

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
TLEMCEM
FACULTE DE TECHNOLOGIE



وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي
جامعة أبو بكر بلقايد
تلمسان
كلية التكنولوجيا

DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL
Filière de génie industriel

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de master
Spécialité : ingénieur de production

THEME :

Amélioration de la qualité et de services à la « Cimenterie de Béni Saf » par l'application de la méthode Six Sigma

Présenté par :

MEDJAHED Housseem Eddine Boumediene
BELABED Racim

Soutenu publiquement, le 12/06/2024, devant le jury composé de :

| | | | |
|-------------------------|-----|---------------|-----------|
| M. HADRI Abdelkader | MCB | Univ. Tlemcen | Président |
| M. MEKAMCHA Khalid | MCB | Univ. Tlemcen | Encadrant |
| M. KAHOUADJI Housseyn | MCB | Univ. Tlemcen | Examineur |
| Mlle. BENDJELLOUL Amina | MAB | Univ. Tlemcen | Examineur |

Année universitaire : 2023-2024

Remerciement

On tient à remercier tout d'abord nos familles qui nous ont encouragé durant tout le long de notre cursus universitaire et grâce à leurs soutiens nous avons eu la force de continuer et d'arriver à ce moment surtout nos parents c'est les personnes les plus importantes dans notre vie et nos études.

Puis évidemment on remercie la cimenterie de Béni Saf SCIBS et tout le personnels qui nous a vraiment aider et beaucoup durant ce stage en nous donnant toute l'attention possible et toutes les informations nécessaire à notre projet.

Nous tenons ensuite à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

On conclue cela en remerciant notre encadreur MekamchaKhalid de son aide durant la réalisation de notre PFE et tous les profs du département de génie industriel qui nous ont tout appris durant ses 5 années et qui nous ont pousser à donner le meilleure de nous-mêmes c'est grâce à eux que nous nous sommes arrivésjusque-là.

Dédicace :

On dédie notre mémoire à :

Nosparents: BelkeddarKarima

Medjahed Houcine

Khiat karima

Notre encadreur : Mekamcha Khalid

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

| | |
|--|----|
| Introduction générale..... | 1 |
| CHAPITRE 1: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE | |
| 1. Introduction..... | 2 |
| 2. Présentation de l'entreprise..... | 2 |
| 2.1 <i>Création de l'entreprise</i> | 2 |
| 2.2 <i>Fiche signalétique</i> | 3 |
| 2.3 <i>Définition du ciment</i> | 3 |
| 2.4 <i>Organigramme hiérarchique des responsabilités des organigrammes</i> | 4 |
| 3. Le Lean six sigma : amélioration continue des processus | 5 |
| 3.1 <i>Définition du Lean six sigma</i> | 5 |
| 3.2 <i>L'historique de Lean six sigma</i> | 5 |
| 3.3 <i>Les avantages de Lean six sigma</i> | 6 |
| 3.4 <i>Déploiement du Lean Six Sigma : Démarche DMAIC</i> | 6 |
| 4. Le Lean six sigma et l'industrie de ciment | 7 |
| 5. Présentation de projet..... | 8 |
| 5.1 <i>Objectif de projet</i> | 8 |
| 5.2 <i>Problématique</i> | 8 |
| 5.3 <i>SWOT de la démarche Lean six sigma</i> | 8 |
| 5.4 <i>QQOCP de la démarche LSS</i> | 9 |
| 5.5 <i>Diagramme de Gantt</i> | 10 |
| 6. Définition du diagramme d'ISHIKAWA..... | 11 |
| 6.1 <i>L'utilité du diagramme d'ISHIKAWA</i> | 11 |
| 7. Définition des Mudass | 11 |
| 7.1 <i>Types des Mudass</i> | 11 |
| 8. Définition de L'AMDEC | 12 |
| 9. Définition d'audit..... | 12 |
| 10. Conclusion..... | 12 |
| CHAPITRE 2 :S.C.I.B.S ET E PROCESSUS DE FABRICATION | |
| 1. Introduction..... | 14 |
| 2. Procèdes de fabrication | 14 |
| 2.1 <i>La carrière</i> | 14 |
| 2.2 <i>L'extraction</i> | 15 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 2.3 | <i>Contrôle qualité</i> | 15 |
| 2.4 | <i>Le concassage</i> | 15 |
| 2.5 | <i>La pré-homogénéisation</i> | 16 |
| 2.6 | <i>Le broyage cru</i> | 17 |
| 2.7 | <i>Homogénéisation</i> | 20 |
| 2.8 | <i>Cuisson</i> | 21 |
| 2.9 | <i>Refroidissement et stockage du clinker</i> | 22 |
| 2.10 | <i>Broyage</i> | 23 |
| 2.11 | <i>Expédition</i> | 24 |
| 3. | <i>Cadre Normatif</i> | 25 |
| 3.1 | <i>Exigence Mécanique et Physique</i> | 25 |
| 3.2 | <i>Exigence chimique</i> | 26 |
| 3.3 | <i>Diagramme CTQ</i> | 26 |
| 3.4 | <i>Diagramme SIPOC</i> | 27 |
| 3.5 | <i>VSM</i> | 28 |
| 4. | <i>Conclusion</i> | 29 |
| CHAPITRE 3 : DEMARCHE DMAIC | | |
| 1. | <i>Introduction</i> | 30 |
| 2. | <i>Définir</i> | 30 |
| 3. | <i>Mesurer</i> | 30 |
| 3.1. | <i>Calcul de la performance du processus</i> | 31 |
| 3.1.1 | <i>Minitab</i> :..... | 31 |
| 3.2.2 | <i>IBM SPSS</i> :..... | 31 |
| 3.2.3 | <i>Test de la normalité</i> | 32 |
| 3.2.4 | <i>Performance du processus –long terme Pp et Ppk</i> | 32 |
| 4. | <i>Analyser</i> | 33 |
| 4.1. | <i>Résultat du calcul</i> | 34 |
| 4.1.1 | <i>Résistance à la compression à 28 jours</i> | 34 |
| 4.1.2 | <i>Perte au feu</i> | 36 |
| 4.1.3 | <i>SO3</i> | 38 |
| 4.1.4 | <i>Début de prise</i> | 40 |
| 4.1.5 | <i>Surface spécifique de Blaine</i> | 42 |
| 4.1.6 | <i>Suivi de la blancheur β</i> | 44 |
| 4.2. | <i>Synthèse et interprétation</i> | 46 |
| 4.3. | <i>Organisation de l'analyse</i> | 48 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Diagramme ISHIKAWA | 48 |
| 4.5. Mudass processus production de SCIBS | 50 |
| 4.6. Analyse des causes..... | 50 |
| 5. <i>INNOVER – AMELIORER</i> | 55 |
| 5.1. AMDEC | 55 |
| 5.1.1 <i>Organisation</i> | 55 |
| 5.1.2 <i>Les barèmes d'évaluation</i> | 55 |
| 5.1.3 <i>Elaboration de l'AMDEC</i> | 57 |
| 5.2 <i>Mise en œuvre du plan d'action de L'AMDEC</i> | 60 |
| 5.2.1 Instruction remplissage et extraction des chambres du silo ciment | 60 |
| 5.2.2 Instruction chargement et extraction du clinker | 62 |
| 5.2.3 Autres actions | 64 |
| 6. <i>Contrôle</i> | 65 |
| 6.1. L'audit..... | 65 |
| 6.2. <i>Préparation de l'audit</i> | 65 |
| 6.3. <i>Check List de l'audit</i> | 66 |
| 7. Conclusion | 70 |
| Conclusion générale | 71 |
| Références bibliographiques | 71 |
| Annexe | |
| Résumé | |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1.1 : Organigramme de la direction centrale de l'usine..... | 4 |
| Figure 1.2 : La cimenterie de Béni Saf GICA..... | 4 |
| Figure 1.3 :Schéma représente la démarche de DMAIC..... | 7 |
| Figure 1.4 : SWOT de la démarche LSS..... | 8 |
| Figure 1.5 : Diagramme de gant..... | 10 |
| Figure 2.1 : Schéma des procédés fabrications du ciment. | 13 |
| Figure 2.2 : Extraction d'argile et calcaire..... | 14 |
| Figure 2.3 : Contrôle de la matière première. | 14 |
| Figure 2.4 : Schéma représente le processus du concassage des roches..... | 15 |
| Figure 2.5 : Pré homogénéisation et remplissage des roches..... | 15 |
| Figure 2.6 : Schéma représente le processus de pré homogénéisation des roches..... | 16 |
| Figure 2.7 : Broyage cru de roches minérales..... | 16 |
| Figure 2.8 : Schéma représente le processus de dosage des roches minérales..... | 17 |
| Figure 2.9 : Schéma représente le processus de séchage des roches minérales. Erreur ! Signet non défini. | |
| Figure 2.10 : Schéma représente le processus de broyage cru des roches minérales..... Erreur ! Signet non défini. | |
| Figure 2.11 : L'homogénéisation de la farine crue. Erreur ! Signet non défini. | |
| Figure 2.12 : Schéma représente le processus d'homogénéisation de la farine crue. Erreur ! Signet non défini. | |
| Figure 2.13 : La cuisson de la farine..... | 20 |
| Figure 2.14 : Schéma représente le processus de cuisson de la farine..... | 20 |
| Figure 2.15 : Refroidissement et stockage de clinker..... | 21 |
| Figure 2.16 : Schéma représente le refroidissement et le stockage du clinker au niveau du hall. | 21 |
| Figure 2.17 : Broyage du clinker..... | 22 |
| Figure 2.18 : Schéma représente le broyage de ciment..... | 22 |
| Figure 2.19 : Schéma représente le broyage de ciment..... | 23 |
| Figure 2.20 : Stockage et expédition de ciment..... | 23 |
| Figure 2.21 : Stockage et expédition de ciment..... | 24 |
| Figure 3.1:Résultat de calcul de la résistance a la compression à 28 jours CEM I42.5..... | 32 |
| Figure 3.2 : Résultat de calcul de la résistance a la compression à 28 jours SR3..... | 33 |
| Figure 3.3 : Résultat de calcul perte au feu CEM I42.5..... | 34 |
| Figure 3.4 : Résultat de calcul perte au feu SR3..... | 35 |
| Figure 3.5 : Résultat de calcul de SO3 de CEM I42.5..... | 36 |

| | |
|---|------------------------------------|
| Figure 3.6 : Résultat de calcul de SO ₃ de SR3..... | 37 |
| Figure 3.7 : Résultat de calcul de début de prise DE CEM I42.5..... | 38 |
| Figure 3.8 : Résultat de calcul de début de prise de SR3..... | 39 |
| Figure 3.9 : Résultat de calcul de surface spécifique de Blaine de CEM I42.5..... | 40 |
| Figure 3.10 : Résultat de calcul de surface spécifique de Blaine de SR3.. | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 3.11 : Résultat de calcul de suivi de la blancheur β de CEM I42.5. | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 3.12 : Résultat de calcul de suivi de la blancheur β de SR3. ... | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 3.13 : Diagramme d'Ishikawa..... | 47 |

Liste des tableaux

| | |
|--|------------------------------------|
| Tableau N° 1.1 : QQOCP de la démarche LSS | 9 |
| Tableau N° 2.1 : Extrait de la norme NA442 « exigences mécaniques et physiques ». | 24 |
| Tableau N° 2.2 : Les besoins exigé par le client. | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau N° 2.3: Diagramme SIPOC. | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau N° 3.1 : Les besoins exigé par le client..... | 29 |
| Tableau N° 3.2 : L'interprétation des résultats des calculs. | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau N° 3.3 : Composition du groupe de travail..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau N° 3.4 : Les Mudras de la cimenterie SCIBS. | 48 |
| Tableau N° 3.5 : Interprétation d'analyse des causes..... | 48 |
| Tableau N° 3.6 : Résultat d'analyse d'évaluation. | Erreur ! Signet non défini. |

Liste des abréviations

AF : module Allumino-Ferriques.

Al₂O₃ : Alumine.

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité.

C₂S : (CaO)₂(SiO₂) bélite, silicate di calcite ou silicate de di-calcium.

C₃A : (CaO)₃(Al₂O₃) aluminat ou aluminat tricalcite.

C₃S : (CaO)₃(SiO₂) alite ou silicate tricalcite.

C₄AF : (CaO)₄(Al₂O₃)(Fe₂O₃) ferrite, aluminoferrite, ou ferro-aluminat tétracalcique.

CaCO₃ : Carbonate de calcium.

CaO : Chaux.

CEM I : ciment Portland normal.

CEM II : ciment portland composé qui inclut d'autres matériaux en plus du clinker comme

Cl : Chlore.

Cp : process capability.

Cpk : process capability index.

CTQ : Critical To Quality.

DMAIC: Define, Measure, Analyze, and Improve, Control.

DP : Début de prise.

Fe₂O₃ : Oxyde de fer.

INNORPI : Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle.

K₂O : Oxyde de potassium.

L : low.

LH : lowheat (bassechaleur).

LSF : facteur de saturation en chaux.

LSS : Lean Six Sigma.

MgO : Oxyde de magnésium.

Mm : millimètre.

Mpa : Méga pascal.

MS : module silicique.

N : normal.

Na₂O : Oxyde de Sodium.

PF : Perte au feu.

Pp : process performance.

Ppk : process performance index.

R : Rapide

R28 : Résistance à la compression à 28 jours.

RAS : Rien à signalé.

SiO₂ : Silice.

SIPOC : **S**upplier **I**nput **P**rocess **O**utput **C**ustomer.

SO₃ : Le trioxyde de soufre.

SO₃ : Trioxyde de soufre.

SSB : Surface Spécifique de Blaine.

TQM : **T**otal, **Q**uality, **M**anagement.

VSM : **V**alue **S**tream **M**apping.

Introduction générale

La qualité du produit final dans l'industrie du ciment est d'une importance capitale, et les entreprises doivent constamment explorer des méthodes pour l'améliorer. Une approche largement reconnue pour son efficacité est la méthode Lean Six Sigma, couramment utilisée dans la production industrielle pour réduire les variations, minimiser les défauts et anticiper les problèmes potentiels. Elle vise également à accroître l'efficacité et à éliminer les gaspillages grâce à une approche statistique basée sur les données du Six Sigma.

Formalisée dans les années 1980 pour la production industrielle, cette méthode tire parti des avancées des 60 dernières années, notamment du Total Quality Management. Au cours du 19ème siècle, elle s'est étendue à divers domaines tels que la finance, la fabrication, la santé, l'armée et l'informatique.

Cependant, malgré son efficacité prouvée, elle est sous-utilisée dans l'industrie du ciment. C'est pourquoi nous avons décidé de l'appliquer à la Société des Ciments de Béni Saf (SCIBS), où elle n'a jamais été mise en œuvre. Après notre stage à la SCIBS, nous avons constaté que la qualité de leur ciment ne répond pas aux attentes de leurs clients. Afin de remédier à cette situation, notre objectif est d'améliorer la qualité du ciment en appliquant cette méthode dans leur industrie.

Pour ce faire, notre travail se divisera en trois parties principales :

1. Une présentation de l'usine, incluant son historique et sa ligne de production.
2. Une explication détaillée de la méthode Lean Six Sigma et de ses objectifs.
3. L'application concrète de la démarche DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) en cinq étapes, visant à améliorer et stabiliser la qualité du produit final grâce à l'utilisation appropriée des outils nécessaires.

Cette approche méthodique devrait permettre d'atteindre notre objectif d'amélioration significative de la qualité du ciment produit par la SCIBS.

CHAPITRE 1: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder le contexte global dans lequel notre projet s'est déroulé. Tout d'abord, nous présenterons la société d'accueil, la Cimenterie de Béni Saf. Ensuite. Nous allons détailler en quoi consiste précisément le Lean Six Sigma, en mettant en lumière ses principes fondamentaux qui visent à réduire les variations, minimiser les défauts et améliorer l'efficacité opérationnelle. Notre objectif est de fournir une base solide pour comprendre comment cette méthodologie sera appliquée spécifiquement à l'amélioration de la qualité du ciment dans notre contexte industriel

2. Présentation de l'entreprise

2.1 Création de l'entreprise

La cimenterie de Béni Saf a été réalisée dans le cadre de développement quinquennal par la société national des matériaux de construction (SNMC) entre 1974 et 1978.

Elle est rentre dans la fabrication en 1978 et le premier sac de ciment sortie en février 1979.

En 1982 le SNMC a été transformé en quatre entreprises régionales :

- Entreprise des Ciments et Dérivés de l'Ouest (ERCO).
- Entreprise des Ciments et Dérivés de Chleff (ECDE).
- Entreprise des Ciments et Dérivés Centre (ERCC).
- Entreprise des Ciments et Dérivés de l'est (ERCE).

Par la suite, ces entreprises ont été soumises à diverses transformations juridiques : elles sont devenues des sociétés par actions (SPA) en 1989, puis des Groupes Industriels et Commerciaux (GIC) en 1997.

En décembre 1997, la cimenterie de Béni Saf a été établie en tant que société par actions (SPA), sous le nom de Société des Ciments de Béni Saf (S.CI.BS).

Aujourd'hui, elle emploie 410 personnes et produit plus d'un million de tonnes de clinker et 1 200 000 tonnes de ciment chaque année. Avec une capacité de production en constante expansion, elle est devenue un pilier majeur de l'industrie cimentière en Algérie, contribuant au développement économique régional et à l'avancement de l'industrie nationale.

2.2 Fiche signalétique

Fiche signalétique suivante révélant ses performances, sa structure et son histoire à travers une composition visuelle.

| | |
|---------------------------------|--|
| Nom de l'Installation : | Cimenterie de Béni Saf |
| Localisation : | Béni Saf, Province d'Aïn Témouchent, Algérie |
| Propriétaire/Opérateur : | SC.I.B.S |
| Date de Fondation | 1978 |
| Capacité de Production : | 1 200 000 tonnes |
| Principaux Produits | Ciment Portland, Ciment de Haut Fourneau. |
| Type de ciment | CEM I 42.5 N |

2.3 Définition du ciment

Le ciment est un liant hydraulique, c'est à dire capable de faire prise dans l'eau. Il se présente sous l'aspect d'une poudre très fine qui, mélangée avec de l'eau, forme une pâte faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium. Le ciment est l'élément actif du béton. Mélangé à l'eau, il constitue une pâte qui enrobe les granulats et joue le rôle de lubrifiant et de colle. [1]

Différents ciments dans la cimenterie :

- **Ciments Portland** : Ce ciment est exclusivement constitué de clinker. Parmi les types de ciments Portland, il convient de mentionner le ciment blanc, idéal pour la création de produits et de bétons à la fois esthétiques et décoratifs.
- **Ciments hydrauliques** : Fabriqué en cimenterie, le ciment est une poudre minérale agissant comme un liant hydraulique similaire à la chaux. Lorsqu'il est mélangé avec de l'eau, il forme une pâte qui prend et durcit. Le ciment représente un élément crucial du béton, constituant généralement entre 7 et 15 % du mélange, et confère à ce dernier diverses propriétés, dont sa résistance.

- **Ciments hydrofuges** : Un hydrofuge de masse est un additif utilisé dans les matériaux à base de ciment, tels que les coulis, les mortiers et les bétons. Son rôle est de diminuer l'absorption capillaire et par conséquent, la perméabilité à l'eau de ces matériaux.
- **Ciments pour maçonnerie.** [2]

2.4 Organigramme hiérarchique des responsabilités des organigrammes

Cet organigramme représente la pyramide hiérarchique de l'entreprise qui nous montre les liaisons entre chaque direction qui se divise en deux : liaison hiérarchique et liaison fonctionnelle.

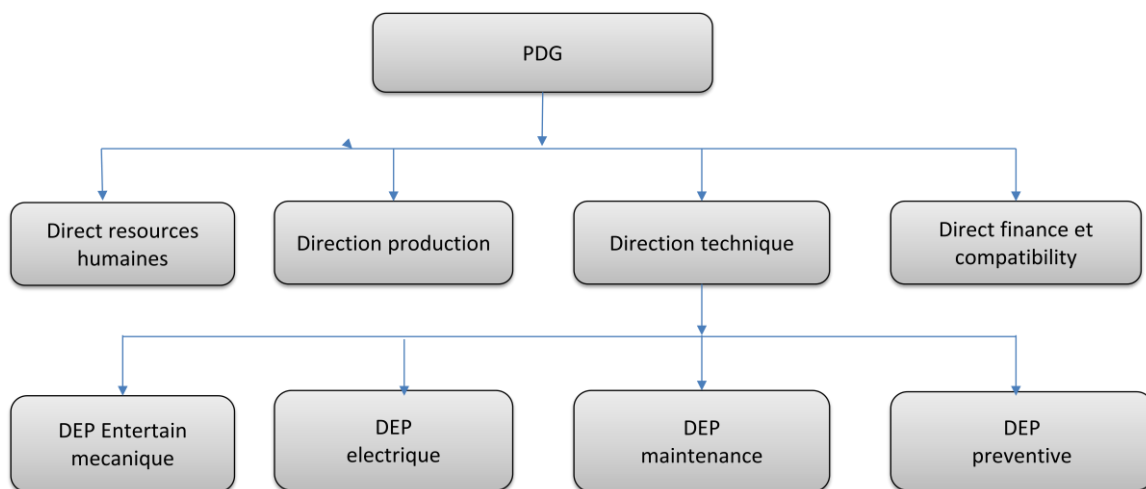


Figure 1.1 : Organigramme de la direction centrale de l'usine. [23]

La figure montrer en dessous est une image de l'usine du ciment de Béni Saf (SCIBS).



Figure 1.2 : La cimenterie de Béni Saf GICA.

3. Le Lean six sigma : amélioration continue des processus

3.1 Définition du Lean six sigma

Le Lean Six Sigma marie deux philosophies complémentaires : le Lean et le Six Sigma.

Le Lean cherche à éliminer les étapes superflues et à simplifier les processus pour maximiser la valeur pour le client et améliorer les performances de l'entreprise en favorisant la fluidité, la flexibilité et l'efficacité.

Le Six Sigma, quant à lui, vise à réduire la variabilité des processus pour les rendre plus fiables, stables et prédictibles, afin d'atteindre un niveau de qualité optimal et de satisfaire pleinement le client en minimisant les défauts.

En combinant ces approches, le Lean Six Sigma fusionne la quête d'efficacité du Lean avec l'engagement envers l'excellence qualité du Six Sigma, offrant ainsi une approche intégrée pour améliorer à la fois la productivité et la qualité des processus. [3][30]

3.2 L'historique de Lean six sigma

Historiquement enraciné dans le secteur industriel, le Lean Six Sigma trouve ses origines dans deux courants distincts. Le Lean est né chez Toyota au Japon pour résoudre des problèmes spécifiques de l'industrie automobile, tandis que Motorola a lancé le mouvement Six Sigma dans les années 1980, générant des économies dépassant les deux milliards de dollars sur quatre ans. Cette réussite a inspiré d'autres géants industriels comme Allied-Signal, Texas Instruments et General Electric à adopter également le programme Six Sigma et à en vanter les avantages.

Initialement appliquée à la fabrication, la méthodologie Lean Six Sigma s'est étendue aux processus transactionnels comme les achats et la facturation. Son adoption s'est progressivement étendue aux services, en particulier dans la banque et l'assurance, où elle répond efficacement à des problèmes de plus en plus complexes. Aujourd'hui, cette approche est même adaptée à certains organismes publics et gouvernements, comme en témoigne la partie consacrée à l'adaptation de Lean Six Sigma à divers secteurs d'activité. [25]

Bien qu'initialement développées de manière indépendante, les approches Lean et Six Sigma ont fusionné en raison de leur complémentarité. Leur objectif commun est d'assurer la satisfaction client en atteignant l'excellence opérationnelle grâce à une amélioration continue des processus. [4]

3.3 Les avantages de Lean six sigma

Le Lean Six Sigma représente une approche méthodique et rigoureuse qui s'adresse non seulement aux problèmes spécifiques, mais aussi à l'ensemble des processus organisationnels. Ses objectifs fondamentaux sont les suivants :

- Améliorer la satisfaction des clients.
- Optimiser la performance financière de l'entreprise.
- Répondre aux objectifs stratégiques établis par la direction générale.

