



Licence Sciences et Techniques (LST)



Techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

Causes De Non Conformités Du Cru

Présenté par :

- ◆ **HIND GHARGHOUR**

Encadré par :

- ◆ **Mr HAMID EL MANSOURI (LAFARGE MEKNES)**
- ◆ **Pr HAMID WAHBI (FST)**

Soutenu le 12 Juin 2013 devant les jurys :

- ◆ **Pr HAMID WAHBI**
- ◆ **Pr K. MISBAHI**
- ◆ **Pr A. LHASSANI**

Stage effectué à Lafarge Meknès

Année Universitaire 2012 / 2013



SOMMAIRE

Introduction	1
Glossaire	2

Chapitre: I

I.1. Aperçu général sur le secteur cimentier au Maroc	4
I.1.1 Historique	4
I.1.2 Le secteur cimentier Marocain	4
I.2. LE groupe LAFARGE	5
I.3. Présentation de LAFARGE usine de Meknès	5
I.3.1 Historique	5
I.3.2 Situation géographique	6
I.3.3 Fiche signalétique	6
I.3.4 L'environnement à LAFARGE Meknès	8
I.3.5 La sécurité à LAFARGE Meknès	8
I.4. Définition du ciment	8

Chapitre: II



<i>II.1. Description des produits fabriqués par LAFARGE Meknès</i>	<i>.... 12</i>
<i>II.2. Le processus de fabrication du ciment</i>	<i>..... 13</i>
<i>II.2.1 Carrière</i>	<i>..... 13</i>
<i>II.2.2 Transport</i>	<i>..... 13</i>
<i>II.2.3 Concassage</i>	<i>..... 13</i>
<i>II.2.4 Pré Homogénéisation</i>	<i>..... 14</i>
<i>II.2.5 Le broyage cru</i>	<i>..... 14</i>
<i>II.2.6 Homogénéisation</i>	<i>..... 15</i>
<i>II.2.7 Cuisson</i>	<i>..... 15</i>
<i>II.2.8 Le refroidissement</i>	<i>..... 17</i>
<i>II.2.9 Broyage de ciment</i>	<i>..... 18</i>
<i>II.2.9 Stockage et expédition</i>	<i>..... 18</i>

Chapitre : III



III.1 Introduction	.....	20
III.2 Organigramme du service Qualité	.....	21
III.3 Description des équipements du laboratoire	.....	21
III.3.1 Analyses chimiques	.....	22
III.3.2 Essais Physiques Et Mécaniques	.....	22
III.3.3 Essais Sous-traites	.....	22
III.3.4 Les Moyens Techniques D'approvisionnement, De Stockage Et De Conditionnement	.....	22
III.3.5 Distribution Et Points D'échantillonnages	.....	23

Chapitre : IV

IV.1 Le cru	.....	25
IV.2 Problématique Du Projet	.....	25
IV.3 Objectifs Du Projet	.....	26
IV.4 Définition de la conformité	.....	26

Chapitre : V

V.1 Introduction	.....	28
V.2 Définition	.....	28
V.2.1 Cible	.....	28
V.2.2 Module LSF	.....	28
V.2.3 Module MS	.....	28



V.2.4 Module A/F.....	28
V.3 Le mode opératoire utilisé pour la Préparation des Pastilles du Cru	29
V.4 Analyse statistique de la chimie de cru	29
V.4.1 Les cibles nominales	29
V.5 Non-conformités du cru pendant six premier mois de l'année 2012.....	30
V.6 Les causes responsables aux non conformités pendant six Premier mois d'année 2012	30
V.7 Quelques propositions pour éviter les causes responsables des non-conformités de cru.....	31
CONCLUSION	35



Introduction

Lafarge Maroc, entreprise leader des matériaux de construction, s'organise autour d'une vision partagée par l'ensemble des collaborateurs sur une ambition commune avec la volonté d'atteindre l'excellence.

En ce sens, le groupe LAFARGE Maroc en général et l'usine de Meknès en particulier s'engage à être l'entreprise la plus performante, la plus engagée pour assurer la sécurité des personnes, le respect de l'environnement et surtout la plus appréciée des clients par la qualité de ses produits et de ses services.

Ainsi, en termes de maîtrise technique de la qualité des produits de ciment, l'usine de Meknès veille à tous les niveaux de la ligne de production sur la constitution du ciment et procède à des ajouts correctifs pour garantir la qualité requise par le client.

