

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Analyse améliorative des indicateurs de
disponibilité et fiabilité de la zone cuisson FE.4xx

Lieu : Holcim Maroc - site de production de Fès-Ras ElMa

Référence : 21/14GI

Préparé par :

-Hamza LAKHSSASSI

Soutenu le 13 Juin 2014 devant le jury composé de :

- Pr. I. TAJRI (Encadrant FST)
- Pr. L'H. HAMEDI (Examineur)
- Pr. M. CHERKANI HASSANI(Examineur)
- Pr. S. SLAOUI (Examineur)

Dédicace

Je dédie ce travail, à mes parents, mes grands parents, mes sœurs, mes cher(e)s ami(e)s, mes oncles et tantes..., en reconnaissance de tous les sacrifices consentis pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

Remerciements

Je tiens à remercier Mr. Zouak le Doyen de la faculté des sciences et techniques de Fès (FSTF), et Mr. Achibat le Vice Doyen de la même faculté, qui m'ont accueilli et ont mis à ma disposition tous les moyens nécessaires au bon déroulement de ma formation.

Je voudrai présenter mes vifs remerciement aussi, à tous les professeurs du département du génie industriel, en particulier Mme Tajri qui m'a encadré et m'a porté conseil durant ma période de stage, et à ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à la réussite de mon parcours d'étude au sein de la faculté des sciences et techniques.

Je remercie aussi Mr. Chetabi le Directeur de la cimenterie de Fès Ras ElMa, de m'avoir accueilli et m'a donné l'opportunité d'effectuer un stage au sein de la société, ainsi que Mr. Mohammed Benchekroun et Mr. Driss Menkal, pour tout le temps qu'ils ont pu me consacrer en dépit de leurs nombreux engagements professionnels, ainsi que pour tous leurs précieux conseils et avis.

Mes remerciements vont également à Mr Boujemaa, pour m'avoir fourni les données nécessaires à la réalisation de ce projet.

Je remercie aussi tous les chefs d'équipes et tout le personnel de l'entreprise, qui ont contribué à l'élaboration de ce projet pendant mon stage, et qui m'ont donné toutes les facilités nécessaires pour conclure mon travail.

ABRÉVIATIONS ET DÉFINITIONS

- ODI : Office pour le Développement Industriel. C'est une institution publique créée en 1973, a pour mission d'entreprendre, dans le secteur industriel, toute action de promotion et d'appui aux investisseurs, marocains ou étrangers, de l'initiation du projet à sa réalisation.
- SNMC : Société Nationale des Matériaux de Construction.
- BPE : Béton Près à l'Emploi.
- AFR : Alternative Fuels and Raw materials, (Valorisation de matériaux et Combustibles Alternatifs).
- CPJ : Ciment de Portland avec ajout.
- Holcim Ltd : C'est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de ciment, de granulats (pierres concassées, graviers, sables), de béton prêt à l'emploi et d'asphalte.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les principaux équipements de la zone cuisson.....	24
Tableau 2 : Données théoriques de la zone cuisson.....	27
Tableau 3 : Taux de rendement synthétique de quelques semaines.....	28
Tableau 4 : Bilan du tanx de rendement synthétique.....	29
Tableau 5 : Tableau illustrant les semaines sans production en cause des arrêts externes.....	30
Tableau 6 : Les équipements de la zone cuisson ayant subi des arrêts.....	34
Tableau 7 : Plan d'action.....	39
Tableau 8 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 1 à la semaine 12.....	45
Tableau 9 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 13 à la semaine 24.....	46
Tableau 10 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 25 à la semaine 35...	47
Tableau 11 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 36 à la semaine 46...	48
Tableau 12 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 47 à la semaine 57...	49
Tableau 13 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 58 à la semaine 66...	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : L'implantation de HOLCIM dans le monde.....	11
Figure 2 : Répartition du capital de Holcim Maroc.....	11
Figure 3 : Cimenterie de Fès-Ras ElMa.....	13
Figure 4 : Organigramme de la cimenterie de Fès-Ras ElMa.....	14
Figure 5 : Extraction du calcaire depuis la carrière.....	17
Figure 6 : Broyeur cru.....	18
Figure 7 : Broyer ciment BK4.....	19
Figure 8 : Schéma illustrant la chaîne de production de la cimenterie Fès-Ras ElMa.....	20
Figure 9 : Photo de la tour de préchauffage et du silo d'homogénéisation.....	21
Figure 10 : Schéma de la tour de préchauffage.....	21
Figure 11 : Photo du four rotatif.....	22
Figure 12 : Schéma du four rotatif.....	22
Figure 13 : Schéma du Refroidisseur à grille.....	23
Figure 14 : Schéma illustrant la zone cuisson.....	23
Figure 15 : Répartition des pertes pendant le temps d'ouverture.....	27
Figure 16 : Histogramme des productions réelle et théorique du clinker.....	30
Figure 17 : Représentation graphique des arrêts internes et externes.....	31
Figure 18: Fluctuations du TRS.....	32
Figure 19 : Variations du taux de disponibilité.....	33
Figure 20 : Variations du taux de performance.....	33
Figure 21 : Diagramme de Pareto des équipements ayant subi des arrêts.....	35
Figure 22 : Structure du diagramme d'Ishikawa.....	36

SOMMAIRE

Remerciements	3
ABRÉVIATIONS ET DÉFINITIONS.....	4
LISTE DES TABLEAUX	5
LISTE DES FIGURES	6
<i>INTRODUCTION GÉNÉRALE</i>	9
CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCEUIL	10
<i>1- PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ HOLCIM</i>	11
<i>1-1- Présentation générale</i>	11
<i>1-2- Présentation de Holcim-Maroc</i>	11
<i>1-3 Historique de la société Holcim-Maroc</i>	12
<i>1-4 Présentation de la cimenterie Fès-Ras ElMa</i>	13
<i>1-5 Organigramme interne de la société Holcim Fès-Ras ElMa</i>	14
CHAPITRE II : GENERALITES ET PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT	15
<i>1- CIMENT</i>	16
<i>1-1- Qu'est ce que le ciment</i>	16
<i>1-2- Matière première du ciment</i>	16
<i>2- DESCRIPTION DU PROCESSUS DE FABRICATION DE LA CIMENTERIE DE FÈS RAS ELMA</i>	17
<i>2-1- Généralités</i>	17
<i>2-2- Les étapes de fabrication du ciment</i>	17
<i>3- DESCRIPTION DE LA ZONE CUISSON</i>	21
<i>3-1. La zone cuisson</i>	21
<i>3-2. Les principaux équipements constitutifs de la zone cuisson</i>	24
CHAPITRE III : ANALYSE AMELIORATIVE DES INDICATEURS DE DIPONIBILITE ET FIABILITE DE LA ZONE CUISSON FE.4xx.....	25
<i>1- PRÉSENTATION DE LA PROBLÉMATIQUE</i>	26

<i>2- ANALYSE AMÉLIORATIVE DES INDICATEURS DE DISPONIBILITÉ DE LA ZONE CUISSON</i>	26
2-1. Calcule du taux de rendement synthétique de la zone cuisson	26
2-1.1. Le Taux de rendement synthétique.....	26
2-1.2. Présentation des calculs de la zone cuisson	27
2-2. Analyse des résultats	30
2-2.1. Analyse de la production.....	30
2-2.2. Analyse du taux de rendement synthétique	32
2-2.3. Etude des arrêts pour causes internes	34
2-2.4. Analyse des causes des arrêts internes	36
2-3. Proposition d'un plan d'action	39
CONCLUSION	41
BIBLIOGRAPHIE	42
WEBOGRAPHIE	43
ANNEXES	44

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le Maroc est devenu un centre d'importants investissements industriels, plusieurs infrastructures ont vu le jour sur le territoire national, des projets ont déjà été inaugurés ces dernières années et d'autres sont en cours de réalisation, d'où la forte demande du ciment.

En effet, L'industrie cimentière est devenue l'une des activités industrielles la mieux structurée, et la mieux répartie sur le royaume. Elle réalise, en moyenne, 46% de la production et 50% de la valeur ajoutée du secteur «matériaux de construction».

Et pour satisfaire la dite demande, il faut maîtriser le processus de fabrication, en neutralisant toute défaillance, afin de maintenir un système de production efficace.

Comme toute cimenterie, Holcim cherche toujours à augmenter sans cesse son efficacité tout en diminuant son coût de revient. Dans la plupart des entreprises industrielles notamment Holcim, les ennemis les plus redoutables sont les arrêts, et le gaspillage. En effet, puisque les centres de production sont interdépendants entre eux, une panne dans une des installations, peut engendrer l'arrêt de toute la ligne de production. En ce qui concerne le gaspillage, qui est traduit pratiquement par l'utilisation non maîtrisée des ressources matérielles, énergétiques ou humaines, il est clair qu'il va à l'encontre de la productivité et la performance de l'entreprise.

C'est dans ce cadre, que le service maintenance mécanique de la société Holcim a situé mon projet, qui a pour objectif principale, l'analyse améliorative de disponibilité et fiabilité de la zone cuisson, qui représente une étape de fabrication assez fragile à manœuvrer et qui est caractérisée par une criticité majeure.

Le présent rapport est subdivisé en trois parties principales :

- La première partie consiste à présenter l'organisme d'accueil.
- La seconde est réservée pour montrer quelques généralités concernant le ciment, et une description de son processus de fabrication.
- Finalement, la troisième partie a pour objectif de faire une analyse améliorative des indicateurs de disponibilité et fiabilité de la zone cuisson.

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

1- PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ HOLCIM:

1-1- Présentation générale :

Fondée en 1912, Holcim est un groupe suisse leader dans les produits des matériaux de construction pour un usage varié.

Présent dans plus de 70 pays à travers le monde, le groupe est actif dans les secteurs du ciment, des granulats, tels que sable et gravier, ainsi que du béton. Il compte plus de 90000 employés à travers le monde.



Figure 1 : L'implantation de HOLCIM dans le monde

1-2- Présentation de Holcim-Maroc :

Holcim-Maroc est dotée d'un statut juridique de société anonyme avec un capital sociale de 91 000 000 MAD.

Participant à la construction de la cimenterie d'Oujda en 1978, Le groupe Holcim détient depuis 1993, 51% du capital de Holcim Maroc, la banque islamique pour le développement, est le second actionnaire avec près de 13.8%, le reste, soit 35,2%, constitue le flottant en bourse.

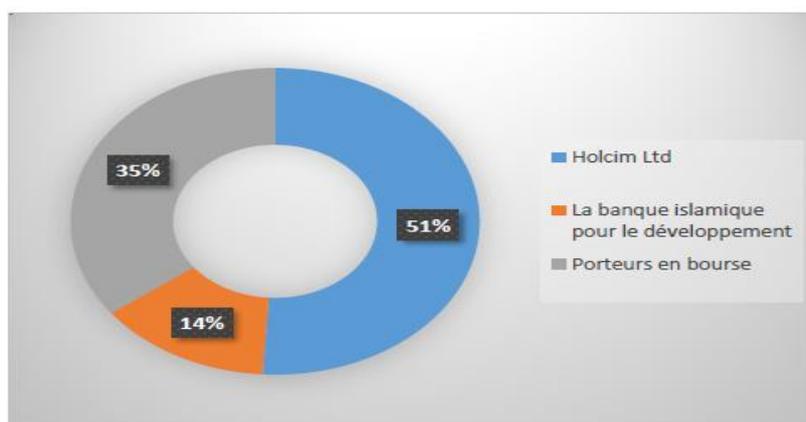


Figure 2 : Répartition du capital de Holcim Maroc

Aujourd'hui HOLCIM est présente dans différentes régions du Maroc, et dispose d'une capacité annuelle de production de 4,5 millions de tonnes, elle exploite trois cimenteries à Oujda, Fès et Settat, un centre de broyage, d'ensachage et de distribution à Nador, ainsi qu'un centre de distribution à Casablanca.

1-3 Historique de la société Holcim-Maroc :

1972 : Les gouvernements marocain et algérien, décident de construire une cimenterie à Oujda, dénommée la cimenterie maghrébine (C.I.M.A). Son capital social est de 75 millions MAD, réparti à égalité entre l'Office pour le Développement Industriel (O.D.I) et la S.N.M.C, organismes représentant respectivement le Maroc et l'Algérie. Dès le début du lancement des opérations de consultation pour la réalisation de l'unité, la partie algérienne se retire et le projet C.I.M.A est mis en Veilleuse et placé sous administration provisoire.

1976 : L'O.D.I crée une société anonyme, la Cimenterie de l'Oriental (CIOR) avec pour Objet la réalisation d'une cimenterie dans la région d'Oujda.

1979 : Mise en service de l'usine d'Oujda qui démarre avec une capacité de production de 1,2 millions de tonnes par an.

1980-1982 : Installation à Fès et à Casablanca de deux centres d'ensachage de capacité respective de 500 000 tonnes par an et 350 000 tonnes par an.

1989 : Installation d'un centre de broyage à Fès d'une capacité de 350.000 tonnes par an.

1990 : Début des travaux pour la réalisation d'une ligne complète de production de clinker, à Fès et lancement de l'activité BPE avec l'installation d'une centrale à béton à Fès.

