtrise de la conception.

➤ **Principe n° 3: assurer zéro défaut, zéro panne et le TRS maximal**

Le développement des 4 premiers piliers permet d'améliorer la performance, mais les phénomènes chroniques persistent et les résultats sont irréguliers. Il est nécessaire d'améliorer les 4 M et de les verrouiller. Le pilier correspondant est le pilier n°6 : maîtrise de la qualité.

➤ **Principe n° 4: obtenir l'efficacité maximale des services fonctionnels**

Ce principe est mis en œuvre dans le pilier n°7 : application de la TPM dans les services fonctionnels.

➤ **Principe n° 5: maîtriser la sécurité, les conditions de travail et respecter l'environnement**

C'est l'objet du pilier n°8 : sécurité, conditions de travail et environnement.

7. Les 8 piliers de la TPM :

La TPM est implantée, figure 3.1, au moyen de principes qu'on appelle les 8 piliers de la TPM. L'ordre d'application peut varier selon les situations.

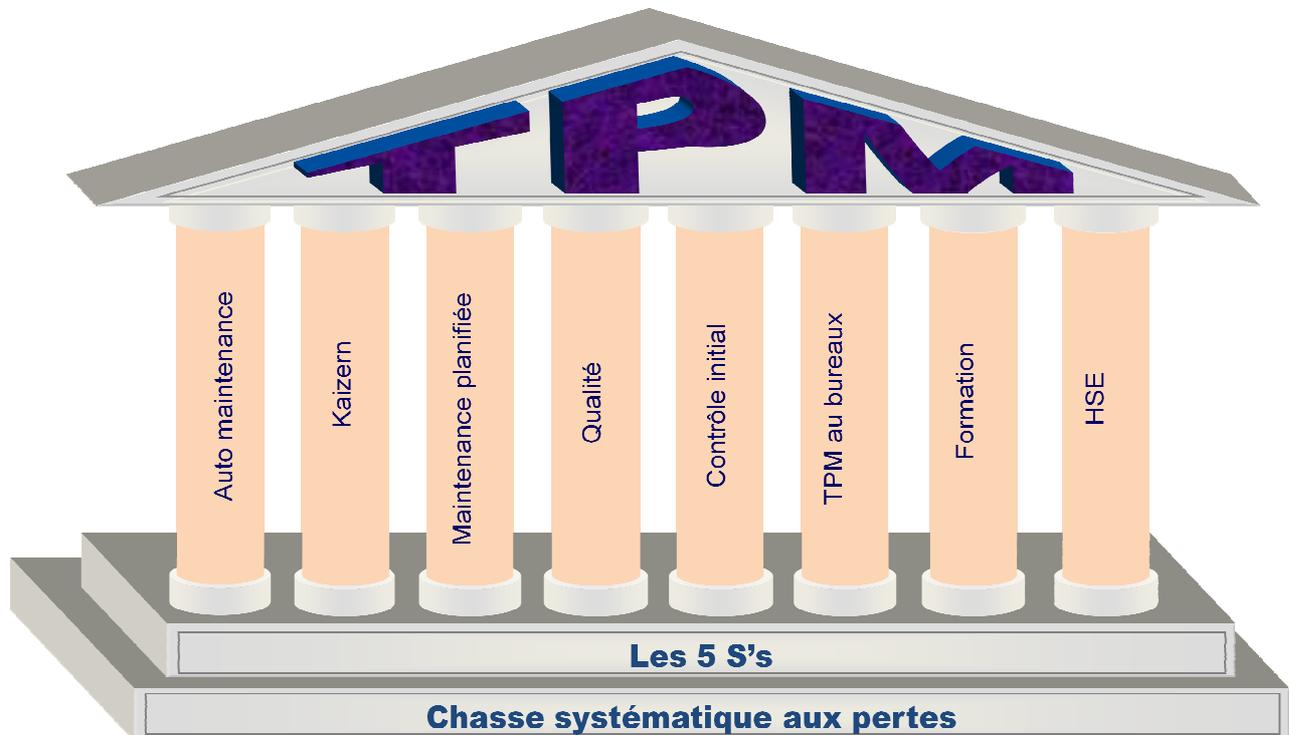


Figure 3.1 : Maison de la TPM

➤ Maintenance d'amélioration :

Le 1er pilier consiste à améliorer les équipements existants pour éliminer les pertes de rendement et favoriser la maintenabilité. En d'autres termes, on gère systématiquement toutes les activités qui influencent l'efficacité des équipements. Exemple : l'élimination des sources de pertes de rendement. Il s'agit de créer des équipes de projet ou des groupes de travail qui analyseront ces pertes et amélioreront les équipements en vue de les éliminer. On commence par les cas les plus urgents.

➤ Maintenance autonome :

La maintenance autonome consiste à responsabiliser tout le personnel et à faire en sorte qu'il participe aux activités quotidiennes de maintenance. En effet, plusieurs employés qui ne font pas de la maintenance peuvent, grâce à leur contact étroit avec les équipements, détecter des anomalies, les corriger eux-mêmes dans certains cas, les signaler au personnel de maintenance et

ainsi prévenir les pertes. En maintenance traditionnelle, l'attitude consiste à dire : « moi je fabrique, toi tu ré pares ». La TPM, bien au contraire, propose une vision intégrée du travail.

➤ **Maintenance préventive :**

La maintenance préventive comprend les activités menées selon un programme précis et assurées par le personnel de maintenance. Ce sont les activités qui nécessitent des compétences particulières (révisions générales, réparations complexes, etc.). De préférence, les activités de maintenance préventive sont établies en fonction du diagnostic plutôt que de manière systématique.

➤ **Développement du personnel :**

L'application de la TPM requiert un personnel qui possède de bonnes connaissances en matière d'équipement. Par-dessus tout, le personnel doit être formé à déceler les anomalies. Ce qui veut dire qu'il doit apprendre à vérifier la qualité des produits et à surveiller le fonctionnement des équipements. Quant au personnel de maintenance, il doit être capable de réagir rapidement à des situations complexes.

➤ **Maintenance de conception :**

L'objectif est d'améliorer la conception des équipements nouveaux ou existants en vue de réduire les pertes de rendement et les besoins de maintenance. En participant à la correction et à l'amélioration des équipements, le personnel en apprend beaucoup sur la qualité de leur conception. Cette expérience peut être mise à contribution pour la conception ou la révision.

8. Mise en place de la TPM

Mettre en place une démarche TPM ne se justifie que par les effets positifs à attendre : ils concernent 6 domaines analysés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2.1 : domaine d'analyse d'une démarche TPM

| Effets : | Ressources (input) sur lesquelles on peut agir pour obtenir les effets attendus | | Gains possibles | Méthodes complémentaires |
|------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Personnel | Equipement | | |
| La production → P | XXX | XXX | +++ | SMED |
| La qualité → Q | XXX | XXX | +++ | MSP |
| Les coûts → C | XXX | XXX | +++ | |
| Les délais → D | XXX | XXX | +++ | JAT |
| La sécurité et l'environnement → S | XXX | XXX | +++ | 5S |
| La motivation → M | XXX | | +++ | Management participatif |
| | Formation à l'auto maintenance | Mesure et évaluation du TRS | | |
| | Mesure des performances des ressources | | | |

➤ **Production + Qualité + Délai :**

Le principe de base de l'amélioration du TRS (taux de rendement synthétique : autre manière de décrire une disponibilité) d'un équipement repose sur l'identification, la mesure puis la prise de décisions réduisant les 6 grosses pertes. Ces pertes se rapportent aux arrêts (qu'ils soient sur pannes, fonctionnels ou induits), au non qualité et aux cadences (temps de cycle). L'optimisation des plans d'action, que sont l'automaintenance et la maintenance préventive systématique, permet d'obtenir la maîtrise des équipements, donc des gains en rendement P, qualité Q et réduction de délais D.

➤ **Coûts globaux :**

Réduire durablement les coûts sur la durée de vie des équipements :

- C'est réduire les pertes, donc les coûts indirects et les prix de revient
- C'est maîtriser la durée de chaque étape pour gagner au plus tôt
- C'est assurer la maîtrise des dépenses dans le respect des délais
- C'est mettre en place des indicateurs de performances économiques et opérationnelles pour estimer les gains attendus et réalisés à travers les plans d'action.

D'une manière générale, on constate que là où une démarche TPM a été bien conduite, le gain de productivité justifie la démarche TPM.

➤ **Sécurité + Motivation :**

L'outil de prédilection est l'implication de toute la hiérarchie et de tous les acteurs dans le développement d'une **TPM**, puis dans son application quotidienne. La hiérarchie doit s'impliquer dans le positionnement de la **TPM** dans l'objectif de qualité totale de l'entreprise, puis dans le diagnostic initial, l'animation du dispositif de pilotage, la capitalisation des résultats et la valorisation des acteurs. Une fois la **TPM** mise en place et installée, la hiérarchie doit se fixer de nouveaux objectifs de performances et répercuter sur d'autres secteurs la réussite menée et capitalisée. Les acteurs doivent être impliqués en équipes :

- Dans l'organisation et la prise en responsabilité de leur « chantier »
- Dans l'identification des causes de non performance
- Dans l'automaintenance avec une phase préalable de 5S du « chantier »

Partie 3

Contribution à l'implantation de la TPM

Cette troisième et dernière partie se compose des chapitres 4, 5, 6 et 7 de ce mémoire. Elle présente les différents travaux réalisés dans le cadre du projet de fin d'études défini par LAFARGE Meknès. Notre contribution dans ces travaux porte sur les concepts de la TPM suivants :

- Amélioration cas par cas
- Maintenance autonome
- Maintenance planifiée
- Amélioration du savoir-faire

Chapitre 4 :

Amélioration au cas par cas

Ce chapitre présente notre première contribution dans la mise en place du pilier 1 de la démarche TPM par la mise en place d'une politique de chasse aux pertes dans la ligne BK5. Nous nous basons principalement pour résoudre ce problème sur la méthode KAIZEN. Ce chapitre se compose de deux paragraphes importants. Le paragraphe 2 expose les résultats d'évaluation du TRS (Taux de Rendement Synthétique) qui donne une quantification du triptyque (qualité, performance, disponibilité). Cette évaluation nous permettra dans le paragraphe 3 d'approfondir l'analyse des problèmes de qualité du ciment, de sa baisse de disponibilité et de la chute de performance en se basant sur les méthodes DMAIC et 2P5M.

1. Introduction

Cette étude appelée « amélioration au cas par cas » ou « chasse aux pertes » consiste à définir les objectifs principaux à savoir les sources de pertes dans la ligne BK5. Nous allons exploiter l'historique de l'année 2013 pour calculer les différents taux (qualité, performance, disponibilité). Ensuite, ces trois taux nous permettront de calculer le TRS (taux de rendement synthétique) pour chaque mois puis d'identifier le taux le plus faible parmi les trois taux qui composent le TRS minimal. Enfin, nous avons appliqué des méthodes d'analyse pour l'identification et la résolution des problèmes racines.

Le TRS est le rapport entre la quantité des produits bons fabriqués et la quantité de produits que l'on aurait pu fabriquer dans les conditions idéales (c'est-à-dire sans perte d'efficacité, sans aléas dus au manque de la fiabilité d'équipements, à la carence de l'organisation, aux méthodes et procédés utilisés). Le TRS nécessite donc la fixation des conditions idéales d'utilisation des ressources de production, ce qui permet de connaître les limites de compression des coûts.

Pour calculer le TRS, on commence par une décomposition des temps non productifs et en les retranchant successivement du temps requis, ce dernier peut être interprété de manière très différente selon la décomposition des temps adoptés.

Cette décomposition des temps n'est pas aujourd'hui totalement normalisée, chaque entreprise utilise des définitions propres, ce qui impose une prudence lors de la comparaison entre entreprises.