Ce rapport de stage de fin d'études sera réparti en trois parties : la première concerne une présentation de l'entreprise, en deuxième partie, le processus de fabrication du ciment et la troisième partie traite mon sujet causes de non-conformités de cru

Glossaire

Mot	Définition
A/F	Module Aluminoferrique qui règle la proportion massique entre C3A et C4AF.
APC	Association Professionnelle des Cimenteries.
BK	Broyeur de Clinker.
C2S	Silicate bicalcique ou Bélite, est un composant du clinker.
C3S	silicate tricalcique ou Alite, est le constituant principal du clinker.
C4AF	Aluminoferrite tétracalcique ou Ferrite, composant principal du clinker qui a tendance à noircir le ciment.
clinker	Composant du ciment ayant la forme d'un module cristallisé résultant de la cuisson, dans un four de calcination, d'un mélange dosé de calcaire et d'argile.
Clinkerisation	Cuisson, dans un four de calcination, d'un mélange dosé de calcaire et d'argile, provoquant la formation de ciment.
Coke	Résidu solide provenant de la distillation du charbon à températures élevées (supérieures à 800°C).
CPJ	Ciment Portland avec ajout de constituants secondaires.
Cru	Produit du broyage et du mélangeage des éléments constituant, avant cuisson, le ciment.
D _{bc}	Delta brut du cru (Δ_{bc}), est un indice qui permet de prévoir la quantité massique nécessaire en chaux pour combiner les éléments S, A et F en C3S et C3A et C4AF.
MS	Module Silicique qui représente le rapport massique entre les silicates (C3S + C2S) et l'aluminate et l'aluminoferrite (C3A + C4AF).
Q-PQ-MKS	Dossier Plan Qualité du service Qualité de Lafarge Usine de Meknès.
Rc28	Abréviation désignant la résistance du mortier à 28 jours.
TOC	Teneur du calcaire en matières organiques.

CHAPITRE I

Présentation de l'organisme d'accueil

La connaissance de l'organisme d'accueil est une étape importante avant d'entamer l'étude de tout projet. Le présent chapitre donne une idée générale sur LAFARGE Ciments usine de Meknès, puis une définition générale sur le produit ciment.

I.1 Aperçu général sur le secteur cimentier au Maroc

I.1.1 Historique

L'industrie des matériaux de construction, dont le ciment constitue la matière de base, détient une place importante dans le secteur des industries de transformation.

C'est à partir de 1912 que le ciment commençât à être utilisé au Maroc, d'abord pour certaines réparations, puis pour les constructions principalement à Casablanca.

Ainsi, il fut décidé en 1913, l'implantation de la première cimenterie à Casablanca avec une capacité de production annuelle de 10 000 tonnes. L'accroissement des besoins nationaux en ciment a engendré l'extension de l'usine de Casablanca et la création de nouvelles unités.

De nos jours, le Maroc produit environ 24 millions tonnes / an, assurant ainsi son autosuffisance depuis 1982.

I.1.2 Le secteur cimentier Marocain

Le secteur cimentier au Maroc se compose de dix entreprises industrielles regroupées en « Association Professionnelle des Cimenteries » APC et appartenant aux grands groupes cimentiers mondiaux.

Ainsi, sa caractéristique essentielle est la forte représentation des grands groupes cimentiers du monde qui transfère un savoir-faire en matière technique et de gestion, ces groupes sont le groupe **HOLCIM**¹, le groupe **CIMAR**² et le groupe LAFARGE



multinational. Il produit du ciment, du granulat, du béton.

2 : Ciment du Maroc à Marrakech est une société spécialisée dans la fabrication du ciment.

I.2 LE groupe LAFARGE

Le groupe LAFARGE est le numéro un mondial des matériaux de construction, il rassemble 80000 collaborateurs dans 76 pays et a réalisé un chiffre d'affaire de 16 milliards d'euros en 2009. Il exerce des activités dans le ciment, les bétons, les granulats, les plâtres, les produits de spécialités et dans les bios activités. Il occupe la place de numéro 2 mondial sur le marché du ciment avec 57 usines réparties dans plus de 15 pays.

LAFARGE Maroc développe des produits et services adaptés aux besoins des utilisateurs finaux: entreprises de bâtiment et travaux publics, producteurs de béton prêt à l'emploi, fabricants de produits en béton, ciment, sable et graviers...etc.