1993 : Démarrage de l'unité de Fès, portant la capacité de production globale de CIOR à 1,9 millions de tonnes par an. Puis privatisation qui s'est traduite par la cession de 51% de son capital social au groupe Suisse Holcim (ex-HOLDERBANK).

1997 : Installation d'une centrale à béton à Rabat.

1998 : Installation d'une centrale à béton à Casablanca.

1999 : Construction d'une seconde centrale à béton à Casablanca, et mise en service d'un Centre de broyage et d'ensachage à Nador et démarrage de l'activité AFR (valorisation des déchets en cimenteries).

2001 : Certification ISO 9001 et préparation pour la certification ISO 14001 de la cimenterie de Fès.

2002 : CIOR change de nom et d'identité visuelle et devient Holcim Maroc. Démarrage de Holcim Granulats. Certification ISO 9001 et ISO 14001 de la cimenterie d'Oujda.

2004 : Extension de la cimenterie de Fès.

2005 : Démarrage du centre d'ensachage et de distribution de Settat.

2006 : Extension du centre de Nador.

2007 : Démarrage de la cimenterie de Settat.

2008 : Lancement du projet de doublement de capacité de production de l'usine de Fès. Certification ISO 9001 et ISO 14001 du centre de Nador.

2009 : Création du premier réseau de distribution des matériaux de construction au Maroc: BATIPRO Distribution. Certification ISO 9001 et ISO 14001 du centre de distribution de Casablanca, de la cimenterie de Settat et de la plateforme de traitement de déchets Ecoval.

2010 : Lancement du projet de doublement de la capacité de production clinker de la cimenterie de Fès.

2012 : Doublement de la capacité de production clinker de l'usine de Fès.

2014 : Accord de fusion entre Lafarge et Holcim

1-4 Présentation de la cimenterie Fès-Ras ElMa :

Située à 25 Km au sud de Fès, l'usine de Ras ElMa, utilise le procédé de fabrication à voie sèche intégrale, avec une capacité annuelle de plus d'un million de tonnes par an, elle comporte des zones de: concassage, broyage, stockage de la farine, cuisson, stockage du clinker, broyage des combustibles, broyage du ciment, ensachage et expédition du ciment.



Figure 3 : Cimenterie de Fès-Ras ElMa

1-5 Organigramme interne de la société Holcim Fès-Ras ElMa :

L'organigramme de la société Holcim Fès-ElMa se présente de la forme suivante :

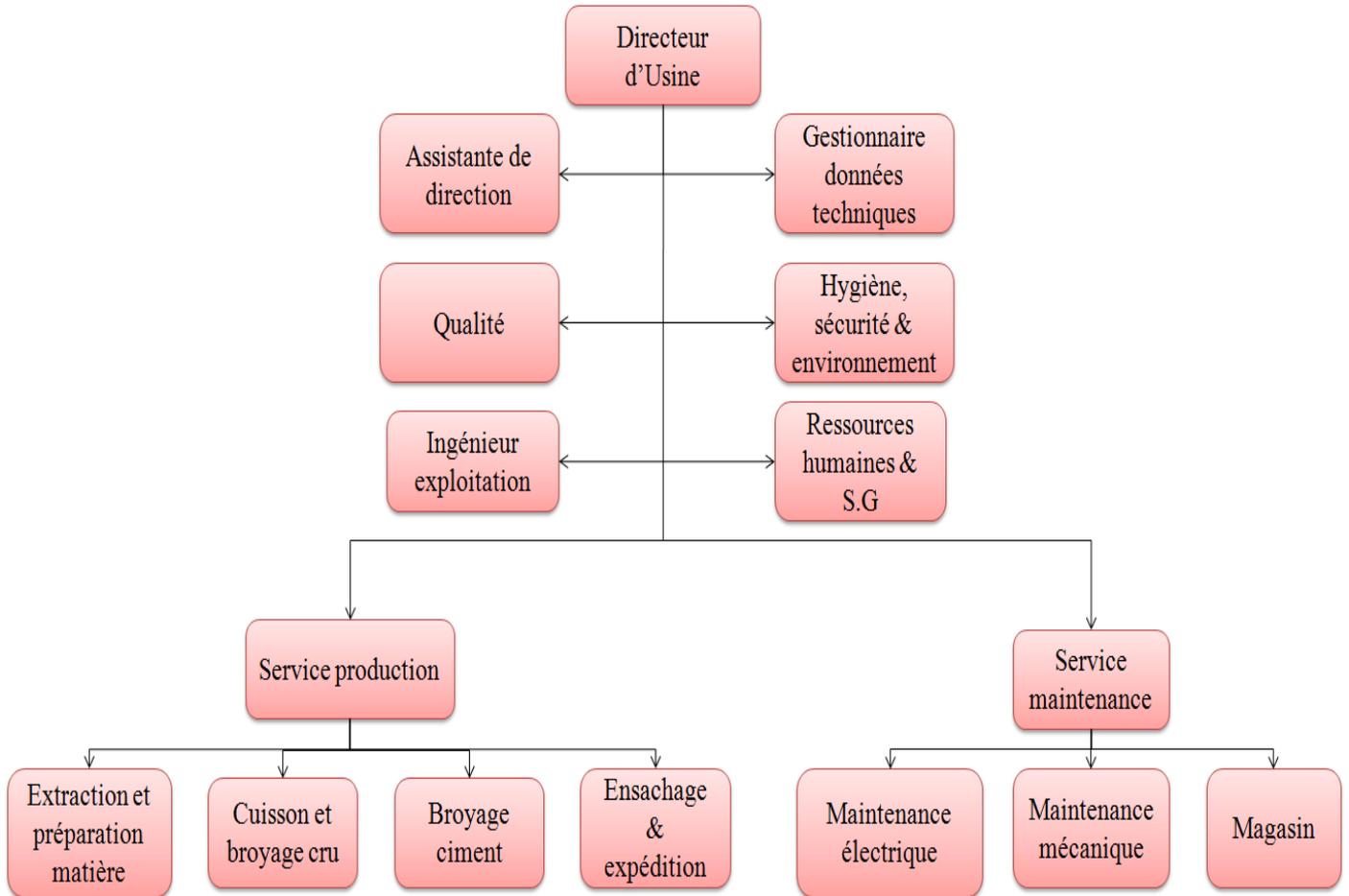


Figure 4 : Organigramme de l'usine Holcim-Fès Ras ElMa (mis à jour en 2014)

CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS ET PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT

1- CIMENT :

1-1- Qu'est ce que le ciment :

C'est une gangue hydraulique utilisée dans différents domaines, principalement comme matériau de construction.

Le constituant principal du ciment est le clinker obtenu à partir de la cuisson d'un mélange approprié de calcaire et d'argile, en proportion moyenne de 80 % de calcaire et 20 % d'argiles (aluminosilicates).

Ces matières premières sont présentes dans des roches naturelles, les marnes ou calcaires argileux. On ajoute généralement des correcteurs tels que le minerai de fer, la fluorine et les schistes.

1-2- Matière première du ciment :

L'entreprise s'est installée à Ras ElMa en raison de la richesse de cette région en calcaire. Les matières premières qui rentrent dans la fabrication du Ciment sont presque tous des carrières situées à proximité de la cimenterie afin de réduire les coûts de transport, et sont essentiellement composées de calcaire et d'argile ou de toutes matières renfermant essentiellement de la chaux (CaO), de la silice (SiO₂), de l'alumine (Al₂O₃), et de l'oxyde ferrique (Fe₂O₃).

Les matières composant le ciment:

- **L'argile :** L'argile est utilisée dans le cru comme matière première secondaire à taux moyen de 22%, C'est une roche sédimentaire riche en Aluminate et en Silicate. La carrière d'argile se situe à 7 km de l'usine.
- **Le Gypse :** son rôle est de régulariser le temps de prise du ciment.
- **Le Calcaire :** Ajout qui diminue la résistance du ciment et qui peut être remplacé par la Pouzzolane qui a les mêmes caractéristiques. C'est le composant principal du Clinker.
- **Le Schiste :** le gisement de schiste se situe à 20 Km de Sud-ouest de la ville Fès (Bhalil).
- **Les matières de correction:** Les matières de correction sont en général : le sable et les minerais de fer, elles sont ajoutées à la matière crue, leur coût est élevé. On ajoute ces matières de correction pour enrichir le mélange (calcaire + argile) en silice et en fer.
- **La Pouzzolane :** Une matière volcanique, et spécialement utilisée pour la fabrication de tous les types du ciment commercialisé par HOLCIM sauf pour le CPJ 35.
- **La fluorine :** C'est un additif utilisé par Holcim uniquement, et celle de Ras ElMa est l'une des trois cimenteries au monde de cette chaîne qui utilise la fluorine pour diminuer le coût de fabrication du ciment en abaissant la proportion du clinker dans le produit fini.
- **Le fer:** Intervient pour combler le manque en Fe₂O₃, c'est un minerai correcteur responsable de l'abaissement de la température de clinkérisation.

2- DESCRIPTION DU PROCESSUS DE FABRICATION DE LA CIMENTERIE DE FÈS RAS ELMA :

2-1- Généralités :

Il existe 4 types de méthodes principales de fabrication du ciment qui varient en fonction de la nature du traitement thermique utilisé.

La voie humide: La matière première, après son concassage est délavée dans l'eau, puis broyée en humide. La pâte obtenue est homogénéisée, puis alimente le four. Cette méthode est abandonnée pour des raisons d'économie d'énergie.

La voie semi humide: La matière est préparée en voie humide, puis séchée avant d'arriver au four.

La voie semi sèche: La farine crue et sèche, passe d'abord dans un granulateur où elle est humidifiée.

La voie sèche: C'est la méthode utilisée par l'usine Ras ElMa en cause de sa rentabilité. La matière première, une fois concassée, est broyée à sec, homogénéisée, et avant l'entrée au four, elle est chauffée à travers des cyclones (type DOPOL). A l'entrée du four rotatif, la farine est à une température de 900 à 1000°C. Cette voie est plus optimale au niveau énergétique.

- Le procédé de fabrication du ciment est utilisé à l'usine de Ras ElMa est la voie sèche.

2-2- Les étapes de fabrication du ciment :

a- Extraction :

La matière première (le calcaire) est extraite d'une carrière proche de l'usine par explosion, avec une superficie de 112 hectares, cette carrière compte plus d'un siècle de réserves exploitables en calcaire de bonne qualité.

Le calcaire est transporté par des dumpers vers un atelier de concassage.



Figure 5 : Extraction du calcaire depuis la carrière

b- Concassage :

l'opération de concassage a pour objectif la réduction de la granulométrie des blocs de pierres en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm), cette opération est assurée par un concasseur à marteaux.

Ce concasseur est constitué de deux rotors, chaque rotor contient 18 marteaux et il peut traiter jusqu'à 400 tonnes par heure.

La matière sortant du concasseur est acheminée vers un hall de stockage par un convoyeur à bande.

c- Pré-homogénéisation :

La pré-homogénéisation est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière et équilibrée du mélange des matières premières selon la demande. En prélevant des échantillons de ce dernier, le laboratoire de l'usine procède à une analyse qui permettra de définir les corrections nécessaires à apporter au mélange des matières premières, ce mélange est nommé le cru.

d- Broyage cru :

Un broyeur à galets réduit la matière première (77,5% calcaire + 18% d'argile + 3% de schiste + 1,5% de minerai de fer) à l'état de farine.

Ce résultat est obtenu par de paires de galets qui écrasent les morceaux sur une assiette rotative jusqu'à ce que cette matière atteigne la finesse souhaitée.

Le transport de la farine du cru par des aéroglisteurs risque de générer des poussières. Le système de dépoussiérage consiste à éliminer les émissions des poussières par l'utilisation de filtres à manches ou d'électro-filtres pour une meilleure protection de l'environnement. A noter que le dépoussiérage n'est pas une opération spécifique à la farine, d'autres ateliers (le broyage du ciment par exemple) comportent des systèmes de dépoussiérage.

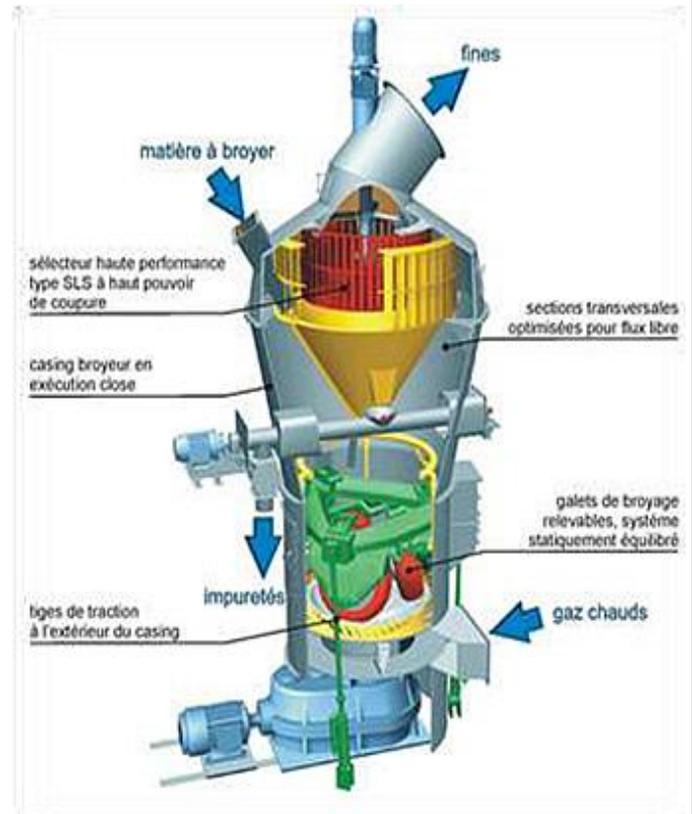


Figure 6: Broyeur cru

e- Cuisson : fabrication du clinker :

Tout au long de la cuisson, un ensemble de réaction physico-chimique se produit et conduit à l'obtention du clinker.