2. Evaluation de TRS²

Le tableau suivant regroupe les données de l'année 2013 usitées pour le calcul du TRS

Tableau 4.1 : calcul du TRS sous Excel

| Mois | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| temps d'ouverture | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| arrêts programmés | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 360 | 24 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| total d'arrêts | 79,74 | 76,67 | 84,43 | 83 | 72,5 | 82,73 | 60,73 | 104,66 | 82,16 | 80,49 | 86,15 | 82,54 |
| débit atteint (t/h) | 80 | 79 | 82,7 | 84,73 | 86,71 | 83,31 | 82,86 | 85,71 | 83,43 | 85,06 | 81,95 | 78,17 |
| quantité atteinte | 44614 | 33546 | 48083 | 55645 | 59594 | 53170 | 29711 | 36566 | 51951 | 46081 | 50812 | 47653 |
| NB non-conformité | 50 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 25 | 0 | 0 | 40 | 168 |
| nb non-conformité equiv en (h) | 50 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 25 | 0 | 0 | 40 | 168 |
| débit théorique (t/h) | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 |
| quantité théorique fabriqué | | | | | | | | | | | | |
| temps requis | 728 | 656 | 728 | 704 | 728 | 704 | 384 | 720 | 704 | 728 | 704 | 728 |
| temps de fonctionnement | 648,26 | 579,33 | 643,57 | 621 | 655,5 | 621,27 | 323,27 | 615,34 | 621,84 | 647,51 | 617,85 | 645,46 |
| temps net | 484,93478 | 364,63043 | 522,6413 | 604,83696 | 647,76087 | 577,93478 | 322,94565 | 397,45652 | 564,68478 | 500,88043 | 552,30435 | 517,96739 |
| temps utile | 434,93478 | 354,63043 | 522,6413 | 604,83696 | 647,76087 | 577,93478 | 315,94565 | 372,45652 | 564,68478 | 500,88043 | 512,30435 | 349,96739 |
| taux disponibilité | 0,890467 | 0,883125 | 0,8840247 | 0,8821023 | 0,9004121 | 0,8824858 | 0,841849 | 0,8546389 | 0,8832955 | 0,8894368 | 0,8776278 | 0,8866209 |
| taux de performance | 0,748056 | 0,6294002 | 0,8120971 | 0,9739726 | 0,9881935 | 0,9302474 | 0,9989967 | 0,6459137 | 0,9080869 | 0,7735486 | 0,8939133 | 0,8024779 |
| taux de qualité | 0,8968934 | 0,972575 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9783245 | 0,9371 | 1 | 1 | 0,9275762 | 0,6756553 |
| TRS | 0,5974379 | 0,5405952 | 0,7179139 | 0,8591434 | 0,8897814 | 0,8209301 | 0,8227751 | 0,5173007 | 0,8021091 | 0,6880226 | 0,727705 | 0,4807244 |

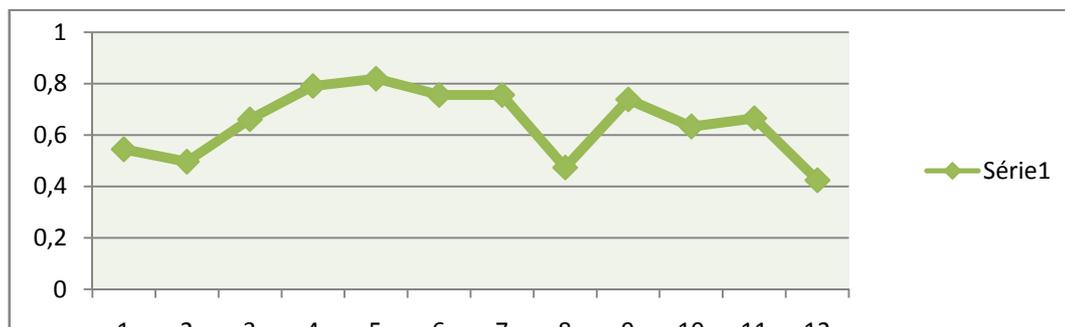


Figure 4.1 : suivi du TRS

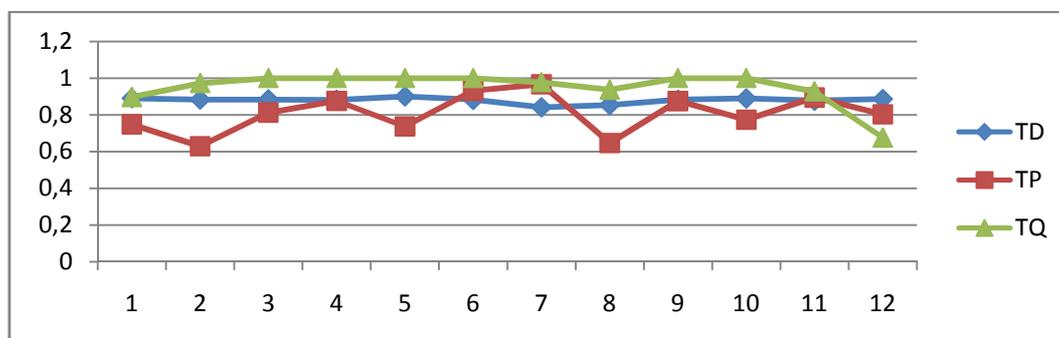


Figure 4.2 : suivi des Taux

² Voir Partie 2, chapitre 3 : Généralités sur la TPM

Les graphes ci-dessous présentent l'évolution du TRS et les trois composantes du TRS (taux de disponibilité, taux performance, taux de qualité) sur l'année.

3. Analyse des Problèmes

Après avoir fait une évaluation du TRS et grâce aux 3 composants (taux de disponibilité, taux de qualité et taux de performance), nous nous étions focalisés sur les actions d'amélioration pour la suppression des pertes.

L'analyse des taux nous montre :

- Chute du taux de performance durant les mois 1, 2,8 et 12 de l'année 2013.
- Chute de taux de qualité au mois 12.

3.1. Analyse du problème chute de résistance.

Vu la nature du projet visant l'amélioration continue de l'usine, la démarche DMAIC s'est apparue plus adéquate pour traiter ce genre du problème de mois 12 (chute de résistance). C'est une démarche composée de cinq étapes ordonnancées.

- **Définir** : Définir le problème, les objectifs du projet et les besoins des clients.
- **Mesurer** : Mesurer les performances du processus et quantifier les problèmes.
- **Analyser** : Analyser le processus et identifier les causes profondes des défauts.
- **Innover** : Améliorer le processus en réduisant ou éliminant les défauts.
- **Contrôler** : Contrôler et maintenir la performance du processus amélioré.

3.1.1 Définir

- **Test de normalité**

On utilisant le logiciel **XLSTAT** nous avons remarqué que les résistances de 1jour, 2jours, 7jours et 28 jours suivent une loi normale ($P>0,1$).

- **Carte de contrôle**

Cette étape se caractérise par une évaluation des données récoltées qui doivent être établies pour mesurer la performance du processus dans le mois décembre, dans le but de détecter les sources de variabilité.

Une appréciation de la capabilité du processus de production est réalisée, pour avoir une base de références qui permettra l'analyse de l'existant.

Pour cela nous avons fait une analyse sur les cartes de contrôle 1 jour, 2 jours, 7 jours et 28 jours.

○ Carte de contrôle 1jour

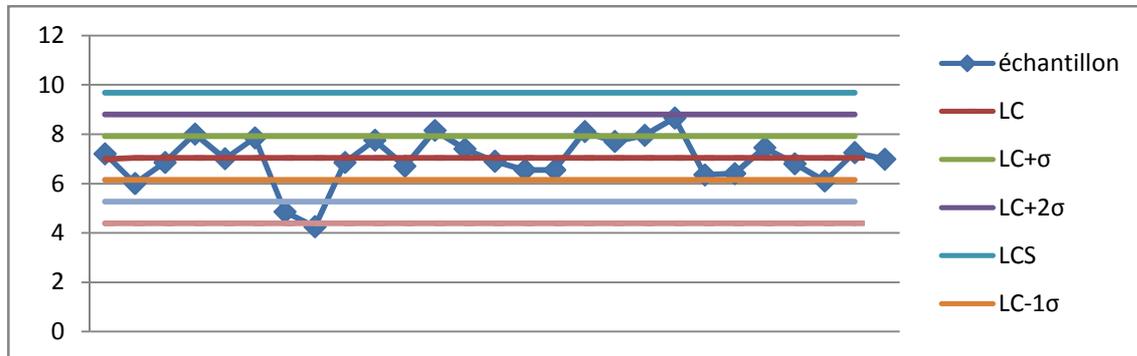


Figure 4.3 : carte de contrôle 1 jour

○ Carte de contrôle 2jour

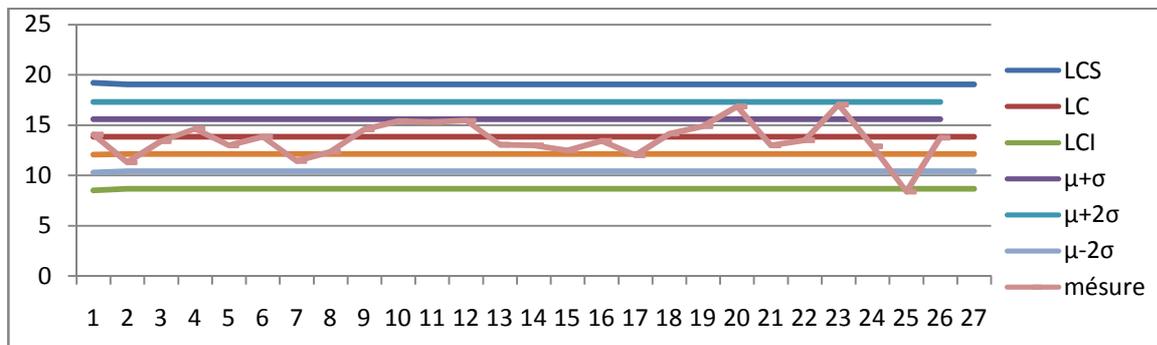


Figure 4.4: carte de contrôle 2 jours

○ Carte de contrôle 7jour

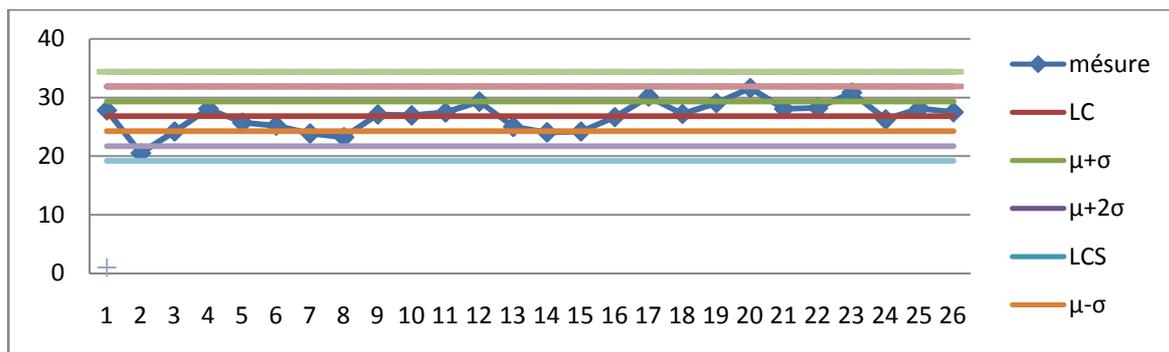


Figure 4.5: carte de contrôle 7 jours

○ Carte de contrôle 28jour

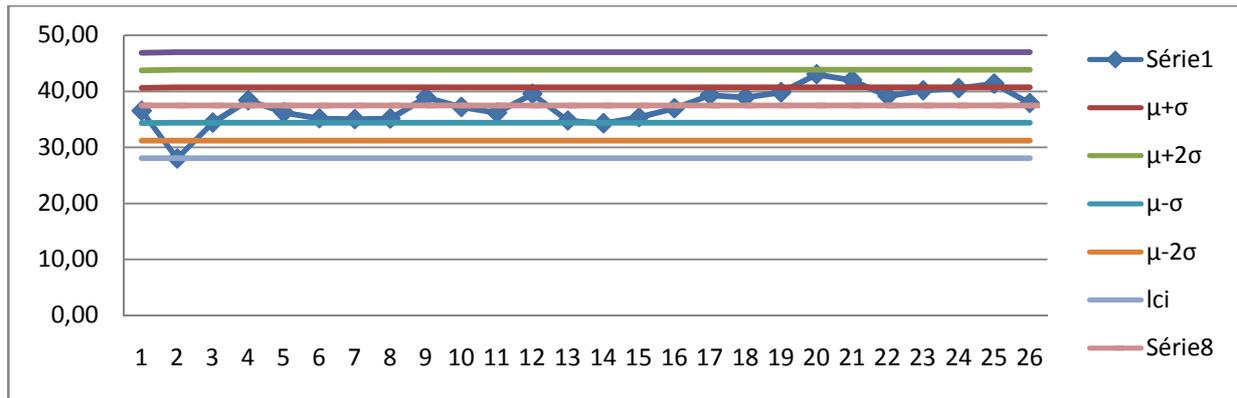


Figure 4.6: carte de contrôle 28 jours

➤ L'indice de capabilité

C'est le rapport entre l'intervalle de tolérance à la largeur de la distribution intrinsèque. Cet indicateur (C_p , C_{pk}) permet de mesurer si potentiellement le moyen est apte à réaliser la caractéristique pour laquelle il est mis en œuvre.

- $C_p = \text{Intervalle de tolérance} / (6 \cdot \text{écart type})$
- $C_p = \frac{T_s - T_i}{6 \sigma} = 0.1$
- $C_{pk+} = (\text{Tolérance supérieur} - \text{Moyenne}) / (3 \cdot \text{écart type})$
- $C_{pk-} = (\text{Moyenne} - \text{Tolérance inférieur}) / (3 \cdot \text{écart type})$
- $C_{pk} = \min(C_{pk+}; C_{pk-})$
- $C_{pk} = 0.37$

Le tableau ce dessous illustre les indices de capabilité obtenue

Tableau 4.2: indice de capabilité et de centrage

| Variable | Moyenne | Ecart type | Max | Min | Cp | CPK |
|-------------|------------|------------|-------|-------|------|-------|
| RC1 jour | 7,03269231 | 0.88 | 8.65 | 4.85 | 0.1 | 0.37 |
| RC 2 jours | 18,3168912 | 1.44 | 17.05 | 11.3 | 0.37 | 0.012 |
| RC 7 jours | 26,775 | 2,53528105 | 31.6 | 20,5 | 0,13 | 0,03 |
| RC 28 jours | 37,47 | 3,09663549 | 43 | 28,35 | 0.1 | 0,12 |

À partir de l'indice de capabilité ($C_p = (0, 1, 0.37, 0.13, 0.1) < 0.67$)

Un premier résultat s’annonce pour affirmer que le procédé n’était pas capable pour produire le ciment avec les tolérances définies.

3.1.2 Mesurer et analyser

Dans le but d’identifier les causes principales de ce problème, il était nécessaire de poser les 6 questions Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? Dans les cinq volets dits 5M (Méthodes, Matière, Machine, Main d’œuvre, Milieu).