En se concentrant sur les processus stratégiques, cette méthodologie vise à :

- Prendre en compte les attentes des clients (Voice Of Customer).
- Aligner les actions sur les besoins des actionnaires (Voice Of Business).
- Simplifier les flux d'informations et de production.
- Éliminer les inefficacités et les dysfonctionnements.
- Rationaliser l'utilisation des ressources disponibles.
- Réduire la variabilité des processus organisationnels.
- Améliorer et garantir les performances opérationnelles (capabilité des processus).
- Identifier et optimiser les facteurs influents sur les processus.
- Améliorer les conditions de travail et réduire le stress.
- Encourager la collaboration entre les différentes équipes et services.
- Fournir aux employés opérationnels les outils et les moyens nécessaires pour l'amélioration continue. [5]

3.4 Déploiement du Lean Six Sigma : Démarche DMAIC

Les initiatives Lean Six Sigma se structurent selon la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler) pour encadrer la résolution de problèmes et l'amélioration des produits et services dans les organisations. Cette approche comprend cinq étapes organisées de manière séquentielle, bien que dans la réalité, cet ordre ne soit pas toujours suivi spontanément. [33]

Définir : définition de problème et des objectif associés.

Mesurer : choix des variables qui doivent être analysées et des instruments de recueil, mise en œuvre de la collecte des données.

Analyser : appréciation des écarts entre la situation actuelle et les objectifs fixés .identification des cause et des leviers actionnables pour y remédier.

Améliorer : inventaire, classement et choix des solutions, mise en place des actions retenues.

Contrôler : définition d'un plan de contrôle de la solution mise en place, choix d'indicateur pertinent. Le but est de donner les moyens de corriger le plan si les résultats souhaités ne sont pas au rendez vous. [26]



Figure 1.3 : Schéma représente la démarche de DMAIC. [38]

4. Le Lean six sigma et l'industrie de ciment

Bien que les méthodes d'amélioration continue comme le TQM (Total Quality Management), Six Sigma et Lean soient largement utilisées dans de nombreuses entreprises, elles sont peu appliquées dans l'industrie du ciment, ce qui peut sembler étonnant. Cette industrie gère pourtant beaucoup de données et d'informations, ce qui peut entraîner des erreurs. Avec sa grande production et ses énormes quantités de données, l'industrie du ciment pourrait bénéficier de l'adoption du Lean Six Sigma pour améliorer ses processus.[36]

5. Présentation de projet

5.1 Objectif de projet

L'objectif est d'aider la cimenterie de Béni Saf a utilisé la méthode de Lean six sigma réduire la fluctuation de la qualité des produits en adoptant la démarche DMAIC.

5.2 Problématique

Nous avons choisis la cimenterie de Béni Saf dans laquelle nous allons appliquer la méthode Lean six sigma tout d'abord parce que cette méthode n'as jamais été appliquée dans la cimenterie et aussi y a des critiques des clients sur la qualité du ciment produit par l'usine donc notre objectif est d'appliquer cette méthode pour aider l'usine à améliorer sa qualité la rendre compétitive comme elle l'était autre fois.

5.3 SWOT de la démarche Lean six sigma

L'analyse SWOT, ou FFOM en français, est un outil stratégique polyvalent essentiel pour la réussite des entreprises et des projets individuels. Elle repose sur quatre composantes clés : les Forces (Strengths), les Faiblesses (Weaknesses), les Opportunités (Opportunities) et les Menaces (Threats). [37]

L'outil SWOT est utilisé pour analyser les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces associées à l'utilisation de la méthode Six Sigma dans une entreprise. [6]

Force :

Réduction des coûts
Réduction de variabilité
Développement des produits existents
Éliminations des gaspillages

Opportunités :

Innovation
Développement de personnel



Faiblesse :

complexité de la démarche LSS
culture qualité modeste

Menaces :

incompréhension des
interprétation des résultats

Figure 1.4 : SWOT de la démarche LSS. [39]

Tout d'abord, pour appliquer la méthode LSS nous allons utiliser les outils suivants :

5.4 QOQCP de la démarche LSS

QOQCP qui signifie (Who, What, Where, When, Why) est un mot anglais qui peut être remplacé par les 5 W (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?) .C'est un outil qui permet de se poser les bonnes questions avant d'aborder un problème. [34]

L'approche d'analyse QOQCP consiste à interroger les caractéristiques essentielles

D'une situation. Grâce à ce questionnement, il est possible de se munir d'éléments concrets qui une fois regroupés permettent de créer une image universelle : d'un événement, d'un intérêt, d'une situation, ou d'un contexte.

Le milieu journalistique apprécie particulièrement cette méthode pour sa simplicité (il ne s'agit que d'une liste de questions à se rappeler) ainsi la représentation universelle qu'elle donne d'une situation. Elle se conforme entièrement à la déontologie journalistique qui permet de fournir une information exhaustive et objective à tout le monde. [7]

Tableau 1.1: QOQCP de la démarche LSS.[2]

| Donnée d'entrée | Déploiement de la démarche Lean Six-Sigma |
|---|---|
| Qui ? Qui est concerné par le problème ? | Directs : la cimenterie de Béni Saf Indirects : les clients de la cimenterie |
| Quoi ? C'est quoi le problème ? | L'instabilité de la qualité du produit |
| Où ? Où apparait le problème ? | La cimenterie de Béni Saf |
| Quand ? Quand apparait le problème ? | Lors des ventes aux centrales a béton |
| Comment ? Comment mesurer le problème ? Comment mesurer ses solutions ? | Suivi des paramètres de pilotages des ateliers |
| Pourquoi ? | Satisfaire aux besoins de clients de la cimenterie de Béni Saf |
| Donnée de sortie : Question explicite et pertinente a résoudre | Comment mettre en œuvre la démarche Lean Six-Sigma afin de réduire l'instabilité du produit ? |

5.5 Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil largement utilisé en ordonnancement et en gestion de projet, souvent en conjonction avec un réseau PERT qui représente une méthode de gestion de projet qui aide à planifier et organiser les tâches nécessaires à la réalisation d'un projet. On utilise des diagrammes où chaque tâche est représentée par un nœud, relié par des flèches indiquant l'ordre dans lequel les tâches doivent être effectuées. Cela permet de comprendre quelles tâches sont les plus critiques pour le calendrier global du projet.

Don le diagramme de gant permet de visualiser dans le temps les différentes tâches qui composent un projet. Cette représentation graphique est basée sur un graphe connexe, value et orienté, offrant une vue visuelle de l'avancement du projet.

Pour garantir le bon déroulement de ce projet, nous avons élaboré un diagramme de Gantt répertoriant toutes les tâches clés à accomplir tout au long de notre démarche. [8]

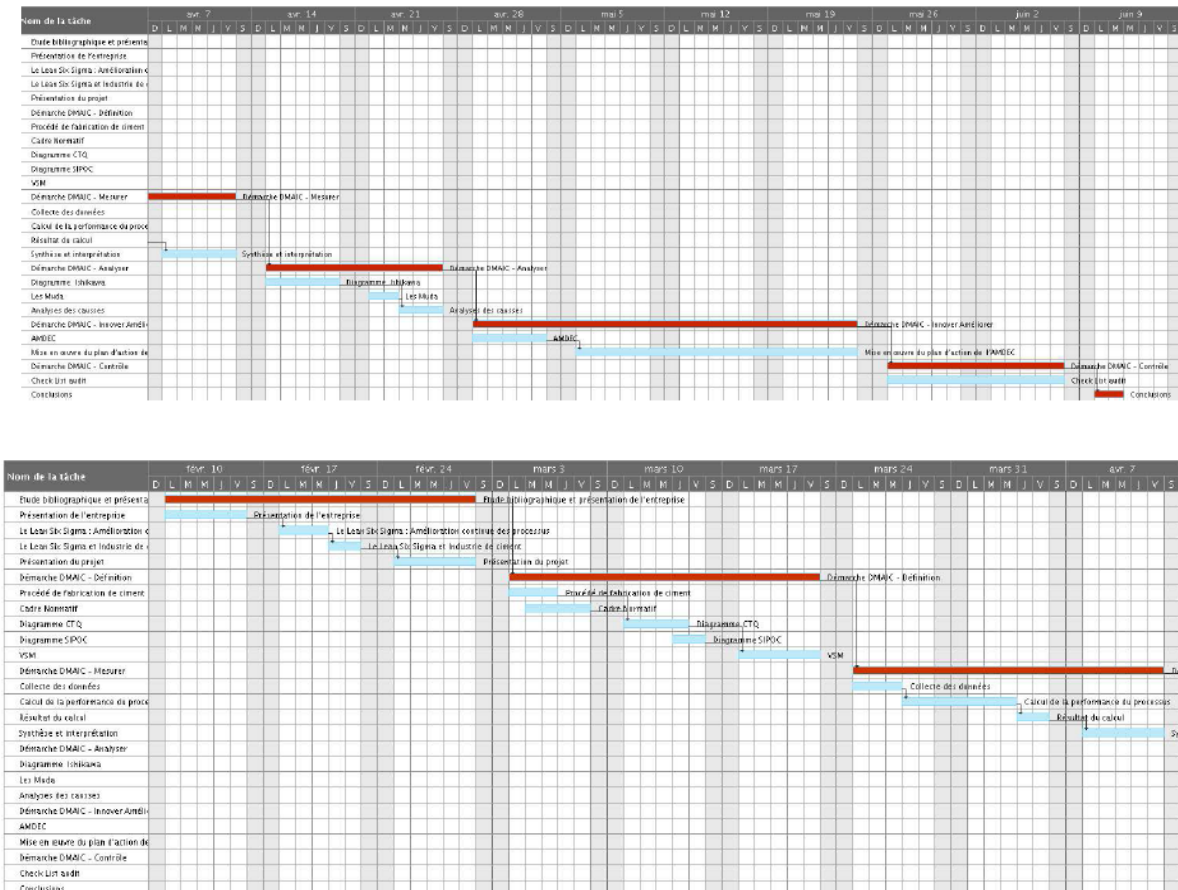


Figure 1.5 : Diagramme de Gantt

6. Définition du diagramme d'ISHIKAWA

Diagramme d'Ishikawa aussi connu sous le diagramme de cause et effet ou encore méthode des 5M est un outil visuel de représentation d'un problème et de ses causes. Il convient ensuite d'agir sur ces causes afin de corriger le problème grâce à la mise en place des actions correctives appropriées. Cet outil graphique a été développé dans les secteurs industriels, et plus précisément dans les services mettant en place de véritables démarches qualité. Il permet de présenter, de façon structurée, toutes les causes qui conduisent à une situation. [14]

6.1 L'utilité du diagramme d'ISHIKAWA

Le principal intérêt du diagramme d'Ishikawa est de permettre aux membres d'un groupe d'avoir une vision partagée et précise sur l'ensemble des causes qui ont une influence, plus ou moins directe, sur un problème observé.

7. Définition des Mudras

Dans les années 50, des ingénieurs de TPS (Toyota Production Système) ont observé en analysant quotidiennement les opérations sur terrain qu'il y a 7 types de gaspillages des tâches qui étaient inutiles à la production et c'est ce qu'on appelle « les Mudras ». [16]

7.1 Types des Mudras

Il existe 7 types de gaspillage :

- 1 .La surproduction : qui consiste à produire plus que la demande et qui engendrera un surplus en stock et comme le ciment est une matière qui ne doit pas être stockée trop longtemps ou elle pourra se dégrader et perdre de sa valeur ce qui entraînera des rebus.
- 2 .Le temps d'attente : cela concerne les ressources humaines et matériels s'ils sont en attente de travail alors qu'elles pourraient générer une valeur sont considérés comme gaspillage.
- 3 .Le Transport : le transport de matières d'un point A à un point B même si on considère qu'il est nécessaire, mais qui ne rapporte pas de valeurs ajoutées alors c'est considéré comme du gaspillage.
- 4 .Les stocks inutiles : Les stocks excessifs sont le quatrième type de gaspillage, car leur présence entraîne la mobilisation inutile de capital, comporte des risques, occupe de l'espace et immobilise des fonds qui pourraient être investis ailleurs.
- 5 .Sur traitement : Dans les processus de fabrication, il est courant de trouver des opérations inutiles qui perdurent, constituant ainsi une forme de gaspillage.

6 .Mouvement : ce type de gaspillage se réfère aux mouvements humains superflus. Chaque geste supplémentaire, maladroit ou non-essentiel effectué par un travailleur est considéré comme un mouvement inutile.

7 .Défaut : la non-qualité entraîne des problèmes. Soit il faut effectuer des retouches, ce qui engendre des opérations et des coûts supplémentaires, soit les produits défectueux sont considérés comme des déchets, constituant ainsi une forme de gaspillage. [17]

8. Définition de L'AMDEC

L'AMDEC signifie Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité est un outil de management de la qualité utilisée pour identifier et traiter les risques liés aux processus de fabrication qui peuvent conduire à des problèmes de qualité et de sécurité. Elle vise à s'assurer qu'il n'y a pas de variations dans les procédés de fabrication susceptibles de modifier le produit et entraîner des défaillances de celui-ci. Lors de la phase de production, les équipes peuvent évaluer les procédés de fabrication, identifier les points critiques du procédé établi et travailler à l'élaboration de plans pour les éviter. Cet aspect est essentiel pour la sécurité des produits, car les défauts relatifs au procédé de production entraînent des rappels et des risques de sécurité. [18][29]

9. Définition d'audit

Selon la norme ISO 19011, l'audit est "un processus systématique, autonome et documentée vue d'obtenir des preuves et de les évaluer de manière objective afin de déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfait".

De manière simplifiée, un audit est un outil d'amélioration qui permet à une entreprise démettre en évidence ses lacunes, mais aussi ses points forts. [19]

10. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons examiné en détail la cimenterie de Béni Saf, en décrivant son fonctionnement et son histoire pour établir une base solide. Ensuite nous avons exposé en détail la méthode Lean Six Sigma et éclairci son objectif, le prochain chapitre marquera le début de son application concrète. Nous allons suivre une approche méthodique étape par étape, connue sous l'acronyme DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler). Chaque étape de cette démarche sera soigneusement mise en œuvre pour cibler les aspects spécifiques du processus de production de ciment à la cimenterie de Béni Saf.

L'objectif principal sera d'améliorer la qualité du produit final, en identifiant et en éliminant

les sources de variations et de défauts potentielles. Cela impliquera l'utilisation de données et d'outils statistiques pour garantir des améliorations mesurables et durables, répondant ainsi aux attentes élevées des clients et renforçant la compétitivité de l'usine sur le marché du ciment

CHAPITRE 2 :S.C.I.B.S ET E PROCESSUS DE FABRICATION

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous examinerons en détail le processus de fabrication de la cimenterie de Béni Saf. Le processus de fabrication, allant de l'extraction des matières premières à la production finale de ciment, sera exploré pour identifier les opportunités d'optimisation. Cette compréhension approfondie du fonctionnement de la SCIBS servira de base pour l'application future de la méthode Lean Six Sigma, visant à améliorer la qualité du produit tout en renforçant la compétitivité de l'entreprise sur le marché.

2. Procèdes de fabrication

Nous avons ici un schéma qui nous explique le processus de fabrication du ciment de la matière première à l'expédition du produit fini. [22]

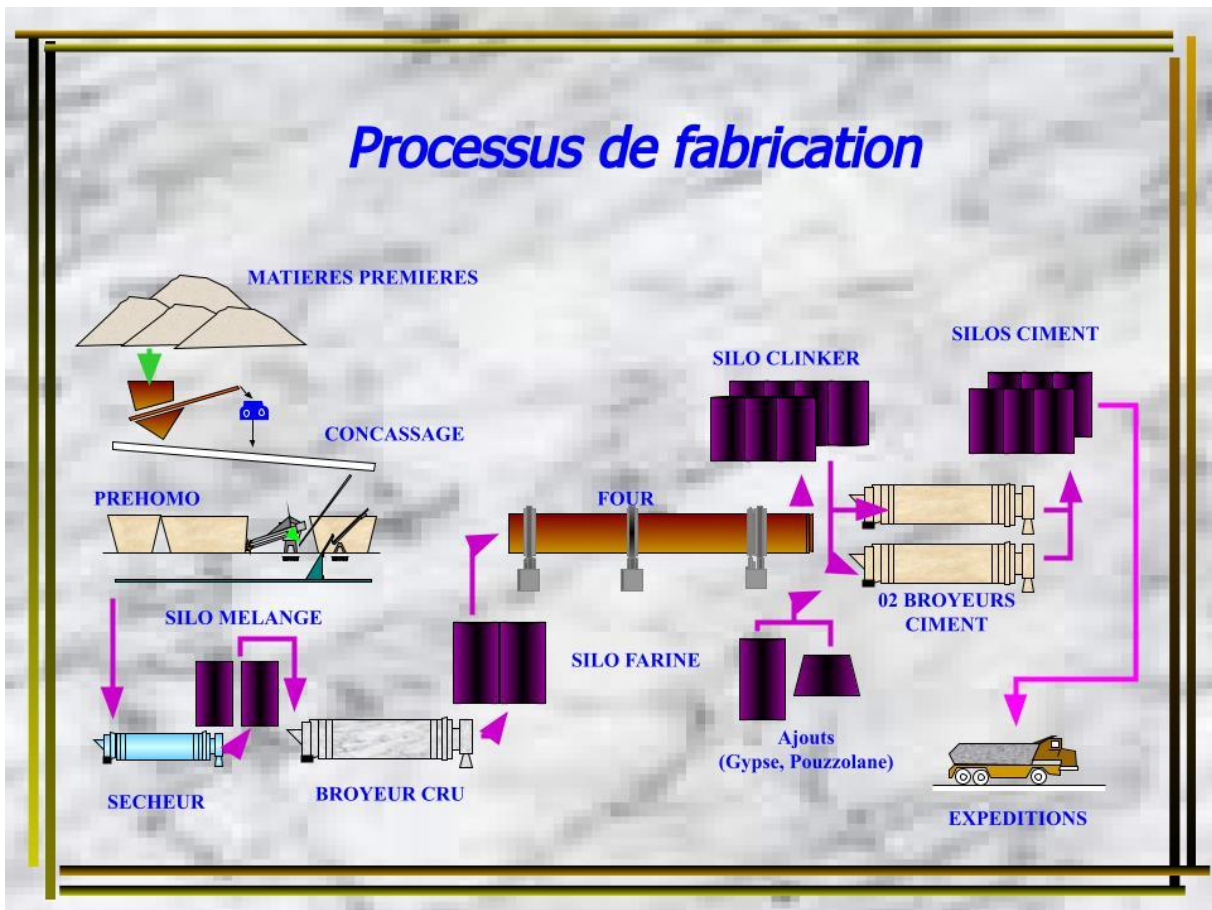


Figure 2.1 : Schéma des procédés fabrications du ciment.

2.1 La carrière

L'usine SCIBS dispose d'une carrière d'où elle extrait les matières premières nécessaires pour préparer le cru qui sont le calcaire et l'argile.

2.2 L'extraction

Dans cette phase, l'argile et le calcaire présents dans la carrière exploitée par la SCIBS sont extraits. Le calcaire destiné à la production de ciment est extrait à l'aide de tirs de mines, puis les blocs de roche sont transportés par des dumpers vers le hall de concassage.



Figure 2.2 : Extraction d'argile et calcaire.

2.3 Contrôle qualité

Avant d'être traitées par le concasseur, le laboratoire de contrôle qualité prélève des échantillons des matières premières extraites de la carrière afin de vérifier leur conformité avec les exigences de la norme NA442. Une fois la vérification effectuée, les matières extraites sont acheminées vers le concasseur.



Figure 2.3 : Contrôle de la matière première.

2.4 Le concassage

Les blocs de roches sont d'abord réduits par le concasseur jusqu'à atteindre une taille maximale de 80 mm. Ensuite, ils sont transportés vers le hall de pré-homogénéisation par un convoyeur à bande.

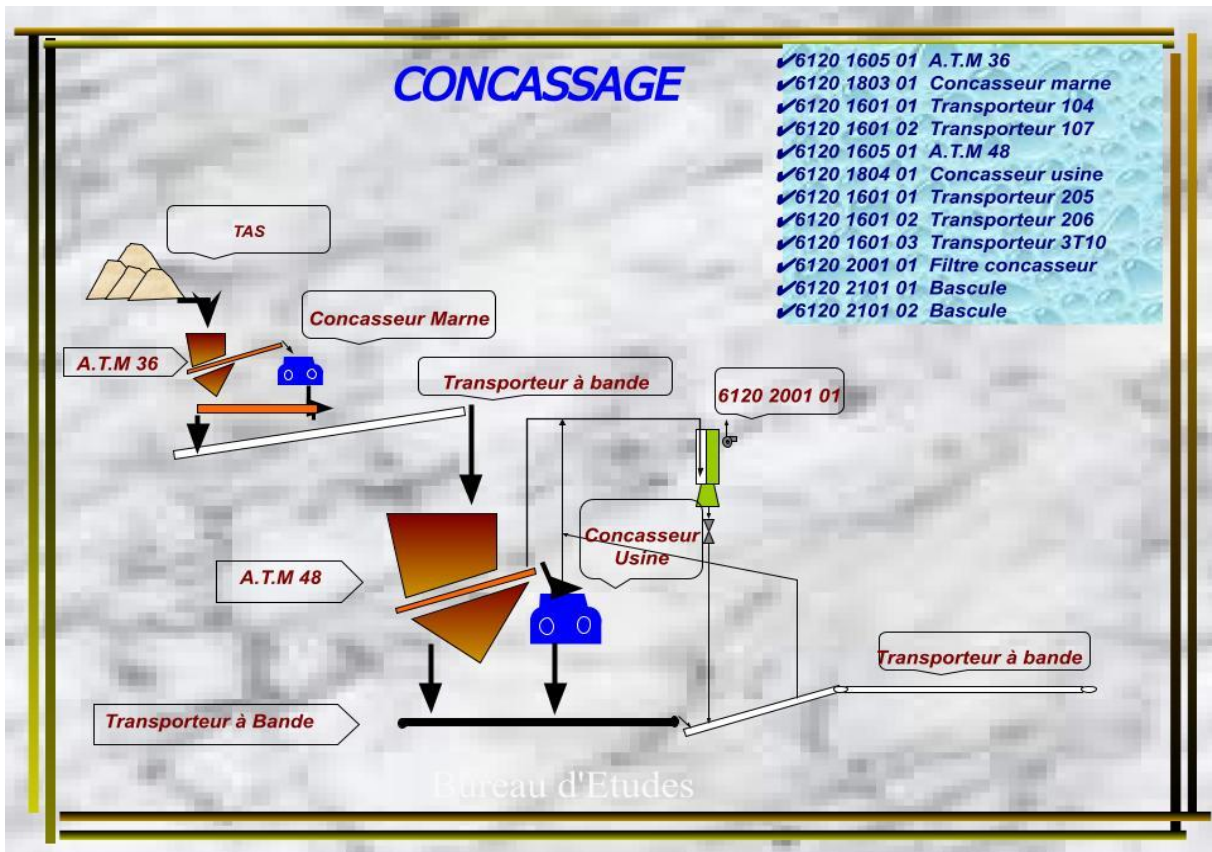


Figure 2.4 : Schéma représente le processus du concassage des roches.

2.5 La pré-homogénéisation

Les roches extraites de la carrière subissent d'abord un processus de concassage avant d'être transportées jusqu'à la cimenterie, où elles sont ensuite entreposées dans le hall de pré-homogénéisation. Dans ce hall, une méthode de remplissage circulaire est utilisée, où les roches sont disposées en couches superposées et récupérées transversalement à l'aide d'un gratteur. Cette méthode a été spécialement conçue pour garantir une composition chimique plus régulière du mélange minéral, malgré la diversité des veines géologiques présentes dans la carrière.



Figure 2.5 : Pré homogénéisation et remplissage des roches.