LAFARGE Maroc est constitué de plusieurs usines : Bouskoura, Meknès, Tanger, Tétouan (deux sites) et Safi. Il englobe le secteur avec **41.5%** de part de marché. A travers ces deux usines de Bouskoura et de Meknès, LAFARGE- Maroc produit près du tiers de la capacité de production totale du secteur.

Figure 1:
LAFARGE
au niveau
mondial



I.3

Présentation de LAFARGE usine de Meknès

I.3.1 Historique

Crée en 1950, la société des ciments artificiels de Meknès représente de nos jours l'une des composantes clés du secteur marocain. Depuis 1997, la CADEM est devenue LAFARGE Ciments et faisait partie du groupe international LAFARGE. Au démarrage de l'usine, la production de clinker du seul four installé était de 300 tonnes par jour, soit moins de 100000 tonnes par an. Depuis, plusieurs améliorations techniques ont été réalisées pour augmenter le niveau et les performances de production.

LAFARGE Meknès est aujourd'hui la troisième cimenterie en terme capacité et en terme consommation énergétique.

I.3.2 Situation géographique

La cimenterie de Meknès se trouve au Nord-Est de la ville à proximité immédiate de Hay Soussi et non loin de la route principale Meknès-Fès.

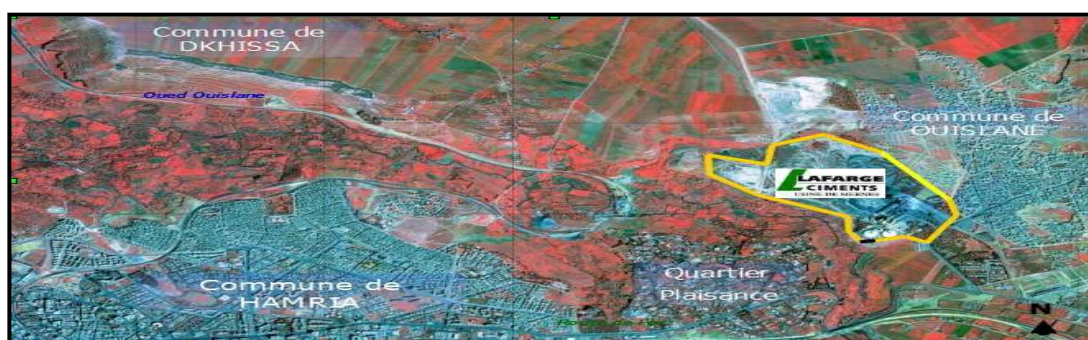


Figure 3: Situation
géographique de

Lafarge Meknès

I.3.3 Fiche signalétique

- ❖ **Dénomination** : LAFARGE Ciments (Usine de Meknès)
- ❖ **Siège social** : Km 8, route de Fès, BP : 33 Meknès ;
Standard : 05-35-52-26-44/45/46, Fax : 05-35-54-93-07
Direction usine : 05-35-54-92-93, Fax : 05-35-54-92-94
- ❖ **Nature juridique** : Société anonyme
- ❖ **Capital social** : 476 430 500 DH
- ❖ **Répartition du capital** : LAFARGE 50% et ONA 50%
- ❖ **Produits fabriqués** : Ciment portland avec ajouts **CPJ45** en sac et en vrac.
Ciment portland avec ajouts **CPJ35** en sac.
Ciment portland avec ajouts **CPJ55** en vrac.
- ❖ **Effectif du personnel** : 280, répartis comme suit :
 - Cadres : 13
 - Agents de maîtrise (AGM) : 55
 - Ouvriers +techniciens : 21
 - Sous traitants : 191

❖ Organigramme de Lafarge Ciments de Meknès :