Tableau 4.3: Interprétation des causes

| Catégorie | Interprétation des sources de pertes |
|---------------------|--|
| milieu | stock |
| méthode | Absence de plan d’échantillonnage |
| | Absence de traçabilité |
| Machine | Problème étalonnage au niveau doseur clinker |
| | Température du Broyeur |
| | Mauvais réglage des paramètres du séparateur (finesse) |
| | Arrêt de four dans cette période |
| matière | L’humidité de la matière première |
| | Composition chimique clinker |
| | Réactivité de clinker |
| Main d’œuvre | Manque de communication entre les services |
| | Non suivie des cartes de contrôles (CP,CPk) |
| | Non-respect des consignes de maintenance |

L’ensemble de ces éléments a été visualisé dans le diagramme des arêtes de poisson présenté dans la figure 4.7.

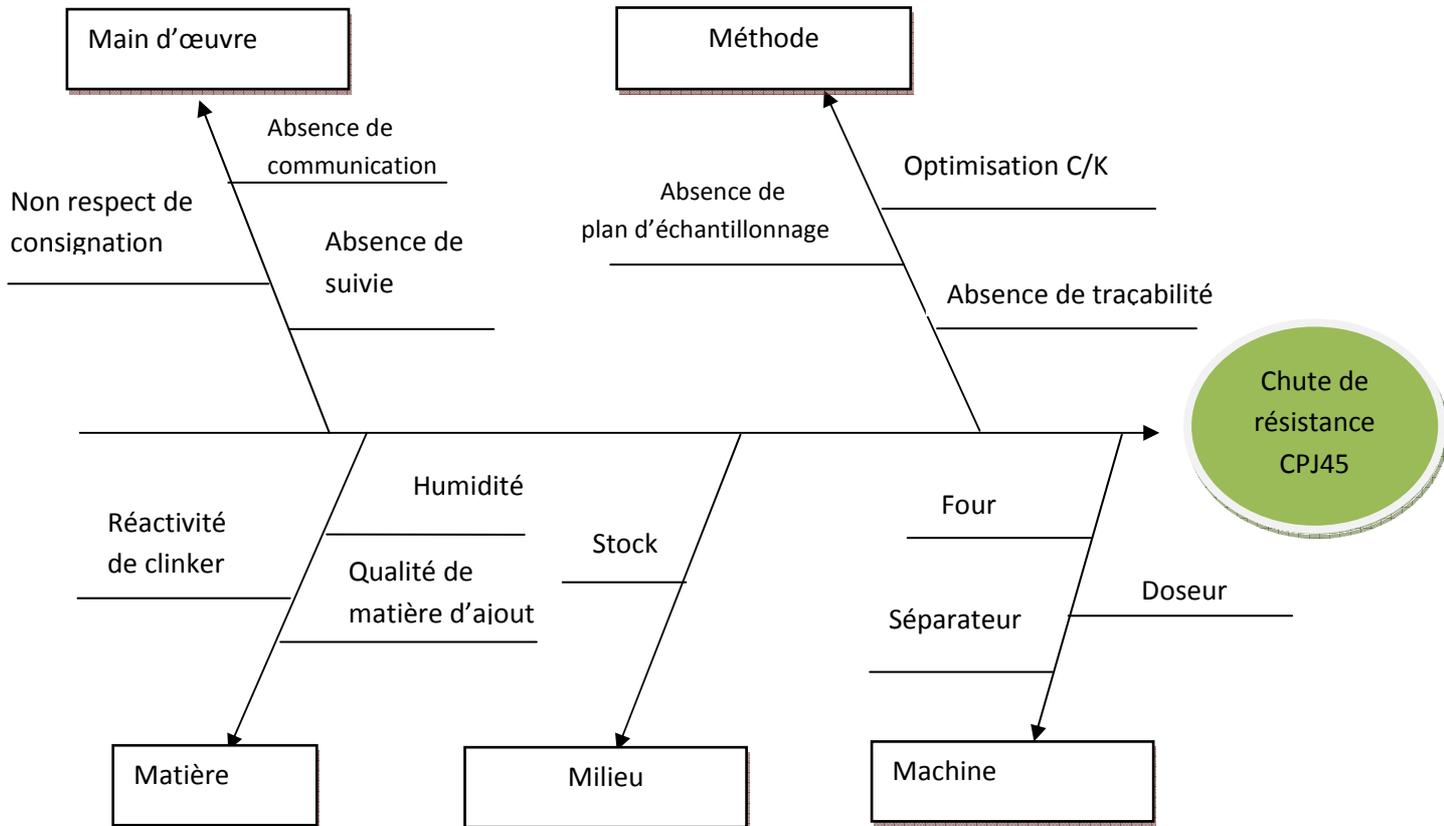


Figure 4.7 : diagramme d'Ishikawa de la chute de résistance

➤ Analyse de la réactivité du clinker

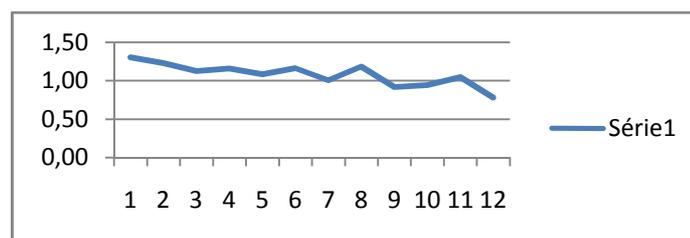


Figure 4.8: réactivité clinker

Après avoir analysé la réactivité du clinker nous avons constaté qu'il y a une chute de réactivité de clinker. Cette chute a rendu le clinker incapable de développer des résistances admissibles qui influencent directement la résistance du ciment.

➤ Analyse de température sortie broyeur

Après avoir analysé la température de sortie de broyeur nous avons constaté qu'il y a une chute de température du broyeur vers 55°C, ou la valeur préconisée est. 70°C.

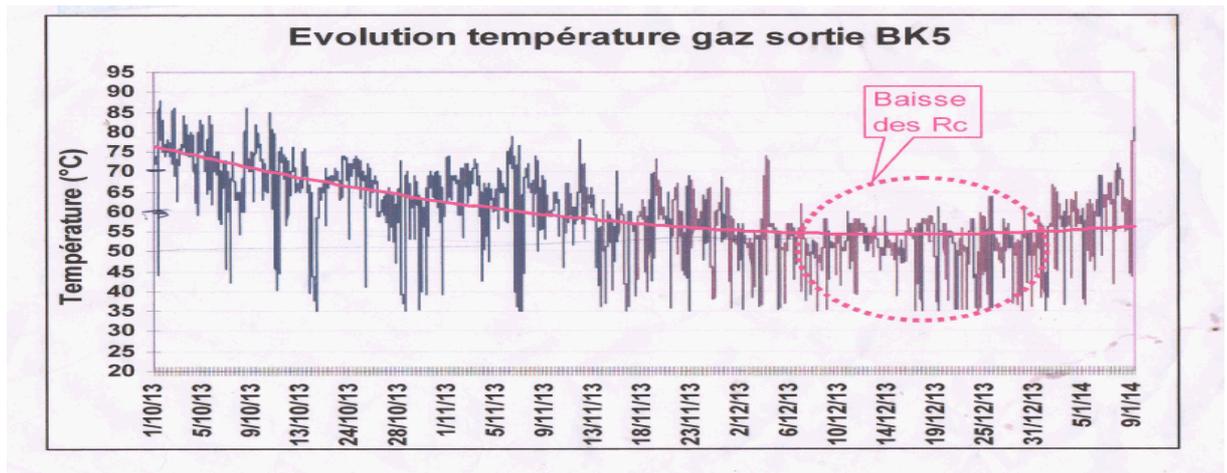


Figure 4.9: Evolution de température sortie broyeur

➤ Analyse de pourcentage du clinker

Suite à une analyse du pourcentage du clinker dans le ciment de sortie on a constaté que le pourcentage du clinker était au-dessous du seuil défini (66.34%)

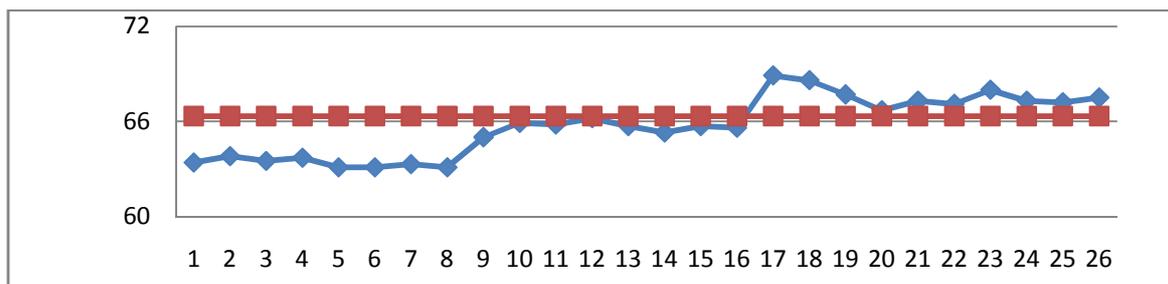


Figure 4.10 : Composition du clinker

➤ Stock

Suite à un arrêt planifié des 2 fours durant le mois de décembre, LAFARGE exploite le clinker du stock ce qui explique la chute de température et la dégradation de la réactivité du clinker.

L'étape Analysée-mesuré nous a permis de soulever la majorité des éléments qui causaient la non- qualité.

3.1.3 Résultats mesuré

Plusieurs éléments causant la chute de résistance du ciment ont été recueillis après avoir analysé les différentes causes.

Les causes racines identifiées sont les suivantes :

- Chute de réactivité de clinker.
- Baisse de la température sortie broyeur.
- Pourcentage du clinker dans le ciment.
- Stock.

3.1.4 Corriger et améliorer

Après avoir identifié les causes racines du problème chute de qualité il est nécessaire de mettre en œuvre un plan d'action pour supprimer ces causes racines de la chute de résistance de ciment CPJ45 d'une part .et d'autre part pour améliorer la qualité de ciment.

Tableau 4.4: plan d'action

| Plan d'action | Responsable | Période | Priorité |
|---|-----------------------------|------------------------|----------|
| Augmenter la fréquence du test Réactivité | Laboratoire essai mécanique | 2/mois | A |
| Construction silo de stockage des ajouts (calcaire, gypse) | Direction | 3 mois | A |
| Mise en place un système d'alimentation de broyeur par les gaz chauds | Bureau de Méthode | 2 mois | A |
| Faire un Contrôle du clinker au niveau du silo | Service procédée | 2/jours | B |
| Faire un contrôle de réception (gypse, calcaire) | Service fabrication | Chaque nouvel arrivage | A |
| Faire une suivie des indices cp et cpk | Service qualité | Journalière | A |

❖ Conclusion

Dans cette partie nous avons approfondi l'analyse le problème de chute de taux de qualité du mois de décembre de l'année 2013 en se basant sur la démarche DMAIC dans cette partie nous avons analysé tous les causes potentielles et racines de ce problème afin de mettre en œuvre un plan d'action d'une part pour supprimer ces causes et d'autre part pour améliorer la qualité du ciment.

3.2. Analyse du problème chute de performance

Suite à une analyse de TRS nous avons constaté qu'on a une baisse de taux de performance durant l'année 2013. L'un des outils efficaces de traitement de ce genre de problème c'était la PM ou (2P5M).

➤ Raison d'être de l'analyse PM

L'analyse PM proprement dite est plus qu'une méthode d'amélioration. C'est une autre façon de voir les problèmes et leur contexte d'apparition. Elle permet d'éliminer les pertes chroniques dues aux marches à vide à travers huit étapes:

2 P = Problème : perte chronique (qualité, fiabilité, performance) + **Physique** : principe ou loi naturelle à l'origine du problème.

5 M = Mécanisme de génération du problème + 4M : Machine – Main d'œuvre – Matériel – Méthodes

L'analyse PM est utilisée pour réduire le taux de performance
Elle consiste à :

- ✓ Regarder le phénomène analytiquement et systématiquement
- ✓ Regarder tous les facteurs (causes)
- ✓ Identifier toutes anomalies et les réduire à 0

➤ Les huit étapes de l'Analyse PM

Tableau 4.4: Démarche d'analyse PM

| N | Etapes |
|---|------------------------------|
| 1 | Le phénomène |
| 2 | Les principes physiques |
| 3 | Les conditions d'apparitions |
| 4 | Les facteurs déclenchant |
| 5 | L'état idéal |
| 6 | La mesure |
| 7 | Identification des écarts |
| 8 | Le plan d'action |

a) Formulation du problème

Tableau 4.5: Description du problème

| | | |
|---------------------------------|---|----------------------|
| USINE CIMENT LAFARGE MKS | Chute de performance de la ligne | Le 05/03/2014 |
| Quoi | Chute de débit | |
| Quand | Année 2013 | |
| Qui | Equipe de travail | |
| Comment | Calcul TRS | |
| Où | Ligne de broyage 5 | |

Le secteur de broyage BK5 représente plusieurs équipements. L'étape suivante est de répartir les causes sur ces installations. Après le regroupement des causes par catégorie.