Différents combustibles sont brûlés, charbon, coke de pétrole, gaz mais aussi des combustibles de substitution (valorisation de résidus d'autres industries comme les anciens pneus).

La fabrication du clinker passe par les étapes suivantes :

- **L'homogénéisation**
- **La tour de préchauffage**
- **Le four rotatif**
- **Refroidisseur à grilles**
- **Le convoyeur clinker**

f- Broyage ciment :

Le clinker stocké dans un silo de capacité de 5000 tonnes est broyé avec addition de gypse (7%) pour régulariser le temps de prise du ciment et éventuellement d'un ou deux constituants secondaires ou ajouts qui donnent au ciment les propriétés spécifiques correspondant aux différentes qualités du ciment.



Figure 7 : Broyeur ciment BK4

Les ajouts utilisés sont :

- Cendre volante : récupération des poussières des centrales thermiques au charbon.
- Les pouzzolanes : roches d'origines volcaniques.

Les broyeurs utilisés sont :

- ✓ **Un broyeur vertical à galets** : ce type de broyeur est constitué d'une piste rotative, deux galets masters et deux galets esclaves, conçu par LOESCHE. Ce broyeur a un débit de 120 tonnes par heure.
- ✓ **Un broyeur horizontal à boulets** : ce broyeur a la forme d'un gros cylindre d'un diamètre de 2.8m. Ce type de broyeur peut broyer jusqu'à 25 tonnes par heure.

Ainsi, Les trois catégories du ciment fabriqué par la cimenterie de Fès-Ras ElMa sont composées comme suit :

- **CPJ 55** :

- Le clinker est utilisé avec 90%,
 - Le gypse est utilisé à 7%,
 - La pouzzolane + le calcaire sont utilisés à : 3%.
- Les résistances élevées du CPJ 55 lui confèrent l'aptitude à être utilisé pour des applications spécifiques telles que les bétons armés fortement sollicités, les bétons précontraints et les bétons à haute performance. Il est adapté aussi aux applications de la préfabrication nécessitant un décoffrage rapide et un durcissement accéléré.

- **CPJ 45** :

- Le clinker est utilisé avec 67%,
 - La pouzzolane + le calcaire sont utilisés à : 18%.
 - Les cendres volantes sont utilisées à : 8%,
 - Le gypse est utilisé à 7%.
- Le CPJ 45 est utilisé pour les bétons armés, fortement sollicités et à résistances mécaniques élevées, qui permettent d'obtenir un décoffrage rapide des éléments de structure et des produits préfabriqués.

- CPJ 35 :

- Le clinker est utilisé avec 63%,
 - La pouzzolane + le calcaire sont utilisés à : 30%.
 - Le gypse est utilisé à 7%.
- Le CPJ 35 est adapté à la fabrication des mortiers et des enduits pour la maçonnerie, ainsi que les bétons non armés peu sollicités et à résistances mécaniques peu élevées. Il est aussi utilisable dans le domaine routier pour la stabilisation des sols et des couches des chaussées.

A la sortie des broyeurs, le ciment est transféré par voie pneumatique vers trois silos de stockage de capacité de 5000 tonnes pour chaque catégorie du ciment.

g- Ensachage et expédition :

Le processus de fabrication du ciment est terminé, l'ensachage est assuré par quatre installations identiques produisant chacune 90 tonnes par heure.

L'expédition se fait en deux manières :

- En sac : Les sacs contiennent généralement 50 Kg de ciment sur lesquels est marquée la classe de résistance du ciment (35, 45 ou 55).
- En vrac : la livraison du ciment en vrac se fait sur des citernes. Le ciment est injecté avec l'air dans la citerne jusqu'à ce que le tonnage soit atteint.

✚ La chaîne de production du ciment de la cimenterie de Fès Ras ElMa est illustrée par le schéma suivant :

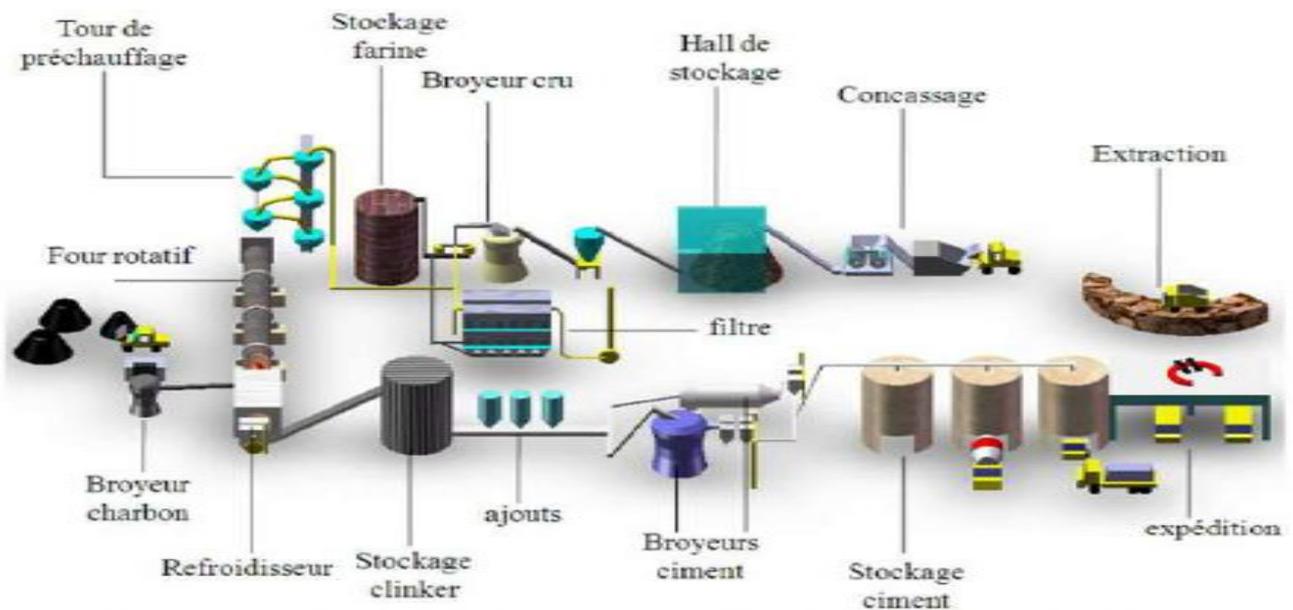


Figure 8 : Schéma illustrant la chaîne de production de la cimenterie Fès-Ras ElMa

3- DESCRIPTION DE LA ZONE CUISSON:

3-1. La zone cuisson :

Au cours du cycle de fabrication du ciment, la zone cuisson reçoit la farine en amont pour la transformer en clinker en aval, cela ne se fait qu'en passant par plusieurs étapes. On distingue cinq parties dans la zone:

1- Le silo d'homogénéisation :

C'est un réservoir cylindrique qui stock et homogénéise la farine qui provient du broyeur cru à l'aide d'un élévateur.

2- La tour de préchauffage :

La tour de préchauffage contient deux circuits dont chacun comporte cinq cyclones, ils sont disposés sur de différents niveaux, ayant une température qui croît à chaque fois quand ces derniers s'approchent du four. L'objectif est d'arriver à une température de l'ordre de 1000°C de la farine, avant que celle-ci n'entre en vigueur dans le four rotatif, pour une consommation optimale d'énergie.

Cette température acquise permet aussi de sécher, déshydrater et décarbonater partiellement la matière crue en réutilisant une partie de l'énergie calorifique évacuée par les gaz d'exhaure du four.



Figure 9 : photo de la tour de préchauffage et du silo d'homogénéisation

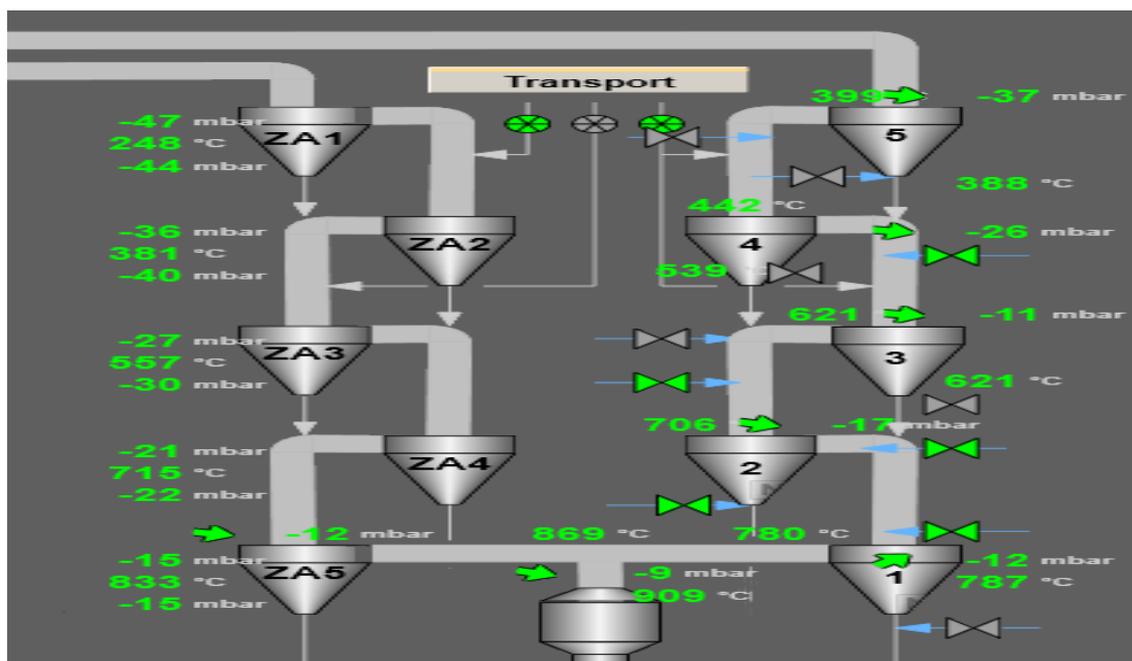


Figure 10 : Schéma de la tour de préchauffage

3- Le four rotatif :

C'est un tube cylindrique en acier de 63m de long muni intérieurement de matériaux réfractaires.

Durant la cuisson le four rotatif est animé par un mouvement de rotation, soumis à une pente de 2° à 3° permettant à la matière de se déplacer facilement vers l'autre extrémité, tout en assurant un transfert de chaleur qui s'élève à 1450°C, à l'aide d'une flamme à sa sortie.

Le four se compose de trois zones, la première est la zone de décarbonisation, la seconde est la zone de cuisson et la dernière est connue sous le nom de clinkérisation.



Figure 11: photo du four rotatif

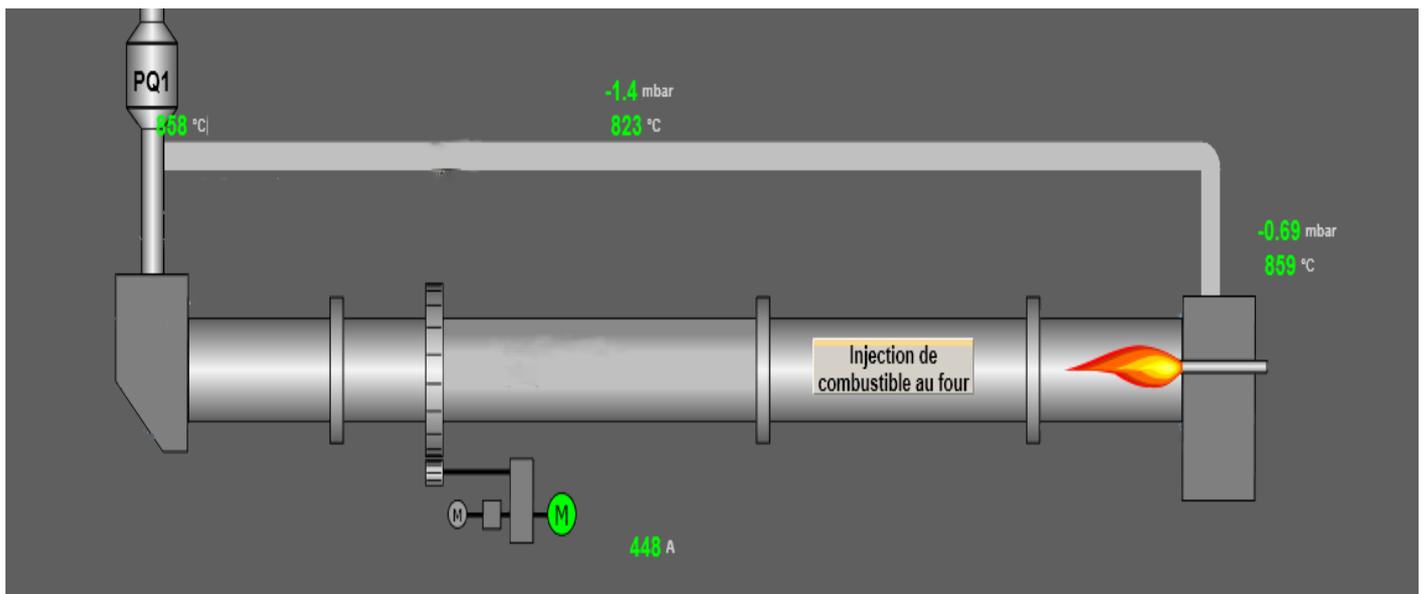


Figure 12: Schéma du four rotatif

4- Le refroidisseur à grille :

Après sa sortie du four à une température de 1450°C, le clinker doit passer rapidement par ce refroidisseur qui est doté de huit ventilateurs aspirant de l'air frais qui baissera sa température jusqu'à 100°C. Ce même air, ainsi préchauffé, alimentera le four en oxygène. Une telle récupération de chaleur assure l'utilisation optimale de l'énergie consommée.