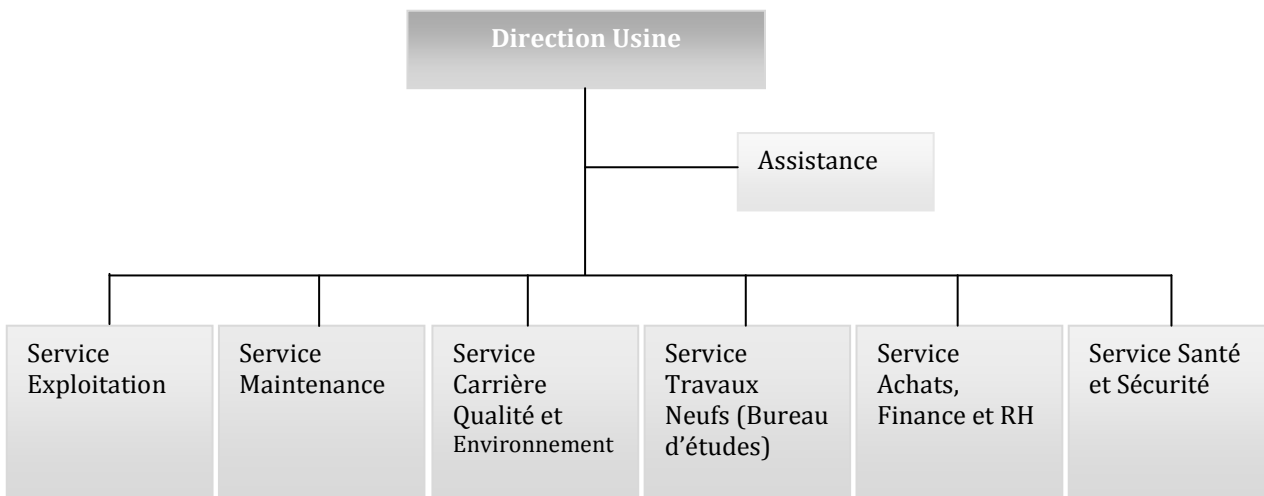


Figure 4 : Organigramme de Lafarge Ciments Meknès [7]

Le processus de fabrication de Ciment nécessite l'existence de plusieurs services s'occupant chacun d'une ou plusieurs tâches, qui sont :

- ❖ Service fabrication
- ❖ Service procédé système
- ❖ Service du contrôle de qualité
- ❖ Service commercial
- ❖ Service finance et gestion
- ❖ Service sécurité
- ❖ Service ressources humaines
- ❖ Service formation
- ❖ Service bureau de méthodes
- ❖ Service maintenance mécanique
- ❖ Service maintenance électrique et régulation

I.3.4 L'environnement à LAFARGE Meknès

De nos jours, la protection et la mise en valeur de l'environnement représentent une composante incontournable du développement des entreprises. Pour LAFARGE Maroc, la protection de l'environnement répond d'abord à une exigence éthique. Elle part de la conviction qu'il n'est pas de croissance durable sans conciliation de la performance économique et du respect de l'environnement.

L'usine de Meknès s'est engagée en novembre 2000, dans la mise en place d'un Système de Management Intégrale (SMI) conforme au modèle de référence conçu par l'organisation internationale de standardisation (ISO 14001).

I.3.5 La sécurité à LAFARGE Meknès

LAFARGE adopte actuellement une nouvelle stratégie pour assurer la sécurité, et protéger la santé des travailleurs. Toute personne qui travaille pour LAFARGE est en droit de disposer d'un environnement de travail sain, en toute sécurité. En retour, chacun doit également démontrer, par un engagement actif et une responsabilité visible, que la santé et la sécurité sont des valeurs fondamentales.

Lafarge a pris plusieurs mesures pour éviter tout danger probable, à savoir :

- ❖ La circulation à l'intérieur de l'usine;
- ❖ Le port des EPI ;
- ❖ L'hygiène et conditions du travail ;
- ❖ Les risques d'électrocution ;
- ❖ Les risques liés aux machines tournantes et risques mécaniques ;

- ❖ Les risques liés à la manipulation des produits chimiques ;
- ❖ Les risques de chute en hauteur ;
- ❖ La consignation = Un cadenas, une personne, une source d'énergie.

I.4 Définition du ciment :

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former, en présence de l'eau, une pâte capable de faire prise et de durcir progressivement, même à l'abri de l'air et notamment sous l'eau, c'est un liant hydraulique.

Il est réalisé à partir du clinker, du calcaire et du gypse dosés et broyés finement.

Le clinker est obtenu à partir d'une cuisson (décarbonatation des calcaires et la clinkérisation du produit) du produit cru (farine) qui est obtenu par un broyage fin des matières premières composées essentiellement de calcaires et d'argiles.