Ensuite et grâce à un brainstorming, nous avons pu classer les causes selon les axes de 4M (Milieu, Matière, Méthode/MO, Machine).

b) Les conditions d'apparition

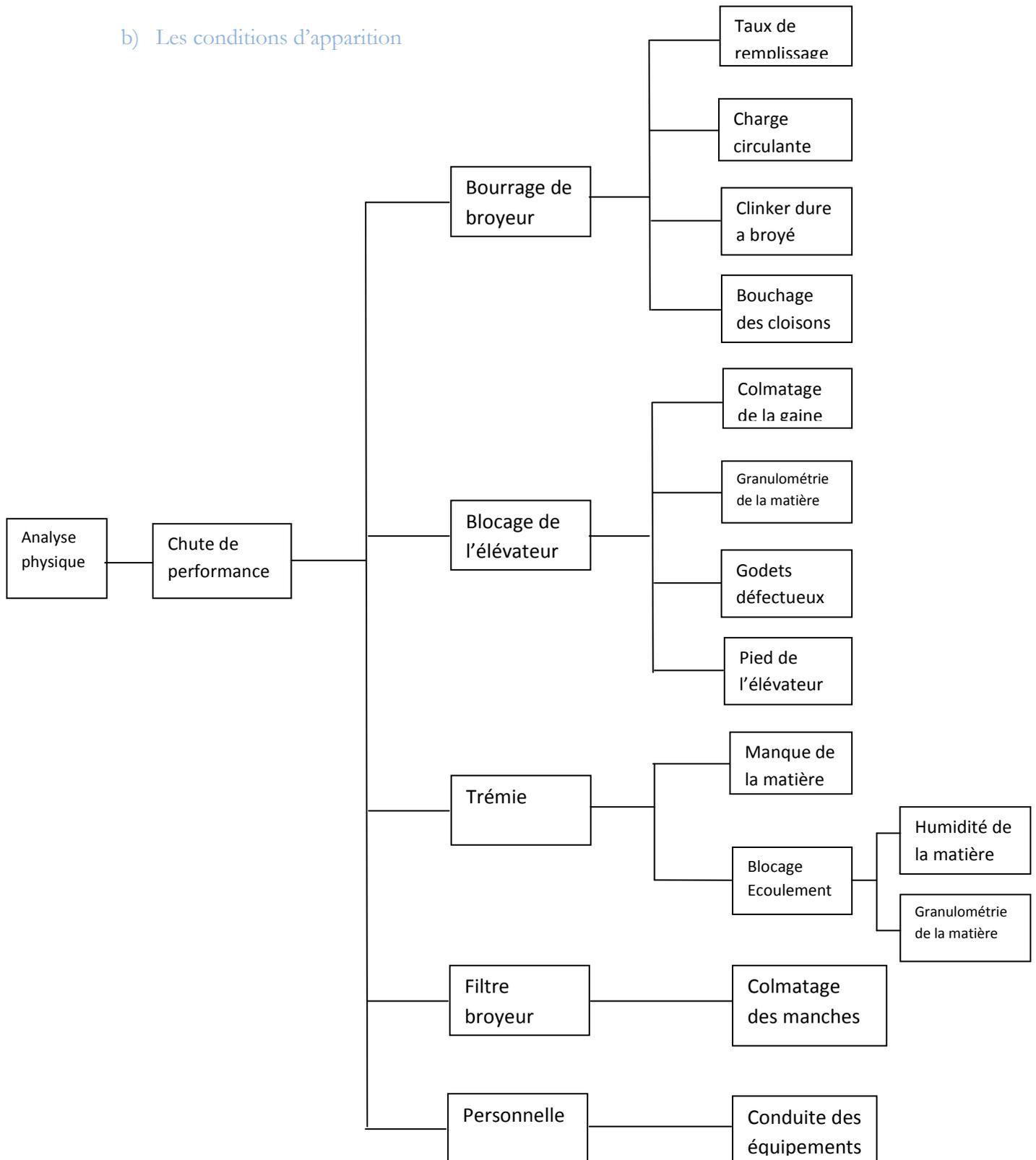


Figure 4.11 : Identification des anomalies

c) Résultats mesurés

➤ Taux de remplissage de broyeur

Tableau 4.7: Taux de remplissage de broyeur BK5

| Taux de remplissage | Préconisation | Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Septembre | Novembre | Décembre |
|---------------------|---------------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|------------|------------|------------|
| 30% | C1 | | 22,66 % | 20,06 % | 25,1 7% | 25,29 % | 24,72 % | 28,9 5% | 26,45 % | 26,17% | 24,10 % | 21,19 % | 22,66 % |
| 32% | C2 | | 28,11 % | 25,05 % | 28,5 3% | 27,09 % | 27,79 % | 28,1 4% | 28,76 % | 27,80% | 25,90 % | 26,47 % | 28,11 % |

On a analysé le taux de remplissage du broyeur durant l'année 2013, et on a constaté que le taux de remplissage est faible. Ce qui explique que la faiblesse de rendement de broyage .et l'influence directe sur le taux de performance de la ligne.

➤ Usure des cloisons et sections des lumières

Tableau 4.8 Jeux de lumière de cloison

| | | Blin centrale | Blin interne | Préconisation |
|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| Année 2013 | Janvier | 14-15mm | 9,5-10,5mm | 6-8mm |
| | Février | 10,5-11mm | 14-15mm | |
| | Mars | 8,5-9mm | 6,5mm | |
| | Avril | 7,5-7,6mm | 11,4-11,6mm | |
| | Juillet | 7 - 8 - 8,5mm | 10,5 - 11mm | |
| | Aout | 7 - 8 - 8,5mm | 7 - 8 - 8,5mm | |
| | septembre | 7 - 8,8mm | 8,0 mm | |
| | octobre | 8,5mm | 11 - 11,5mm | |
| | novembre | 8 - 8,9mm | 11 - 12mm | |
| | décembre | 9 - 8,9mm | 12 - 12mm | |

En analysant les jeux de lumière des cloisons on constaté que les valeurs mesurées est largement supérieure à la valeur préconisée durant les mois 1, 2, 10,11 et 12 ce qui favorise un passage rapide de la granulométrie grande dans le second compartiment et par conséquent bourrage du broyeur.

➤ **Granulométrie de matière**

La granulométrie de matières première génère le blocage au niveau des trémies aussi au niveau des godets de l'élevateur de l'entrée.

Or d'après une visite sur le champ j'ai constaté que la trémie n'a pas de grille qui conditionne le passage des petites dimensions de matière

➤ **Humidité de la matière**

L'humidité de la matière influence de façon directe sur le débit de la sortie du broyeur grâce à la condensation de la matière (gypse, calcaire) dans le premier compartiment du broyeur ce qui provoque un blocage d'écoulement de la matière dans le second compartiment.

Faisant une analyse de la figure 4.12 de l'humidité de mélange (calcaire, gypse, clinker) durant l'année 2013 nous avons constaté qu'il existe une relation d'inversement. Entre l'humidité de mélange et le débit atteint.

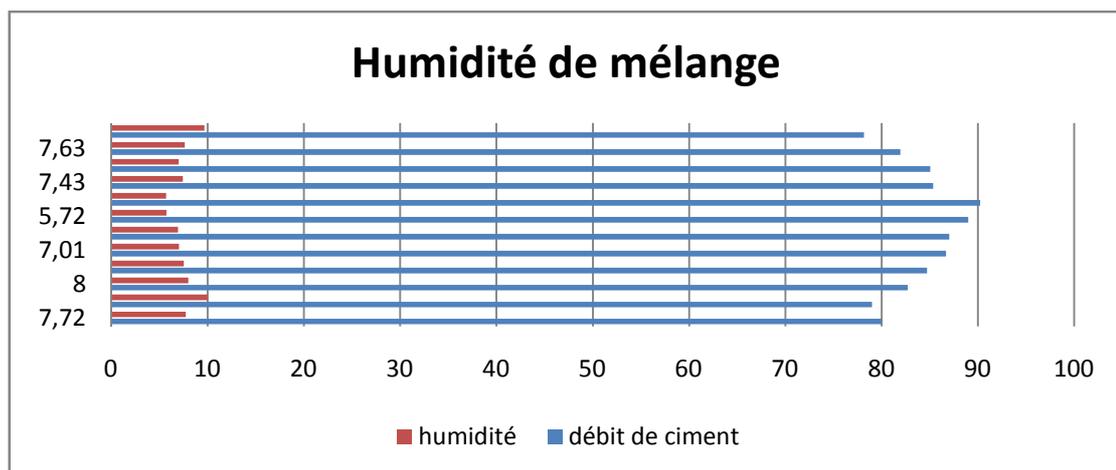


Figure 4.12: Humidité de mélange

➤ **Filtre de broyeur**

Depuis 2010, LAFARGE n'a pas changé les manches de ce filtre, il est probable que la qualité des manches est dégradée ce qui génère l'accumulation de matière dans la sortie de broyeur.

d) Identification des écarts

Tableau 4.6: Analyse PM

| N | FACTEURS POTENTIELS | Condition sans risque | DETECTION DES ECARTS | Méthode | Anomalie a traité |
|-------|--|---|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1.1 | Taux de remplissage | C1:30% C2:32% | Non OK | Echantillonnage (Mesure des boulets) | X |
| 1.2 | CC augmente | 5% | Non OK | Pourcentage des rejets | X |
| 1.2.1 | Déréglage de séparateur | | OK | Maintenance préventive | |
| 1.4 | Clinker dure a broyé | $55 \leq C3S < 65$ | OK | Analyse chimique | |
| 1.3 | Bouchage des cloisons | 6 -8mm | Non OK | Mesure Jeu de lumière | X |
| 2.1 | Colmatage de la gaine | Gaine propre | Non OK | Visuelle | X |
| 2.2 | Granulométrie de la matière | D=25 à 40 mm | Non OK | Mesure dimensionnelle | |
| 2.3 | Godets défectueux | Godet bien fixé et en bonne état | Non OK | Mesure de l'usure des godets | |
| 2.4 | Pied de l'élévateur plein de matière | Pas de matières dans le pied de l'élévateur | Non OK | Visuelle | |
| 2.4.1 | Plaque de décharge | Plaque bien fixé | OK | Visuelle | |
| 3.1 | Manque de la matière | Disponibilité de la matière | OK | Sonde de niveau | |
| 3.2 | Blocage Ecoulement de la matière | Ecoulement de la matière | Non OK | Visuelle | X |
| 3.2.1 | Humidité du calcaire | %H ₂ O = 3% | Non OK | Mesure de %H ₂ O | X |
| 3.2.2 | Granulométrie de la matière (calcaire + gypse) | D=25 mm-40 mm | Non OK | Mesure dimensionnelle | X |

e) Conclusion

L'étude technique permet de détecter les causes responsables de la chute de performance

- ❖ Augmentation de jeu de lumière concernant les cloisons.
- ❖ Blocage de la matière au niveau des trémies d'alimentation.
- ❖ Taux d'humidité élevé au niveau du broyeur.

❖ Filtre de broyeur.

f) Plan d'action

Après avoir identifié les causes racines du problème chute de performance il est nécessaire de mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre ce problème.

Tableau 4.9: Plan d'action

| Plan d'action | Responsabilité | Délai | Priorité |
|---|----------------------|--------------------------|----------|
| Mise en place des grilles sur les trémies d'alimentation | BM | 1mois | A |
| Mise en place d'un système d'injection des gaz chaud au niveau des trémies d'alimentation | Service fabrication | 2 mois | A |
| Faire un Contrôler de réception ce qui concerne l'humidité de matières premières | Service procédé | 1/jours | B |
| Faire un contrôle périodique de la plaque de décharge de l'élévateur | BM | 1/semaine | B |
| Activer la mise en place de la conduite pour alimentation BK5 directement par les Fours | Service procédé | 1 mois | A |
| faire une visite interne et mesurer le jeu de lumière de cloisons de façon systématique | BM | 2/mois | A |
| Changer le matériau des cloisons (%chrome) | Service procédé | 1mois | A |
| Travailler avec flux tiré concernant les matières premières (calcaire, gypse) | Service production | | B |
| Faire un tarage des doseurs de façon systématique | Service exploitation | 2/mois | A |
| Mise en place des indicateurs de niveau pour les trémies (niveau haut, niveau bas) | Service procédé | 2 mois | B |
| Remplacer la totalité des manches du filtre broyeur lors du prochain arrêt du broyeur | Service procédé | Prochain arrêt programmé | A |

❖ Conclusion

Dans le cadre d'analyse des causes racines de chute de rendement des équipements de la ligne broyage⁵, nous avons fait une analyse du problème chute de taux de performance du mois 1,2,8 et 12 de l'année 2013 en se basant sur l'analyse PM dans cette partie nous avons analysé tous les causes potentielles et racines de ce problème afin de mettre en œuvre un plan d'action dans le but d'éradiquer les problèmes de marche à vide et les micros arrêt qui génère la chute de taux de rendement synthétique.

Chapitre 5 :

Maintenance autonome

Ce chapitre contribue à la construction du pilier 2 dans la démarche TPM. Il présente la démarche que nous avons adoptée pour mettre en place une maintenance autonome en introduisant comme outil de base la méthode 5S avec un processus d'audite. Nous avons produit à ce niveau des check-lists d'inspection et un tableau d'affichage TPM.

1. Introduction

Il est évident que le niveau d'auto maintenance visé sera conditionné par la technicité initiale moyenne de l'équipe affectée au chantier, sachant que le métier de départ des opérateurs était généralement limité à la seule conduite des installations et qu'il était exercé dans un cadre de management hiérarchique. L'auto-maintenance implique que les opérateurs de conduite d'un équipement, constitués en équipes polyvalentes et autonomes, prennent progressivement à leur compte :

- ❖ Les 5 S liés à l'environnement de l'équipement (nettoyage, rangement, etc.), la base de l'auto maintenance.
- ❖ La détection des anomalies et l'observation des symptômes (étiquettes).
- ❖ L'alerte (appel maintenance avec participation au diagnostic) ou la prise d'initiative de la correction des anomalies (pertes de production par micro arrêts).
- ❖ La maintenance de premier niveau (petits dépannages, réglages simples, surveillance active, inspections, lubrification, resserrages, nettoyage des filtres.).
- ❖ Les tâches simples de maintenance systématique (remplacement de filtres, de courroie, jonction des bande, centrage des bandes ...).
- ❖ Lubrification des différents équipements.
- ❖ La saisie des informations inhérentes à ces tâches. (LUCIE).