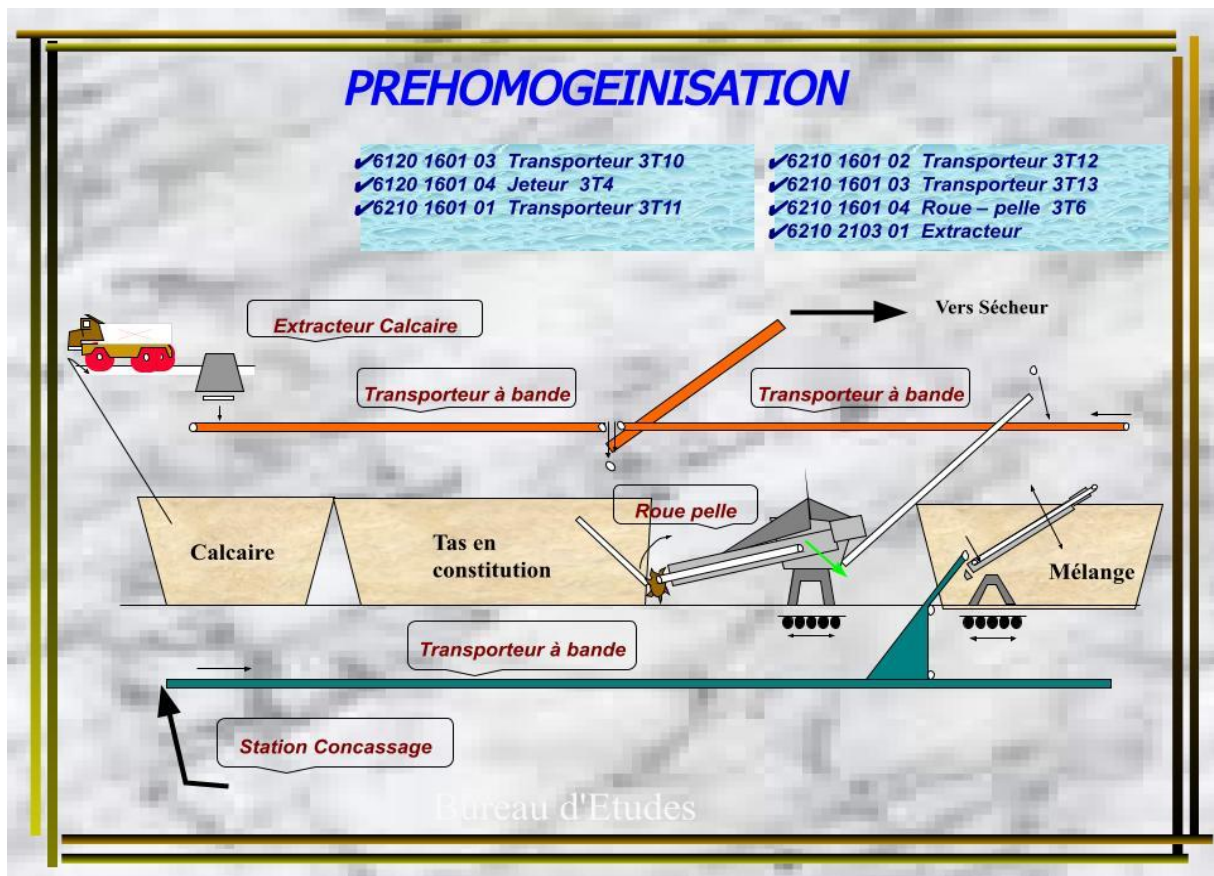


Figure 2.6 : Schéma représente le processus de pré homogénéisation des roches.

2.6 Le broyage cru

Le mélange de roches minérales, préparé dans le hall de pré-homogénéisation, est soumis à un processus de dosage, de séchage et de broyage afin de le réduire en une poudre très fine, dont la taille est de l'ordre de quelques dizaines de microns au maximum. Pendant l'étape de broyage, des ajouts, également appelés matières alternatives, sont incorporés. Ces ajouts visent à réduire la consommation de ressources naturelles en utilisant, par exemple, des terres provenant de la décontamination de sites industriels abandonnés ou des sables recyclés, ce qui contribue également à réduire la quantité de déchets envoyés en décharge. La poudre fine obtenue est connue sous le nom de farine crue.



Figure 2.7: Broyage cru de roches minérales.

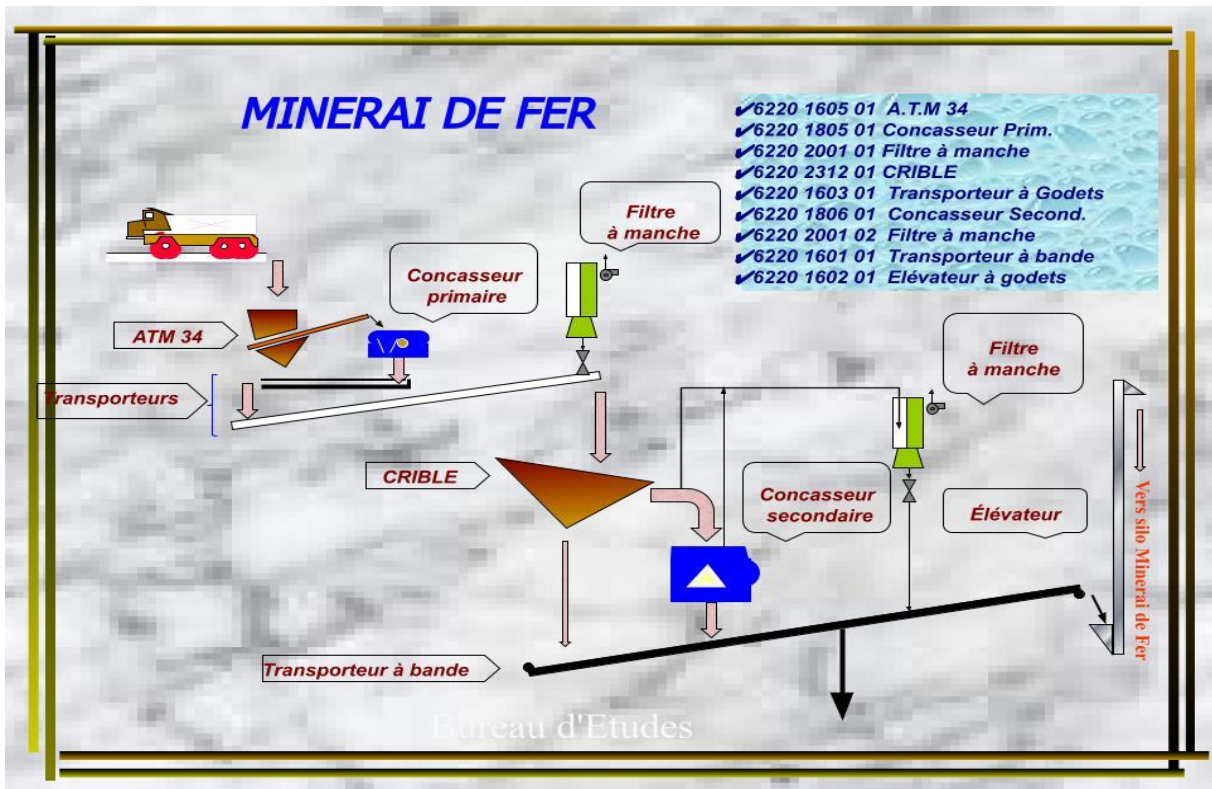


Figure 2.8 : Schéma représente le processus de dosage des roches minérales.

L'étape du minerai de fer dans la production de ciment consiste à ajouter du minerai de fer au mélange brut afin d'enrichir sa composition chimique. Cela permet de contrôler la qualité et les propriétés du clinker produit, assurant ainsi la résistance et la durabilité optimales du ciment final.

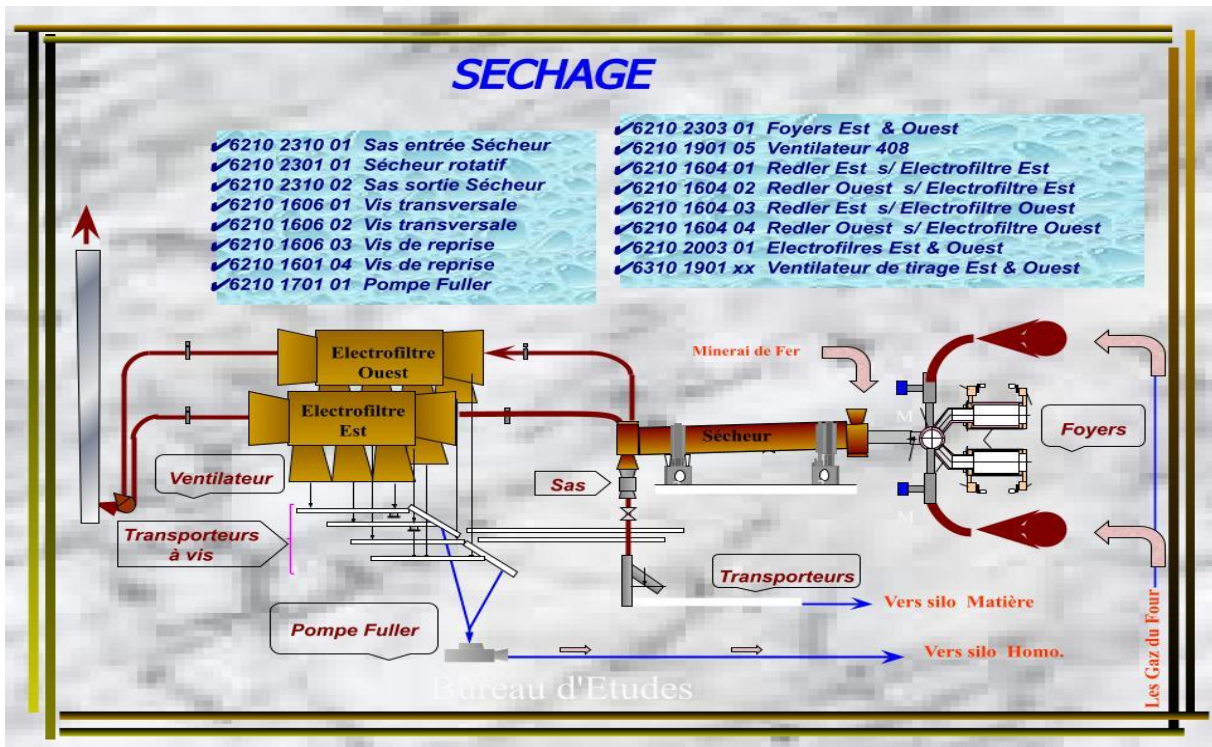


Figure 2.9 : Schéma représente le processus de séchage des roches minérales.

L'étape de séchage dans la production de ciment est cruciale pour réduire l'humidité du clinker après la cuisson. Cela optimise l'efficacité du broyage et du stockage, prévient la formation de grumeaux et améliore la résistance du produit final, assurant ainsi sa qualité conforme aux normes de l'industrie de la construction.

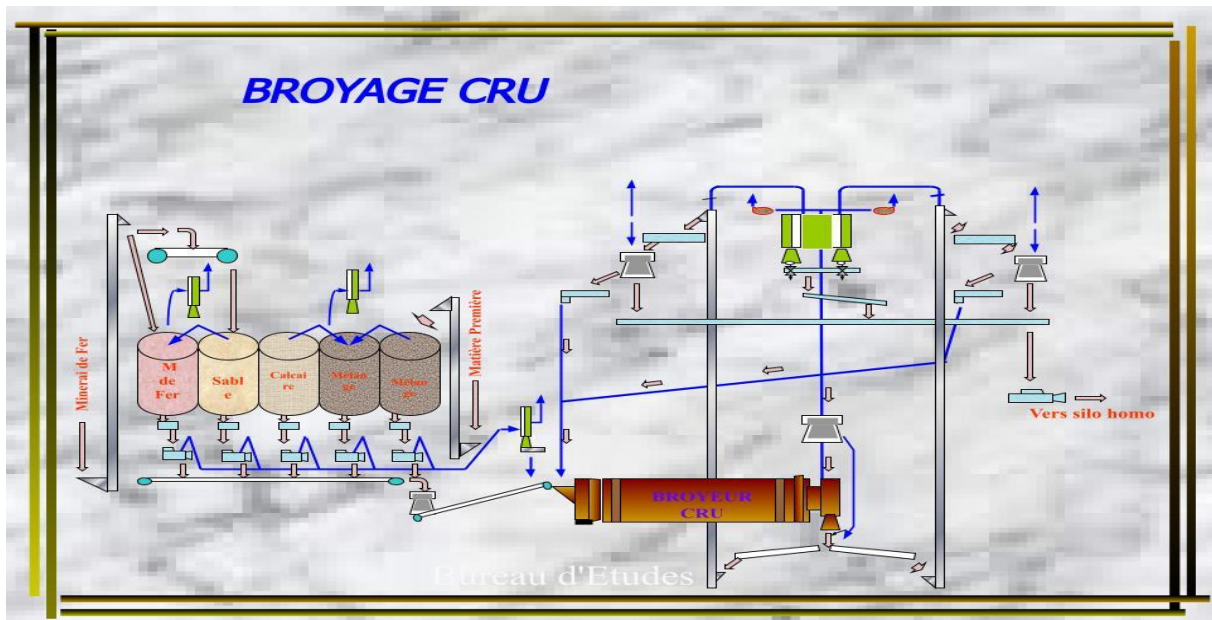


Figure 2.10 : Schéma représente le processus de broyage cru des roches minérales.

2.7 Homogénéisation

Une fois finement broyée, la farine crue subit un brassage intensif dans des silos d'homogénéisation afin d'atteindre une composition chimique et physique spécifique, aussi uniforme que possible. La stabilité du four pendant la cuisson et la qualité du clinker produit dépendent largement de cette régularité.



Figure 2.11 : L'homogénéisation de la farine crue.

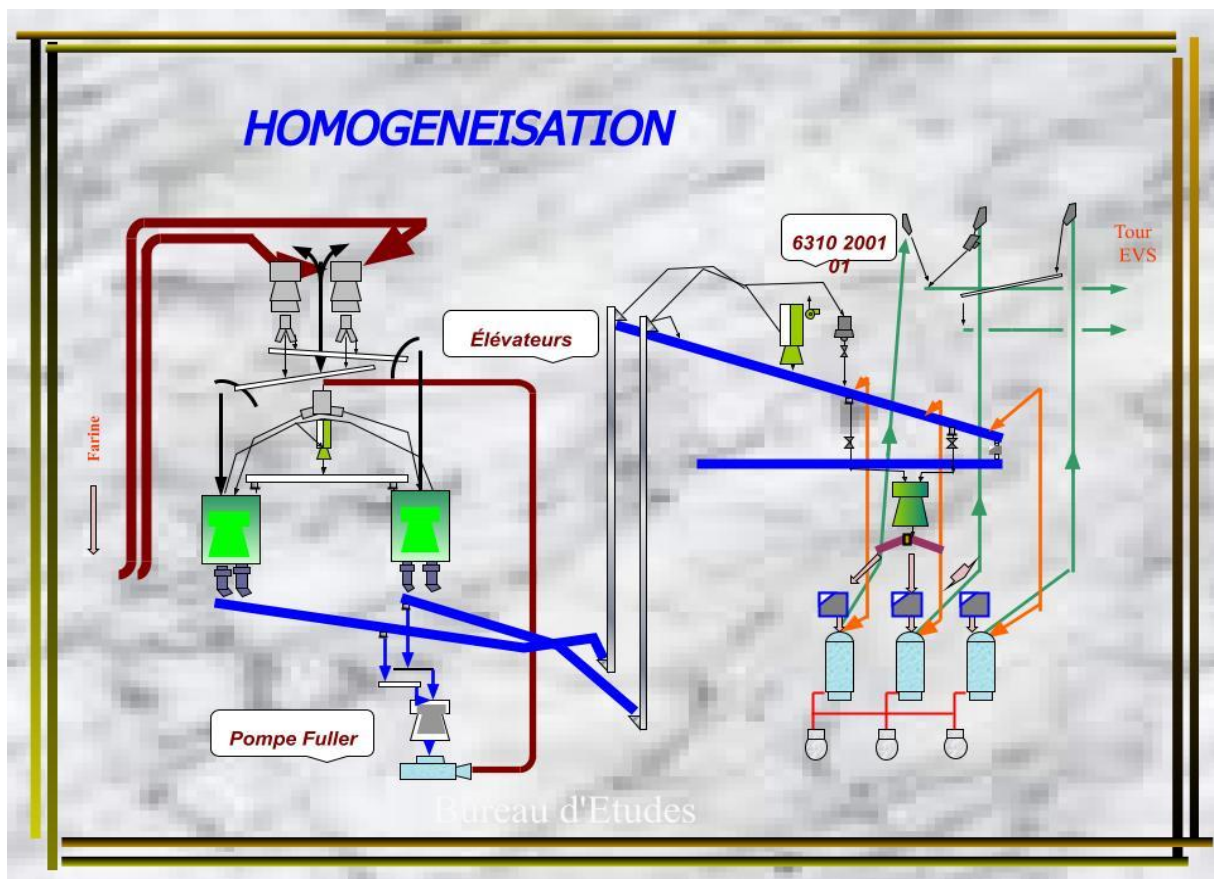


Figure 2.12 : Schéma représente le processus d'homogénéisation de la farine crue.

2.8 Cuisson

La farine est chauffée à une température de 1 450°C sous une flamme atteignant jusqu'à 2000°C, dans un four rotatif équipé de briques réfractaires, qui fonctionne de manière continue, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. La flamme de cuisson est générée par une tuyère hautement technologique où les combustibles sont injectés. Ces combustibles peuvent être d'origine fossile tels que le charbon, mais sont de plus en plus remplacés par des combustibles de substitution tels que la biomasse, les déchets solides et liquides (comme les pneus, les farines animales, les boues de stations d'épuration, les noyaux d'olives, etc.). Le four est le lieu où se déroule une série de réactions chimiques au sein de la matière en fusion, conduisant à la formation des combinaisons moléculaires nécessaires à la production de clinker.



Figure 2.13 : La cuisson de la farine.

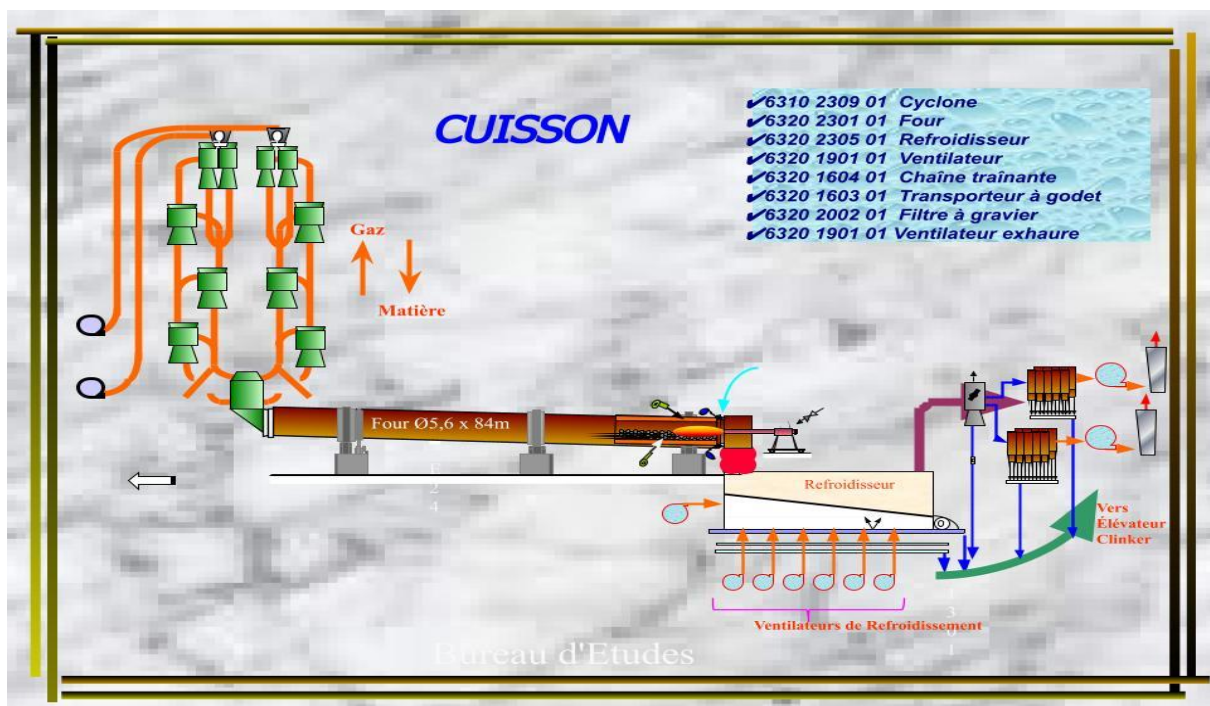


Figure 2.14 : Schéma représente le processus de cuisson de la farine.

2.9 Refroidissement et stockage du clinker

Une fois en fusion, le mélange est rapidement refroidi par soufflage d'air, un processus connu sous le nom de trempe, afin d'atteindre la structure cristalline adéquate pour les propriétés hydrauliques du clinker. Une fois refroidi en granules de quelques centimètres, le clinker est finalement abaissé à une température d'environ 100°C et transféré dans le hall de stockage.

Les refroidisseurs les plus performants permettent de récupérer et de réutiliser jusqu'à trois quarts de l'énergie thermique, ce qui est utilisé pour préchauffer la farine crue. Cette pratique améliore significativement l'empreinte environnementale du produit. Le clinker refroidi à 100°C est ensuite transporté et entreposé dans un hall de stockage de plusieurs dizaines de milliers de tonnes, assurant ainsi une continuité de la production de ciment, même lors des arrêts de la ligne de cuisson pour maintenance annuelle, par exemple.



Figure 2.15 : Refroidissement et stockage de clinker.

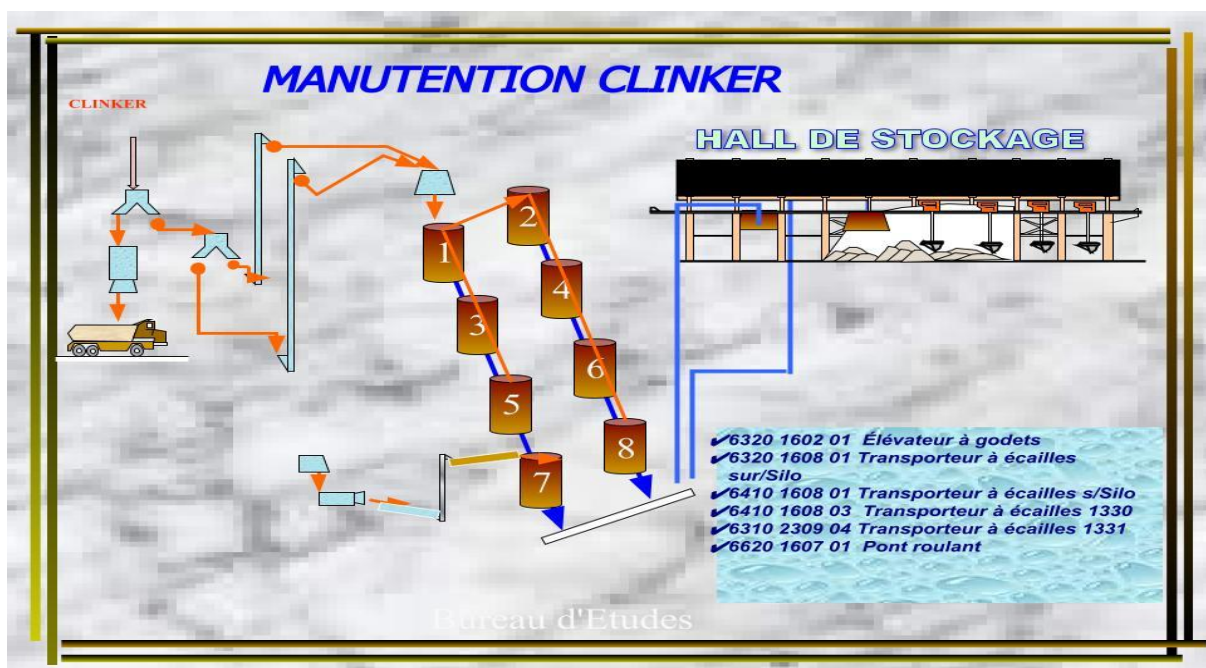


Figure 2.16 : Schéma représente le refroidissement et le stockage du clinker au niveau du hall.

2.10 Broyage

Le clinker est d'abord broyé avec du gypse, qui agit comme régulateur de prise, ainsi qu'avec un ou plusieurs autres constituants principaux en dehors du clinker : des matériaux naturels tels que les fillers calcaires ou les pouzzolanes, ou des matériaux de valorisation industrielle tels que les laitiers de haut fourneau ou les cendres. Les proportions sont déterminées conformément à la norme algérienne des ciments courants, NA 442. D'autres additifs éventuels, préalablement séchés si nécessaire, peuvent être mélangés, ainsi que des agents de broyage, appelés agents de mouture. Le mélange broyé est ensuite dirigé vers un séparateur de particules qui produit une poudre fine de ciment, caractérisée par une distribution granululaire ciblée et uniforme.



Figure 2.17 : Broyage du clinker.