De la carrière à l'ensachage, la matière première du ciment suit des étapes différentes qui sont des transformations physiques et chimiques ;

- ❖ *Préparation du cru*, par l'exploitation de la carrière et le concassage, ainsi l'échantillonnage et la pré-homogénéisation. Ensuite broyage du cru et l'homogénéisation.
- ❖ *Du cru au clinker*, obtenu après le préchauffage, la pré-calcination puis la clinkérisation.

Du clinker au produit fini ; cette étape consiste en un broyage du ciment, et finalement l'ensachage et l'expédition.



La figure 5
qui entrent dans la
Constitution du ciment :

résume les éléments

I.4.1 Nature et Caractéristiques des constituants des ciments

Clinker

Le clinker utilisé dans la fabrication des ciments est un clinker Portland caractérisé comme suit : (1)

%C3S + %C2S	%Cao/%SiO2	%MgO
≥ 66%	≥ 2	≤ 5

Tableau 1: Caractéristiques du clinker

Calcaire

Le calcaire, utilisé comme constituant principal dans une proportion excédant 5% en masse, a les caractéristiques suivantes :

%CaCO3	Teneur en argile	Teneur en matières organiques (TOC)
≥ 75%	≤ 2%	≤ 0,5%

Tableau 2: Caractéristiques du calcaire d'addition

Gypse

Le gypse utilisé comme régulateur de prise, est caractérisé comme suit :

%SO3	≥ 38
-------------	------

Tableau 3: Caractéristique du gypse

CHAPITRE II

Processus de fabrication du ciment

A travers le présent chapitre, nous décrivons les différentes étapes par lesquelles passe la fabrication du ciment au site de Meknès; de l'extraction et concassage à la carrière jusqu'à l'expédition du produit final.

II .1 Description des produits fabriqués par LAFARGE Meknès

La capacité de production du site de Meknès dépasse les 1,3 millions de tonnes par an.

Les produits fabriqués par LAFARGE Meknès

Pour répondre aux besoins spécifiques de ses clients, LAFARGE Maroc met à leur disposition une large gamme de ciments **gris**³ : CPJ 35, CPJ 45 et CPJ 55.

CPJ 35 (Ciment certifié)

Le CPJ 35 est un Ciment **Portland**⁵ avec Ajouts, il doit contenir un pourcentage minimum en clinker de 65%, le reste étant constitué d'ajouts comme le calcaire et le gypse.

Parmi les principales caractéristiques garanties par la norme, la Rc28 du CPJ 35 doit être supérieure à 26MPa.

CPJ 45 (Ciment certifié NM)

Le CPJ 45 est un Ciment Portland avec Ajouts. Il doit contenir un pourcentage minimum en Clinker de 65%, plus 450 g d'un adjuvant à la tonde g /t

Parmi les principales caractéristiques garanties par la norme, la Rc28 du CPJ 45 doit être supérieure à 36MPa.

CPJ 55 (Ciment non certifié)

Le CPJ55 est un Ciment Portland avec Ajouts composé principalement de clinker et de calcaire, il doit contenir un pourcentage minimum en clinker de 74% plus 450g d'un adjuvant. Sa résistance à 28 jours doit être supérieure à 48 MPa.

3 : Ciment utilisé dans la fabrication de béton classique. Contrairement au ciment blanc est plutôt dévolu aux ouvrages décoratifs.

4 : Norme marocaine.

5 : Nom donnée à ce type de ciment car sa couleur ressemble à celle de la pierre extraite des carrières de l'île de Portland en Angleterre.

II.2 Le processus de fabrication du ciment (2)