L'auto-maintenance est basée sur la responsabilisation des opérateurs de production vis-à-vis de leurs équipements de travail et est schématisée dans le diagramme suivant

2. Etape d'implémentation de la maintenance autonome

La maintenance autonome est conduite en 6 étapes suivant la figure 5.1 ci-dessous

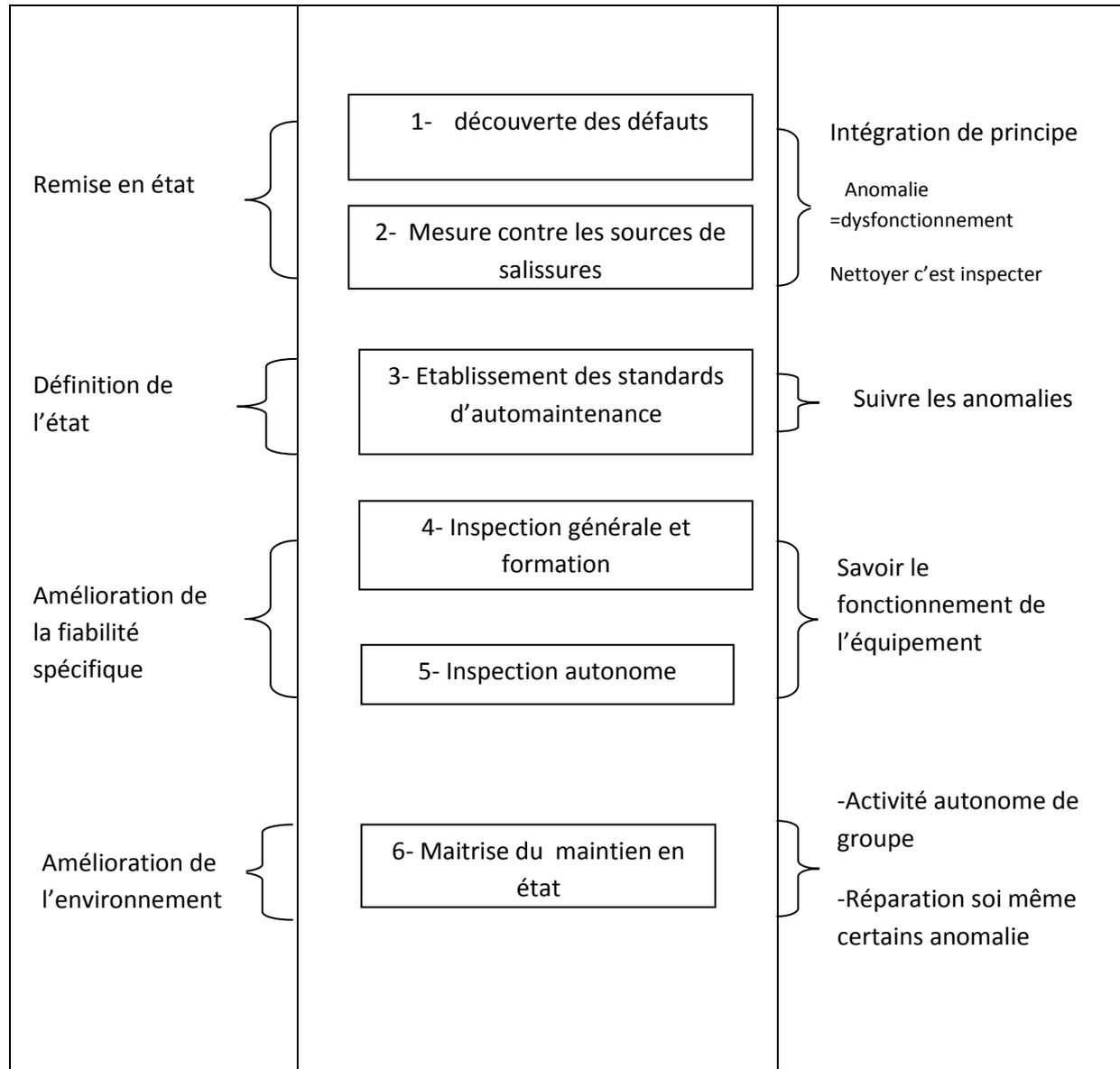


Figure 5.1: étape de la maintenance autonome

2.1. *Découverte des anomalies*

L'objectif principal de Cette étape consiste à :

- Elimination totale des poussières et des salissures des équipements et de leur environnement immédiat.

Nous avons poursuivi la méthode de 3S qui s'adapte mieux à cette première étape.

a) Présentation de la méthode 5S [3]

La démarche 5S est le point de départ et la base de la TPM. C'est de sa réussite dont dépend le développement de l'amélioration continue et le succès de l'activité sur le résultat de l'usine.

Tableau 5.1 : Significations, objectifs et actions des 5S

| Etape | | Signification | Objectif | Action |
|------------------|--------------|---|---|---|
| Seiri | Débarrasser | Séparer le nécessaire de l'inutile | Pour avoir un regard plus clair sur l'environnement de travail | Selon le cas, on prend comme décision : -Jeter -Rendre -Réaffecter -Conserver |
| Seiton | Ranger | Disposer les objets de façon à pouvoir trouver ce qu'il faut quand il faut. | Améliorer l'efficacité et Augmenter la productivité en éliminant le temps perdu. | -Stocker de manière Fonctionnelle -Identifier chaque endroit de rangement |
| Seiso | Nettoyer | Eliminer les déchets et les sources de salissures pour une propreté irréprochable | Comprendre que nettoyer c'est détecter plus rapidement les dysfonctionnements. | -Nettoyer, embellir, repeindre, -coordonner le nettoyage. |
| Seiketsu | Standardiser | Définir des règles communes au secteur 5S, à partir des résultats acquis. | Mettre en place des règles de management pour que les 5S deviennent une habitude. | -Créer et faire évoluer des règles communes, -Privilégier la visualisation des règles. |
| shitshuke | Contrôler | Faire participer tout le monde par l'exemplarité | Changer les comportements de chacun en recherchant l'amélioration permanente. | Former le personnel, Enregistrer les résultats, les afficher et les valoriser. |

Elles sont les préliminaires incontournables pour tout projet d'amélioration .Partant du principe que les pertes sont des bénéfices potentiels, éliminer les pertes constitue un gain, il n'a pas d'amélioration réelle de productivité ou de qualité si par ailleurs subsistent des gaspillages.

Les objectifs de la démarche 5S dans notre projet est :

- Mobiliser la ligne sur un thème et des actions simples.
- Conforter les démarches d'assurance qualité.
- Obtenir rapidement des résultats visibles par tous.

Pour chacun, de réorganiser son espace de travail dans l'application de ses tâches quotidiennes en se motivant contre la « routine » afin d'améliorer son « confort » de travail et sa « productivité » tout en supprimant le gaspillage.

b) Démarrage de 3 s dans l'atelier BK5

➤ Constate d'anomalie

| | | |
|--|---|--|
|  <p style="text-align: center;">1</p> <p>Capot de ventilateur endommagé</p> |  <p style="text-align: center;">2</p> <p>Câble de moteur n'est pas rangé et déchiré</p> |  <p style="text-align: center;">3</p> <p>Pression de service de Pompe HP n'est pas réglée</p> |
|  <p style="text-align: center;">4</p> <p>L'accumulation de poussière sur le moteur d'entraînement</p> |  <p style="text-align: center;">5</p> <p>Rouleau métallique délogé de sa place</p> |  <p style="text-align: center;">6</p> <p>Absence de l'étanchéité de la porte de l'élévateur</p> |

| | | |
|--|---|--|
|  <p>7</p> <p>Fuite d'huile au niveau de la pompe HP</p> |  <p>8</p> <p>Les câbles sont huileux</p> |  <p>9</p> <p>Accumulation de poussière sur le central</p> |
|  <p>10</p> <p>Bande décentré</p> |  <p>11</p> <p>Fuite au niveau de la pompe BP</p> |  <p>12</p> <p>les câbles non rangé du transporteur alimentation</p> |
|  <p>13</p> <p>Présence de ferraille</p> |  <p>14</p> <p>Fuite d'huile sur palier côté commande</p> |  <p>15</p> <p>Présence d'une ferraille avec de gros blocs sur le bord du transporteur</p> |

| | | |
|--|---|--|
|  <p style="text-align: center;">16</p> <p>Indicateur de pression d'huile est invisible</p> |  <p style="text-align: center;">17</p> <p>Difficile de voir le niveau d'huile</p> |  <p style="text-align: center;">18</p> <p>Accumulation de poussière sur l'anneau de ventilateur</p> |
|  <p style="text-align: center;">19</p> <p>Fuite de matière au niveau aéroglissière</p> |  <p style="text-align: center;">20</p> <p>Vanne thermostatique n'est pas fixé</p> |  <p style="text-align: center;">21</p> <p>Usure blindage trémie d'alimentation</p> |
|  <p style="text-align: center;">22</p> <p>Fixation du séquenceur du filtre de dépoussiérage</p> | | |

Figure 5.2: rapport d'inspection

c) Etablissement des étiquettes

Nous avons adopté dans cette partie un outil visuel simple et efficace pour l'identification des anomalies, il y a une moyenne très simple de les déclarer c'est l'étiquette.

Elles sont constituées de 2 feuillets autocopiants. Le premier feuillet est utilisé pour la gestion de l'anomalie au niveau du tableau d'affichage Maintenance autonome.

Le deuxième feuillet cartonné est accroché sur la machine, au plus proche de l'anomalie constatée. Il y restera tant que l'anomalie ne sera pas supprimée.

On a utilisé dans cette étape 2 couleurs pour les étiquettes, les rouges servent à déclarer une anomalie de fonctionnement (fuite d'huile, usure d'une pièce décentrage de la bande) si l'opérateur répare lui-même, il fait une étiquette bleue a condition de déclarer ce qu'il a fait au responsable dans le but d'avoir si ce problème est récurrent sinon si l'opération nécessite une grande technicité il fait une étiquette rouge.

Cela permet de distinguer les anomalies qui nécessitent l'intervention des techniciens de maintenance, outillage, méthodes (étiquettes rouges) de celles qui peuvent être traitées par les opérateurs (étiquettes bleu).

Nous avons conçu des étiquettes suivant le modèle ci-dessous

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Secteur | Ligne | Date |
| Sous ensemble : | | |
| Description : | | |
| Nom d'observateur | N : | |

Figure 5.3: étiquette

L'avantage d'étiquette est :

La communication entre production/maintenance/autres services aura lieu lors de réunions en groupe devant le tableau d'affichage et non cachée derrière un outil informatique tel qu'une (GMAO).

➤ **Processus de l'élaboration**

- Remplissage de l'étiquette
- Saisie dans plan d'action

- dépose étiquette sur l'équipement
- Collage de couleurs selon nature de l'anomalie
- Analyse des causes de problématique (5M, PM, RCA)
- Action corrective
- Etiquettes retirées

d) Plan d'action

Tableau 5.2: plan d'action

| N | Observation | Action corrective | Responsable | Délai |
|----|--|---|-----------------|-----------------|
| 1 | Capot de ventilateur endommagé | Mettre en place un nouveau capot de ventilateur | Abdi | 1jours |
| 2 | Câble de moteur n'est pas rangé et endommagé | Changer le câble ainsi le ranger | Abdi | Arrêt prochain |
| 3 | Pression de service de Pompe HP n'est pas réglée | Régler la pression de service | Mohamed mourad | 1 jour |
| 4 | L'accumulation de poussière sur le moteur d'entraînement | Nettoyage de moteur | Mohamed Mourad | 2jours |
| 5 | Rouleau métallique délogé de sa place | mise en place le rouleau | | Arrêt prochain |
| 6 | Absence de l'étanchéité de la porte de l'élévateur | Mettre un joint de l'étanchéité | Fatimi | 7 jours |
| 7 | Fuite d'huile au niveau de la pompe HP | Nettoyage de milieu et chercher d'où vient il ce fuite | Abdi | 1jour |
| 8 | Les câbles sont huileux | Nettoyage des câbles | Khlaifa | 1jour |
| 9 | Accumulation de poussière sur le central de lubrification | souffler le central de lubrification | Khlaifa mohamed | 1jour |
| 10 | Bande décentré | Centré la bande | Mohamed mourad | 1jours |
| 11 | Fuite au niveau de la pompe BP | Nettoyer le milieu et chercher d'où vient-il cette fuite | Khlaifa | 2 jours |
| 12 | les câbles sur la queue du transporteur alimentation ne sont pas rangés | Ranger les câbles | Abdi | 1jour |
| 13 | Présence de ferraille | Débarrasser les ferrailles | Ouala | 1jour |
| 14 | Fuite de graisse sur palier côté commande | Nettoyage de milieu | Ouala | Prochaine arrêt |
| 15 | Présence d'une ferraille avec de gros blocs sur le bord du transporteur alimentation | Débarrasser les ferrailles | Ouala | 1jour |
| 16 | Indicateur de pression d'huile est invisible | Remplacer les indicateurs par des indicateurs marqué (rouge, bleu, verte) | Fatimi | Prochaine arrêt |
| 17 | Difficile de voir le niveau d'huile | Mettre une jauge de niveau | Fatimi | Prochaine arrêt |

| | | | | |
|----|--|--|--------|-----------------|
| 18 | Accumulation de poussière sur l'anneau de ventilateur | Nettoyer l'anneau | Oualla | 1jour |
| 19 | Fuite de matière au niveau aéroglissière | Nettoyage pour détecter d'où vient il ce fuite | | |
| 20 | Vanne thermostatique n'est pas fixé | Fixation de la thermostatique | ABDI | 1 jour |
| 21 | Usure blindage trémie d'alimentation | Remplacer blindage usés trémie d'alimentation | Fatimi | Prochaine arrêt |
| 22 | Fixation du séquenceur du filtre de dépoussiérage tambour de cde | Fixer le séquenceur | ABDI | 1jour |

e) Leçon ponctuelle

Les leçons ponctuelles sont des outils de transmission de savoir faire technique sur un point technique.