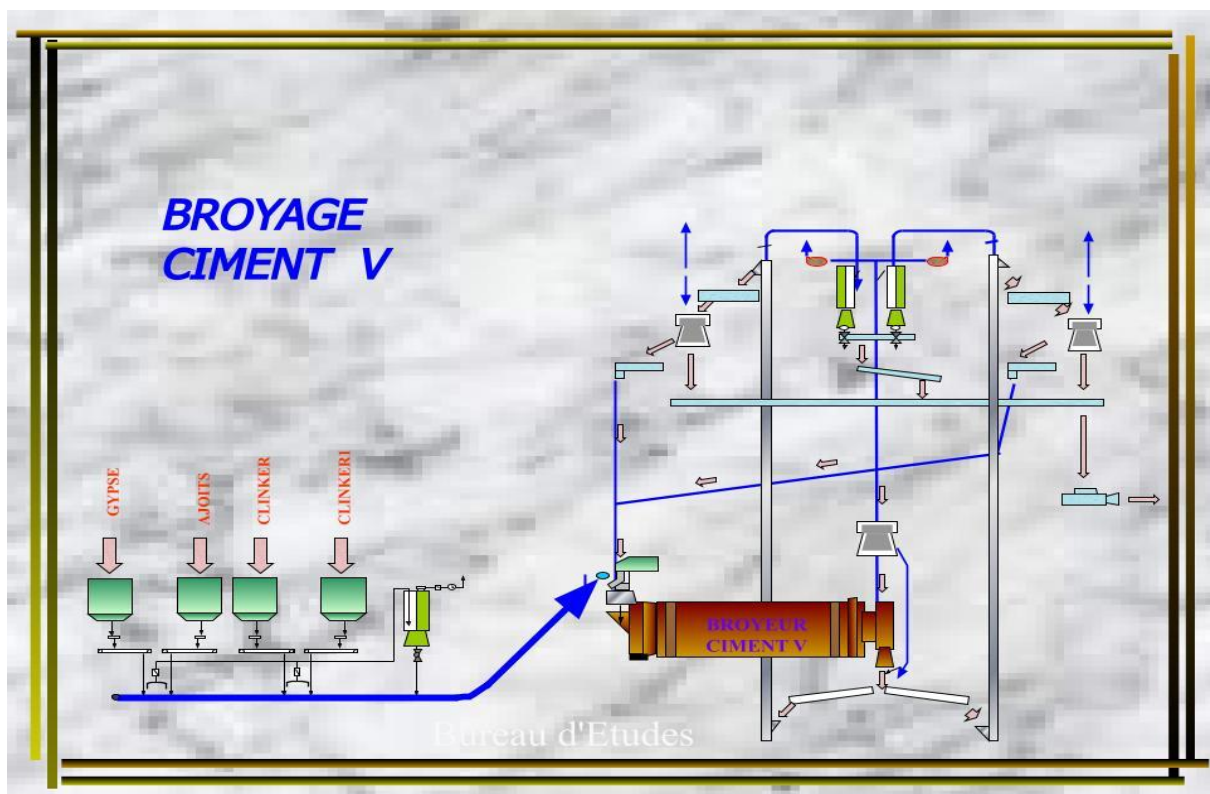


Figure 2.18 : Schéma représente le broyage de ciment.

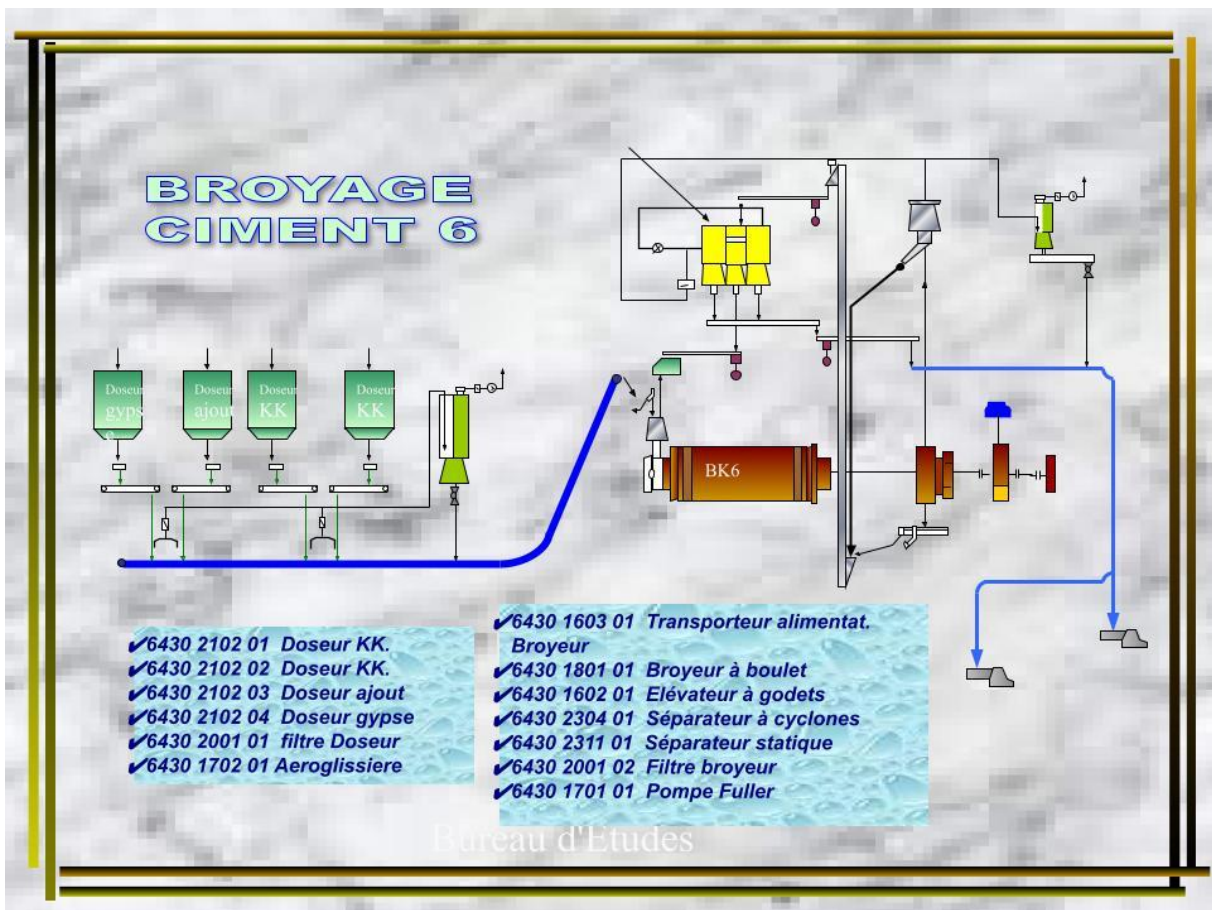


Figure2.19 : Schéma représente le broyage de ciment.

2.11 Expédition

À la sortie du broyeur, le ciment est dirigé vers des silos de stockage, où il peut être ensaché ou expédié en vrac. L'usine SCIBS ne prend pas en charge la livraison du ciment ; celle-ci est donc gérée par les clients eux-mêmes.



Figure 2.20 : Stockage et expédition de ciment.

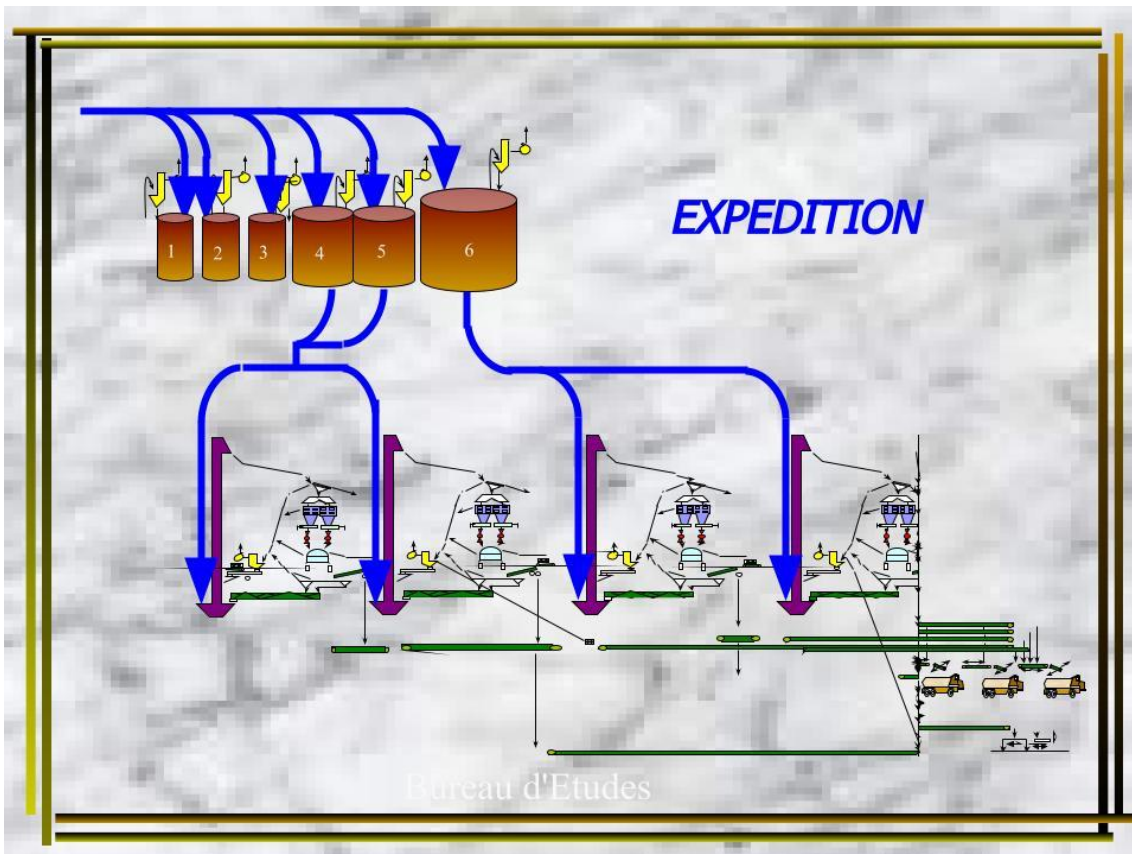


Figure 2.21 : Stockage et expédition de ciment.

3. Cadre Normatif

La SCIBS est certifié au niveau national par la norme NA442 qui définit composition, spécification et critères de conformité des ciments courants donc elle suit ses exigences voilà les exigences de la norme :

3.1 Exigence Mécanique et Physique

Tableau2.1: Extrait de la norme NA442 « exigences mécaniques et physiques ».

| <i>Classe de résistance</i> | <i>Résistance à 02 jours En MPa</i> | <i>Résistance à 07 jours En MPa</i> | <i>Résistance à 28 jours En MPa</i> | <i>Temps de début de prise en minute</i> | <i>Stabilité (expansion) en mm</i> |
|-----------------------------|---|---|---|--|--|
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| <i>32.5 L a</i> | -- | ≥ 12.0 | | | |
| <i>32.5 N</i> | -- | ≥ 16.0 | $32.5 \leq R_c \leq 42.5$ | ≥ 75 | ≤ 10 |
| <i>32.5 R</i> | ≥ 10.0 | | | | |
| <i>42.5 L a</i> | -- | ≥ 16.0 | | $42.5 \leq R_c \leq 62.5$ | |
| <i>42.5 N</i> | ≥ 10.0 | -- | ≥ 60 | | ≤ 10 |
| <i>42.5 R</i> | ≥ 20.0 | -- | | | |
| <i>52.5 L a</i> | ≥ 10.0 | -- | $52.5 \leq R_c$ | | |
| <i>52.5 N</i> | ≥ 20.0 | -- | | ≥ 45 | ≤ 10 |
| <i>52.5 R</i> | ≥ 30.0 | -- | | | |

Prenons l'exemple de la première ligne du tableau afin d'expliquer cela donc nous avons la classe 32,5 L qui est ce ciment a une faible teneur donc en 2 jours on a aucun résultat, on obtient des résultats après 7 jours et après 28 jours on obtient une résistance contrôlé (R_c) qui est situé entre la classe 32,5 et 42,5, après on a le début de prise qui se fait au maximum dans 75minutes et on a une stabilité inférieure ou égale a 10mm.

La classe de résistance est exclusivement définie pour les ciments CEM III. En ce qui concerne la chaleur d'hydratation, celle-ci ne doit pas dépasser 270 joules par kilogramme pour les ciments à faible chaleur d'hydratation. Les ciments ordinaires à faible chaleur d'hydratation doivent être clairement identifiés par la notation "LH".

3.2 Exigence chimique

La norme spécifie que la perte au feu et le résidu insoluble de tous les ciments courants de type CEM I et CEM III doivent être inférieurs à 5%. De même, la teneur en chlorures de tous les types de ciments courants doit être inférieure à 0,10%. Les ciments pouzzolaniques de type CEM IV doivent réussir l'essai de pouzzolanité. En ce qui concerne la teneur en sulfate, elle doit être inférieure ou égale à 3,5% pour les ciments courants, et 4% selon le type et la classe de résistance, comme indiqué dans le tableau 4 de la norme.

3.3 Diagramme CTQ

Les CTQ ou Critical to Quality, sont les spécifications essentielles définies par le client, déterminant le niveau précis de qualité requis pour chaque attribut clé du produit ou du service. Cette analyse doit être réalisée en tenant compte du modèle de Kano.

Ce dernier est un outil de gestion de la qualité qui classe les caractéristiques des produits ou services en trois catégories : attracteurs, linéaires et indifférents. Il aide les entreprises à comprendre les attentes des clients et à prioriser leurs efforts de développement pour maximiser la satisfaction client. [32]

Ensuite, il est important de noter que tous les besoins ne sont pas explicitement exprimés par le client. Certains sont implicites, c'est-à-dire qu'ils ne seront pas directement énoncés par le client, tandis que d'autres sont latents, ce qui signifie que le client ne les connaît pas encore ou ne les exprime pas.

Pour élaborer le diagramme CTQ (Critique Pour la Qualité), nous avons utilisé les retours de satisfaction des clients, leurs réclamations, et les conclusions des réunions du comité qualité. Dans le cadre de son processus de benchmarking, la société GICA étudie la qualité des produits de ses concurrents pour définir ses propres objectifs en matière de qualité. Elle a délibérément choisi de se positionner dans la plage moyenne des résultats de ces analyses. [9]

Tableau2.2: Les besoins exigé par le client

| Besoin des clients | Exigences | Caractéristiques mesurables | Spécification CEM I 42.5 N | Spécification CEM I 42.5 N-SR3 |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Besoin des clients | Résistance stable | R 28j perte au feu | 50±2 <5 | 50±2 <3 |
| | Bonne maniabilité | SO3 Début de prise | 2.7 à 3 % 190±10 min | 2 à 2.5% 190±10 min |
| | Finesse | SSB | 2800 à 3400 | 2700 à 3600 |
| | Couleur foncé | Suivi de la blancheur | $\beta=24.5\pm 1$ | $\beta=22.5\pm 1$ |

3.4 Diagramme SIPOC

Le diagramme SIPOC, acronyme anglais de Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer (Fournisseurs, Entrées, Processus, Sorties, Clients), est un outil permettant de synthétiser les différentes composantes d'un processus sous la forme d'un tableau structuré. Il permet aux équipes de visualiser et d'analyser les éléments clés d'un projet d'amélioration des processus avant de commencer leur travail. [31]

Nous avons employé le diagramme SIPOC pour établir les limites du Marco-processus (l'ensemble global des activités nécessaires pour atteindre l'objectif principal du processus)

l'ensemble global des activités ou des étapes nécessaires pour atteindre l'objectif principal du processus, pour récapituler les entrées et sorties, ainsi que pour repérer les fournisseurs et les clients impliqués. [10]

Tableau2.3 : Diagramme SIPOC. [32]

| S : Fournisseur | I : Entré | P : processus | O : Sortie | C : clients |
|------------------------------|----------------------|--|-------------------------------------|--|
| Direction commerciale | Prévision des ventes | Exploitation carrières Concassage Pré homogénéisation Broyage cru et stockage Cuisson et stockage Broyage ciment et stockage Expédition | Rapport de production | Clients Direction commerciale |
| | Moyens et ressources | | Produit finis | |
| Direction Maintenance | Planning d'entretien | | Besoins des entretiens (OT sur SAP) | Direction Maintenance |
| Direction Qualité | Objectifs qualité | | Rapport de la qualité | Direction Production |
| Fournisseur MP | Matières premières | Besoin en MP | Direction Production | |

3.5 VSM

La VSM, ou cartographie de la chaîne de valeur (Value Stream Mapping), est un outil utilisé pour représenter visuellement un processus de production afin de l'analyser. C'est un élément clé du Lean management, une méthodologie Agile visant à maximiser la valeur ajoutée pour le client en éliminant les gaspillages à chaque étape du projet. [24]

La VSM se décompose généralement en quatre étapes :

- Mappage des processus actuels.
- Identification et élimination des gaspillages.
- Mappage des processus optimisés à venir.
- Mise en œuvre de ces processus améliorés.

La cartographie VSM (Value Stream Mappings) illustre à la fois le flux physique et le flux d'information associé à un processus. Dans le cas spécifique de la GICA, nous avons inclus le suivi de la qualité des produits tout au long du processus de production. [11]

4. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons examiné en détail la cimenterie de Béni Saf, en décrivant son fonctionnement et son histoire pour établir une base solide .Nous avons identifié les processus clés de fabrication du ciment et mis en lumière les défis potentiels. Cette analyse prépare le terrain pour le prochain chapitre, où nous aborderons la méthode Lean Six Sigma que nous avons choisie pour améliorer la qualité du ciment produit par l'usine.

CHAPITRE 3 : DEMARCHE DMAIC

1. Introduction :

Le Lean Six Sigma est une méthodologie reconnue pour son efficacité dans l'amélioration continue des processus industriels et des services. Structurée autour de cinq étapes clés, connues sous l'acronyme DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler), cette approche permet d'identifier, de quantifier et d'éliminer les sources de variation et de défauts dans les opérations. Chaque étape joue un rôle crucial, allant de la définition claire des objectifs et des problèmes à la mise en œuvre de solutions innovantes et à la surveillance continue des résultats. Dans cet article, nous explorerons chaque étape de DMAIC, en mettant en lumière leur importance et leur contribution à l'optimisation des processus et à l'amélioration de la qualité des produits.

2. Définir

La première étape de la démarche LSS <<Définir>> consiste à définir et cerner la problématique, mettre les objectifs souhaités par la GICA pour satisfaire les clients, ce qui a déjà été fait dans le chapitre 2.

3. Mesurer

La phase de mesure est la deuxième étape du processus méthodologique d'une démarche DMAIC adoptée au cours de ce projet. la phase de mesure permet d'identifier une source des problèmes par la construction des connaissances sur ce processus tels qu'ils sont en conditions opérationnelles.

Principalement, elle est basée sur la collection des données dans le but de mieux comprendre la manière dont ils fonctionnent les processus, de mieux quantifier ces processus. la phase de mesure contribue à déterminer l'origine principale du problème, obtenir des données fiables sur lesquelles est basée le reste de cette étude et particulièrement l'analyse au cours de la phase suivante.

3.1. Collecte des données

GICA dispose une base de données de qualité qui englobe les différents suivis de la qualité tout au long du procédé de la fabrication, commençant des carrières et des matières premières jusqu'au le produit fini et livré.

Nous avons collecté des données de 3 mois ; février, mars et avril de nos CTQ précédemment définis (**R28**, perte au feu **PF**, SO₃, début de prise **DP**, SSB et le suivi de la blancheur **B**).

Tableau3.1 :Les besoins exigé par le client

| Besoin des clients | Exigences | Caractéristiques mesurables | Spécification CEM I 42.5 N | Spécification CEM I 42.5 N-SR3 |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Besoin des clients | Résistance stable | R 28j perte au feu | 50±2pa <5 | 50±2pa <3 |
| | Bonne maniabilité | SO3 Début de prise | 2.7 à 3 % 190±10 min | 2 à 2.5% 190±10 min |
| | Finesse | SSB | 2800 à 3400 | 2700 à 3600 |
| | Couleur foncé | Suivi de la blancheur | $\beta=24.5\pm 1$ | $\beta=22.5\pm 1$ |

3.2. Calcul de la performance du processus

Afin de calculer la performance du processus nous avons pris les données de trois derniers mois (du 1 janvier au 31 mars 2023) de ciments CEM I42.5 et SR3 , que nous avons analysé avec les appareils au niveau du laboratoire de contrôle qualité et utilisé le logiciel MINITAB version 18. ce dernier représente un outil performant pour le traitement, pour la visualisation et l'analyse statistique des données. il s'avère que le logiciel est particulièrement efficace en soutien de la méthode Six sigma, simple à utiliser comparant au IBM SPSS et disponible sur internet en version <<Free 30-Day Trial>>.

3.2.1 Minitab :

Minitab Statistical Software est capable d'analyser à la fois les données actuelles et historiques pour identifier les tendances, repérer et prédire des schémas, découvrir des relations cachées entre différentes variables, et générer des visualisations attrayantes. Cela permet de relever les défis les plus complexes et de répondre aux situations les plus exigeantes avec précision et efficacité. [12]

3.2.2 IBM SPSS :

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. C'est aussi le nom de la société qui le revend (SPSS Inc.). En 2009, la compagnie décide de changer le nom de ses produits en PASW.

Pour évaluer les hypothèses d'une analyse de capabilité normale et pour étudier les indices de capabilité les plus importants nous avons utilisé la commande Analyse Capability Sixpack normale. Cette analyse permet de réaliser les tâches suivantes :

- Définir si le procédé est stable et maîtrisé.
- Définir si les données suivent une loi normale.
- Calculer la capabilité globale (Pp, Ppk) et potentielle (Cp, Cpk). [13]

3.2.3 Test de la normalité

Minitab fait le test d'équation avec une loi Normale basée sur deux points les estimateurs de la moyenne et l'écart-type de l'échantillon.

Si Les points de données sont proches de la ligne de distribution normale ajustée. La valeur de p est supérieure par rapport le seuil de signification de 0,05. Donc, les données suivent une loi de distribution normale. Si ce n'est pas le cas probablement c'est le signe qu'un ou plusieurs dérèglages importants se sont produits au cours de la production.

3.2.4 Performance du processus –long terme Pp et Ppk

Les indicateurs Pp, Ppk, Ppm sont des indicateurs de performance calculés à partir de la dispersion long terme. [27]

On a donc :

$$P_p = \frac{\text{intervalle de tolérance}}{\text{dispersion long terme}} = \frac{IT}{6\sigma_{LT}}$$

$$P_{pk} = \frac{\text{distance}(\text{moyen limite la plus proche})}{\frac{1}{2} \text{dispersion long terme}} = \frac{K\sigma_{LT}}{3\sigma_{LT}}$$

La concentration en **ppm** (parties par million) représente le nombre de parties de soluté dissoute dans un million de parties de solution. Elle peut être exprimée de la façon suivante :

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g} / 1000000 \text{ g} = 1 \text{ g} / 1000 \text{ kg} = 1 \text{ mg} / 1 \text{ kg}$$

Pour ces indicateurs, on considère généralement un procédé performant sur le long

Terme si $P_{pk}, P_p > 1,33$ et $\text{ppm} < 32$.

4. Analyser

La troisième phase du DMAIC est une phase fondamentale reliée à la seconde car elle consiste à l'analyse des données recueillies au cours de l'étape de <mesure>.d'une part, grâce à ces données la ou les sources de problème sont repéré facilement. D'autre part ces données permettent de quantifier l'écart entre la présente situation et la situation souhaitée, notamment par l'intermédiaire des outils graphiques et d'analyse qui permettent de mettre les écarts en évidence.

Cette phase est basée essentiellement sur l'analyse des données dans l'objectif d'identifier les causes racines des dysfonctionnements des CTQ. Elle permetre à découvrir les failles et les possibilités d'amélioration du processus.

Aux cours de cette étape, nous allons faire appel aux différents outils : le diagramme d'ISHIKAWA, les Mudras et une analyse des causes.