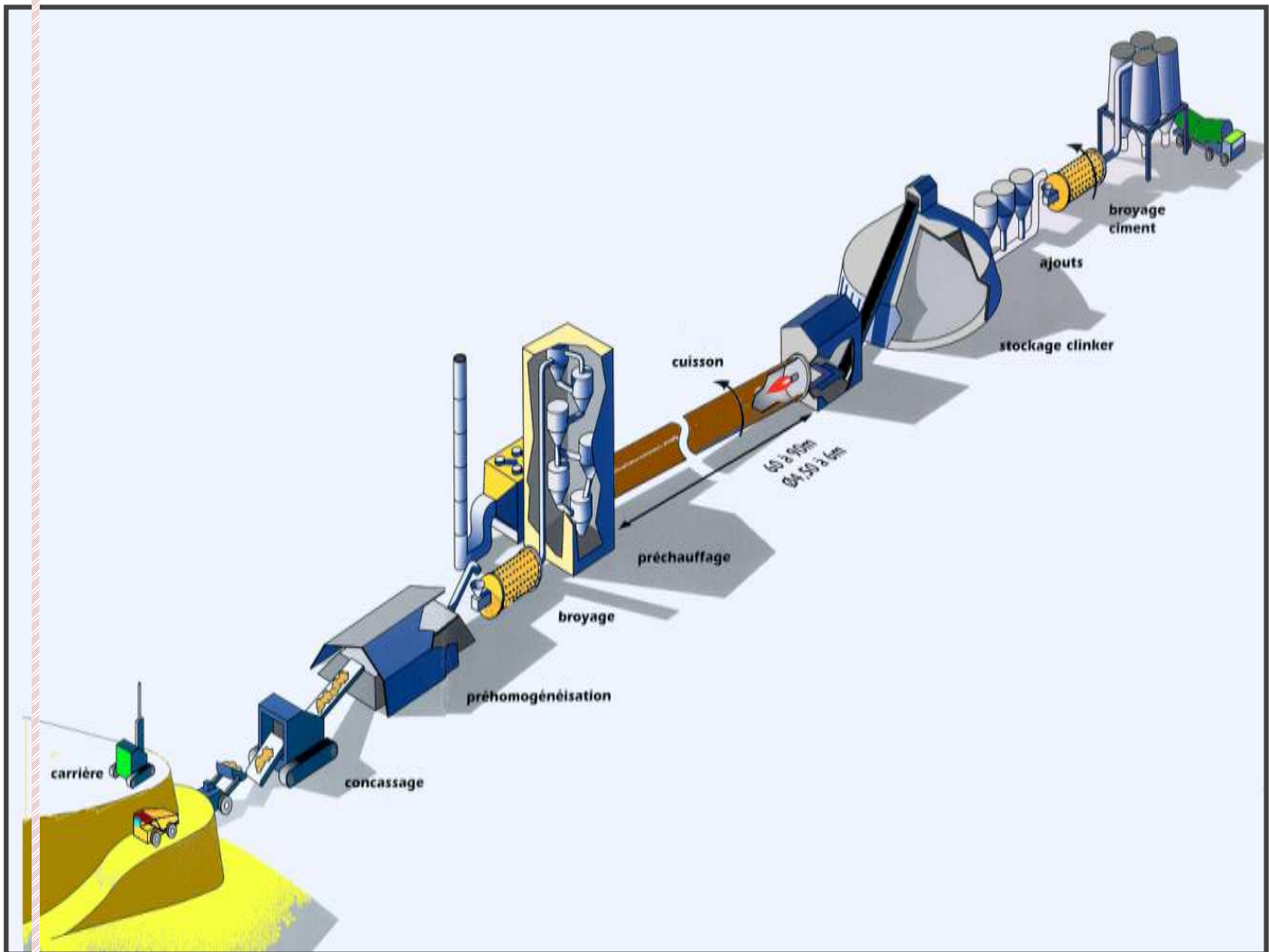


Figure 6: Processus de fabrication du ciment

II.2.1 Carrière :

La carrière est située à 5km de l'usine, la matière première est extraite sur des fronts de 8 à 15 mètres par abattage et tirs de mines

II.2.2 Transport :

Les matières premières sont transférées par des camions

II.2.3 concassage :

Les matières première sont concassées et ramenées aux dimensions inférieur à 120 mm ce qui permet de réaliser un premier mélange permettant de régulariser la granulométrie du cru et réduire la consommation d'énergie pendant le broyage, après

Concassage les matières première sont transportées à l'usine par un tapis roulant ou elles sont stockées et homogénéisées.