C'est une formation qui dure de 5 min à 10 min et qui traite une problématique, un sujet ou des connaissances de base concernant :

- Détection des anomalies.
- savoir décrire les anomalies.
- Prendre les mesures nécessaires.
- juger si un équipement est dans un état normal ou anormal.
- les 5S.
- principe de fonctionnement des équipements de la ligne.

Nous avons adopté ce genre de formation pour développer le savoir-faire des opérateurs, un exemplaire de ces leçons ponctuelles était conçu dans Annexe1.

f) Pilotage visuelle de la ligne BK5

Au niveau visuel on a met en œuvre un plan d'action pour faciliter aux opérateurs de prendre les mesures et de contrôler l'état des équipements de façon simple.

Tableau 5.3 : Pilotage visuelle

| Action | Responsabilité | Période |
|--|-----------------------|-----------|
| Indiquer la quantité et la qualité d'huile convenable pour chaque équipement | Service maintenance | 1 mois |
| Indiquer la température d'huile de service max et min (ticket) ou indicateur visuelle couleur vert et rouge. | Service maintenance | 1 semaine |
| Utiliser des indicateurs de couleur pour le centrage des tapis, bandes | Service maintenance | 1 mois |
| Indiquer les niveaux max- min: lubrifiants | Service lubrification | 1 semaine |
| Indiquer la quantité et la qualité convenable | Service lubrification | 1 mois |
| Indiquer la température d'huile de service max et min (ticket) ou indicateur visuelle couleur vert et rouge. | Service lubrification | 1 semaine |
| Indicateur de pression de service (ticket) | Service lubrification | 1 mois |
| Codes couleurs pour la lubrification correspondants entre points de graissage et pompes à graisse | Service lubrification | 1 mois |
| Indication espace machine | Service exploitation | 1 mois |
| Indication des outils de sécurité pour chaque machine | Service sécurité | 2 mois |

2.2. Gamme de la maintenance autonome

Ces standards vise principalement la suivie de l'état des équipements de la ligne BK5 et la détection au plutôt possible les anomalies

Nous avons définis dans ce standard :

- L'état normal des équipements.
- La fréquence et les points sensibles à surveiller lors de l'inspection.
- Mise à disposition des opérateurs des valeurs des paramètres process.

Tableau 5.4 : gamme de la maintenance autonome

|  check-list auto-maintenance | | | | | date de créations: 15/04/2014 |
|---|--|------------------------------|-------------------|-------------|--|
| Entité | Action | Etat standard | Méthode | Fréquence | Anomalie |
| Propreté et sécurité | Contrôler l'état de propreté de l'atelier et de ses alentours. | propre | Visuelle | journalière | |
| | Vérification de l'état et la présence des moyens de sécurité (carters, passerelle, garde corps) | bon état | Visuelle | journalière | |
| | Vérification de l'état des caillebotis | fixation | Visuelle | journalière | |
| | Soufflage des doseurs poussières | propre | Visuelle | journalière | |
| | Vérification de la propreté de la ligne (plate forme, sous les bandes, sous le broyeur...) | propre | Visuelle | journalière | |
| | Fonctionnement des alarmes | bon état | Visuelle | journalière | |
| | vérification de l'état des arrêts d'urgence | bon état | Visuelle | journalière | |
| unité d'alimentation | vérifier l'état des doseurs (centrage, bavettes, charge, déchireur) | bande centré | Visuelle | journalière | |
| | vérifier l'état des tapis transporteuse (centrage, déchireur) | bande centré | Visuelle | journalière | |
| | Vérification du bon écoulement de la matière dans les goulottes | écoulement | Visuelle | journalière | |
| | vérifier la pompe d'adjuvant (Q,P) | | visuelle | journalière | |
| | contrôler les niveaux et l'état des trémies (calcaire, gypse, clinker) | | Visuelle | Journalière | |
| broyeur | vérifier l'état la commande principale (température, bruit, fuite) | absence de fuite et de bruit | visuelle auditive | Journalière | |
| | vérification de réducteur principale (bruit, température, fuite) | absence de fuite et de bruit | visuelle auditive | Journalière | |
| | vérification du rangement du câblage de moteur électrique | cable rangé | Visuelle | Journalière | |
| | vérifier l'état de carter paliers entré & sortie et harnais (fuite d'huile, bruit) | absence de fuite et de bruit | visuelle auditive | Journalière | |
| | vérification des fixations des boulons des blindages | boulons bin fixé | visuelle auditive | Journalière | |

| | | | | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------|-------------|--|
| | contrôler l'état des électrovannes de dépoussiérage (frappage) | l'électrovanne en bon état | visuelle auditive | Journalière | |
| séparateur | laero sortie broyeur (fuite, caisson, bruit anormale et vibration ventilateur) | pas de fuite d'aire, de matière | visuelle auditive | journalière | |
| | Vérifier séparateur dynamique (fuite d'huile, échauffement moteur | absence de bruit vibration | visuelle auditive | Journalière | |
| | contrôler l'état de réducteur (bruit, fuite) | absence de bruit et de fuite | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler l'aéro des rejets (fuite, bruit ...) | absence de bruit, fuite | visuelle auditive | Journalière | |
| | Vérification l'étanchéité des portes de visite du séparateur | la porte bien fixée | Visuelle | Journalière | |
| centrale de lubrification | contrôler le niveau d'huile | niveau max | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler débit d'entré et de sortie d'huile | débit entré = débit sortie | Visuelle | Journalière | |
| | la propreté de la central | central propre | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler température entré et sortie de la réfrigérant | Te=Ts | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler l'éclairage de la centrale de lubrification | les ampoules allumées | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler la pression de pompe HP | 160 bar | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler la pression de la pompe BP | 12 bar | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler l'état de filtre (fuite, indication de colmatage) | pas de fuite | Visuelle | Journalière | |
| | contrôler la température d'huile | 50 ° | Visuelle | Journalière | |
| contrôler fonctionnement de la vanne thermostatique | | Visuelle | journalière | | |
| élévateur entré | contrôler les paliers (bruit, fuite d'huile) | absence de bruit et de fuite | visuelle auditive | journalière | |
| | contrôler l'état de coupleur hydraulique | absence de fuite | Visuelle | journalière | |
| | contrôler état de commande (fuite, bruit) | absence de bruit et de fuite | Visuelle | journalière | |
| | Contrôler l'état de la chaine | | Visuelle | journalière | |
| | l'etart accouplements PV et GV(fuite ,bruit) | pas de bruit et de fuite | Visuelle | journalière | |
| | contrôler l'état de moteur (la fixation, l'échauffement, le bruit anormal) | absence de bruit et de fuite | Visuelle | journalière | |
| | contrôler l'état des câbles d'alimentation | cable rangé | Visuelle | journalière | |

3. Tableau d'activité TPM

Le tableau d'activité a pour objectif :

- Afficher les attentes
- Rendre visible les problèmes de la ligne et les pertes de la TPM.
- Accroître la réactivité de personnel pour solutionner les causes de pertes en faisant participer tous les niveaux hiérarchiques.

Nous avons conçu un tableau d'activité sur la base de donnée **ADAP** concernant la ligne BK5, ce tableau contient des données numériques et graphiques facilement compréhensibles qui sont comme suit :

- Courbe TRS de la ligne.
- Pareto des causes d'arrêt des équipements.
- Infos flash (arrêt planifier, changement de fabrication).
- Etat d'avancement Plan d'action.
- Etiquette non traité.



Figure 5.4: Tableau d'activité TPM

4. Audit de la maintenance autonome

Nous avons élaboré un fichier d'audit pour contrôler le déroulement des tâches fixé dans la maintenance autonome le rendement des opérateurs. (Annexe 1)

Cette audit a pour but de :

- vérifier que toutes les actions prévues dans l'étape en cours ont bien été exécutées,
- Évaluer l'état des équipements et l'implication des hommes par rapport à l'exigence de l'étape,
- Reconnaître le travail des opérateurs et des techniciens maintenance.

Conclusion

L'objectif de cette partie vise à implémenté la maintenance autonome, on a adopté comme outil de base la méthode des 5s dans le but d'améliorer la fiabilité intrinsèque des équipements de la ligne de broyage 5 .ainsi nous avons produit des check-lists et des étiquettes dans le but d'impliquer les opérateurs pour contribuer à la maintenance préventive des équipements ainsi pour détecter la défaillance au plus tôt possible.

Pour contrôler et vérifier les actions et les tâches fixé dans cette partie nous avons élaboré une fiche d'audit. Ainsi un tableau d'activité TPM pour rendre les résultats visible

Chapitre 6 :

Maintenance planifié

L'objectif de ce chapitre vise à réduire idéalement et à éliminer la survenue des pannes, pour l'augmentation du Taux de disponibilité de la ligne BK5 en se basant sur la méthode de la maintenance basé sur la fiabilité MBF. Ce travail a permis de mettre en place les fondements du pilier 3 avec une contribution importante dans la mise à jour des plans de maintenance des équipements critiques.

1. Introduction

La MBF est une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques.

C'était notre objectif dans cette partie c'est d'améliorer la maintenabilité des éléments critique de la ligne BK5 en se basant sur un nouveau plan de maintenance (mise à jour).

2. Les outils de la MBF

Cette approche MBF utilise différents outils issus des méthodes déjà bien connues tels que la matrice de criticité, les grilles d'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) et le logigramme de décision ; La matrice de criticité permet d'apprécier l'impact des défaillances des équipements sur des critères tels que la sécurité, la disponibilité et la qualité, La grille AMDEC définit l'importance relative des défaillances, de leurs causes et de leurs effets, Le logigramme de décision sert en fonction du type de défaillance, à identifier le type de conséquence sur les équipements et à définir le niveau des actions de maintenance à mettre en œuvre.

3. Les étapes de la MBF

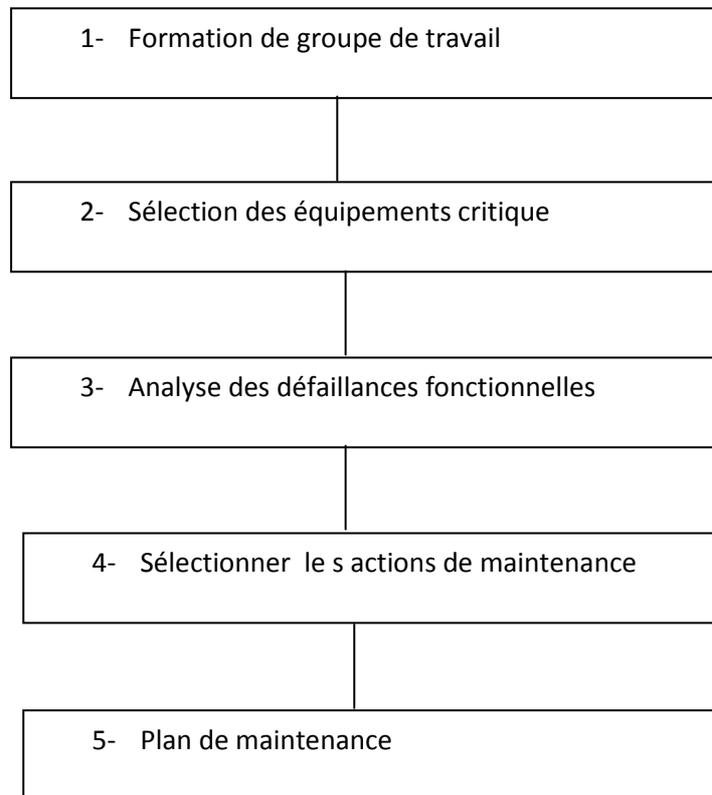


Figure 6.1: étape MBF

4.1. *Equipe de pilotage*

Voir groupe TPM³

4.2. *Sélection des équipements critiques*

Une matrice de criticité des équipements est réalisée à partir de l'importance des équipements qui dépend de :

- **L'importance d'un équipement dépend de**
 - Son facteur d'utilisation
 - Son influence sur la fiabilité de la ligne
 - Le débit
 - Son impact sur la sécurité, l'environnement et la qualité
 - Son coût de remplacement

³ Voir partie 1, chapitre 2

D'après le diagramme et après une étude de l'importance de chaque équipement sur le critère cité ci-dessus nous avons déterminé les machines les plus critiques qui sont

Tableau 6.1: Tableau de classification selon la criticité

| Influence \ Classe | A | B | C |
|--------------------------|---|--|---|
| Sécurité & environnement | Conséquence grave sur la sécurité des personnes et de l'environnement | Conséquence localisé sur l'environnement ou risque de sécurité accru | Pas de conséquences |
| Qualité | Conséquence important sur la qualité | Influence modéré | Pas de conséquences |
| Taux d'utilisation | 100% | Modéré | Occasionnelle |
| Délai de livraison | L'usine s'arrête | La ligne s'arrête | Stock suffisant |
| Fréquence de panne | Panne fréquents | Panne occasionnelle | Panne rare |
| Maintenabilité | Panne >4heures Cout de réparation >15000DH | Panne de 1 à 4heures Cout de réparation entre 3000 a 15000 DH | Panne <1heure Cout réparation <3000 DH |