Figure 13: Schéma du refroidisseur à grilles

5- Convoyeur clinker :

Il est doté d'un concasseur, qui a pour objectif de rendre la matière plus légère, ainsi la remplir dans les godets, celui-ci est lié à une chaîne qui sert à transporter le clinker vers le silo de stockage.

Ainsi, la zone cuisson se résume comme suit :

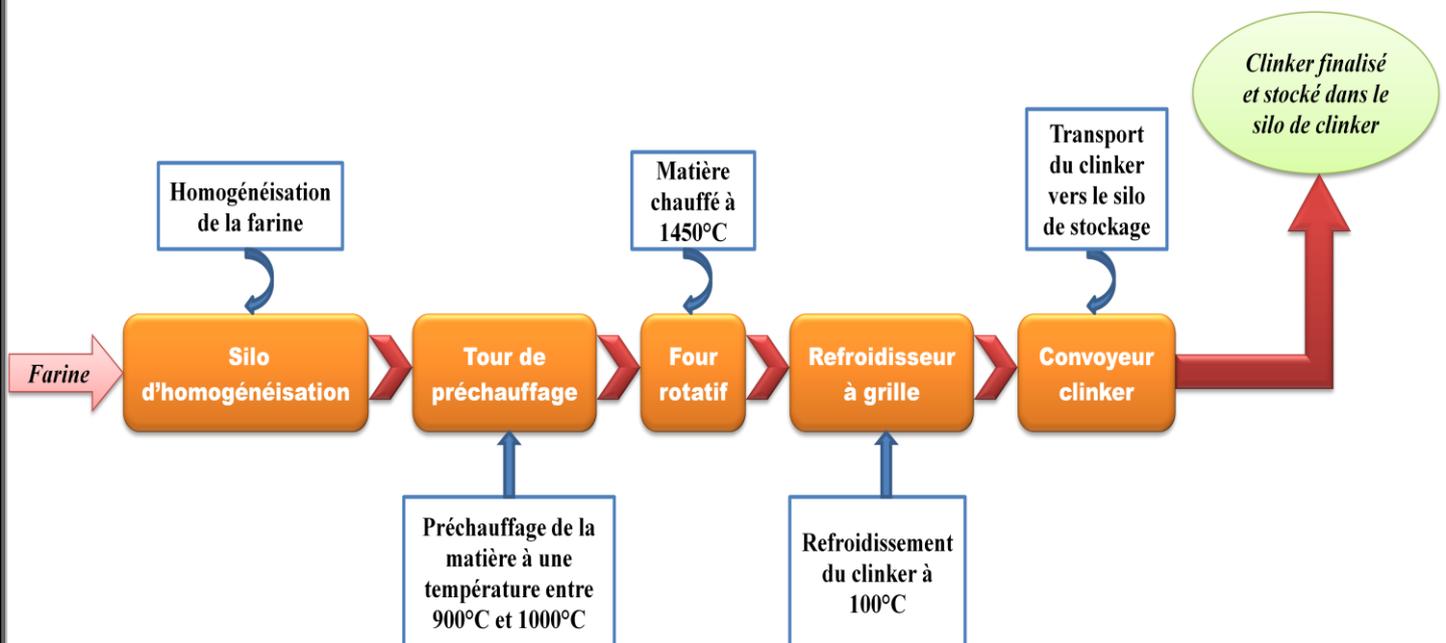


Figure 14 : Schéma illustrant la zone cuisson

3-2. Les principaux équipements constitutifs de la zone cuisson :

Les principaux équipements constitutifs de la zone cuisson se résument dans le tableau suivant :

Parties	Equipements constitutifs
<i>Le silo d'homogénéisation</i>	Aéro glissière
	Casque d'extraction
	Elévateur tour
	Elévateur trémie tampon
<i>Tour de préchauffage</i>	Doseur
	Cyclones
	Sas
	Ventilateur Dopole
<i>Four rotatif</i>	Boite à fumée
	Tube cylindrique
	Joints amont
	Joints avale
	Moteur principale
	Réducteur
	Galet
	Couronne
	Palier
	Filtre procès
	Butée hydraulique
	Tuyère
Doseur Charbon	
<i>Refroidisseur à grilles</i>	Circuit gasoil
	Canon d'air
	Grilles mobiles
	Pompes hydrauliques (vérin)
<i>Convoyeur clinker</i>	Concasseur clinker
	Godet
	Chaine
	Tourteau
	Commande

Tableau 1 : Les principaux équipements de la zone cuisson

CHAPITRE III

ANALYSE AMÉLIORATIVE DES INDICATEURS DE DISPONIBILITÉ ET FIABILITÉ DE LA ZONE CUISSON FE.4xx

1- PRÉSENTATION DE LA PROBLÉMATIQUE :

Il est clair qu'une zone critique aura des pannes sur différentes périodes de l'année, qui peuvent non seulement influencer directement sur la production, mais aussi offrir aux concurrents des points de plus sur le marché.

L'un des facteurs incontournable dont il faut toujours contrôler et ne doit jamais être déraillé sur la voie optimale, est la disponibilité. Pour ce faire, je vais utiliser des indicateurs et outils tels que le taux de rendement synthétique (TRS), le diagramme de Pareto, ainsi que le diagramme d'Ishikawa. Ces outils sont très importants et très souvent utilisés dans les démarches d'améliorations des performances.

L'objectif de mon travail est l'optimisation de la disponibilité de la zone cuisson en réduisant le nombre de pannes et les temps d'arrêt, la contribution à assurer la quantité de production prévue, la contribution au respect des délais et la contribution à la réduction des coûts de maintenance.

2- ANALYSE AMÉLIORATIVE DES INDICATEURS DE DISPONIBILITÉ DE LA ZONE CUISSON :

2-1. Calcule du taux de rendement synthétique de la zone cuisson :

2-1.1. Le Taux de rendement synthétique :

Le taux de rendement synthétique (ou TRS) est un indicateur destiné à suivre le taux d'utilisation de machines.

$TRS = \text{Temps efficace} / \text{Temps requis}$

Le TRS décompose et met en évidence les pertes de production en différentes catégories sur lesquelles un plan d'action est mis en place.

Ainsi, on retrouve trois taux dans le calcul théorique du TRS :

-  Le taux de disponibilité (B/A) : notamment influencé par les pannes et les changements d'outils.
-  Le taux de performance (C/B) : notamment influencé par les micro-arrêts et les baisses de cadences.
-  Le taux de qualité (D/C) : notamment influencé par les défauts et les pertes aux redémarrages.

Temps Requis	
Temps brut	ARRÊTS de production et de maintenance
Temps net	Ralentissements, micros arrêts, marche à vide
Temps efficace	Non qualité

Figure 15 : Répartition des pertes pendant le temps d'ouverture

Avec, A=Temps requis, B=Temps brut, C=Temps net et D=Temps efficace

2-1.2. Présentation des calculs de la zone cuisson :

- Les caractéristiques théoriques de la zone cuisson se présentent dans le tableau ci-dessous :

Temps ouvrable par semaine (en h)	168
Production théorique par heure (en tonne)	112,5
Production théorique par jour (en tonne)	2700
Production théorique par semaine (en tonne)	18900

Tableau 2 : Donnés théoriques de la zone cuisson

- Le calcul du TRS de la zone cuisson a été effectué sur une durée de 66 semaines, de la période de février 2013 à avril 2014.

✚ *Le tableau suivant représente un aperçu sur le calcul du TRS pour quelque semaine de la période :*

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem1, fév13	Sem5, mars13	Sem6, mars13	Sem8, mars13	Sem12, avr13	Sem32, août, sep13	...	Sem62, mars14	Sem63 mars, avr14	Sem65, avr14	Sem66, avr14
Ti=Arrêts pour causes internes (en h)	153,02	0,00	9,02	0,00	5,22	52,01		0,00	0,00	0,00	0,00
Te=Arrêts pour causes externes (en h)	0,00	168,00	96,00	0,00	0,00	0,00		0,67	37,84	168,00	168,00
To=Temps d'ouverture compte-tenu des Te (en h)	168,00	0,00	72,00	168,00	168,00	168,00		167,33	130,16	0,00	0,00
Production réelle par semaine (en tonne)	1662,60	0,00	6031,20	18118,80	17577,00	12137,40		18487,20	13845,60	0,00	0,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des Ti (en tonne)	1685,25	0,00	7085,25	18900,00	18312,75	13048,88		18824,63	14643,00	0,00	0,00
Taux de disponibilité :	8,92%	**	87,47%	100,00%	96,89%	69,04%		100,00%	100,00%	**	**
Taux de performance:	98,66%	**	85,12%	95,87%	95,98%	93,01%		98,21%	94,55%	**	**
Taux de qualité:	100,00%	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		100,00%	100,00%	**	**
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	8,80%	**	74,46%	95,87%	93,00%	64,22%	...	98,21%	94,55%	**	**

Tableau 3: Taux de rendement synthétique de quelques semaines

▪ Méthode de calcul :

✓ Temps d'ouverture compte-tenu des $T_e = 168 - T_e$

✓ Production théorique compte-tenu des $T_i = \frac{18900 \times (168 - (T_i + T_e))}{168}$

✓ Taux de disponibilité = $\frac{T_o - T_i}{T_o}$

✓ Taux de performance = $\frac{\text{Production réelle}}{\text{Production théorique compte tenu des } T_i}$

✓ Taux de qualité = $\frac{\text{Production réelle} - \text{Rebut}}{\text{Production réelle}}$

✓ TRS = Taux de disponibilité × Taux de performance × Taux de qualité

➤ Le cumul des temps d'arrêts, la période réelle ainsi que le calcul des différents indicateurs sur la période de 66 semaines est récapitulé dans le tableau suivant :

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Bilan pour 66 semaines
Ti=Arrêts pour causes internes (en h)	415,95
Te=Arrêts pour causes externes (en h)	4538,29
To=Temps d'ouverture compte-tenu des Te (en h)	6549,71
Production réelle (en tonne)	638107,00
Rebut (en tonne)	0,00
Production théorique compte-tenu des Ti (en tonne)	690048,00
Taux de disponibilité :	93,65%
Taux de performance:	92,47%
Taux de qualité:	100,00%
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	86,60%

Tableau 4 : Bilan du taux de rendement synthétique

▪ Méthode de calcul :

✓ Temps d'ouverture compte-tenu des $T_e = (168 \times 66) - T_e$

✓ Production théorique compte-tenu des $T_i = \frac{18900 \times ((168 \times 66) - (T_i + T_e))}{168}$

✓ Taux de disponibilité = $\frac{T_o - T_i}{T_o}$

✓ Taux de performance = $\frac{\text{Production réelle}}{\text{Production théorique compte tenu des } T_i}$

✓ Taux de qualité = $\frac{\text{Production réelle} - \text{Rebut}}{\text{Production réelle}}$

✓ TRS = Taux de disponibilité × Taux de performance × Taux de qualité

2-2. Analyse des résultats :

2-2.1. Analyse de la production :