4.1. Résultat du calcul

4.1.1. Résistance à la compression à 28 jours

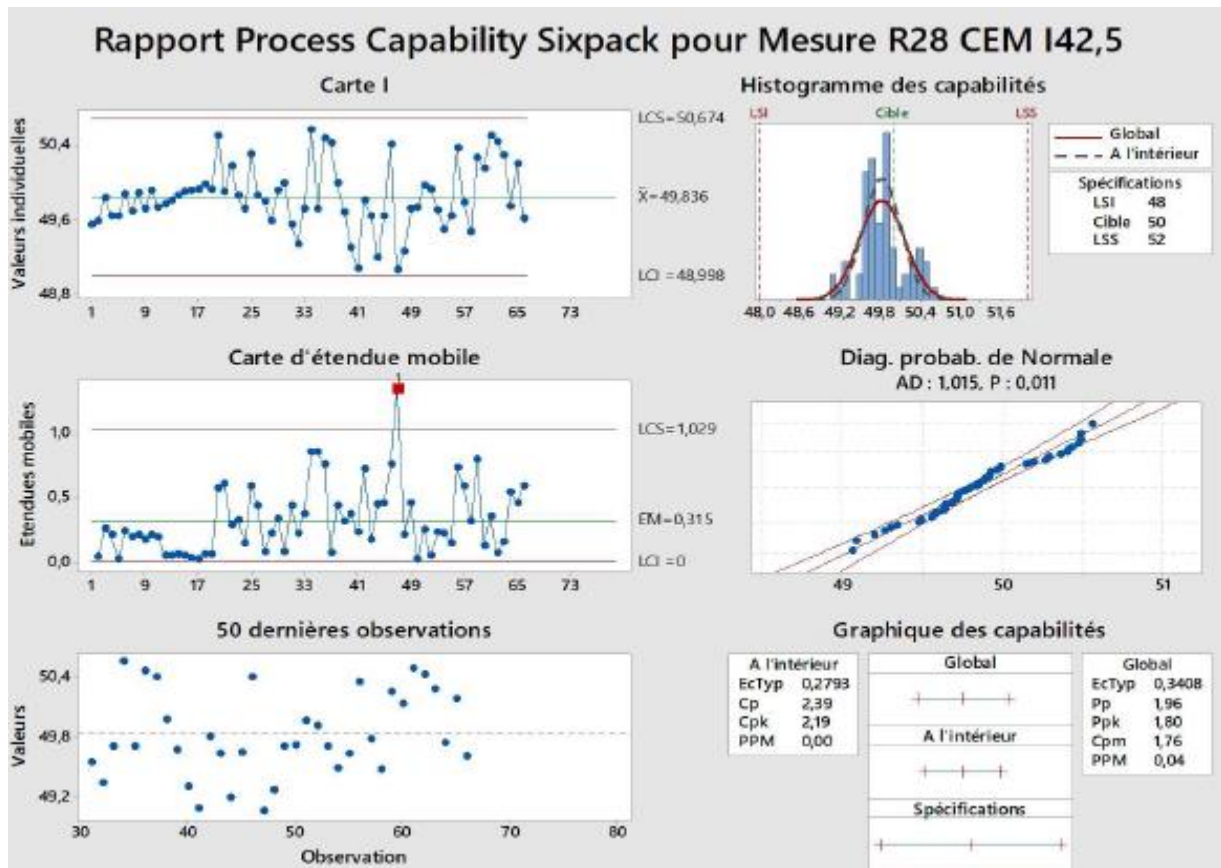


Figure 3.1: Résultat de calcul de la résistance a la compression à 28 jours CEM I42.5.

Interprétations :

Carte de contrôle :

Cela signifie que notre processus est en bon contrôle. Sur le graphique, la plupart des points se trouvent là où on s'attend à les voir, ce qui est une bonne nouvelle.

Capabilité :

Cela nous dit que notre processus fonctionne bien et qu'il peut produire des choses comme prévu. Les chiffres indiquent que nous sommes sur la bonne voie.

Le taux de défauts, qui est de 0,00 %, signifie que très peu de produits sortent des limites de ce qui est acceptable. C'est une bonne indication de la qualité de notre travail.

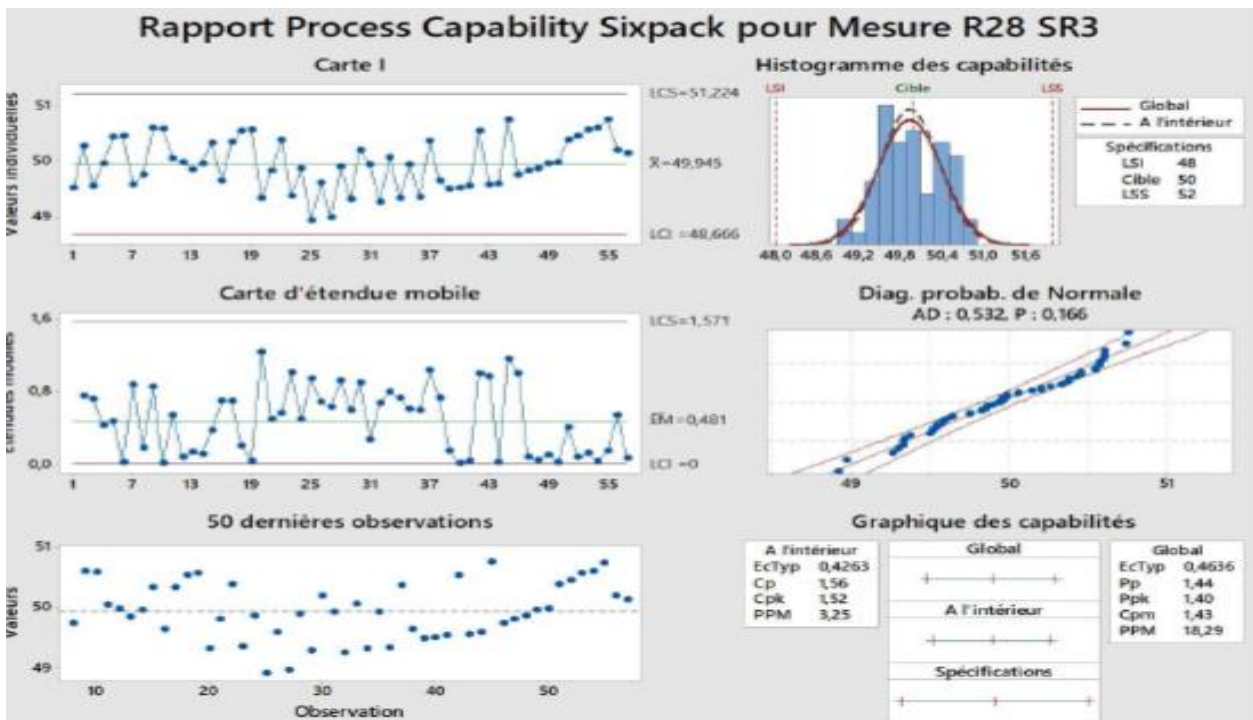


Figure 3.2 : Résultat de calcul de la résistance a la compression à 28 jours SR3.

Interprétations :

Normalité :

Cela veut dire que la moyenne de notre processus est proche de notre objectif.

Carte de contrôle :

Cela signifie que notre processus est bien contrôlé. La plupart des points sur le graphique sont là où ils devraient être, ce qui est rassurant.

Capabilité :

Les indices Pp=1.44 et Ppk=1.40 sont supérieurs à 1.33, ce qui indique que notre processus fonctionne bien et peut produire ce que nous attendons.

Le taux de défauts de 0,00 % signifie que très peu de produits ne répondent pas à nos normes. C'est une excellente nouvelle pour la qualité de notre travail.

4.1.2. Perte au feu

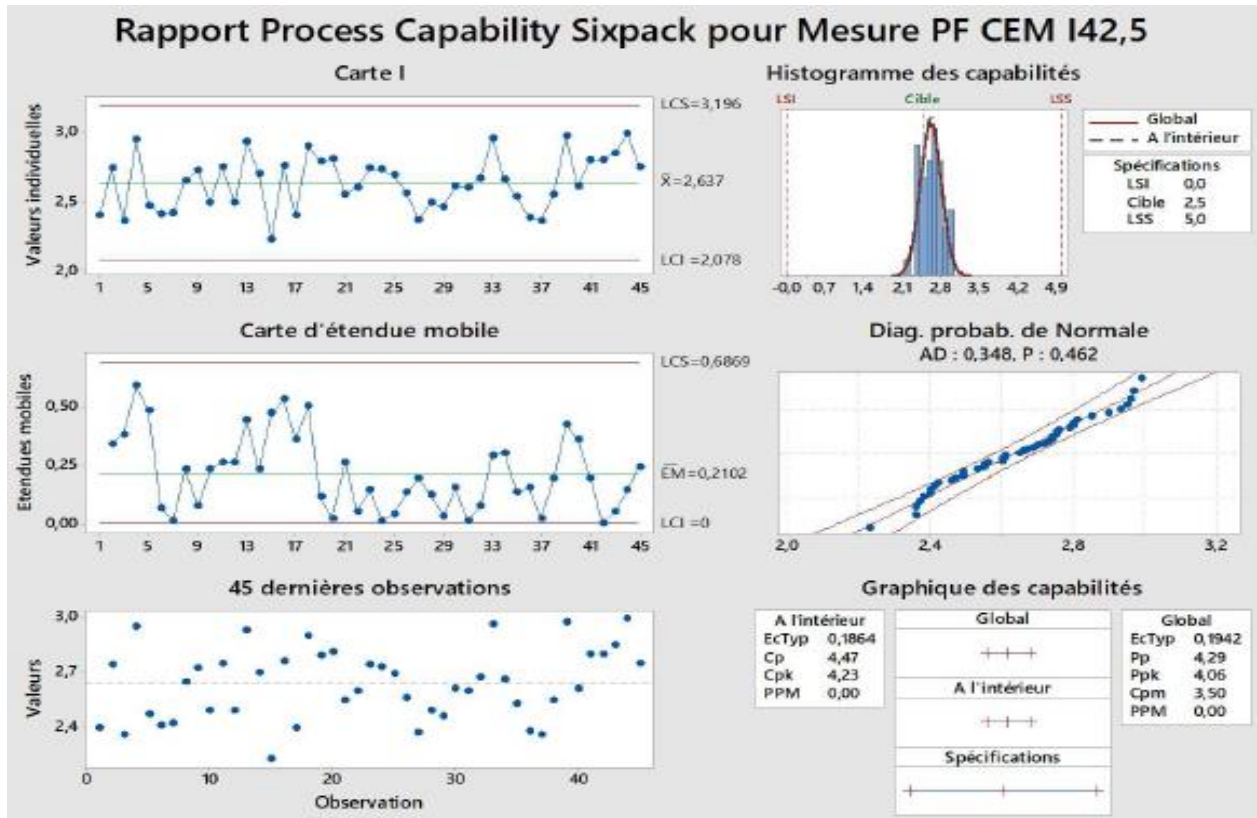


Figure 3.3 : Résultat de calcul perte au feu CEM I42.5.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela signifie que la moyenne du processus ne diffère pas de manière significative de l'objectif fixé.

Carte de contrôle :

La stabilité de la moyenne et de la variation du processus est confirmée. Aucun point ne se situe en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

$Pp = 4.29$, ce qui est supérieur à 1.33, et $Ppk = 4.06$, également supérieur à 1.33. Cette situation indique que le processus est stable et capable. Le taux de défauts, actuellement à 0,00 %, permet d'évaluer le pourcentage de produits issus du processus se situant en dehors des limites de spécification.

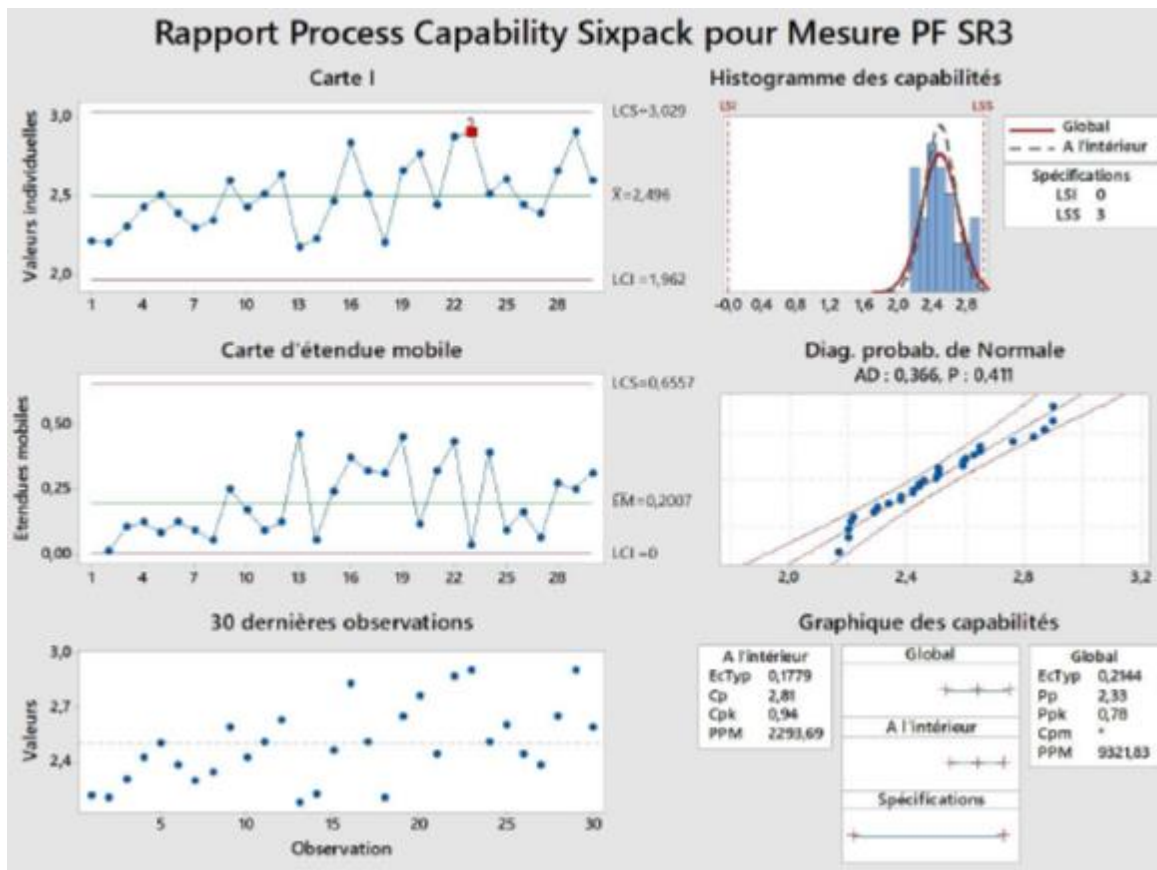


Figure 3.4: Résultat de calcul perte au feu SR3.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P_{pm} > 0,05$, cela indique que la différence entre la moyenne du processus et la valeur cible n'est pas statistiquement significative.

Carte de contrôle :

La stabilité de la moyenne et de la variation du processus est confirmée, avec aucun point en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

Avec $P_p = 2,33$ (supérieur à 1,33) et $P_{pk} = 0,78$ (inférieur à 1,33), il est observé une tendance du processus vers la limite supérieure de contrôle, ce qui suggère un problème de centrage.

Le taux de défauts de 0,93 % indique que 0,93 % des produits excèdent les limites de spécification, nécessitant une surveillance et des ajustements pour améliorer la qualité du processus.

4.1.3. SO3

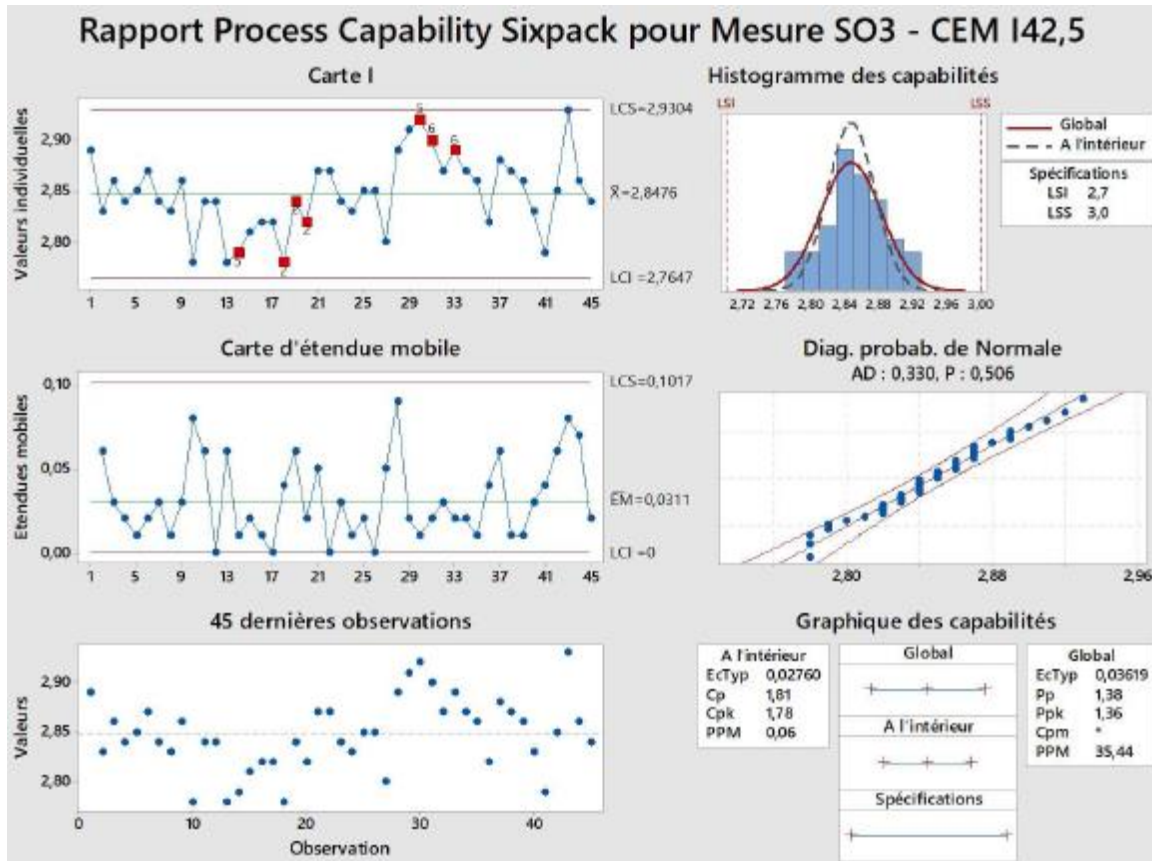


Figure 3.5 : Résultat de calcul de SO3 de CEM I42.5.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque le seuil P est supérieur à 0,05, cela suggère que la moyenne du processus n'est pas significativement différente de l'objectif visé.

Carte de contrôle :

La variation du processus est stable, aucun point ne se situe en dehors des limites de contrôle sur la carte EM. Cependant, il y a une possibilité que la moyenne du processus soit instable, avec 3 points (6,7 %) en dehors des limites de contrôle sur la carte.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 1,38 (supérieur à 1,33) et un indice Ppk de 1,36 (supérieur à 1,33), la situation est considérée comme satisfaisante : le processus est à la fois stable et capable.

Le taux de défauts de 0,00 % indique qu'aucun produit ne dépasse les limites de spécification, ce qui est très positif.

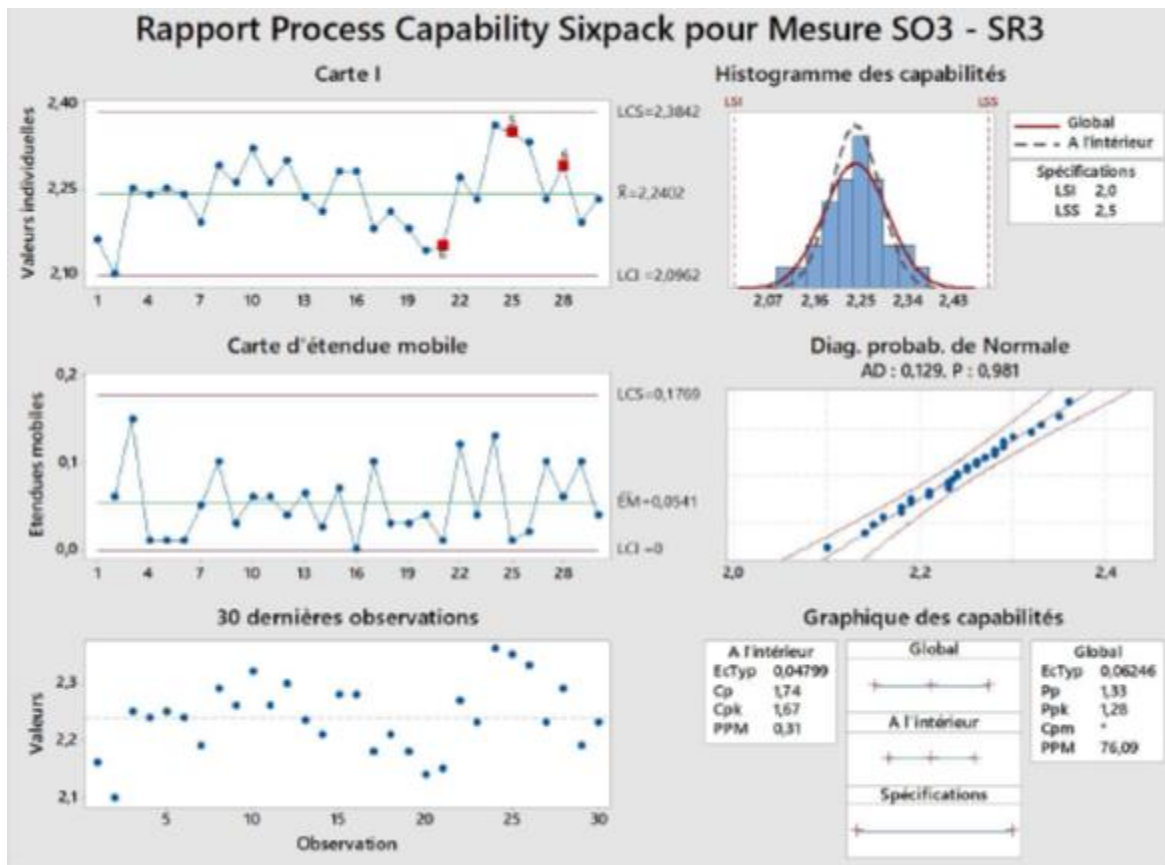


Figure 3.6 : Résultat de calcul de SO3 de SR3.

Interprétations :

Normalité :

Si $P > 0,05$, cela indique que la moyenne du procédé n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

La moyenne et la variation du procédé sont stables. Aucun point ne se situe en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité:

Avec un indice Pp de 1,38 (supérieur à 1,33) et un indice Ppk de 1,28 (inférieur à 1,33), la situation est jugée suffisante : le processus est à la fois stable et capable.

Le taux de défauts de 0,01 % indique que seulement 0,01 % des produits dépassent les limites de spécification, ce qui est favorable mais nécessite tout de même une certaine attention.