Nous définissons dans le tableau suivant "la criticité", selon trois niveaux (A, B et C), de chacun des critères retenus :

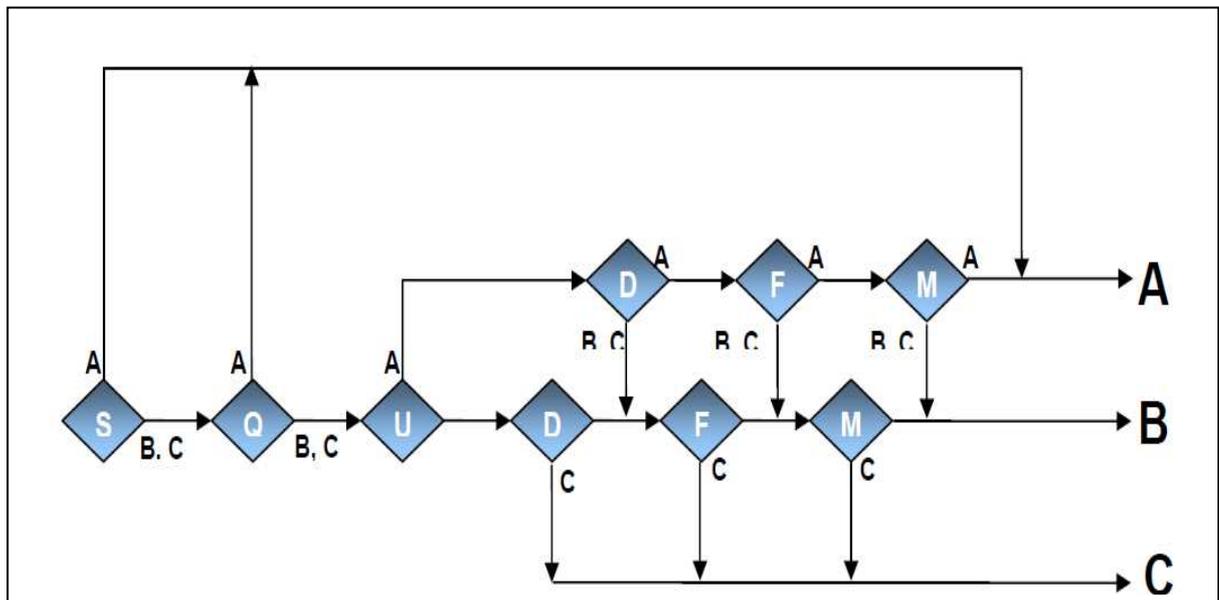


Figure 6.2: diagramme de définition de la criticité finale.

En respectant une démarche schématisée par le diagramme figure 5.1, nous avons classé les équipements choisis selon les trois classes A, B et C comme suit: (Voir détails en annexe)

Tableau 6.2: Les trois classes de criticité des équipements

| Classe A | Classe B | Classe C |
|--|--|--|
| -Groupe de commande de broyeur -Central de lubrification de broyeur -Tube broyeur -séparateur -Elévateur | -Filtre dépoussiérage à manche doseur. -Doseur -Filtre à manche broyeur -Filtre de dépoussiérage - séparateur | -Bande transporteur -Trémie -Groupe de virage de broyeur |

Dans cette étude nous avons choisi de traiter les équipements les plus pénalisants constituant la zone donc d'après le diagramme les unités suivant :

- Broyeur
- Séparateur
- Elévateur

Pour intervenir et améliorer la disponibilité des machines critique dans la chaîne de production, il faut au premier les bien connaître et maîtriser leur fonctionnement et sa composition.

➤ **Le broyeur à boulets**

Le broyeur à boulets est un équipement important dans l'unité de broyage.

L'expérience et des nombreux tests ont démontrés que l'arrêt d'un élément du broyeur nécessite l'arrêt de production pour l'entretien.

En effet, il est important de souligner que le broyeur est un équipement névralgique.

➤ **Séparateur**

Le séparateur dynamique de la ligne BK 5 a un impact direct sur la qualité ainsi le débit (C/K) charge circulante

En effet, il est important de souligner le séparateur comme un équipement critique.

➤ **Elévateur entré & sortie**

L'élévateur entré et sortie de la ligne BK 5 à un impact direct sur la fiabilité et le débit de production de cette ligne. En effet, il est important de souligner que l'élévateur comme équipement critique.

4.3. Analyse des défaillances fonctionnelles

4.3.1. Introduction

L'A.M.D.E.C (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticité) est une technique d'analyse rigoureuse qui permet d'évaluer, d'analyser et de maîtriser les défaillances d'un système ou d'un moyen de production à partir d'une hiérarchisation par criticité, en tenant compte de la fréquence et de la gravité des effets. Elle consiste à identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement de l'équipement, et en rechercher les causes et les conséquences afin de proposer des actions de maintenance adaptées.

L'AMDEC constitue ainsi un excellent cadre de collaboration entre plusieurs activités. Il s'agit d'un apport vivant de la connaissance, du bon sens et de la réflexion créative qui donne lieu à diverses applications :

- Le chiffrage de la criticité fonctionnelle.
- La révélation des sous-ensembles critiques.
- L'évaluation des sous-ensembles critiques.

- L'évaluation des actions à engager et la révision de la politique adoptée.
- L'enrichissement de la documentation.

➤ **Les types d'analyse AMDEC :**

Tableau 6.3: Les types d'AMDEC

| DENOMINATIONS | OBJECTIFS VISES |
|---|---|
| AMDEC produit | Assurer la fiabilité d'un produit en améliorant la conception de celui-ci. |
| AMDEC processus | Assurer la qualité d'un produit en améliorant les opérations de production de celui-ci. |
| AMDEC moyen de production (AMDEC machine) | Assurer la disponibilité et la sécurité des moyens de production en améliorant la conception, l'exploitation ou la maintenance de celui-ci. |

➤ **Démarche de la méthode :**

L'analyse de la criticité technique relative aux équipements passe par :

- Décomposition de ces équipements en organes
- Détermination des défaillances possibles de ces organes (causes, conséquences)
- Calcul de la criticité technique de chaque organe
- Dépannage (maintenance corrective) pour les CT non élevées
- Proposition d'actions préventives

➤ **Evaluation des défaillances et détermination de leur criticité :**

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux : la gravité, la fréquence, la non-détection.

- Indice de gravité (G) : il est relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de temps d'intervention. Il traduit l'effet le plus grave produit par le mode.
- Indice de fréquence (F) : il est relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance. Cette fréquence exprime la probabilité d'apparition du mode par l'apparition de la cause.
- Indice de Non-détection (ND) : il est relatif à la possibilité de détecter la défaillance avant qu'elle ne produise l'effet.

Tableau 6.4: Cotation

| Fréquence défaillance (F) | | Déteçtabilité défaillance (D) | | Gravité défaillance (G) | |
|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------|---|
| Moins d'une défaillance par an | 1 | Visuelle à coup | 1 | D (temps d'intervention) < 4h | 1 |
| 3mois < f < 6 mois | 2 | Visuelle après l'action de l'opérateur | 2 | 4<D≤ 8h | 2 |
| 1 semaine < f < 3mois | 3 | Difficilement déteçtable | 3 | 8 <D ≤ 12h | 3 |
| Plusieurs défaillances / semaine | 4 | Déteçtion impossible | 4 | 12 <D | 4 |
| CT = F x D x G | | | | | |

4.3.2. Application de l'analyse AMDEC sur la mouleuse :

➤ **Décomposition fonctionnelle**

Cette étape permet d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser les risques de dysfonctionnement pour la suite elle facilite l'étude ultérieure de l'analyse des défaillances.

- Broyeur
- Séparateur
- Elévateur

Elle consiste à faire un éclatement du système étudié pour repérer ses différents éléments constitutifs.

Tableau 6.6: décomposition arborescente de l'unité de broyage

| Nomenclature des équipements critique de la ligne BK5 | | | |
|---|--------------------|-------------------|---------------|
| Unité fonctionnelle | Ensemble | Equipement | Sous ensemble |
| | Groupe de commande | Moteur principale | Ventilateur |
| | | | Balais |
| | | | Roulement |
| | | | Rotor |
| | | | Stator |
| | | | Carter |
| | | | |

| | | | |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|
| Unité de broyage | | Accouplement GV | Moyeu |
| | | | Joint |
| | | Réducteur | Carter |
| | | | Engrenage |
| | | | Roulement |
| | Palier | | |
| | Pignon | | |
| | Groupe de virage | Moteur principale | Ventilateur |
| | | | Balais |
| | | | Roulement |
| | | | Rotor |
| | | | Stator |
| | | Accouplement GV | Broche |
| | | | Moyeu |
| | | | Joint |
| | | Réducteur | Carter |
| | | | Engrenage |
| | | | Roulement |
| | Carter | | |
| | Pignon | | |
| | Frein | Tambour | |
| | | Garniture | |
| | Palier fixe & palier libre | Carter | |
| | | Vérin | |
| | | Patin | |
| | | Orifice de lubrification | |
| | Harnais de commande | Carter | |
| Couronne | | | |
| broyeur | Bandage | | |
| | Virole | | |
| | Blindage | | |
| | Cloison intermédiaire | | |
| | Cloison de sortie | | |
| | Boulon de serrage | | |
| | Goulotte d'entrée | Blindage | |
| Centrale de lubrification | Pompe HP | | |
| | Pompe BP | | |
| | Réfrigérant | | |
| | Réservoir | | |
| | Indicateur | Température d'huile | |
| | Pression d'huile | | |

| | | | |
|--------------|--|----------------------|----------------------|
| | | | Débitmètre |
| | | | Température de l'eau |
| | | Tuyauterie | |
| | | Limiteur de pression | |
| | | Filtre | |
| | | Vanne de régulation | |
| Distributeur | | | |

Tableau 6.7: décomposition arborescente de l'élévation

| Nomenclature des équipements critique de la ligne BK5 | | | |
|---|------------------------|------------------------|---------------|
| Unité fonctionnelle | Ensemble | Equipement | Sous ensemble |
| Elévateur à godet | Groupe de commande | Moteur | Stator |
| | | | Rotor |
| | | | Balais |
| | | | Ventilateur |
| | | | Roulement |
| | | Palier | |
| | | Accouplement GV | Ressort |
| | | | Doigt |
| | | | Tampons |
| | | Coupleur hydraulique | |
| | | Réducteur | Engrenage |
| | | | Carter |
| | | | Roulement |
| | | | Joint |
| | Accouplement PV | Doigt | |
| | | Ressort | |
| | | Tampons | |
| | Palier | | |
| | Arbre | | |
| | Tête de l'élévateur | Carter | |
| | | Tambour d'entraînement | |
| | | Palier | |
| | | Plaque déchargeur | |
| Pied de l'élévateur | Tambour d'entraînement | | |
| | Palier | | |
| | Carter | | |
| Accessoire | Godet | | |

| | | | |
|--|--|--------|--|
| | | Gaine | |
| | | Chaîne | |

Tableau 6.8: décomposition arborescente de séparateur

| Nomenclature des équipements critique de la ligne BK5 | | | | |
|---|---------------------|---------------------------|----------------------|--|
| Unité fonctionnelle | Ensemble | Equipement | Sous ensemble | |
| Séparateur | Groupe de commande | Moteur | Stator | |
| | | | Rotor | |
| | | | Roulement | |
| | | | Ventilateur | |
| | | Accouplement GV | Doigt | |
| | | | Ressort | |
| | | | Tampons | |
| | | coupleur hydraulique | | |
| | | Accouplement PV | Doigt | |
| | | | Ressort | |
| | | | Tampons | |
| | | Réducteur | Engrenage | |
| | | | Roulement | |
| | | | Carter | |
| | | | Joint | |
| | | Couronne | | |
| | | Arbre denté | | |
| | | Carter supérieur | Plateau distribution | |
| | Pale ventilateur | | | |
| | Pale sélection | | | |
| | Paliers supérieur | | | |
| | Registre d'aire | | | |
| | Carter inférieur | Paliers inférieur | | |
| | | Tirant | | |
| | | Diaphragme | | |
| | | Conduite de finesse | Blindage | |
| | | | Cône | |
| | Conduite des rejets | | Blindage | |
| | | | Cône | |
| | | Centrale de lubrification | | |
| Pompe de graissage | | | | |
| | Réfrigérant | | | |
| | Serpentin | | | |

| | | | |
|--|--|-------------------------|--|
| | | Réservoir | |
| | | Tuyaux de lubrification | |

4.4. Sélection des actions

Après une analyse des défaillances du système on se base sur la criticité de chaque composant.

Il reste à associer à chaque défaillance sélectionnée une ou plusieurs actions préventives, Pour aider à cette recherche, l'utilisation d'un « logigramme de décision » nous permettons de systématiser la recherche de la simplicité alliée à l'efficacité.