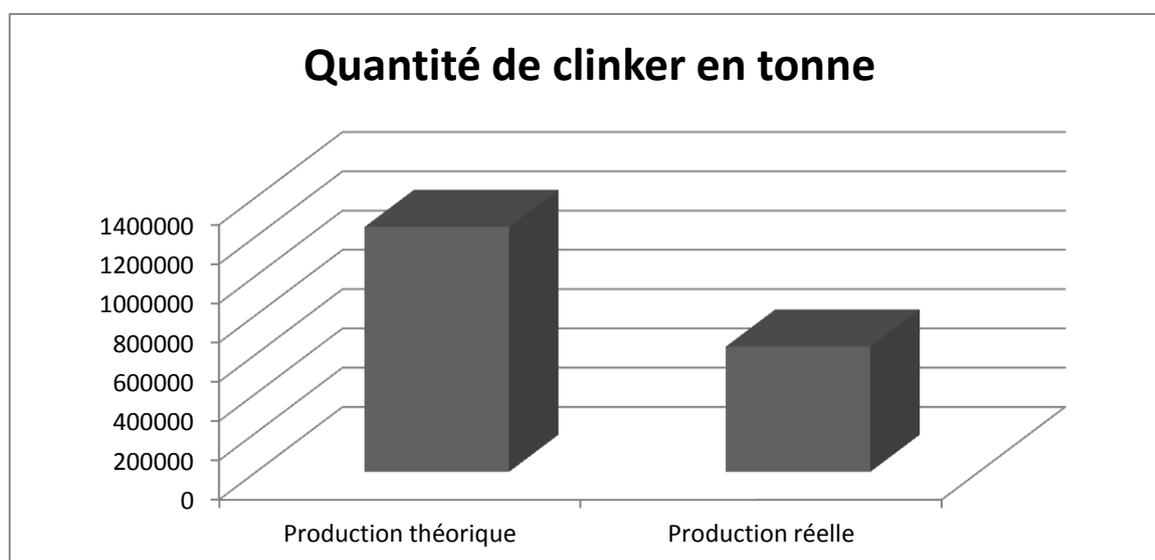


Figure 16: Histogramme des productions réelle et théorique du clinker

La production réelle de la période étudiée n'a pas dépassé les 640 000 t du clinker, cette quantité reste faible en comparaison avec la production théorique (plus de 1 200 000 t de clinker). Cette baisse de production est due principalement à l'importance des arrêts externes qui étaient égale pour plusieurs semaines au temps d'ouverture, comme le montre le tableau suivants :

Semaine	Sem2, fév13	Sem3, fév13	Sem4, fév13	Sem5, mars13	Sem18, mai 13	Sem19, mai13	Sem20, juin13	Sem21, juin 13
Arrêts pour causes externes	168	168	168	168	168	168	168	168
Production du clinker (en t/semaines)	0	0	0	0	0	0	0	0
Semaine	Sem22, juin13	Sem23, juin13	Sem24, juin, juil13	Sem25, juil 13	Sem43, nov13	Sem44, nov13	Sem45, nov, déc13	Sem46, déc13
Arrêts pour causes externes	168	168	168	168	168	168	168	168
Production du clinker (en t/semaines)	0	0	0	0	0	0	0	0
Semaine	Sem47, déc13	Sem55, fév14	Sem56, fév14	Sem57, fév14	Sem58, fév mars14	Sem59, mars14	Sem65, avr14	Sem66, avr14
Arrêts pour causes externes	168	168	168	168	168	168	168	168
Production du clinker (en t/semaines)	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 5 : tableau illustrant les semaines sans production en cause des arrêts externes

Ces arrêts externes sont présents pendant la période étudié plus que 90% des arrêts globaux (internes et externes)

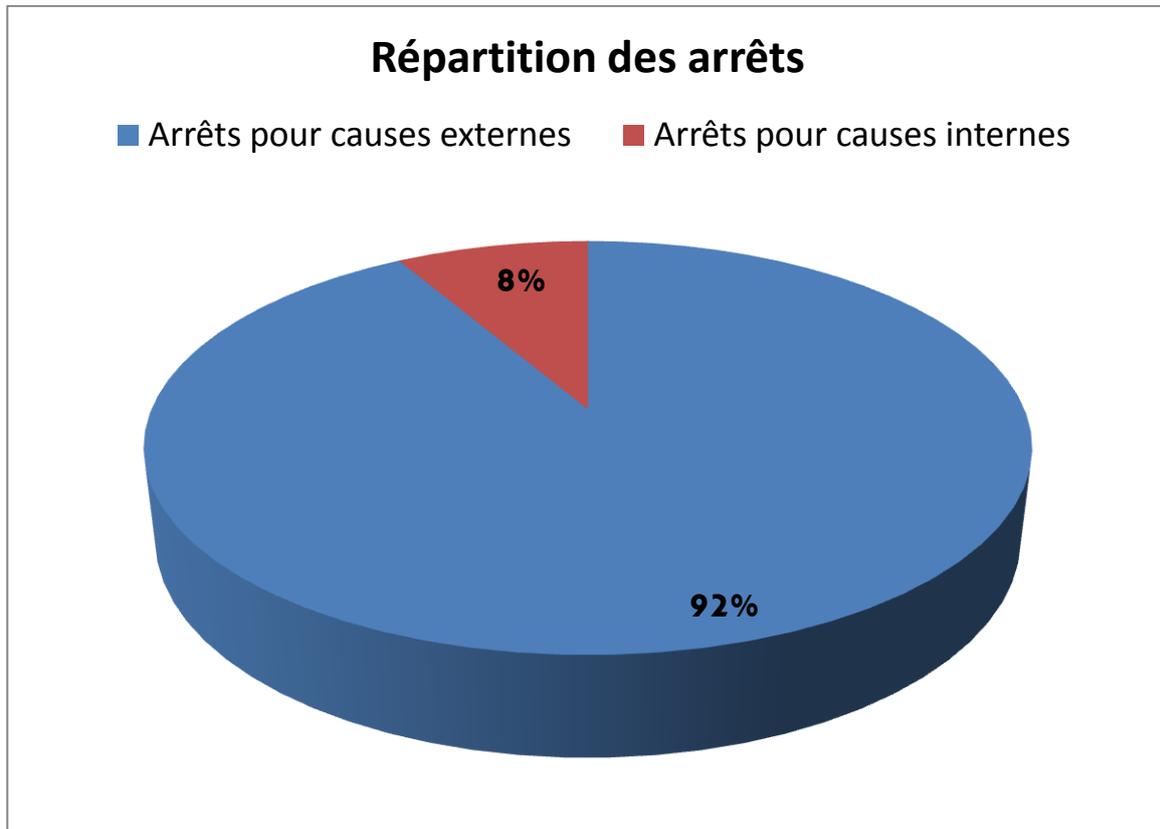


Figure 17 : Représentation graphique des arrêts internes et externes

Une analyse poussée des arrêts pour causes externes a montré qu'ils sont principalement dus à des problèmes de stock.

En effet, Le silo de clinker destiné à stocker la matière, a une capacité de 5000 tonnes, avec une extraction du clinker (dépend des besoins des clients et des ventes) qui est généralement toujours inférieure à la production journalière du four (environ 2700 t) en cause du lancement du projet de dédoublement de capacité, ainsi, le clinker est stocké en plus du silo, dans une zone à l'air libre au sein de l'usine. Par conséquent la cimenterie est contrainte d'arrêter la cuisson afin d'optimiser le stock de clinker.

Ces problèmes classés comme commerciaux, seront réduits au mieux dans l'avenir, car en 2013 l'usine de Fès-Ras ElMa faisait uniquement un export de clinker vers le site de production de Nador, or, au cours de cette année, et grâce à l'excellente qualité de son produit, l'entreprise est passé d'un marché national à un marché national et international, en lançant le déploiement de l'expédition du clinker vers la même société en Côte d'Ivoire, en raison de manque de carrière de calcaire dans le pays.

2-2.2. Analyse du taux de rendement synthétique :

Le taux de rendement synthétique sur la période étudiée dépasse 86%. Cette valeur couvre des fluctuations du TRS connu au cours de cette période allant de 8,80% (semaine 1 février 2013) à 98,21% (semaine 62, mars 2014).

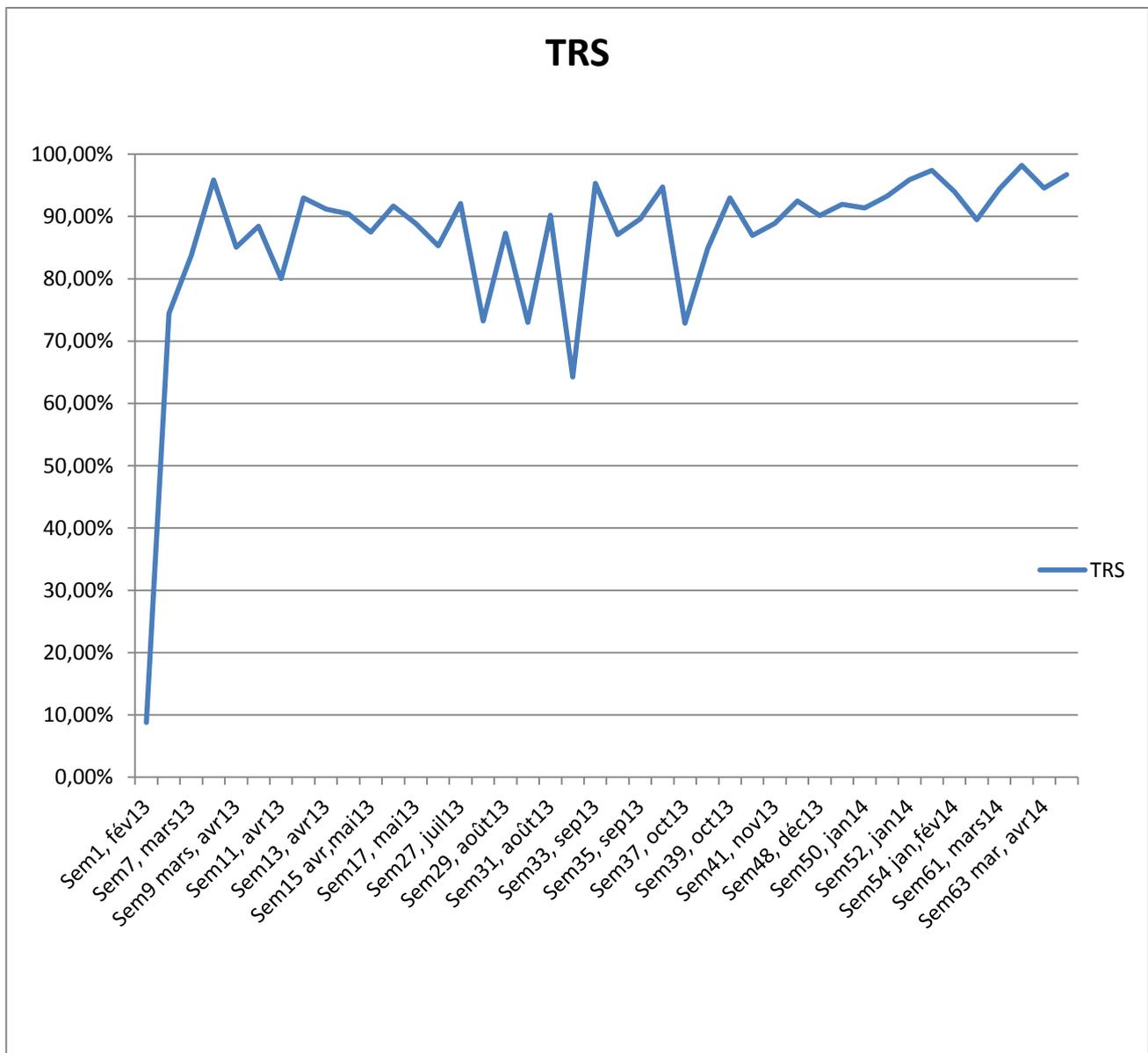


Figure 18: Fluctuations du TRS

Cette fluctuation est due à une variation notable au niveau de la disponibilité (fonction des arrêts pour causes internes), et de la performance (fonction de la production réelle).