4.1.4. Début de prise

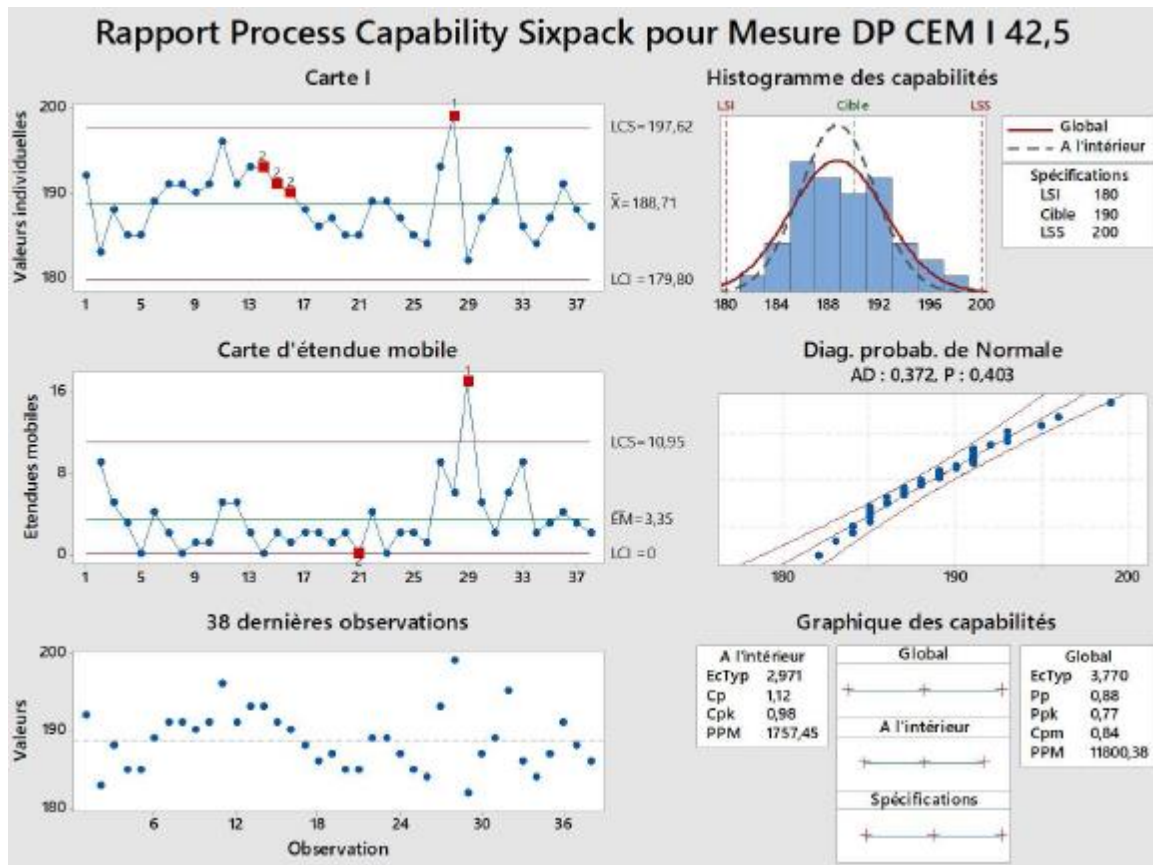


Figure 3.7 : Résultat de calcul de début de prise DE CEM I42.5.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela signifie que la moyenne du processus n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

Il est possible que la moyenne du processus ne soit pas stable, avec 4 points de données (10,5 %) en dehors des limites de contrôle sur la carte I.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 0,88 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,77 (inférieur à 1,33), la situation est considérée comme insuffisante : le processus n'est pas capable.

Le taux de défauts de 1,18 % indique que 1,18 % des produits dépassent les limites de spécification, nécessitant une attention particulière pour améliorer la performance du processus.

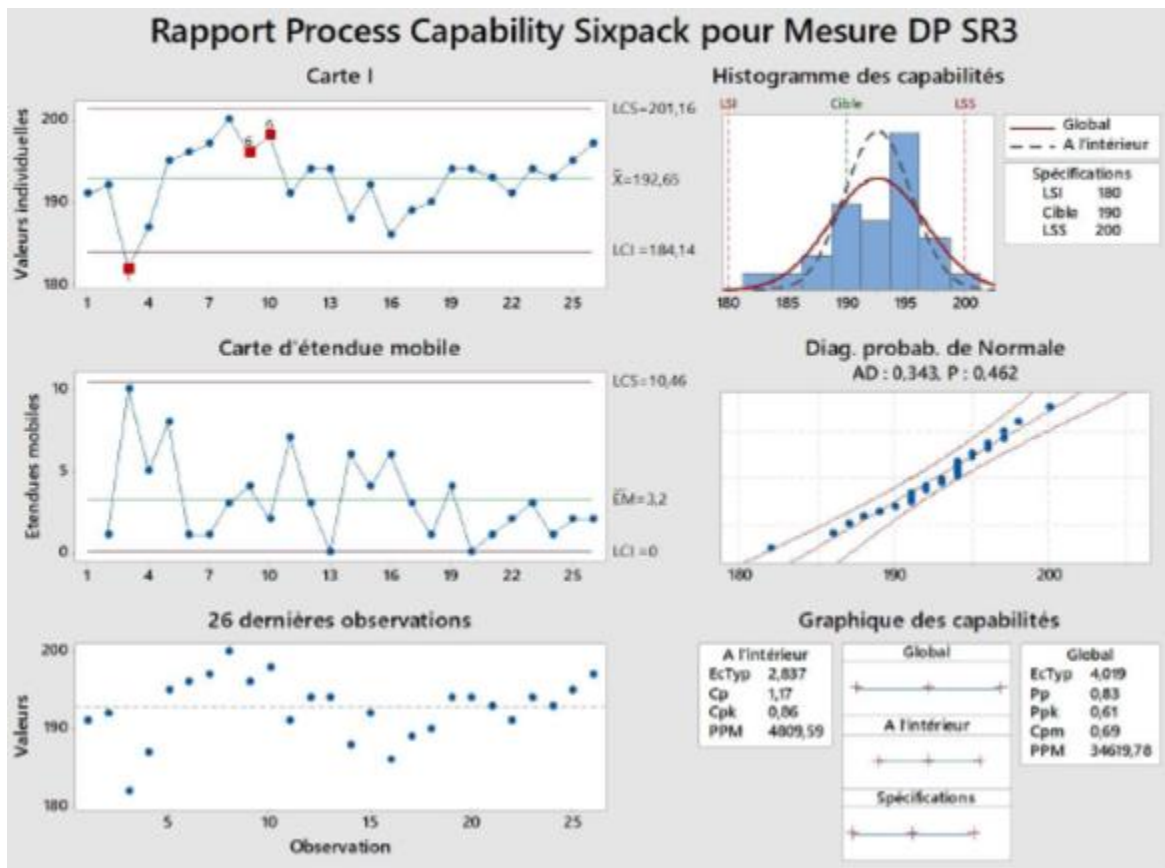


Figure 3.8 : Résultat de calcul de début de prise de SR3.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela indique que la moyenne du procédé n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

Il est possible que la moyenne du procédé ne soit pas stable, avec 1 point de données (3,8 %) en dehors des limites de contrôle sur la carte I.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 0,83 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,69 (inférieur à 1,33), la situation est considérée comme insuffisante : le processus n'est pas capable.

Le taux de défauts de 3,46 % indique que 3,46 % des produits dépassent les limites de spécification, nécessitant une amélioration du processus pour réduire les défauts.

4.1.5. Surface spécifique de Blaine

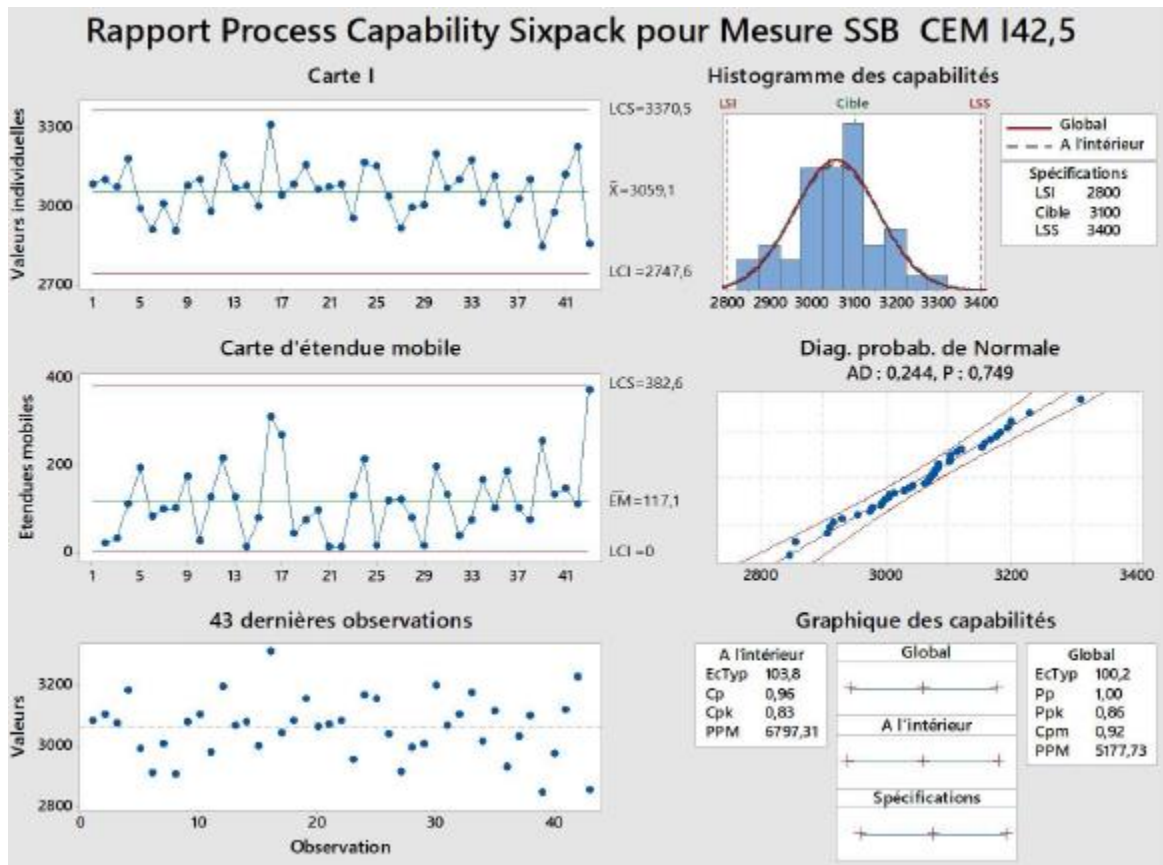


Figure 3.9 : Résultat de calcul de surface spécifique de Blaine de CEM I42.5.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela signifie que la moyenne du procédé n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

La moyenne et la variation du procédé restent stables. Aucun point n'est en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 1 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,86 (inférieur à 1,33), cela indique que le processus n'est pas capable d'atteindre les spécifications. Des améliorations sont nécessaires pour réduire le taux de défauts de 0,52 %.

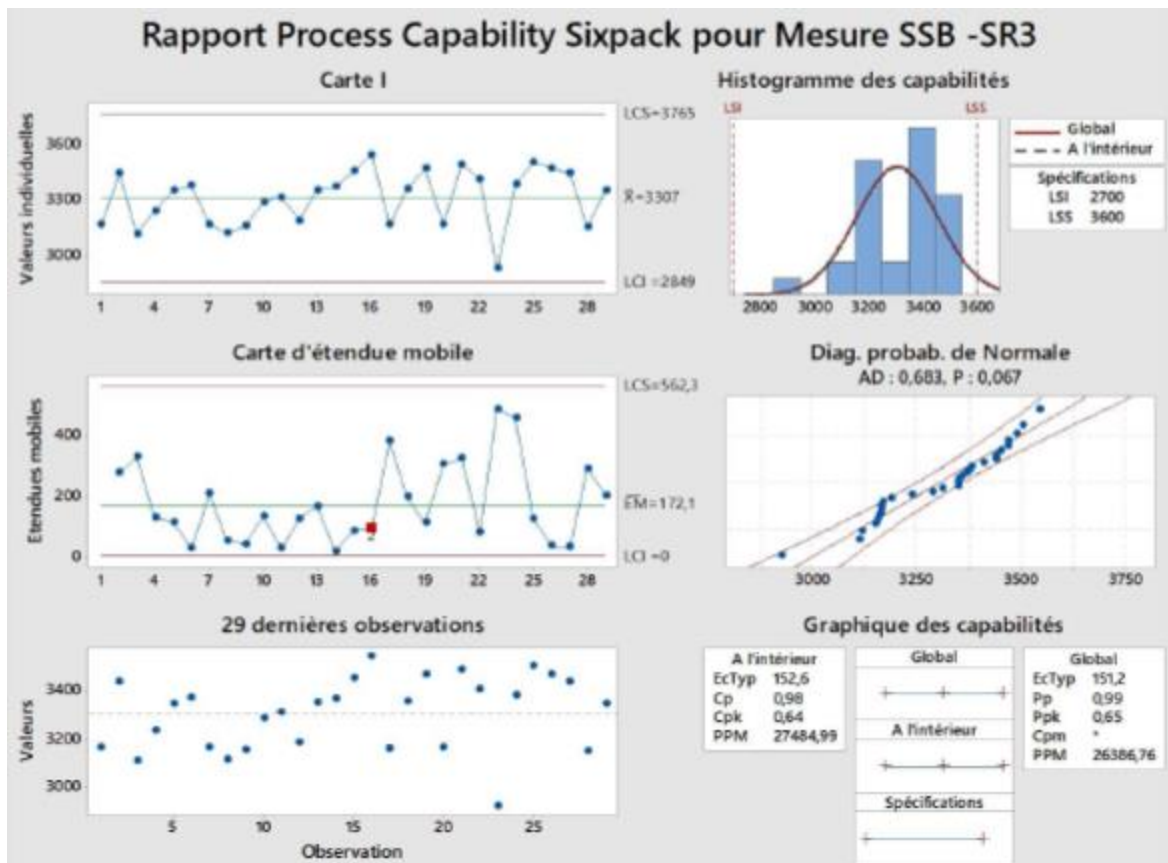


Figure 3.10 : Résultat de calcul de surface spécifique de Blaine de SR3.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela indique que la moyenne du procédé n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

La moyenne et la variation du procédé restent stables. Aucun point n'est en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 0,99 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,65 (inférieur à 1,33), cela indique que le processus n'est pas capable d'atteindre les spécifications. Il y a une tendance vers la limite supérieure de contrôle, suggérant un problème de centrage.

Le taux de défauts de 2,64 % indique que 2,64 % des produits dépassent les limites de spécification, soulignant la nécessité d'améliorer le processus pour réduire ce taux de défauts.

4.1.6. Suivi de la blancheur β

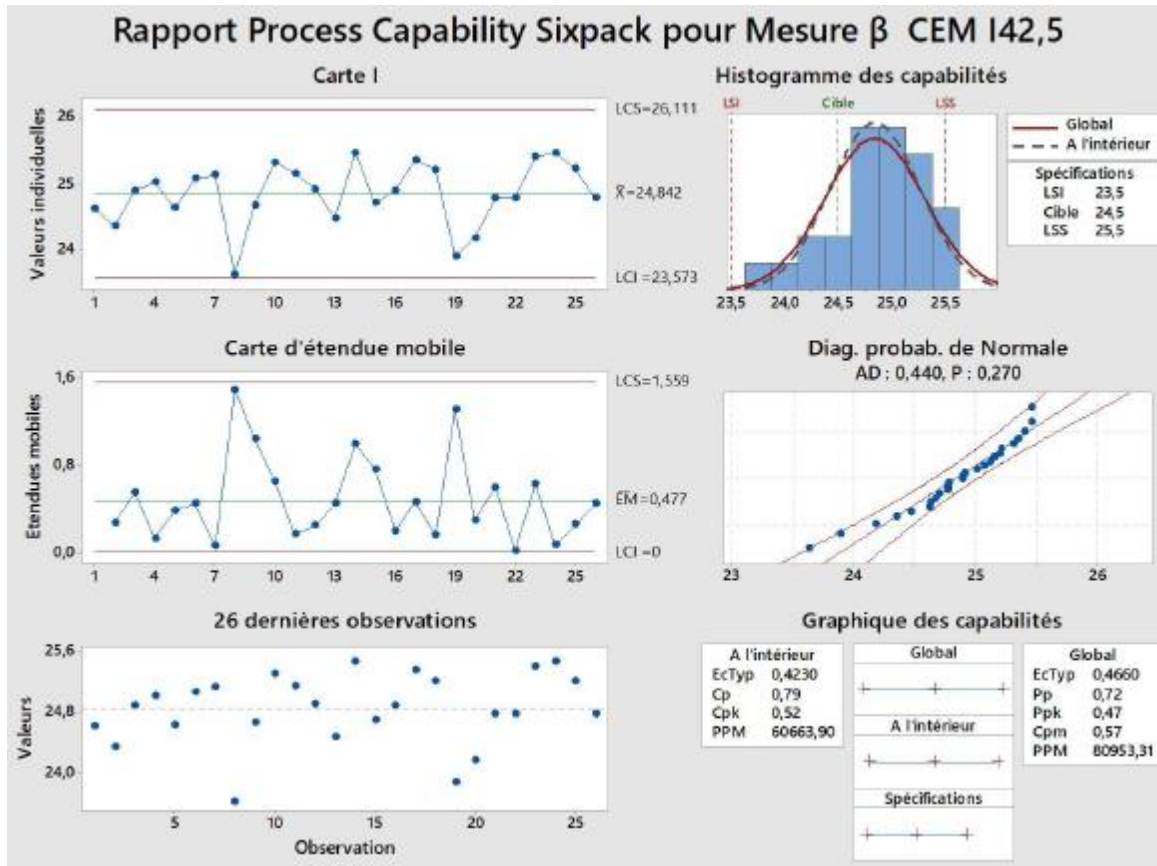


Figure 3.11 : Résultat de calcul de suivi de la blancheur β de CEM I42.5.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela signifie que la moyenne du procédé n'est pas significativement différente de la cible.

Carte de contrôle :

La moyenne et la variation du procédé restent stables. Aucun point n'est en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 0,72 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,47 (inférieur à 1,33), la situation est très insuffisante : le processus n'est pas capable de respecter les spécifications.

Le taux de défauts de 8,10 % indique que 8,10 % des pièces produites dépassent les limites de spécification, soulignant un besoin urgent d'amélioration du processus pour réduire ce taux de défauts.

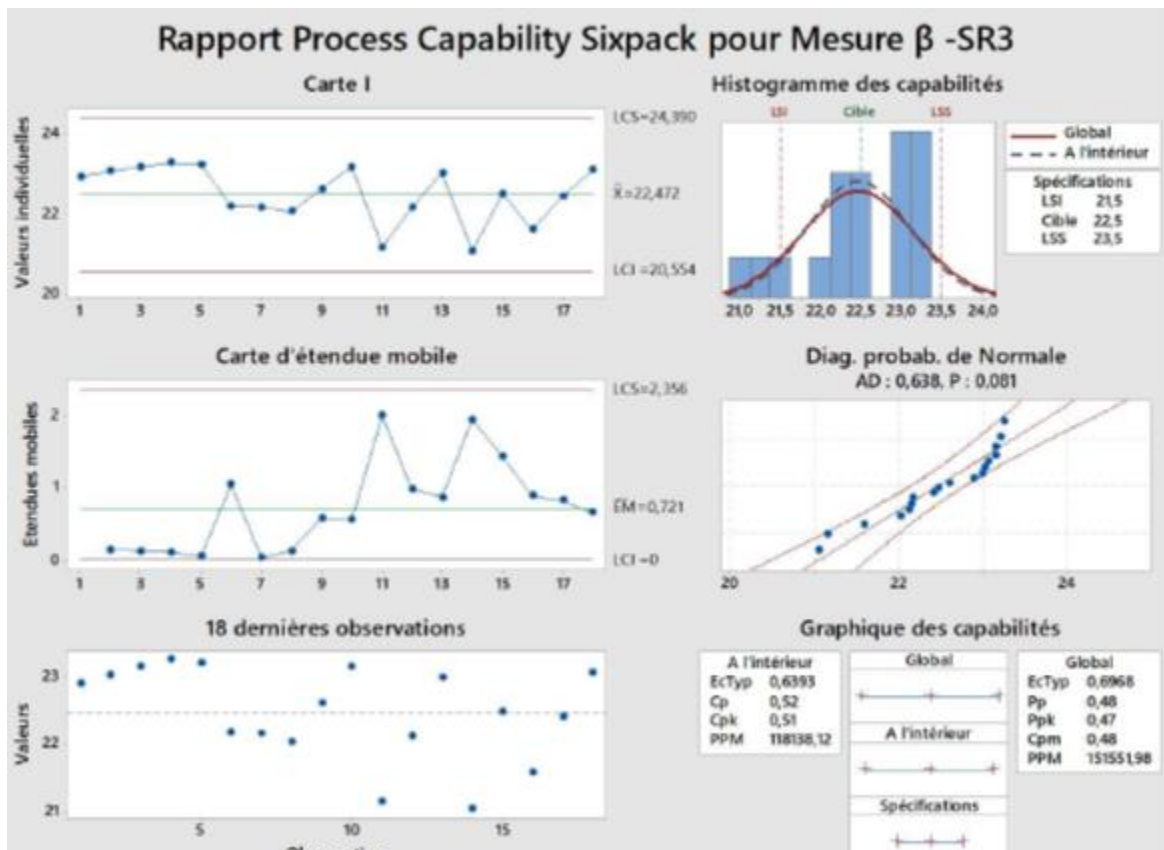


Figure 3.12 : Résultat de calcul de suivi de la blancheur β de SR3.

Interprétations :

Normalité :

Lorsque $P > 0,05$, cela indique que la moyenne du procédé ne diffère pas significativement de la cible.

Carte de contrôle :

La moyenne et la variation du procédé restent stables. Aucun point n'est en dehors des limites de contrôle sur les différentes cartes.

Capabilité :

Avec un indice Pp de 0,48 (inférieur à 1,33) et un indice Ppk de 0,47 (inférieur à 1,33), la situation est très insuffisante : le processus n'est pas capable de respecter les spécifications.

Le taux de défauts de 15,16 % indique que 15,16 % des pièces produites dépassent les limites de spécification, soulignant un besoin urgent d'amélioration du processus pour réduire ce taux de défauts.

4.2. Synthèse et interprétation

Tableau3.2 : L'interprétation des résultats des calculs.

| | CEMI 42.5 | | | SR3 | | |
|---------------------------|---|------|-------------|--|------|---------|
| | PP | PPK | PPM | PP | PPK | PPM |
| R28 | 1.96 | 1.8 | 0.04 | 1.44 | 1.4 | 18.29 |
| | La situation est rassurante : le processus est stable et capable. | | | Situation confortable le processus est stable et capable | | |
| Pert au feu | 4.29 | 4.06 | 0 | 2.33 | 0.78 | 9321.83 |
| | La situation est rassurante : le processus est stable et capable. | | | La situation du processus est préoccupante : il montre une tendance vers la limite supérieure de contrôle, ce qui suggère un problème de centrage. | | |
| SO3 | 1.38 | 1.36 | 35.4 | 1.33 | 1.28 | 76.9 |
| | La situation est rassurante : le processus est stable et capable. | | | La situation est adéquate : le processus est stable et compétent | | |
| Début de prise | 0.88 | 0.77 | 11800 .3 | 0.83 | 0.61 | 34619 |
| | La situation est critique : le processus n'est pas capable. | | | Situation insuffisante le processus n'est pas capable. | | |
| SSB | 1 | 0.86 | 5177 | 0.99 | 0.65 | 26386.7 |
| | La situation est critique : le processus n'est pas capable. | | | Situation insuffisante le processus n'est pas capable. | | |
| Suivi de blancheur | 0.72 | 0.47 | 80953.1 | 0.48 | 0.47 | 151551 |
| | La situation est critique : le processus n'est pas capable. | | | La situation est critique : le processus n'est pas capable. | | |

D'après les résultats des calculs de l'étape de mesure du DMAIC nous avons analysé globalement que le processus de la production est capable mais il n'est pas stable suite aux nombres des :

- $Ppk < 1.33$ (8/12 valeurs)
- $Pp < 1.33$ (6/12 Valeurs)

Le manque de contrôle se présente principalement dans les CTQ : début de prise, SSB, suivi de blancheur. Par conséquent, une analyse minutieuse des causes réelles et potentielles de tous les points détaillés dans les chapitres 1 et 2 est également inévitable pour mieux comprendre l'état des lieux et pouvoir intervenir de manière factuelle dans le but d'ajuster l'écart et l'anomalie constatée.

4.3. Organisation de l'analyse

Pour faire l'analyse des résultats de l'étape de <mesure> et reconnaître les causes racines des dysfonctionnements des CTQ, nous avons tout d'abord fait l'appel à des entretiens individuels avec différents responsables concernés, deuxièmement on a fait des observations de processus de fabrication, dernièrement on a contrôlé les manuels des procédures existants. Ensuite, dont le but d'identifier les causes potentielles et les sources de gaspillage, on a réalisé le diagramme d'Ishikawa et identifier des <Mudas>.

Ces deux derniers ont été choisis et justifié par la capacité de ces deux méthodes associées à réaliser un balayage des différentes sources des causes d'un problème (5M pour l'Ishikawa et 7 Mudass).

Par la suite on a organisé une réunion avec les responsables précédemment entretenus pour la validation du travail réalisé.

Tableau3.3: Composition du groupe de travail.

| Nom et prénom | Fonction |
|--------------------|--------------------------------------|
| Fekih mohamed | Chef département contrôle et qualité |
| Benyakhelaf boucif | Chef département de fabrication |
| Lahdouri toufik | Chef département expédition |
| Bensnoucci rachid | Directeur de production |

4.5. Diagramme ISHIKAWA

Le diagramme est souvent utilisé dans le processus de résolution de problèmes. Après avoir analysé les données d'une situation, le diagramme permet d'identifier l'ensemble des causes possibles ainsi que leurs impacts sur le problème.