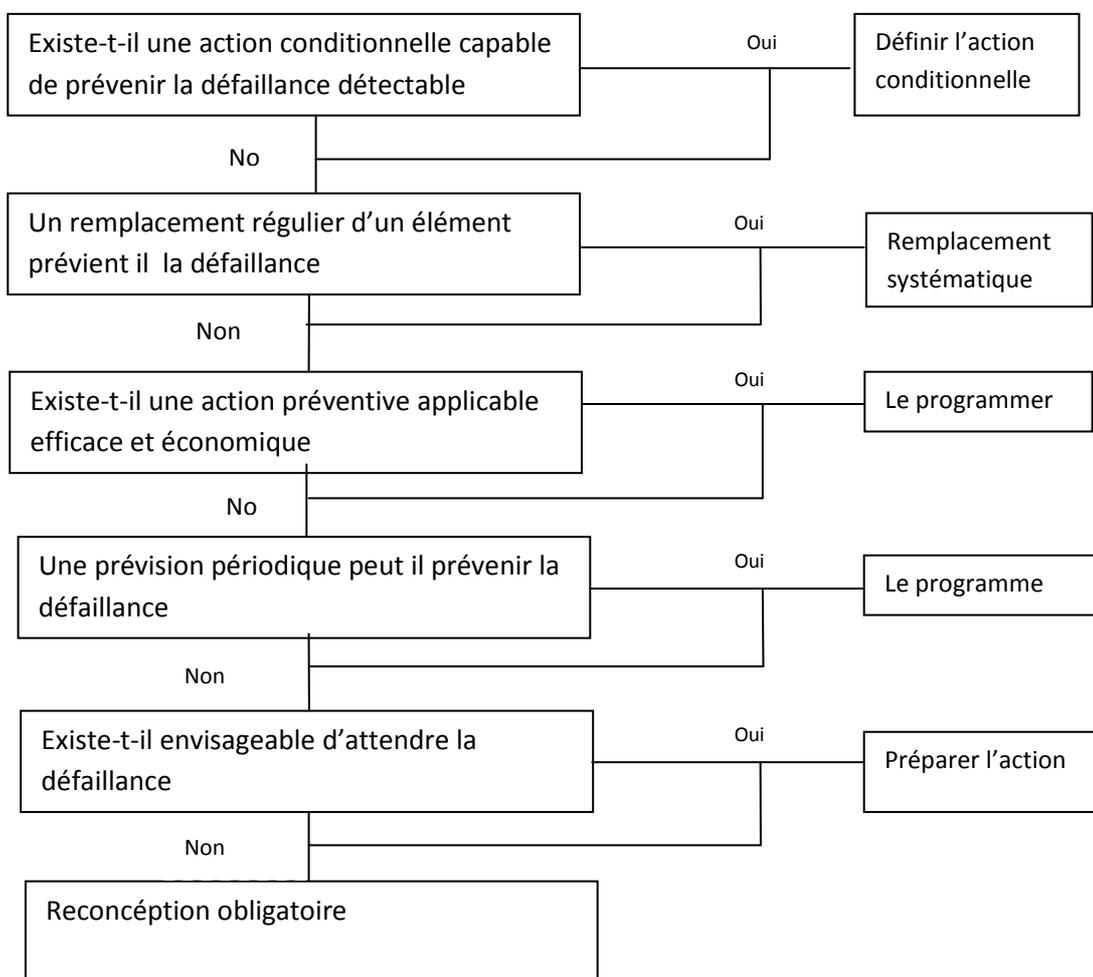


Figure 6.3: sélection des actions

4.5. Elaboration de plan de maintenance

Dans cette étape on a réalisé un plan de maintenance (Annexe 3) on se base sur les axes suivants :

- Les documents techniques de constructeur.
- Recommandation de constructeur.
- Expérience des gens de terrain.
- Les historiques de machines.
- Etude AMDEC.

Conclusion

L'objectif de cette étude vise principalement à réduire idéalement et à éliminer la survenue des pannes, pour l'augmentation du Taux de disponibilité de la ligne BK5 en se basant sur la méthode de la maintenance basé sur la fiabilité MBF. Ce travail a permis de mettre à jour des plans de maintenance des équipements sélectionnés critiques en se base sur l'outil AMDEC pour maîtriser la défaillance des équipements en recherchant les causes et les effets afin de proposer des actions de maintenance adaptées a partir d'un logigramme de décision .

Chapitre 7 :

Amélioration de savoir faire

Les résultats obtenus concernant le pilier 4 ont fait l'objet de ce chapitre. Il concerne la mise en place d'une politique de développement du savoir-faire de l'entreprise à travers des mécanismes de formation continue. Nous avons adopté la roue de Deming pour la conduite de ce chantier qui concerne la gestion de la connaissance de l'entreprise.

1. Introduction

Cette partie vise à gérer les connaissances, établir les besoins de formation, les planifier en privilégiant le parrainage (un initié formera un débutant) afin de mutualiser les connaissances et les disséminer dans la société

Les formations pourront être différenciées en fonction du personnel ciblé: opérateurs à former, opérateurs à impliquer, membre d'un groupe autonome, membre du comité de coordination.

Dans le cadre d'implémentation la TPM il est indispensable d'améliorer le savoir faire des personnes or Lafarge ne fait pas une planification de formation interne ce qui est contradiction de la démarche TPM qui s'appuie sur les compétences des personnes, le savoir faire, la participation de tous les corps de métiers pour les réussir.

Cette situation me conduisait d'implémenter ce pilier

2. Conduite du pilier

La conduite de ce pilier s'appuie sur la roue DEMING PDCA

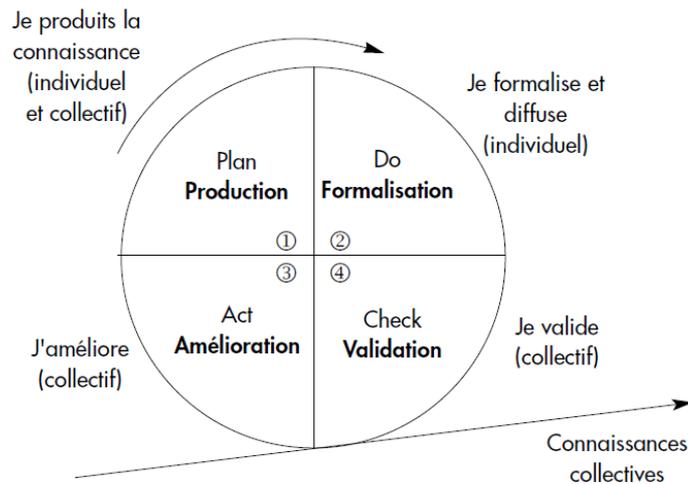


Figure 7.1: roue DEMING

Plan = définir les matières à enseigner

Ce plan est donc individualisé. Ce qui nécessite des formations conçues et animées en interne par la hiérarchie et les techniciens de maintenance, méthodes, qualité, fabrication.

Ces formations sont définies par l'écart existant entre les connaissances exigées par l'équipement le niveau de chaque individu.

Do = former

Le mode de formation interne répond à l'individualisation des formations mais il permet aussi :

- Faire étudier des cas pratique.

Check = contrôler les résultats

Act : améliorer

C'est répondre aux lacunes constatées à travers les audits, c'est aussi améliorer le niveau de compétence et le savoir-faire de chacun

3. Détermination des moyennes et de la responsabilité

Cette étape consiste à nommer un responsable de formation qui en concertation avec les responsables des différents services (procédé, production, maintenance...) effectue les tâches suivantes :

- La planification de formation (**calendrier des formations.**)
- Le type de formation selon la stratégie de Lafarge
- La périodicité des formations
- Identification de formateurs (formateur interne- externe, autoformation)
- Identification des besoins selon la stratégie
- établir le budget formation,

4. Axe de développement

Après une réunion avec le service maintenance production et qualité et dans le cadre d'implémentation de la TPM on a évalué au premier temps les différents besoins de compétences sur les différents corps de métier pour réussir cette démarche.

- Pour les personelles de qualité
 - TPM
 - Analyse et suivie des cartes de contrôle(MSP)
 - Maitrise de Traçabilité
- Pour les personelles de maintenance
 - TPM
 - Maintenance prédictive (analyse vibratoire ,CND, analyse d'huile)
 - Diagnostiquer les pannes
 - Amélioration de la fiabilité des équipements
 - Optimisation des plans de maintenances
 - Gestion des stocks de pièce de rechange
- Pour les personelles de production
 - TPM
 - Gestion de stock
- Pour le service fabrication
 - TPM

- Conduite des équipements (broyeur, séparateur)

➤ Pour l'équipe chantier

La principale raison de cette formation est de permettre aux opérateurs de détecter toute anomalie lors des inspections associées au nettoyage des machines. Développer les capacités de diagnostic, c'est permettre d'anticiper les problèmes.

- TPM
- Détecter les anomalies.
- savoir décrire les anomalies.
- Prendre les mesures nécessaires.
- Maintenir et contrôler.
- juger si un équipement est dans un état normal ou anormal.
- 5S.

Conclusion

Dans cette partie nous avons planifié des formations animées en hiérarchie interne de Lafarge dans le but de garantir l'amélioration et le transfert de savoir faire A ce propos, nous avons adopté la roue de Deming pour la conduite de ce chantier qui concerne la gestion de la connaissance de l'entreprise.

Ces formations se dérouleront d'une part au niveau des chantiers à travers des leçons ponctuelles. D'autre part dans les salles de formation pour faire des études des cas.

Conclusion générale

Comme impression générale, ce projet de fin d'étude au sein de LAFARGE Meknès était pour moi une occasion pour contribuer à la résolution d'un problème très important dans la gestion industrielle qui est la mise en place d'une démarche TPM (Total Productive Maintenance ou Maintenance Productive Totale).

Ce projet a représenté aussi pour moi une occasion pour tisser des relations fructueuses avec le personnel de l'entreprise et parfois avec ses sous-traitants.

Ce projet a commencé par une phase d'intégration au sein de LAFARGE Meknès et une phase d'implantation d'un certain nombre de pilier dans la démarche TPM dans la ligne BK5.

Après avoir fourni une présentation générale de la structure d'accueil, du processus de fabrication du ciment et les objectifs de ce projet, j'ai rappelé les fondements de la démarche TPM.

Le travail réalisé dans ce projet de fin d'étude a concerné les piliers 1, 2, 3 et 4 de la démarche TPM et les résultats obtenus sont hiérarchisés comme suit :

- **Amélioration cas par cas**

- A ce titre nous avons utilisé la méthode KAIZEN pour la chasse aux pertes dans la ligne BK5.
- Nous avons aussi contribué à l'évaluation du TRS (Taux de Rendement Synthétique) qui donne une quantification du triptyque (qualité, performance, disponibilité). Cette évaluation nous a permis d'approfondir l'analyse des problèmes de qualité du ciment, de sa baisse de disponibilité et de la chute de performance en se basant sur les méthodes DMAIC et 2P5M.

- **Maintenance autonome**

- Pour cet objectif nous avons introduit la méthode 5S avec un processus d'audite.
- Nous avons produit à ce niveau des check-listes d'inspection et un tableau d'affichage TPM

- **Maintenance planifiée.**

- Dans ce cadre nous avons mis à jour les plans de maintenance des équipements critiques.
- Nous avons donné les actions pour réduire et éliminer la survenue des pannes dans la ligne BK5 en se basant sur la méthode de la maintenance orientée fiabilité MBF.
- **Amélioration du savoir faire**
 - A ce propos, nous avons adopté la roue de Deming pour la conduite de ce chantier qui concerne la gestion de la connaissance de l'entreprise.
 - Une vision sur le développement des programmes de formations a été développée

Pour garantir la réussite de ce projet de fin d'étude nous avons sensibilisé le personnel de LAFARGE des conditions de réussite de la démarche TPM et Nous avons identifié à ce propos les principaux facteurs de succès de la TPM que nous avons synthétisé dans la figure suivante.

Formation continu du personnel

- Amélioration continu (pérennisation et capitalisation).
- Soutien de la direction (définir les missions, faire accepter le changement).
- Organisation et management (adopter le management participatif).
- Implication des exploitants (respecter les condition de base, prévenir des défaillances).

Références bibliographiques

- [1] Le Guide de la TPM (total productive maintenance) **J.bufferne** ,Edition d'organisation , N° d'éditeur : 3378, France, 2006.
- [2] Maintenance Méthode et Organisation, **DUNOD**, série gestion industrielle paris 2002
- [3] Guide des 5S et du management visuelle HOHMAN,Cristiane 2^eedition
- [4] Pratique de la maintenance **LAUZ Daniel, Tome 2**, ESF Editeur
- [5] Topo maintenance, **C.BARBIER, R.DAPERRE, C.HUBER**
- [6] Séminaire encadrement-TPM. **Stéphane. FUGIER-Garrel** , Maroc 2005.
- [7] Formation phase II <maintenance>,**FUGIER-Garrel** ,Maroc 2006.
- [8] Documentation privé de LAFARGE.
- [9] L'essentiel du tableau de bord, **FERNANDEZ Alain, 2^eme Edition**
- [10] AMDEC guide pratique, **GERARD Landy** 2^e édition AFNOR 2007
- [11] Cours S6 gestion de qualité, **ABOUCHITA Jalil**
- [12] Cours M2 gestion de qualité, **ELHARRAS Bilal**

Références Webographique

- [1] <http://www.idecq.fr/qualite/item/181-la-total-productive-maintenance-tpm.html>.
- [2] <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6>.
- [3] <http://www.maintenance-preventive.com>.
- [4] <http://fr.slideshare.net/search/slideshow?searchfrom=header&q=TPM+>
- [5] <http://fr.slideshare.net/dnunez1984/modelisation-de-la-tpm-par-la-dynamque-des-systemes-au-sein-dune-entreprise-de-production>
- [6] http://librairie.immateriel.fr/fr/read_book/9782212551884/Annexes
- [7] <http://tpmattitude.fr/pilotma.html>