Les graphes suivants montrent les variations que la zone cuisson a connues au niveau du taux disponibilité et du taux de performance :

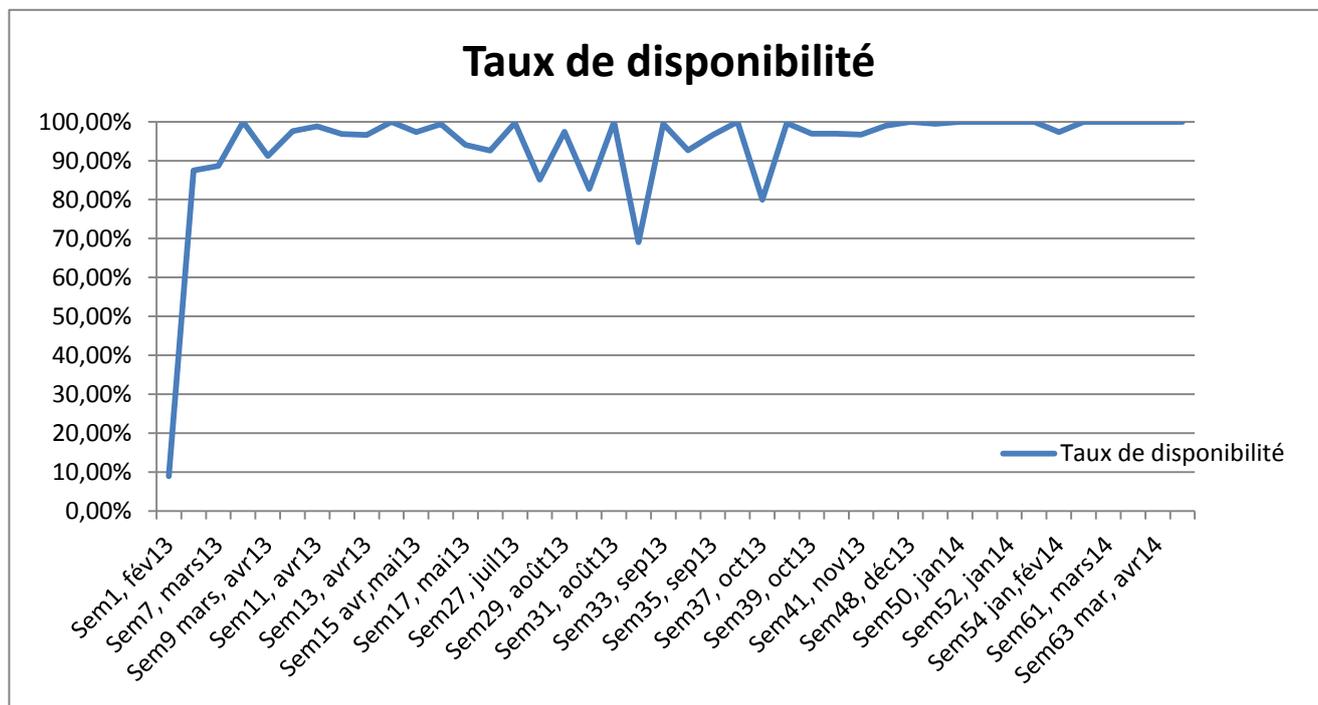


Figure 19: Variation du taux de disponibilité

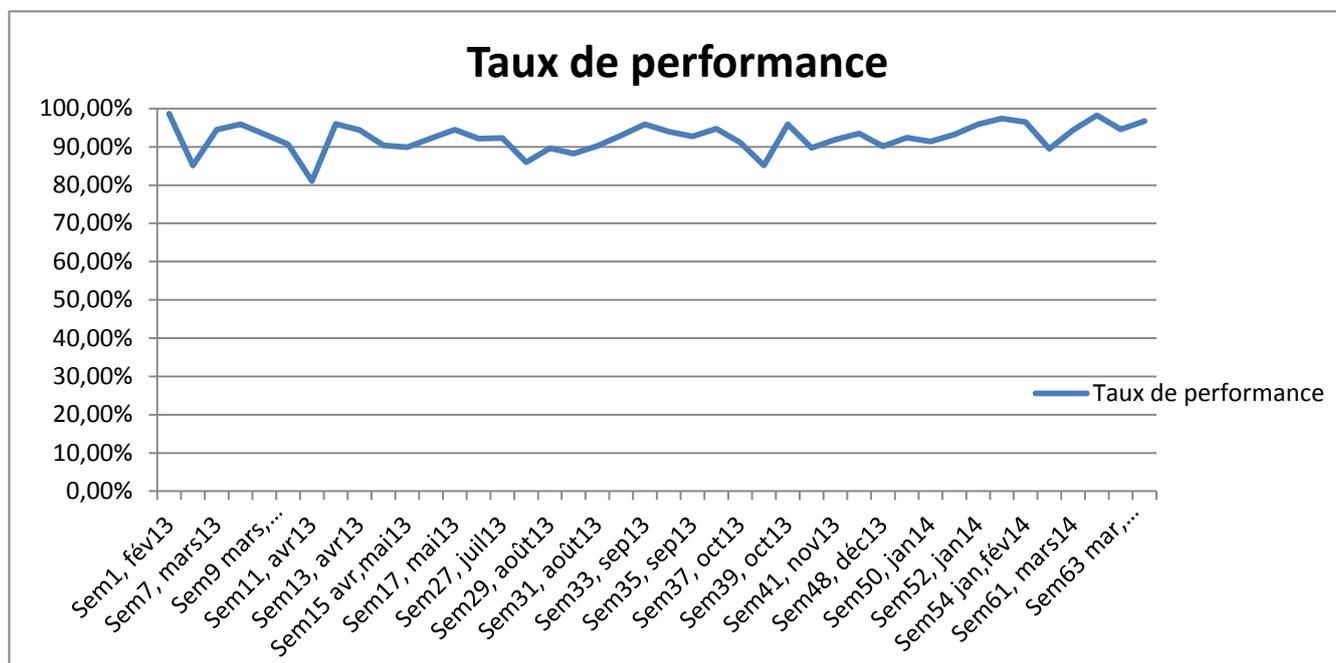


Figure 20 : Variation du taux de performance

L'analyse des arrêts internes a montré qu'ils sont principalement dus aux différentes pannes survenues sur les équipements constitutifs de la zone.

➤ **Les causes d'arrêts internes méritent alors une étude plus profonde.**

2-2.3. Etude des arrêts pour causes internes :

a- L'analyse Pareto :

✓ *Principe du Pareto :*

Le principe de Pareto, aussi appelé principe des 80-20 ou encore loi des 80-20, est le nom donné à un phénomène empirique constaté dans certains domaines : environ 80 % des effets sont le produit de 20 % des causes. Il a été appliqué à des domaines comme le contrôle qualité. On considère souvent que les phénomènes pour lesquels ce principe est vérifié suivent une forme particulière de distribution de Pareto.

Le diagramme de Pareto se définit comme un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

b- Analyse Pareto des arrêts internes :

Dans cette démarche, on donnera une analyse qui nous montrera les principaux équipements qui ont été derrière les arrêts internes, le tableau ci-dessous montre tous les équipements qui ont subi des arrêts causés par une ou une plusieurs pannes dans la zone cuisson :

Equipements	Fréquence de la panne*Temps d'arrêt (en h)	Fréquence	Fréquence cumulée
Palier	153,02	36,79%	36,79%
Cyclone n°3	49,53	11,91%	48,70%
Cyclone n°5	48,12	11,57%	60,26%
Grilles mobiles	46,16	11,10%	71,36%
Boite à fumée	28,66	6,89%	78,25%
Ventilateur Dopole	25,44	6,12%	84,37%
Concasseur clinker	17,65	4,24%	88,61%
Tube cylindrique	13,89	3,34%	91,95%
Elévateur trémie tampon	11,38	2,74%	94,69%
Moteur principal	5,65	1,36%	96,05%
Galet	5,57	1,34%	97,38%
Butée hydraulique	5,22	1,25%	98,64%
Filtre procès	4,13	0,99%	99,63%
Doseur	0,63	0,15%	99,78%
Casque d'extraction	0,55	0,13%	99,92%
Joint amont	0,35	0,08%	100,00%
Total	415,95	100,00%	

Tableau 6 : Les équipements de la zone cuisson ayant subi des arrêts

➤ Diagramme de Pareto correspondant :

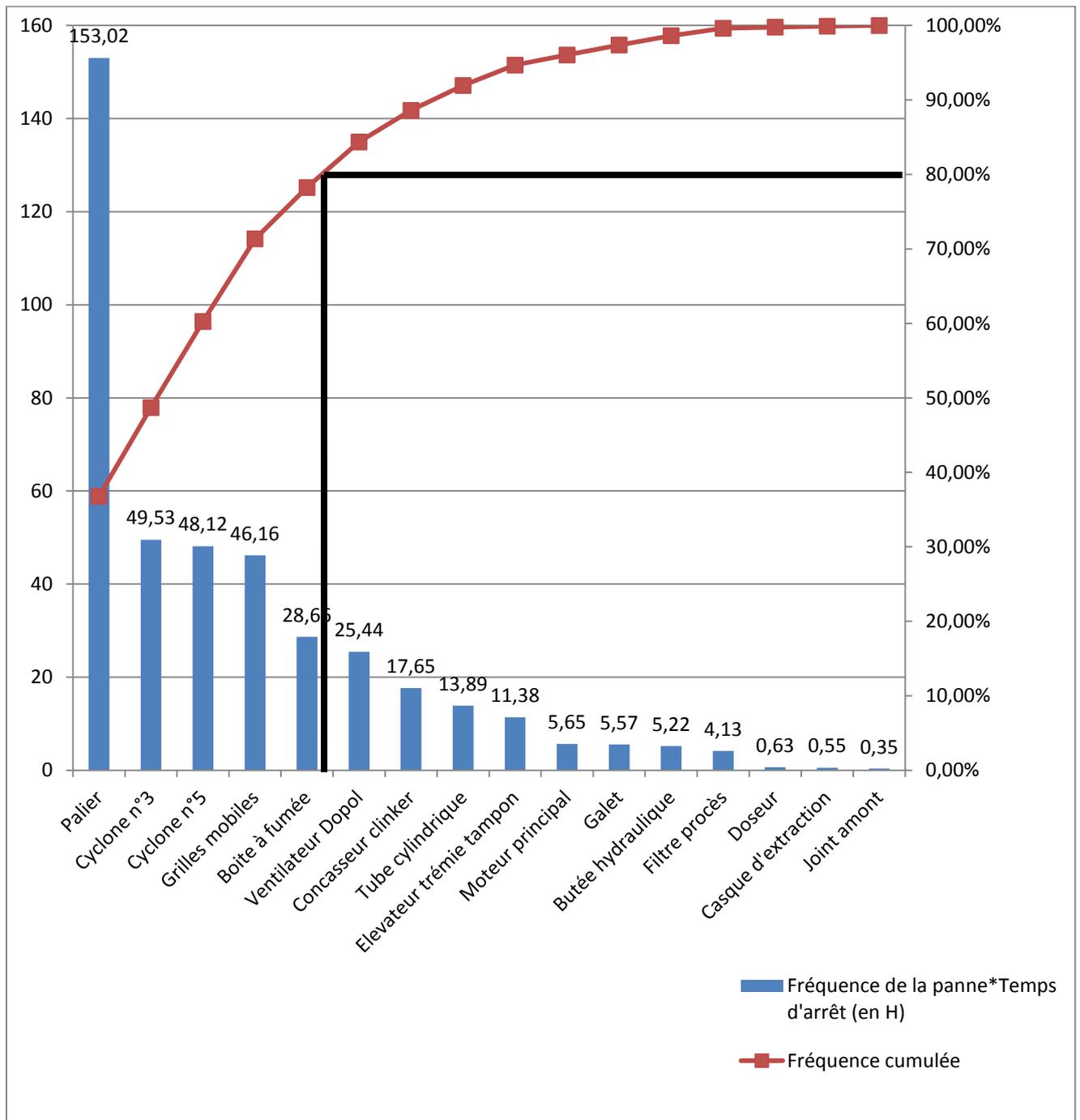


Figure 21: Diagramme de Pareto des équipements ayant subi des arrêts

D'après ce diagramme, on remarque clairement qu'il y a cinq équipements (les paliers, le cyclone n°3, le cyclone n°5, les grilles mobiles et la boîte à fumée) qui ont causé 80% des arrêts soit 325,49h par rapport à 415,95h dans la zone cuisson.

2-2.4. Analyse des causes des arrêts internes:

a- Diagramme d'Ishikawa :

Le Diagramme de causes et effets, ou diagramme d'Ishikawa, ou diagramme en arêtes de poisson ou encore les 5M, est un outil développé par Kaoru Ishikawa et servant dans la gestion de la qualité.

Ce diagramme représente de façon graphique les causes aboutissant à un effet. Il peut être comme outil de visualisation synthétique et de communication des causes identifiées. Il peut être utilisé dans le cadre de recherche de cause d'un problème ou d'identification et gestion des risques lors de la mise en place d'un projet.

Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M. Kaoru Ishikawa recommande de regarder en effet l'événement sous cinq aspects différents, résumés par le sigle et moyen mnémotechnique 5M :

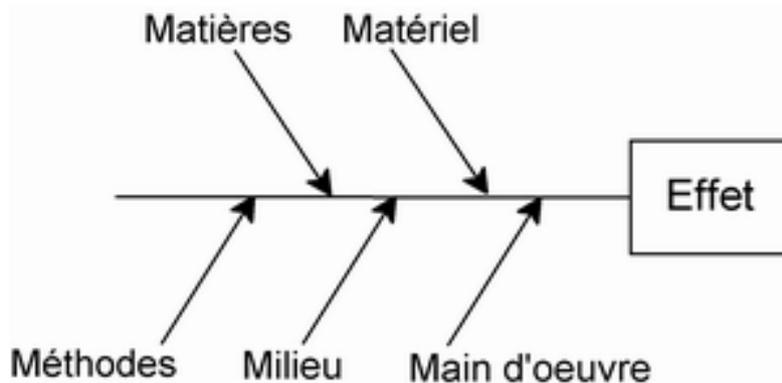


Figure 22 : Structure du diagramme d'Ishikawa

1. **Matière** : les matières et matériaux utilisés et entrant en jeu, et plus généralement les entrées du processus.
2. **Matériel** : l'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
3. **Méthode** : le mode opératoire, la logique du processus et la recherche et développement.
4. **Main-d'oeuvre** : les interventions humaines.
5. **Milieu** : l'environnement, le positionnement, le contexte.

Chaque branche reçoit d'autres causes ou catégories hiérarchisées selon leur niveau de détail.