Les causes potentielles de tout problème sont regroupées par familles autour des « 5M ». Les 5M du diagramme d'Ishikawa fréquemment utilisés sont : Main-d'œuvre, Matériel, Matière, Méthode et Milieu. [36]

L'analyse ISHIKAWA nous a permis de détecter les principales causes sur lesquelles des mesures peuvent être prises et des améliorations significatives de la qualité peuvent être apportées être enregistré suite aux efforts d'amélioration Continue.

Par ailleurs, l'utilisation des Mudass permet de mettre en évidence un milieu et une méthode qui peuvent eux-mêmes être source de défauts ayant des impacts orientés vers la qualité. [15]

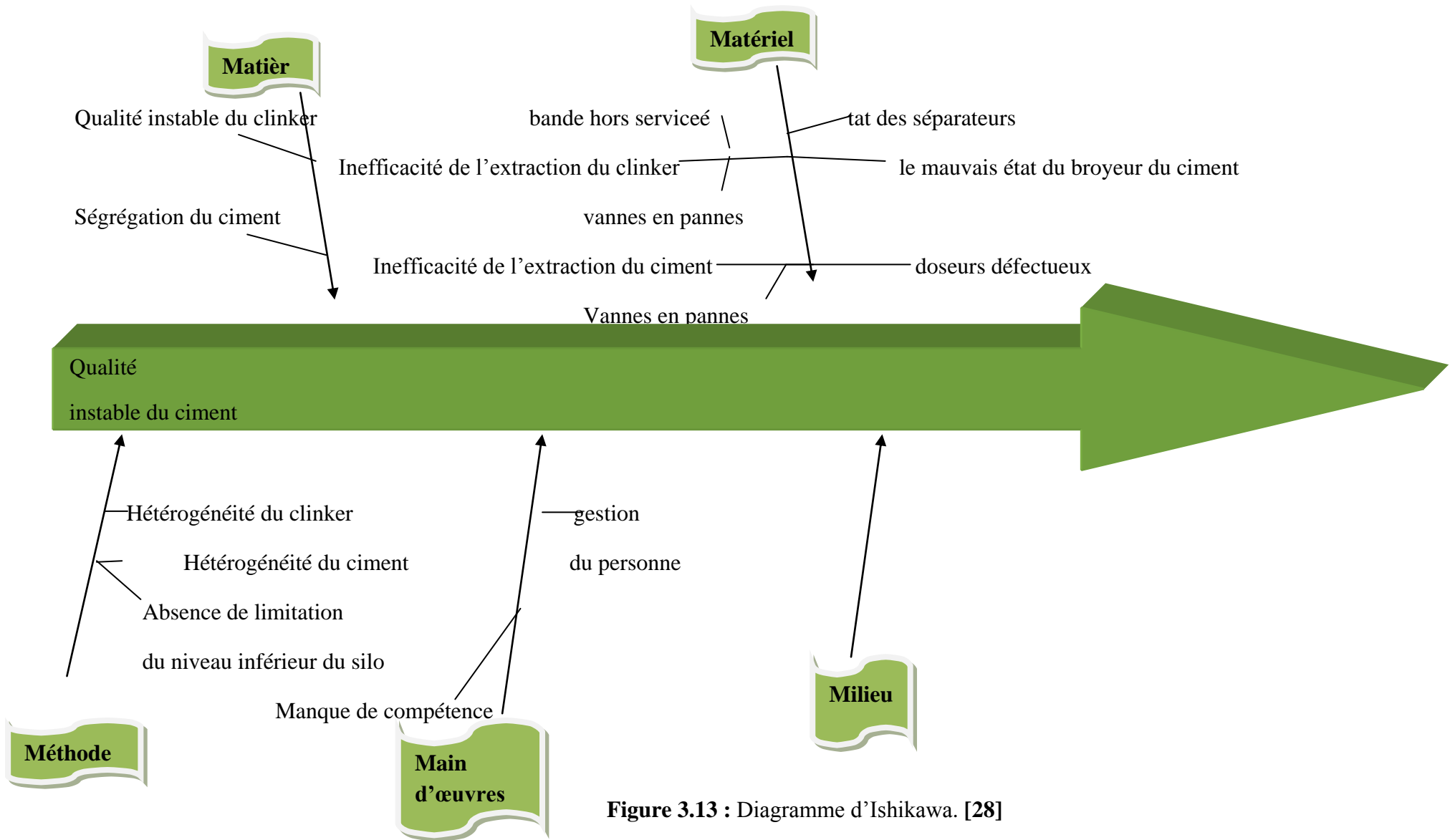


Figure 3.13 : Diagramme d'Ishikawa. [28]

4.6. Mudas processus production de SCIBS

Dans le cadre de notre travail, j'ai identifié trois types de mudas parmi les sept catégories principales dans notre processus de production. Ces mudas, ou gaspillages, sont des éléments clés à comprendre et à éliminer pour optimiser notre efficacité opérationnelle. En analysant ces données à travers un tableau détaillé, nous sommes en mesure de dresser une fiche signalétique précise de notre usine, mettant en lumière les zones critiques où des améliorations sont nécessaires. Ce tableau offre une vue d'ensemble essentielle qui guide nos efforts vers une production plus efficiente et moins sujette aux pertes de ressources.

Tableau3.4: Les Mudas de la cimenterie SCIBS.

| | |
|------------------------|--|
| Sur traitement | La SCIBS en analysant sa production, on a remarqué des opérations qui peuvent être évitées et des employés qui ne sont pas indispensables dans des postes qui peuvent fonctionner et exister avec moins d'employés, c'est du gaspillage. |
| Temps d'attente | Cela est causé par des pannes non planifiées ce qui engendre du gaspillage. |
| Défaut | La SCIBS achète des produits de mauvaise qualité qui sont nécessaires à la fabrication du ciment ce qui engendre des lacunes dans la qualité du ciment. |

4.7. Analyse des causes

Tableau3.5 : Interprétation d'analyse des causes.

| Causes | Analyse |
|------------------|--|
| Matière : | Qualité instable du clinker : le problème pourrait être causé par le four qui ne chauffe pas assez à cause d'une augmentation du %CaO dans le clinker. Cela engendre une diminution du début de prise et de là la détérioration de la qualité du clinker. |

Ségrégation du ciment :

Matériels :

Inefficacité de l'extraction du clinker : soit le vibreur est en panne, ou bien les portes de l'extracteur se coincent et restent ouvertes, soit à cause de la pluie qui vasolidifier le clinker donc il ne pourra pas descendre et reste coincé, et on peut trouver un autre problème qui est la présence d'un corps étranger qui bloque l'extracteur cela provient des employés du labo lors de leur prise de mesure peuvent faire tomber des plaques métalliques ou autres.

Bande en panne : soit la bande est déchirée ou bien déportée cela cause la dispersion de la matière en dehors du silo donc ça engendre du gaspillage.

Vannes en pannes : il existe trois types de vannes, électrovanne telle que la vanne tout ou rien ça se peut qu'elle ne s'ouvre pas à cause d'un problème électrique, vanne à cerveau elle s'ouvre par % le problème de la panne peut venir du cerveau si le cerveau tombe en panne alors la vanne ne s'ouvre pas, vanne manuelle cela peut qu'elle coince et que le personnel ne peut pas l'ouvrir.

Inefficacité de l'extraction du ciment : le problème peut venir des supprimeurs qui mélangent le ciment et le fluidifié et la matière aura des difficultés à descendre, soit une fuite au haut du silo des petites gouttes d'eau qui engendrent de la boue qui va solidifier le ciment et il reste coincé, ou bien présence d'un corps étranger qui peut venir

des employer du labo quand ils viennent prendre des mesures.

L'état des séparateurs : soit le problème est mécanique comme le plateau défectueux, ou bien les diaphragmes en panne.

L'état des broyeurs : problèmes au niveau des plaques de blindage avec le temps elles s'usent ce qui va les rendre incapables de porter les boulets (des boules qui se fragmentent afin de donner des boules de taille plus petites, c'est le principe du broyage) elles deviennent glissantes.

Avec le temps, les boulets aussi s'usent et entraîne la diminution de leurs volumes puisqu'ils n'ont pas eu de nouveaux boulets depuis 3 ans alors lors de leur fragmentation ils ne donnent pas la taille voulue donc ça affecte leur broyage, et aussi la mauvaise qualité des boulets qui est un problème.

Le croisant qui sépare la chambre où il y a les boulets de grande taille de la chambre qui contient les boulets de petite taille, la panne de ce croisant cause le mélange des boulets des deux chambres et cela peut affecter le broyeur et le rendre inefficace, le croisant peut être aussi usé par des chutes de métaux ce qui peut le coincer.

Doseurs défectueux : la bande qui contrôle la vitesse du doseur du clinker peut être déchirée ou elle peut être bloquée.

Par contre dans le doseur du four si le déflecteur qui contrôle la fluidité du ciment et de son débit est en panne toute la chaîne ensuite se bloque ce qui engendre l'arrêt de

| | |
|-------------------------------|---|
| | <p>la production.</p> |
| <p>Mains d'œuvre :</p> | <p>Mauvaise gérance des employés : il y a des postes qui nécessitent un ou deux employés et on lui affecte quatre ou cinq employés par contre le poste qui nécessite des employés en plus on ne lui affecte que deux employés ce qui engendre un surplus à des postes inutiles et un manque dans des postes utiles et importants.</p> <p>Manque de compétence : cela concerne surtout le domaine de maintenance où les employés de maintenance sont incapables de régler un problème surtout s'il vient d'une machine complexe.</p> |
| <p>Milieu :</p> | <p>Le problème le plus fréquent ici c'est le stockage à l'air qui détériore la qualité du ciment mais la SCIBS stocke son ciment dans des hangars fermés et protégés des perturbations extérieures donc au niveau du milieu l'usine n'a aucun problème.</p> |
| <p>Méthodes :</p> | <p>Hétérogénéité du ciment : la matière en quittant le broyeur perd de sa qualité que ce soit au niveau du souffle ou bien de la résistance.</p> <p>La défaillance des supprimeurs donc le ciment n'est pas bien mélangé ce qui nous donne un ciment de mauvaise qualité.</p> <p>Le mauvais contrôle des laboratoires affecte aussi la qualité du ciment, car la marge d'erreur sera plus importante.</p> <p>Absence de limitation du niveau inférieur de la trémie et du silo : l'humidité cause la défaillance des détecteurs de niveau dans les trémies cela ne permet pas de savoir si la</p> |

trémie est remplie ou bien vide.

La défaillance des détecteurs à échos dans les silos pilotes (ce sont des silos qui contiennent des détecteurs à effets sonores).

Cette phase nous a permis d'analyser les données collectées et mesurées au cours de la phase de mesure grâce aux différents outils LEAN que nous avons utilisé.

Nous avons identifié les différentes causes racines des dysfonctionnements des CTQ et nous allons développer, à présent, la quatrième phase de la démarche DMAIC qui constitue l'amélioration en soumettant des actions correctives appropriées et dont l'évaluation de l'efficacité est simple à engager pour confirmer les résultats obtenus et sans pour autant faire une pause pour traiter les subtilités qui peuvent avoir un impact sur la qualité de notre produit à l'excellence de la qualité.

5. INNOVER – AMELIORER

Une fois les causes du problème définies après ces trois premières étapes de l'application de la méthodologie Lean Six Sigma, il est alors nécessaire de passer à la quatrième phase de résolution du problème qui est cruciale et particulièrement complexe. L'objectif de cette étape consiste à améliorer et maîtriser les CTQ on dysfonctionnement. Plusieurs outils peuvent être utilisés au cours de cette étape tel que les matrices de sélection multicritères, les outils d'analyse de risques notamment l'AMDEC. Ainsi que établir des méthodes et des formations déterminer afin d'assurer une reproductibilité des bonnes pratiques.[32]

Durant cette étape nous allons établir un plan d'action afin de mettre en place les solutions proposées par toute l'équipe.

Dans ce chapitre nous avons donc élaboré une AMDEC conçue spécifiquement pour identifier les modes de défaillance d'un produit, d'un procédé ou d'un processus et voir les actions adaptées pour chaque dysfonctionnement.

5.1.AMDEC

Au cours de cette étape on va appliquer la méthode AMDEC aux causes et Mudras préalablement identifiés pour prioriser ceux qui présentent un niveau de risque potentiel et prendre les mesures nécessaires en vue d'empêcher ou réduire impact de ce risque.

5.1.1. Organisation

Après avoir élaboré le diagramme ISHIKAWA, déterminer des Mudras et étudier les causes nous avons organisés des entretiens avec les responsables concernés pour :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production.
- Identifier les actions pouvant éliminer ou du moins réduire l'échec potentiel.

5.1.2. Les barèmes d'évaluation

On définit la criticité (C) qui sera le produit. L'évaluation ce fait selon trois critères principaux : [35]

- La fréquence (F) d'apparition de cette défaillance pour les causes listées.
- La gravité (G) de la défaillance.
- La probabilité (P) de ne pas détecter avec les moyens de surveillance existants ou prévus.

$$C = F \times G \times P$$

Tableau3.6: Résultat d'analyse d'évaluation.

| Cotation | F-fréquence | G-gravité | D-détection |
|----------|-------------------|------------------|--|
| 1 | Jamais ou presque | Sans conséquence | 100 % ou presque |
| 3 | Possible | Mineur | délectable à l'autocontrôle |
| 7 | Souvent | Moyenne | délectable en visuel |
| 10 | toujours | Majeur | Impossible / Défaut signalé par machine avec arrêt |

Après l'étude qui a été faite avec le groupe de travail nous avons fixé un seuil au-dessus duquel une action doit être engagée $C > 100$ ou encore pour assurer une meilleur contrôle des anomalies chaque gravité $G > 7$ une action doit avoir lieu à titre préventif.

5.1.3. Elaboration de l'AMDEC

| Défaillance potentielle | Effet potentiels du défaut | Causes potentiels du défaut | Existence | | | | Prévu | | | Résultat | | | | |
|---|---|--|------------------------------------|----|---|---|-------|--|--------------------|--------------|----|---|---|----|
| | | | Contrôle actuel | G | F | D | C | Action | Responsable | Délai | G | F | D | C' |
| %CAO libre élevé | Mauvaise qualité du ciment | Mauvaise cuisson | Analyse toute les 3h | 7 | 3 | 3 | 63 | | | | | | | |
| vibreur est en panne | Inefficacité de l'extraction du clinker | Un défaut de maintenance | 2 fois /4h | 7 | 7 | 5 | 245 | Organiser une formation amélioré de l'effectif de maintenance | | Fin décembre | 10 | 3 | 3 | 90 |
| les portes de l'extracteur bloqué | Inefficacité de l'extraction du clinker | Un défaut de maintenance | Indication à la salle de contrôle | 7 | 7 | 5 | 245 | Organiser une formation amélioré de l'effective de maintenance | | Fin décembre | 10 | 3 | 3 | 90 |
| la dispersion de la matière en dehors du silo | Bande en panne | la bande est déchirer ou bien déporter | Indication à la salle de contrôle | 7 | 7 | 1 | 49 | Une vérification hebdomadaire des bandes | Benyak hlefbou cif | 18 semaines | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Blocage du clinker | Vanne en panne | Problème électrique, cerveau en panne | Indication à la salle de contrôle | 7 | 7 | 3 | 147 | Augmenter la vérification à la salle de contrôle | Bensen oucirac hid | 18 semaines | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Suppresseurs défaillant | Inefficacité de l'extraction du ciment | Manque de contrôle et de maintenance | Vérification après arrêt programmé | 10 | 7 | 5 | 350 | Augmenter la fréquence de surveillance | Benyak hlefbou cif | 15 semaines | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Séparateurs défaut | Mauvaise | plateau | Vérification | 10 | 3 | 7 | 210 | Augmenter le | Benyak | 15 | 1 | 3 | 3 | 90 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---|------------------------------------|----|---|----|-----|--|----------------|---------------|----|---|---|----|
| lant | qualité du ciment | défectueux, les diaphragmes en panne | après arrêt programmé | | | | | nombre de vérification | hlefboucif | semaines | 0 | | | |
| Etat des broyeurs | mauvaise fragmentation des boulets, mauvaise qualité du ciment | Plaque de blindage défaillant, croisant défaillant | Vérification après chaque arrêt | 10 | 7 | 7 | 490 | Acheter des boulets de meilleurs qualité et augmentation de la fréquence de surveillance | Fekihmohamed | 19 semaines | 7 | 3 | 3 | 63 |
| Doseur défectueux | Arrêt de la production | La bande qui contrôle la vitesse du doseur du clinker déchirée ou bloquée, la panne du déflecteur | Indication à la salle de contrôle | 10 | 7 | 3 | 210 | Augmenter la fréquence de surveillance a la salle de contrôle | Bensoucirachid | 12 semaines | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Manque de personnel | Manque d'employer dans certains services, manque d'efficacité | Mauvaise gérance des employer | Aucune initiative | 3 | 3 | 3 | 27 | | | | | | | |
| Manque de compétence | Inefficacité du service de maintenance | Employer incapable de régler un problème de maintenance | Evaluation semestriel des employer | 10 | 3 | 10 | 300 | Demande d'une formation strict qui touche l'effectif lié a la qualité | | Fin septembre | 10 | 3 | 3 | 90 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|----|----|---|-----|---|--------------------|-------------|----|---|---|----|
| | | complexe | | | | | | | | | | | | |
| Hétérogénéité du ciment | Ciment de mauvaise qualité | Suppresseurs défaillant, mauvais contrôle des laboratoires | Contrôle visuel et contrôle au niveau du labo | 7 | 7 | 7 | 343 | Faire des contrôles plus stricts | Fekihm ohamed | 20 semaines | 7 | 3 | 3 | 64 |
| Absence de limitation du niveau inférieure de la trémie et du silo | Débordement ou manque de matière au niveau du silo et trémie | l'humidité qui cause la défaillance des détecteurs de niveau dans les trémies, et la défaillance des détecteurs à échos dans les silos pilotes | Vérification visuel de l'instrumentiste | 10 | 7 | 3 | 210 | Organiser des directives de remplissage des silos | Benyak hlefbou cif | 10 semaines | 10 | 3 | 3 | 90 |
| 1 panne et maintenance non planifié | Arrêt de la production | Inefficacité de la maintenance préventive | Suivie du planning de la maintenance préventive | 7 | 10 | 1 | 70 | | | | | | | |

5.2.Mise en œuvre du plan d'action de L'AMDEC

L'analyse AMDEC nous a permis de mettre en place un ensemble d'actions indispensable et complémentaires pour contrôler l'échec et l'écart développé dans la toute première partie de ce rapport.

5.2.1. Instruction remplissage et extraction des chambres du silo ciment

Dans le but d'assurer la régulation de l'extraction du ciment et la diminution des fluctuations de la qualité du produit livré nous avons installé une instruction pour fixer des limites inférieures pour le remplissage des locaux et garantir la surveillance de l'état des équipements.

Remplissage et extraction des chambres de silo ciments ;

I. Domaine d'application :

Cette instruction s'applique pour les actions de remplissage et extraction de chaque chambre du silo ciment.

II. Responsabilités :

L'opérateur Expédition et l'opérateur salle de contrôle ont la charge de l'application de la présente instruction.

III. Documents de référence :

RAS

IV. Définitions et abréviations :

RAS

V. Documents D'enregistrement :

Journal de poste

Base des données de la qualité

VI. Divers :

RAS

VII. Liste de diffusion :

Directeur Qualité et Environnement

Chef de Division de Production

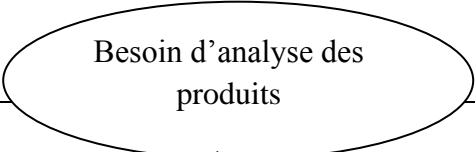
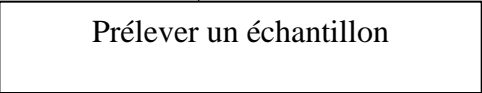
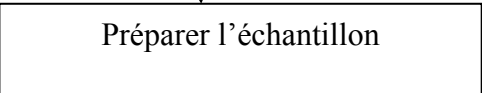

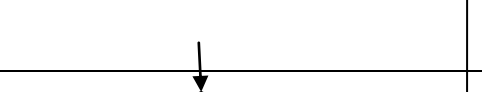
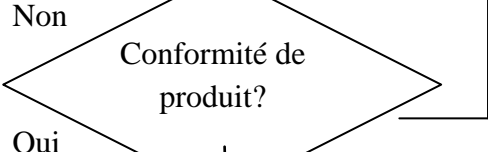
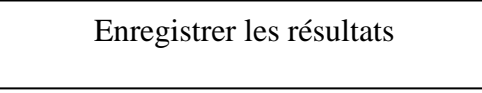
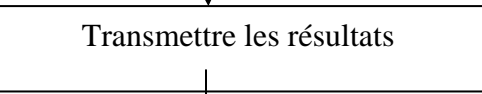
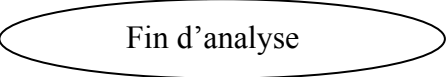
Chef de Service des Expéditions

Chef de Service Contrôle Qualité

Chef de quart

Chef d'équipe des Expéditions

Opérateur salle de contrôle

| QUI ? | Fait Quoi ? | N° | Avec qui ? |
|--|---|----|--|
| |  | 1 | |
| Echantillon |  | 2 | Correspondance interne. Plan contrôle de production NA442 Méthode 42 |
| Contremaitre |  | 3 | Méthode 42 |
| Contremaitre |  | 4 | NA442 Méthode 42 Normes d'analyse |
| Contremaitre |  | 5 | Registre |
| Chef de service Chef de section Contremaitre |  | 6 | Normes NA442/2013 Manuel conduite [] PRD/SMQ 04 FOR/SMQ 05 |
| Chef de service Chef de section Contremaitre |  | 7 | PRD/SMQ 02 IMP/CQU 01 Support informatique |
| Le chef de service contrôle qualité |  | 8 | FOR CQU 02 |
| |  | 9 | |

5.2.2. Instruction chargement et extraction du clinker

Dans le but de l'assurance d'une uniformité dans le chargement et l'extraction du clinker, ainsi que la réduction des variations de la qualité du clinker d'alimentation du broyeur ciment, nous avons instauré une instruction qui détaille les méthodes utilisées pour ces opérations et assure la surveillance de l'état des équipements.

Changement et extraction du clinker :

I. Domaine d'application :

Cette instruction s'applique pour les actions de chargement et extraction su clinker.

II. Responsabilité :

Le chef de quart et l'opérateur salle de contrôle ont la charge de l'application de la présente instruction.

III. Documents de référence :

RAS

IV. Définitions et abréviations :

RAS

V. Documents D'enregistrement :

DPR-CE-03 :check-list atelier ciment

VI. Divers :

RAS

VII. Liste de diffusion :

Directeur Qualité et Environnement

Chef de Division de Production

Chef de Service Contrôle Qualité

Chef de quat

Opérateur salle de contrôle

VIII. Description :

1) Chargement clinker :

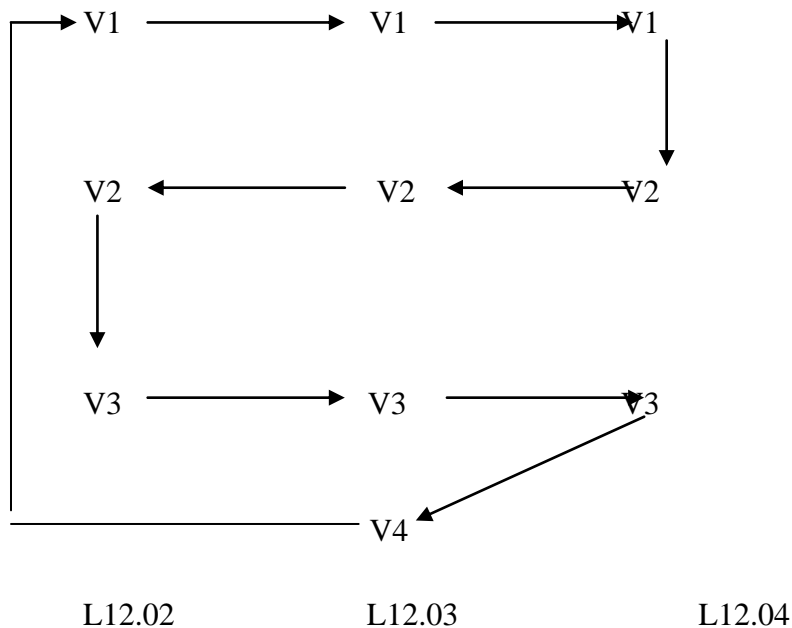
Après la cuisson le clinker à l'aide d'une à godets est transporté hors du refroidisseur vers le stock du clinker.