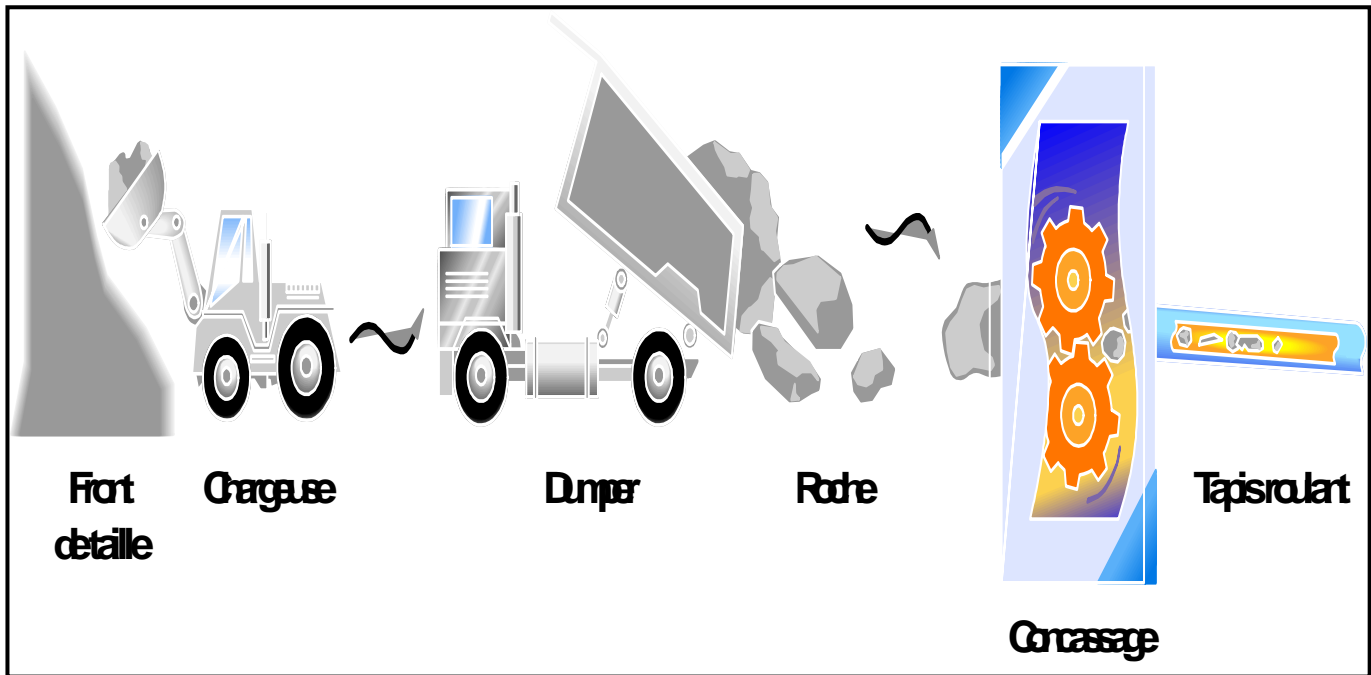


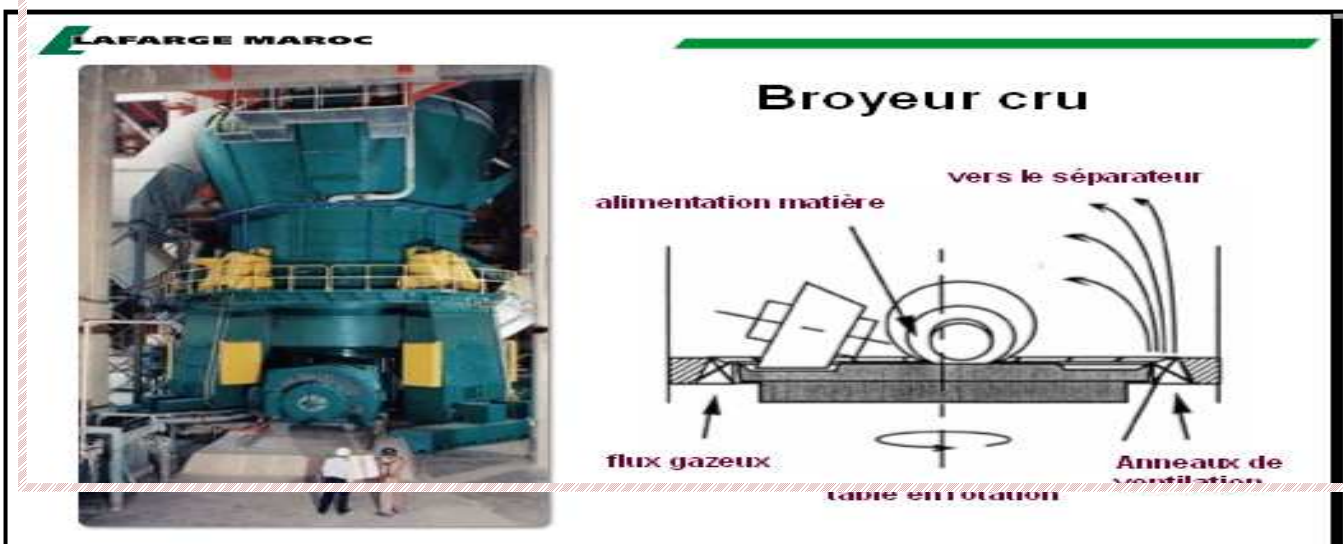
Figure 7: Première phase de la production: extraction et concassage