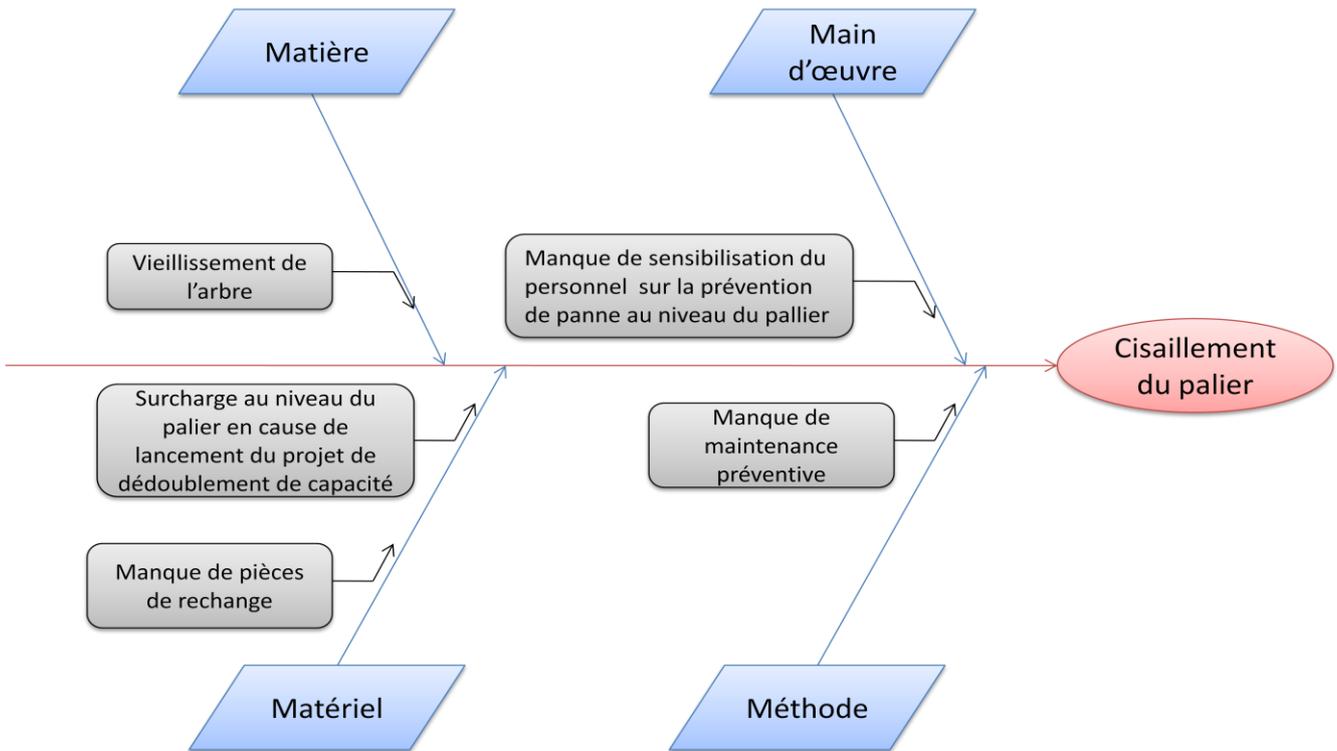
Le positionnement des causes met en évidence les causes les plus directes en les plaçant les plus proches de l'arête centrale.

b- Analyse des causes d'arrêts des équipements critiques :

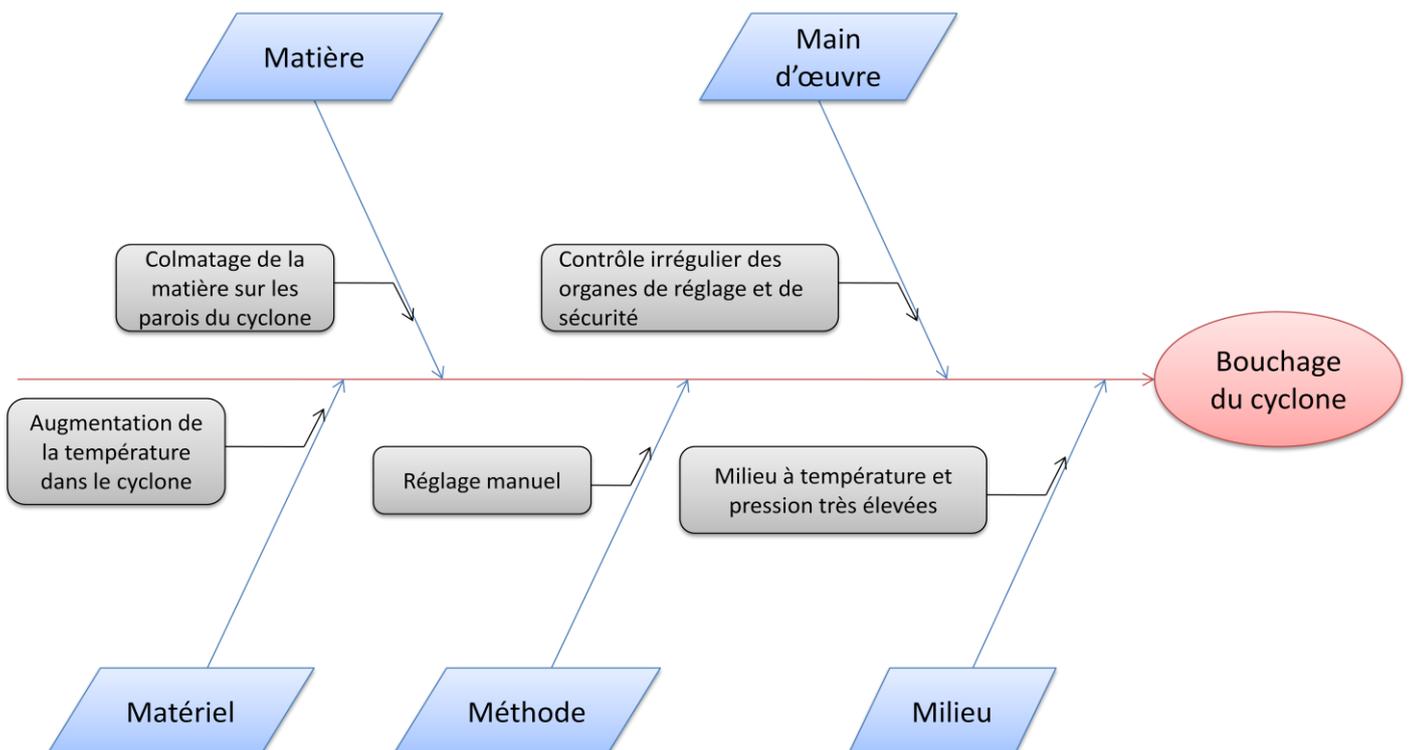
La recherche des causes de pannes a été réalisée avec l'équipe concernée par le problème à savoir :

- Le service Maintenance mécanique.
- Le service de production.

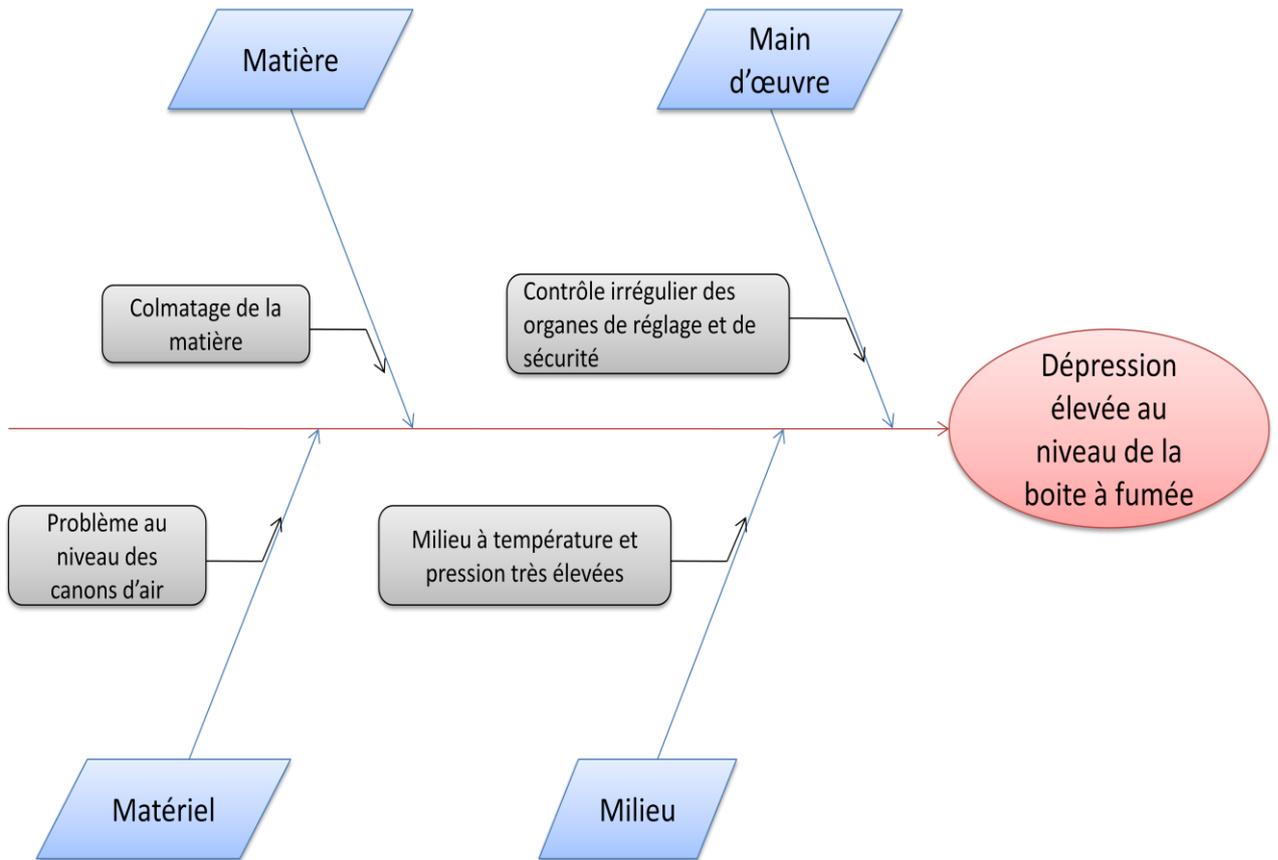
❖ Diagramme d'Ishikawa des paliers :



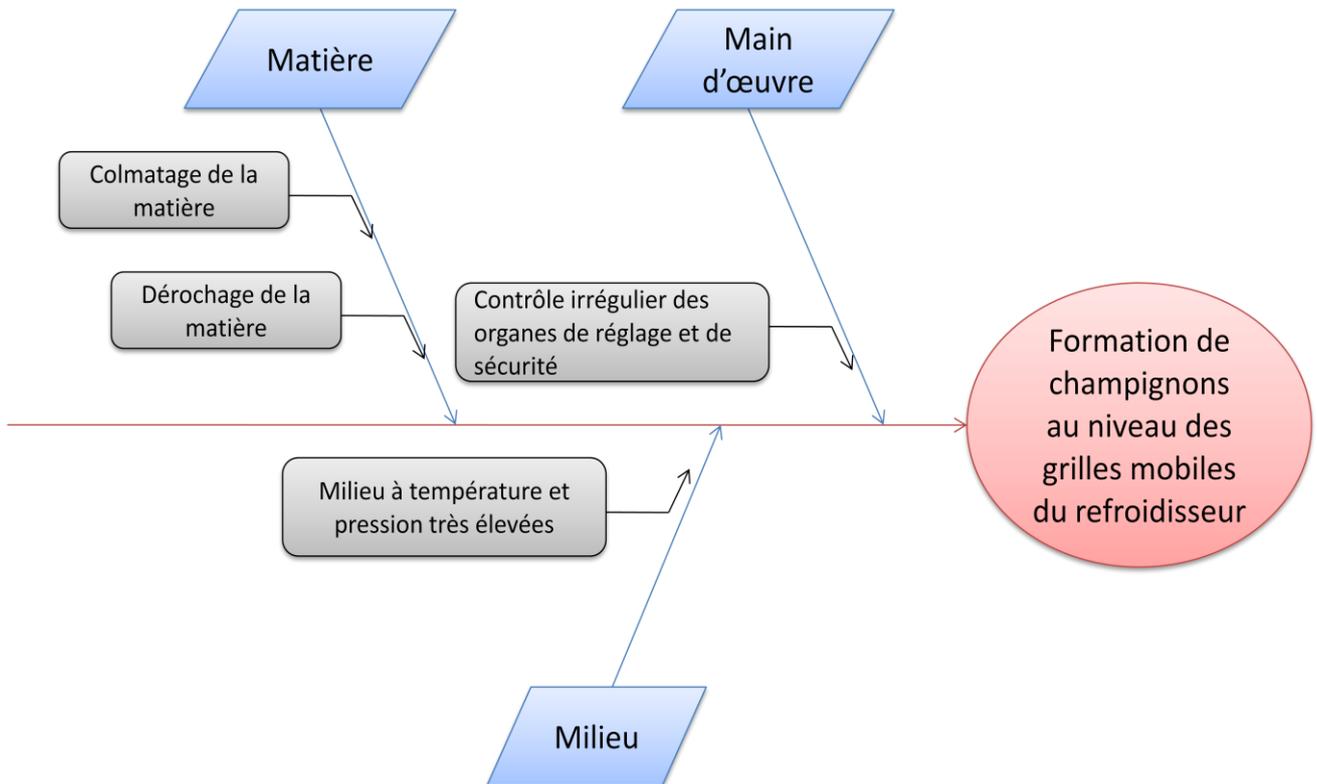
❖ Diagramme d'Ishikawa du cyclone :



❖ Diagramme d'Ishikawa de la boîte à fumée :



❖ Diagramme d'Ishikawa des grilles mobiles :



2-3. Proposition d'un plan d'action :

La recherche d'action d'amélioration a été faite également en concertation avec les personnes concernées au sein de l'usine, on note :

- Le chef du service maintenance mécanique.
- Le chef du service production.