A la fin de l'opération de stockage, les matériaux sont entassés de manière organisée afin de garantir une répartition homogène.

2) Extraction du clinker du stock :

Le clinker stocké est extrait par dix vannes qui l'envoient vers trois bandes transporteuses.

Les vannes sont déclenchées séquentiellement, une après l'autre selon un plan prédéfini comme monter dans ce schéma :



3) Chargement du clinker du parc a la trémie :

La chargeuse vas faire le tours du tas pour vérifier le bonne homogénéisation, après avoir charger le clinker dans les camions.

Isolation des tas défaillant en termes de qualité.

5.2.3. Autres actions

-Augmentation de la vérification des doseurs

Après une discussion qui a été faite avec le chef service instrumentation au sujet du planning d'étalonnage et de vérification, nous avons pris la décision de passer d'une vérification semestrielle à une autre trimestrielle.une mise à jour du planning a été effectuée.

- Action de formation

Une requête pour une formation spécifique destinée essentiellement aux opérateurs sur le sujet de l'impact du pilotage sur la consommation d'énergie et la qualité de la production cette formation fera partie du programme des formations pour l'année 2020.

- Optimisation de la production

Le comité cout s'occupe de cette action pour étudier l'optimisation de la production selon la tendance et des demandes du marché et pour éviter la surproduction du clinker.

- Vérification du broyeur ciment

Etant donné que la GICA possède un seul broyeur ciment rond, il est primordial de vérifier son rendement, ce qui nécessite une augmentation de la cadence du nettoyage de la grille et une vérification de la charge.

Suite aux chapitres précédents <<mesurer>>et <<analyser>>nous avons pu mettre en placeles mesures correctives nécessaire requise dans ce chapitre afin de résoudre les divers problèmes rencontrés tout au long de ce projet.

Grace à cette analyse et aux mesure prises, ont permis d'améliorer la maitriser de la stabilitédu produit, ce qui sera confirmé dans le chapitre suivant grâce aux mesures de contrôle etde suivi de l'efficacité des actions mises en œuvre.

6. Contrôle

La phase de contrôle et de suivi est la cinquième étape de la démarche DMAIC. Elle survient immédiatement après la phase d'amélioration qui a permis de mettre en place les nouvelles solutions choisies par l'équipe après une étude approfondie de certains.

Dans cette étape, l'audit est effectué à plusieurs reprises pour renforcer les actions entreprises et mener le changement de manière progressive et solide.

6.1.L'audit

Au cours de cette mesure, Une procédure spécifique d'audit a été mise au point afin de pouvoir vérifier les différentes actions et mettre en œuvre des actions correctives nécessaires.

Un rapport d'audit sera présenté assurément le 05 et 06 février 2024 et qui sera interprété par la suite.

6.2.Préparation de l'audit

Pour garantir le bon déroulement de l'audit, nous avons élaboré une liste de contrôles spécifiques pour pouvoir vérifier les actions entreprises au cours de l'étape "améliorer". Par la suite, nous avons pris contact avec des responsables concernés afin de procéder à l'audit.

6.3. Check List de l'audit

| N° | Point a examiner | Document de référence | Situation sur cite | Evaluation | | |
|----|---|---|---|------------|----|----|
| | | | | C | NC | OB |
| 01 | Maitre des documents : Vérifier la présence et l'état des documents Accessibilité Les documents sont ils Mise à jour ? | 12 N006 : Chargement et extraction clinker 12 N007 : Remplissage des chambres du silo ciment 11 P001 : Vérification des équipements 11 G005 : Vérification des doseurs crus et ciments | Disponibilité des manuels des procédures sont disponible dans les points qualités. Négligence du manuel de la salle de contrôle. | | | x |
| 02 | Gestion des enregistrements : Contrôler et vérifier les enregistrements amenant la preuve de la bonne gestion et conformité de l'activité. | 83-1 : Check-list broyeur ciment 16 P014 : Planning étalonnage | Disponibilité de tous les documents | x | | |
| 03 | Ressources | Etablir une formation avancée | Une formation sur le pilotage de la | x | | |

| | | | | | | |
|-----------|---|---|--|----------|----------|--|
| | humaines : Connaitre les besoins en formation des membres du personnel qui ont un rapport avec n'importe quelle activité qui atteint sur la qualité du produit | et la réaliser | consommation énergétique et qualité produit sera mise en œuvre dans les 6 mois à venir | | | |
| 04 | Chargement clinker : Y a-t-il des incuits si oui comment les gérer ? | 12 N006 : Chargement et extraction clinker | Il y a une faible quantité d'incuit qui résulte et on peut mieux la gérer avec un contrôle plus intense au niveau du labo | x | | |
| 05 | Es-que le gerbage est réalisé ? | | Un employé est en stock afin de vérifier régulièrement l'homogénéité du clinker | x | | |
| 06 | Extraction du clinker du stock : Es-que les 10 vannes et 3 bandes sont fonctionnel ? | 83-1 : Check-list broyeur ciment | La check-list indique que les 10 vannes et 3 bandes sont opérationnelles | x | | |
| 07 | L'acheminement de l'extraction du ciment est respecté ? | | Suivie d'un chemin précis pour l'extraction et élaboration d'un pour l'optimiser | x | | |
| 08 | Chargement du clinker du stock vers la trémie | | Il ya un problème avec la chargeuse qui remplit les camions avec un seul tas du clinker ce qui affecte son homogénéisation | | x | |

| | | | | | | |
|-----------|--|--|--|----------|--|--|
| 09 | Remplissage du clinker : Est-ce que le niveau minimum du remplissage est respecté ? | 17 S001 : Remplissage des chambres du silo ciment | Le niveau minimum du remplissage est respecté | x | | |
| | Est-ce que le respect du suivi du niveau minimum est assuré ? | | Intégration du suivi du niveau du silo dans la base des données qualité | x | | |
| | Est-ce que les vannes d'extraction sont vérifiées ? | | La check-list des rondiers indique que les vannes d'extraction sont vérifiées par poste | x | | |
| 10 | Maitrise des dispositifs de mesure et de surveillance : Les dispositifs qui révèlent la conformité du produit sont-ils maîtriser ? Y a-t-il une compatibilité entre l'incertitude de mesure des dispositifs et la mesure requise ? L'étalonnage des | 11 P001 : Vérification des équipements 11 G005 : Vérification des doseurs crus et ciments 16 P014 : Planning étalonnage | Une vérification trimestriel est mise en œuvre pou le planning de vérifications des équipements. La satisfaction des résultats apportés précédemment. | x | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | <p>doseurs est-il appliquer et régler à des intervalles précis ? Y a-t-il des enregistrements des résultats de vérification ? Y a-t-il des évaluations de la validité des résultats de contrôle et d'essai si un dispositif est-t-il en dehors des limites d'utilisation ? Comment gérer une non-conformité d'une mesure ? Y-t-il un respect des plannings de vérification et d'étalonnage ?</p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

C : conforme. **NC** : non-conforme. **OB** : observation (point sensible).

7. Conclusion

Dans cette dernière phase, nous clôturons le processus DMAIC. Si les résultats de ce projet se révèlent satisfaisants, nous envisageons d'élargir l'application des méthodes utilisées à d'autres problématiques. Les observations préliminaires indiquent le succès de notre approche DMAIC et des actions mises en œuvre. Cette analyse nous éclaire sur la possibilité de déployer des solutions similaires pour d'autres défis liés à l'optimisation de la production, au taux de rendement synthétique (TRS) des équipements et au développement des compétences des équipes de travail, considérés comme le huitième type de gaspillage, offrant ainsi de multiples opportunités pour l'amélioration continue.

Conclusion générale

Afin de satisfaire le client, la société SCIBS Béni Saf cherche à lutter contre les variations de la qualité du produit. Mon projet de fin d'études s'inscrit dans cette perspective, contribuant ainsi à la mise en place de la politique d'amélioration continue adoptée par la Direction Générale pour accroître la compétitivité de l'entreprise. Dans ce cadre, s'inscrit ce projet proposé par la cimenterie SOTACIB Béni Saf visant à réduire les réclamations des centrales à béton sur l'instabilité de la qualité du ciment. Il est pour objectif de déterminer les causes de l'instabilité de la qualité du produit tout en utilisant la méthode Lean Six Sigma.

Au cours du premier chapitre, nous avons exposé de manière générale le groupe SCIBS Béni Saf son histoire, ses domaines, ses produits, sa vision stratégique, ainsi que l'organigramme de l'entreprise. Ensuite, nous avons abordé la démarche Lean Six Sigma et la méthode DMAIC que nous avons adoptée tout au long de ce projet. Grâce à cela, nous avons pu identifier notre problématique globale qui a été analysée pour permettre de clarifier notre contexte et résolue dans le présent rapport. Au cours du deuxième chapitre, nous avons examiné la première étape du DMAIC « Définir », qui nous a donné l'opportunité de déterminer les dimensions du projet comme déterminer les objectifs, identifier les parties qui sont concernées par ce projet, et définir les limites du projet et d'analyser sa situation actuelle en comprenant les performances actuelles et en identifiant les causes des problèmes et faire une base à quoi on peut se référer et mesurer nos résultats. La deuxième phase, nous a permis d'évaluer la capacité du processus de production à donner un produit en conformité.

En passant par la phase « Analyser », nous avons identifié les principaux domaines à améliorer tel que la qualité du produit (ciment), la formation du personnel, la gestion des déchets et la maintenance. Cela nous a conduit à prendre des mesures d'amélioration afin de diminuer les imperfections causées par ces éléments (la variabilité de la qualité, le manque de compétences du personnel et de maintenance, mauvaise gestion des déchets, qui peuvent impacter la qualité du produit vers l'excellence de la qualité.

A partir des précédents chapitres « Mesurer » et « Analyser », nous avons pu mettre en place les mesures correctives requises lors de la phase « Améliorer » pour établir un plan d'action afin de mettre en place les solutions de divers problèmes rencontrés au cours de ce projet en citant quelques solutions. On a le contrôle rigoureux et précis des matières premières, mieux former le personnel en organisant des formations continues sur terrain et

évaluer régulièrement les compétences des employé, augmenter les tests de la qualité des produits, mieux gérer et entretenir les équipements liée a la production afin de l'optimiser, . Suite à une telle analyse et actions prises, il a été possible de mieux contrôler les variations de la qualité du produit en réduisant les défauts de plus de 11800,3 par million à moins de 35 ppm.

Après l'application, les observations initiales ont permis de constater un succès dans la démarche entreprise ainsi que les actions mises en œuvre.

Limites et Perspectives :

Il est possible de mettre en place cette approche dans le domaine du contrôle des matières premières afin de réduire les défauts et minimiser les variations de la qualité du produit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Logiciel : <https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/18/>. Consulté le 10 mars 2024

[1] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciment#:~:text=de%20m%C3%A4me%20nature.,D%C3%A9finition,agr%C3%A9gat%20%C2%BB%20ou%20%C2%AB%20granulat%20%C2%BB.>

Consulté le 20 décembre 2023

[2] : <https://www.febelcem.be/fr/ciment-beton/les-differents-ciments>. Consulté le 20 décembre 2023

[3] : <https://leansixsigmafrance.com/blog/la-difference-entre-le-lean-le-six-sigma-et-le-lean-six-sigma>. Consulté le 30 décembre 2023

[4] : http://mbaudin.free.fr/management/6_sigmas/6_sigmas.pdf. Consulté le 30 décembre 2023

[5] : <https://www.skills4all.com/lean-six-sigma-les-avantages-et-les-prerequis/#:~:text=Les%20avantages%20du%20Lean%20Six%20Sigma%20dans%20la%20gestion%20de,une%20livraison%20dans%20les%20d%C3%A9lais>. Consulté le 10 janvier 2024

[6] : <https://industrialconsulting.net/lean-management>. Consulté le 10 janvier 2024

[7] : <https://www.leanenligne.com/blog/boite-outils-qualite-qqoqcp>. Consulté le 10 janvier 2024

[8] : <https://www.gantt.com/fr>. Consulté le 10 janvier 2024

[9] : http://www.definition-qualite.com/critique-pour-la-qualite--ctq-.htm#google_vignette.

[10] : <https://asana.com/fr/resources/sipoc-diagram>. Consulté le 25 janvier 2024

[11] : <https://www.parlonslean.com/la-vsm-ou-value-stream-mapping>. Consulté le 22 janvier 2024

[12] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Minitab>. Consulté le 10 mars 2024

[13] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/SPSS>. Consulté le 10 mars 2024

[14] : <https://www.leblogdudirigeant.com/diagramme-ishikawa>. Consulté le 15 mars 2024

[15] : <https://www.cadremploi.fr/editorial/conseils/conseils-carriere/le-diagramme-dishikawa#:~:text=Outil%20permettant%20de%20synth%C3%A9tiser%20et,r%C3%A9gler%20les%20probl%C3%A8mes%20et%20dysfonctionnements>. Consulté le 16 mars 2024

[16] : <https://safetyculture.com/fr/themes/muda/#:~:text=min%20de%20lecture,Qu'est%2Dce%20que%20le%20Muda%20%3F,ajout%C3%A9%20et%20de%20la%20productivit%C3%A9>. Consulté le 20 mars 2024

[17] : <https://safetyculture.com/fr/themes/muda>. Consulté le 23 mars 2024

[18] : Renault, AMDEC – Norme 9225.1061 – 1993

[19] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Audit>. Consulté le 2 avril 2024

- [20] : <https://www.febelcem.be/fr/ciment-beton/fabrication-du-ciment/#:~:text=Pour%20fabriquer%20du%20ciment%2C%20il,le%20calcaire%20ou%20la%20craie>. Consulté le 4 avril 2024
- [21] : C. LU(2013) .Amélioration continue : Processus pour assurer la qualité du produit. Université de Technologie de Compiègne. Master Qualité et Performance dans les Organisations (QPO).
- [22] Laetitia Fontaine et Romain Anger, Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture, Belin, 2009.
- [23] : Manuel d'entretien de la société algérienne des ciments (S.C.I.B.S.), 1994.
- [24] : HOHMANN, C (2006). Le guide pratique des 5S et du management visuel, Editions d'Organisation. P 3, 20. (Disponible sur Christian.hohmann.free.fr).
- [25] : Pillet Maurice., Six sigma comment s'appliquer, Paris-France, Éditions d'Organisation, 2004.
- [26] : P ILLET M. six sigma comment l'appliquer. Edition d'organisation 2004.
- [27] : Yvon Mouglin. Processus : les outils d'optimisation de la performance. Edition d'organisation.
- [28] : A.-M. Chauvel, Résoudre un problème. Méthodes et outils pour une meilleure qualité, Dunod.
- [29] : Pierre BEDRY. Les basiques du Lean Manufacturing Dans les PMI et ateliers technologiques. EYROLLES. Edition D'organisation.
- [30] : Nicolas Volck. Déployer et exploiter Lean Six Sigma. EYROLLES. Edition D'organisation 2009.
- [31] : Jan Hein Tempelman et Rijk Schildmeijer Lean en pratique. The Lean Six Sigma Company. Décembre 2018.
- [32] : Georges Eckes, Caroline Fréchet, Six Sigma en action, éd. Village Mondial, 2003.
- [33] : Mickael L. George, Lean Six Sigma pour les services, éd. Maxima, 2005.
- [34] : Daniel Duret et Maurice Pillet. Qualité en production De l'ISO 9000 à Six Sigma. Edition D'organisation 3e édition.
- [35] : AFNOR/AFCIQ, Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité – Journée d'étude – Lyon 1990
- [36] : PÉRIGORD M., Les parcours de la qualité. Démarche et outils – AFNOR – 1992.
- [37] : QSE, Guide pratique du Management Qualité Sécurité Environnement – DPE – 2004.
- [38] : Audrey Vallée. la rationalisation des processus par la démarche DMAIC. Campus LEAN.

[39] :Jean-Marc Santi, Stéphane et Mercier, Olivier Arnoud.la boite à outil de la prise de décision. DUNOD.

Annexe :

Les données collectées :

| DATE | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | CaO | MgO | SO3 | K2O | Na2O | CL | PF | CaOL |
|---------|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 1 | week-end | | | | | | | | | | |
| 2 | week-end | | | | | | | | | | |
| 3 | 28,61 | 5,79 | 3,31 | 55,49 | 1,17 | 1,28 | 0,41 | 0,48 | 0,032 | 2,04 | 0,60 |
| 4 | 25,36 | 5,52 | 3,08 | 58,23 | 1,03 | 1,00 | 0,34 | 0,46 | 0,036 | 2,04 | 0,90 |
| 5 | 25,12 | 5,49 | 3,14 | 58,63 | 1,06 | 0,95 | 0,36 | 0,46 | 0,032 | 2,02 | 0,42 |
| 6 | 24,96 | 5,50 | 3,06 | 59,07 | 1,04 | 1,14 | 0,39 | 0,46 | 0,032 | 1,96 | 0,66 |
| 7 | 25,59 | 5,54 | 3,15 | 58,33 | 1,03 | 0,96 | 0,24 | 0,46 | 0,036 | 1,96 | 0,48 |
| 8 | week-end | | | | | | | | | | |
| 9 | week-end | | | | | | | | | | |
| 10 | 24,57 | 5,44 | 3,14 | 59,85 | 1,02 | 1,00 | 0,34 | 0,45 | 0,032 | 1,94 | 0,54 |
| 11 | 24,68 | 5,43 | 3,08 | 59,34 | 0,99 | 1,05 | 0,47 | 0,46 | 0,036 | 2,00 | 0,33 |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | 24,75 | 5,46 | 2,97 | 61,49 | 0,98 | 1,00 | 0,35 | 0,45 | 0,032 | 2,46 | 0,39 |
| 14 | 24,31 | 5,45 | 3,06 | 60,15 | 1,00 | 0,98 | 0,35 | 0,46 | 0,036 | 2,69 | 0,54 |
| 15 | week-end | | | | | | | | | | |
| 16 | week-end | | | | | | | | | | |
| 17 | 24,30 | 5,43 | 3,04 | 60,29 | 1,00 | 0,83 | 0,35 | 0,45 | 0,035 | 3,09 | |
| 18 | 23,62 | 5,41 | 3,05 | 59,69 | 0,99 | 0,89 | 0,38 | 0,45 | 0,032 | 3,01 | 0,48 |
| 19 | 23,99 | 5,43 | 3,06 | 59,97 | 1,00 | 0,93 | 0,41 | 0,46 | 0,032 | 2,95 | 0,51 |
| 20 | 24,75 | 5,48 | 3,13 | 59,7 | 1,04 | 1,00 | 0,36 | 0,46 | 0,032 | 2,33 | 0,78 |
| 21 | 24,19 | 5,44 | 3,09 | 59,51 | 1,00 | 1,00 | 0,41 | 0,46 | 0,036 | 2,39 | 0,54 |
| 22 | week-end | | | | | | | | | | |
| 23 | week-end | | | | | | | | | | |
| 24 | 25,00 | 5,49 | 3,07 | 59,91 | 1,00 | 0,95 | 0,40 | 0,45 | 0,032 | 2,15 | 0,54 |
| 25 | 24,58 | 5,44 | 3,06 | 59,68 | 0,99 | 0,97 | 0,38 | 0,45 | 0,036 | 2,23 | 0,54 |
| 26 | 24,82 | 5,47 | 3,10 | 59,43 | 1,00 | 0,87 | 0,38 | 0,46 | 0,032 | 1,98 | 0,48 |
| 27 | 25,06 | 5,38 | 3,04 | 60,02 | 1,01 | 0,87 | 0,33 | 0,45 | 0,036 | 2,00 | 0,48 |
| 28 | 26,23 | 5,43 | 3,10 | 59,70 | 0,95 | 0,95 | 0,33 | 0,46 | 0,032 | 1,51 | 0,75 |
| 29 | week-end | | | | | | | | | | |
| 30 | week-end | | | | | | | | | | |
| 31 | 25,53 | 5,44 | 3,13 | 59,15 | 1,01 | 0,97 | 0,32 | 0,46 | 0,036 | 1,88 | 0,54 |
| Moyen | 25,00 | 5,47 | 3,09 | 59,38 | 1,02 | 0,98 | 0,37 | 0,46 | 0,034 | 2,23 | 0,55 |
| Maximum | 28,61 | 5,79 | 3,31 | 61,49 | 1,17 | 1,28 | 0,47 | 0,48 | 0,04 | 3,09 | 0,90 |
| Minimum | 23,62 | 5,38 | 2,97 | 55,49 | 0,95 | 0,83 | 0,24 | 0,45 | 0,03 | 1,51 | 0,33 |
| E/C | 1,25 | 0,10 | 0,08 | 1,20 | 0,05 | 0,11 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,44 | 0,15 |

Résultat des analyses physico-mécaniques :

| Date 02/2024 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N° silo | 6 | - | 2 | 6 | 5 | 2 | 5 | 2 | - | 6 | 2 | 5 | 2 | 6 | 5 |
| R/com 2 jrs | 16.17 | - | 15.69 | 13.24 | 14.29 | 16.64 | 13.78 | 13.28 | - | 14.72 | 13.78 | 15.48 | 10.55 | 15.65 | 14.81 |
| R/com 7 jrs | 42.0 | - | 38.2 | 39.0 | 34.4 | 36.1 | 36.1 | 31.6 | - | 38.1 | 36.9 | 41.5 | 30.0 | 36.2 | 33.0 |
| R/com 28 jrs | 54.4 | - | 52.95 | 54.3 | 46.4 | 56.5 | 51.7 | 47.1 | - | 51.5 | 50.2 | 55.3 | 43.5 | 47.0 | 52.1 |

| Date 02/2024 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|--------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| N° silo | - | 2 | 6 | 2 | 1 | 2 | 6 | - | 2 | 5 | 2 | 1 | 2 | 6 |
| R/com 2 jrs | - | 12.33 | 13.85 | 13.59 | 12.76 | 13.44 | 14.48 | - | 15.15 | 15.05 | 12.45 | 13.26 | 15.37 | 12.8 |
| R/com 7 jrs | - | 32.0 | 36.3 | 34.3 | 34.8 | 36.1 | 34.9 | - | 38.0 | 36.8 | 33.6 | 34.1 | 34.7 | |
| R/com 28 jrs | - | 43.76 | 55.6 | 49.8 | 46.6 | 49.4 | 52.7 | - | 52.2 | 52.8 | 52.7 | 49.4 | 51.7 | 53.1 |

Résumé

Lean Six Sigma est l'une des approches les plus pratiques et efficaces pour l'amélioration des processus.

En réduisant leur variabilité. Grâce à cette approche, les organisations peuvent obtenir un soutien plus solide pour leurs lignes directrices stratégiques, de comprendre les principaux facteurs de succès, les défis et les lacunes à surmonter. Le but de ce projet est de mettre en œuvre l'approche Lean six sigma afin d'évaluer la capacité du processus de production de l'usine de ciment de Béni Saf SCIBS de garantir un produit de qualité stable et de proposer des solutions pour améliorer le système actuel.

Mots clé : Le Lean, le Six-Sigma, le DMAIC, la capacité, le contrôle de la qualité.

Abstract

Lean Six Sigma is one of the most practical and effective approaches to process improvement.

By reducing their variability. Through this approach, organizations can gain stronger support for their strategic guidelines, understanding key success factors, challenges and gaps to overcome. The aim of this project is to implement the Lean Six Sigma approach to assess the capacity of the cement plant's production process to deliver a stable quality product and to propose solutions to improve the current system.

Keywords: Lean Six Sigma, DMAIC, capacity, quality control.

ملخص

Lean Six Sigma هي واحدة من أكثر الطرق السهلة والفعالة لتعزيز العمليات. عن طريق الحد من تقلباتها. من خلال

هذا النهج، يمكن للمنظمات الحصول على دعم أقوى لخططها الإستراتيجية والتفكير في العوامل الرئيسية للنجاح

لتقييم القدرة Lean Six Sigma والتحديات والخلافات التي يجب التغلب عليها. الهدف من هذا المشروع هو تطبيق نهج

، لتوفير منتجات ذات جودة مستدامة وتقديم الحلول لتعزيز النظام SCIBS على عملية الإنتاج في مصنع بني صاف

الحالي.

الكلمات الرئيسية : Lean Six Sigma, DMAIC, الجودة. على السيطرة و القدرة