Les améliorations proposées permettront de diminuer les pannes sur ces équipements :

Organe	Causes	Description	Impact	Solutions
Palier	Vieillessement de l'arbre	Le palier est un équipement mécanique qui a pour rôle de supporter la charge exercée sur le four rotatif, et guider en rotation les arbres de transmission	Cisaillement du pallier et arrêt immédiat du four	-Changement du coussinet. -Démontage des galets et mise en place des nouveaux. -Placement d'un thermomètre qui Permet de mesurer la température des coussinets et des arbres des galets. -Placement d'un détecteur qui permet la mesure de la flexion des arbres des galets du four qui ne doit pas dépassé $\pm 0.15\text{mm}$. -Placement de détecteur qui permet un suivi et un monitoring en continu de l'état mécanique du four pour éviter principalement l'effet vilebrequin du four. -Placement de détecteur pour mesurer le diamètre externe des galets, chose qui permet de détecter toute usure qui peut engendrer un risque de non translation du four en montée et descente. -Mise en place d'une maintenance préventive des paliers. -Relance du fournisseur à propos des pièces de rechange.
	Surcharge au niveau du palier en cause de lancement du projet de dédoublement de capacité			
	Manque de pièces de rechange			
	Manque de sensibilisation du personnel sur la prévention du risque de panne au niveau du palier			

Boite à fumée	Colmatage de la matière	La boîte à fumée est l'organe la plus en avant du four, alimenté par une flamme. Celle-ci assure le transfert de chaleur à la matière.	Dépression élevée dans la boîte à fumée	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en place d'une sonde qui détecte le colmatage de la matière. -Mise en place de revêtement anti colmatage. -Contrôle permanent sur terrain. -Mise en place d'un plan de maintenance préventive.
	Problème au niveau des canons d'air			
	Milieu à température et pression très élevées			
	Contrôle irrégulier des organes de réglage et de sécurité			
Grilles mobiles	Colmatage de la matière	Les Grilles mobiles sont dotées de plaques fixes qui assurent une bonne distribution et un refroidissement optimal du clinker.	Formation de champignons au niveau des plaques des grilles mobiles	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en place d'une sonde qui détecte le colmatage de la matière. -Mise en place de capteur de pression et capteur de température. -Eliminer les gros blocs de la matière afin d'éviter la marche à vide du four. -Mise en place de revêtement anti colmatage.
	Dérochage de la matière			
	Milieu à température et pression très élevées			
	Contrôle irrégulier des organes de réglage et de sécurité			
Cyclones	Colmatage de la matière sur les parois du cyclone	Les cyclones est l'un des équipements incontournable de la tour de préchauffage qui assure le préchauffage de la matière afin d'éviter les pertes d'énergie au niveau du four.	Bouchage du cyclone	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en place de sonde qui détecte le colmatage de la matière. -Mise en place de capteur de pression et capteur de température. -Débourrage de la matière par des canons d'air, grattage de la matière, et mise en place d'un revêtement anti colmatage. -Contrôle permanent sur terrain.
	Augmentation de la température dans le cyclone			
	Réglage manuel			
	Milieu à température et pression très élevées			
	Contrôle irrégulier des organes de réglage et de sécurité			

Tableau 7 : Plan d'action

CONCLUSION

Cette étude a pour objectif principal d'analyser les causes qui impactent directement sur la zone cuisson, puis améliorer la disponibilité et la fiabilité de la zone cuisson, en proposant un plans d'actions qui a eu une satisfaction auprès des responsables du service de la maintenance.

Réputée comme le cœur de production de l'usine, tous les services (maintenance, production,...) doivent collaborer dans leur travail pour améliorer la disponibilité et maintenir la zone cuisson dans la voie optimale. Et cela ne se fait qu'en adoptant les démarches suivantes :

- ✓ Faire des check-lists pour relever toutes les anomalies du système.
- ✓ Agir d'une façon flexible afin d'optimiser et améliorer le débit de production.
- ✓ Améliorer la disponibilité et la fiabilité de la zone en plaçant un plan de maintenance préventive détaillé.

Finalement, j'ai eu l'opportunité de travailler sur différents aspects. Le travail réalisé s'est avéré très enrichissant pour mon expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain.

BIBLIOGRAPHIE

A. Chafi : Cours de gestion de la maintenance, LST GI, AU 2013/2014

I. Tajri : Cours de gestion de la qualité, LST GI, AU 2013/2014

Documents internes de l'entreprise

WEBOGRAPHIE

<http://www.tomtom-tools.com/index.php/homepage/products>

<http://www.etudier.com/dissertations/Industrie-Du-Ciment-Au-Maroc/121396.html>

<http://doc.abhatoo.net.ma/doc/>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Holcim>

www.holcim.ma

ANNEXES

Tableaux : Calcul du taux de rendement synthétique de la période allant de février 2013 à avril 2014 (66 semaines)

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem1, fév13	Sem2, fév13	Sem3, fév13	Sem4, fév13	Sem5, mars13	Sem6, mars13	Sem7, mars13	Sem8, mars13	Sem9 mars, avr13	Sem10, avr13	Sem11, avr13	Sem12, avr13
Arrêts pour causes internes (en h)	153,02	0,00	0,00	0,00	0,00	9,02	19,06	0,00	14,83	3,92	2,03	5,22
Arrêts pour causes externes (en h)	0,00	168,00	168,00	168,00	168,00	96,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	168,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,00	168,00	168,00	168,00	165,50	168,00	168,00
Production réelle par semaine (en tonne)	1662,60	0,00	0,00	0,00	0,00	6031,20	15831,00	18118,80	16082,40	16470,00	15129,00	17577,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	1685,25	0,00	0,00	0,00	0,00	7085,25	16755,75	18900,00	17231,63	18177,75	18671,63	18312,75
Taux de disponibilité :	8,92%	**	**	**	**	87,47%	88,65%	100,00%	91,17%	97,63%	98,79%	96,89%
Taux de performance:	98,66%	**	**	**	**	85,12%	94,48%	95,87%	93,33%	90,61%	81,03%	95,98%
Taux de qualité:	100,00%	**	**	**	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	8,80%	**	**	**	**	74,46%	83,76%	95,87%	85,09%	88,46%	80,05%	93,00%

Tableau 8 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 1 à la semaine 12

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem13, avr13	Sem14, avr13	Sem15 avr, mai13	Sem16, mai13	Sem17, mai13	Sem18, mai 13	Sem19, mai13	Sem20, juin13	Sem21, juin 13	Sem22, juin13	Sem23, juin13	Sem24 juin, juil13
Arrêts pour causes internes (en h)	5,70	0,00	4,52	1,05	7,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arrêts pour causes externes (en h)	0,00	0,00	0,00	0,65	33,28	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	168,00	168,00	168,00	167,35	134,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production réelle par semaine (en tonne)	17236,80	17091,00	16539,00	17260,20	13472,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	18258,75	18900,00	18391,50	18708,75	14261,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taux de disponibilité :	96,61%	100,00%	97,31%	99,37%	94,10%	**	**	**	**	**	**	**
Taux de performance:	94,40%	90,43%	89,93%	92,26%	94,47%	**	**	**	**	**	**	**
Taux de qualité:	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	**	**	**	**	**	**	**
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	91,20%	90,43%	87,51%	91,68%	88,89%	**	**	**	**	**	**	**

Tableau 9 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 13 à la semaine 24

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem25, juil 13	Sem26, juil 13	Sem27, juil13	Sem28, août13	Sem29, août13	Sem30, août13	Sem31, août13	Sem32, août, sep13	Sem33, sep13	Sem34, sep13	Sem35, sep13
Arrêts pour causes internes (en h)	0,00	5,33	0,40	24,00	4,32	28,92	0,00	52,01	0,93	12,33	5,67
Arrêts pour causes externes (en h)	168,00	96,00	0,00	6,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	0,00	72,00	168,00	161,42	168,00	168,00	168,00	168,00	166,93	168,00	168,00
Production réelle par semaine (en tonne)	0,00	6910,20	17405,40	13295,40	16503,00	13800,00	17049,00	12137,40	17907,00	16464,00	16941,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	0,00	7500,38	18855,00	15459,75	18414,00	15646,50	18900,00	13048,88	18675,00	17512,88	18262,13
Taux de disponibilité :	**	92,60%	99,76%	85,13%	97,43%	82,79%	100,00%	69,04%	99,44%	92,66%	96,63%
Taux de performance:	**	92,13%	92,31%	86,00%	89,62%	88,20%	90,21%	93,01%	95,89%	94,01%	92,77%
Taux de qualité:	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	**	85,31%	92,09%	73,21%	87,32%	73,02%	90,21%	64,22%	95,35%	87,11%	89,63%

Tableau 10 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 25 à la semaine 35

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem36 sep, oct13	Sem37, oct13	Sem38, oct13	Sem39, oct13	Sem40, oct13	Sem41, nov13	Sem42, nov13	Sem43, nov13	Sem44, nov13	Sem45 nov, déc13	Sem46, déc13
Arrêts pour causes internes (en h)	0,00	33,67	0,58	5,11	5,11	5,55	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00
Arrêts pour causes externes (en h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,00	168,00	168,00	168,00	168,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production réelle par semaine (en tonne)	17908,80	13774,80	16028,00	17575,20	16439,00	16797,60	8324,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	18900,00	15112,13	18834,75	18325,13	18325,13	18275,63	8907,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Taux de disponibilité :	100,00%	79,96%	99,65%	96,96%	96,96%	96,70%	98,98%	**	**	**	**
Taux de performance:	94,76%	91,15%	85,10%	95,91%	89,71%	91,91%	93,45%	**	**	**	**
Taux de qualité:	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	**	**	**	**
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	94,76%	72,88%	84,80%	92,99%	86,98%	88,88%	92,49%	**	**	**	**

Tableau 11 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 36 à la semaine 46

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem47, déc13	Sem48, déc13	Sem49, déc13, jan14	Sem50, jan14	Sem51, jan14	Sem52, jan14	Sem53, jan14	Sem54, jan, fév14	Sem55, fév14	Sem56, fév14	Sem57, fév14
Arrêts pour causes internes (en h)	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	0,00	0,00	0,00
Arrêts pour causes externes (en h)	168,00	120,00	0,00	0,00	0,00	3,25	0,00	13,45	168,00	168,00	168,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	0,00	48,00	168,00	168,00	168,00	164,75	168,00	154,55	0,00	0,00	0,00
Production réelle par semaine (en tonne)	0,00	4868,40	17378,68	17273,28	17626,68	17778,96	18410,00	16342,80	0,00	0,00	0,00
Rebuts (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	0,00	5400,00	18806,63	18900,00	18900,00	18534,38	18900,00	16931,25	0,00	0,00	0,00
Taux de disponibilité :	**	100,00%	99,51%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	97,38%	**	**	**
Taux de performance:	**	90,16%	92,41%	91,39%	93,26%	95,92%	97,41%	96,52%	**	**	**
Taux de qualité:	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	**	**	**
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	**	90,16%	91,95%	91,39%	93,26%	95,92%	97,41%	94,00%	**	**	**

Tableau 12 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 47 à la semaine 57

Données réelles relevées sur la zone cuisson	Sem58 fév, mars14	Sem59, mars14	Sem60, mars14	Sem61, mars14	Sem62, mars14	Sem63 mar, avr14	Sem64, avr14	Sem65, avr14	Sem66, avr14
Arrêts pour causes internes (en h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arrêts pour causes externes (en h)	168,00	168,00	6,75	0,25	0,67	37,84	0,00	168,00	168,00
temps d'ouverture contenue des arrêts pour causes externes (en h)	0,00	0,00	161,25	167,75	167,33	130,16	168,00	0,00	0,00
Production réelle par semaine (en tonne)	0,00	0,00	16234,80	17821,20	18487,20	13845,60	18277,80	0,00	0,00
Rebut (en tonne)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Production théorique par semaine compte-tenu des arrêts internes (en tonne)	0,00	0,00	18140,63	18871,88	18824,63	14643,00	18900,00	0,00	0,00
Taux de disponibilité :	**	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	**	**
Taux de performance:	**	**	89,49%	94,43%	98,21%	94,55%	96,71%	**	**
Taux de qualité:	**	**	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	**	**
TRS (Taux de Rendement Synthétique):	**	**	89,49%	94,43%	98,21%	94,55%	96,71%	**	**

Tableau 13 : Calcul du TRS de la période allant de la semaine 58 à la semaine 66