II.2.4 Pré Homogénéisation :

Chimiquement, les matières de carrière sont souvent variables et il s'avère nécessaire de les mélanger pour éviter les variations brusques qui ont un impact néfaste sur la cuisson. C'est en fait le rôle du pré homogénéisation

II.2.5 Le broyage cru :

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



L'usine de Meknès dispose de deux

broyeurs verticaux

Figure 8: Broyeur cru

II.2.6 Homogénéisation :

Après broyage, le cru est expédié, à l'aide de deux élévateurs, vers deux silos d'homogénéisation de capacité 7500 tonnes et 5000 tonnes.

Cette homogénéisation permet d'alimenter les fours avec un cru de composition chimique constante dans le temps.

II.2.7 Cuisson :

Il s'agit d'un procédé par voie sèche⁶. Les combustibles utilisés à la Tuyère sont : principalement du coke de pétrole, en marche normale des fours, et du Fuel Haute Viscosité (FHV) lors de l'allumage.

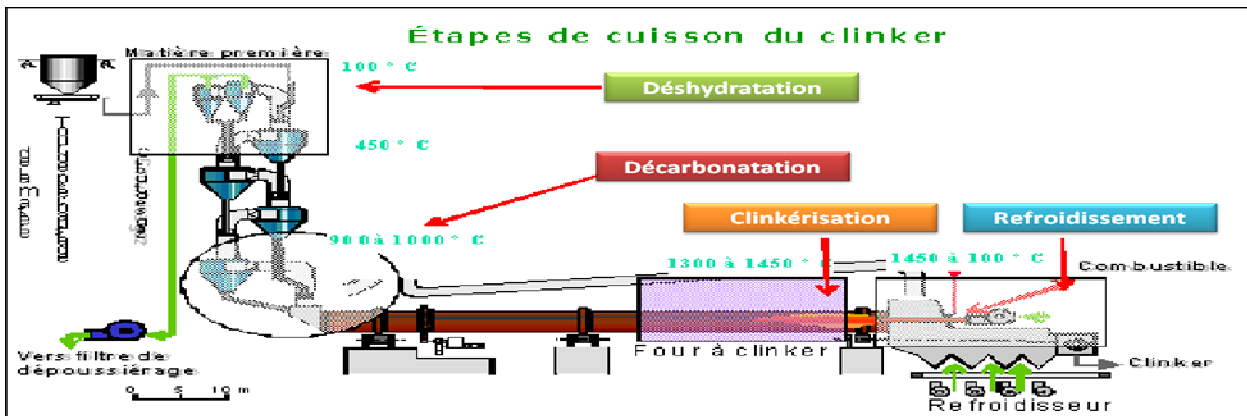


Figure9: Les étapes de cuisson du clinker

6 : Procédé dans lequel la farine est introduite

directement dans le four sous forme pulvérulente.

A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est introduite par voie pneumatique en tête d'une tour de préchauffage à cinq étages et de 70 m de hauteur, dite **E.V.S⁷**. Elle circule le long de cinq cyclones, à contre-courant des gaz chauds ascendants du four, l'évacuation de ces gaz étant assurée par le ventilateur de tirage évoqué précédemment. Il s'effectue alors un échange thermique le long de la tour qui s'accompagne des phénomènes suivants :

7 : Echangeur Voie Sèche.

a

Déshydratation

Entre 250 et 750°C

De 100 à 200°C départs de l'eau libre

De 400 à 600°C départs de l'eau combinée

b Décarbonatation

Au-delà de 750°C, le cru s'échauffe jusqu'à une température de l'ordre de 950 °C, à cette température intervient la décarbonatation de la phase calcaire :



De cette réaction résulte la formation de la chaux CaO indispensable pour la formation des différentes phases de clinker.

c- Clinkerisation

A la sortie du préchauffeur, la farine arrive dans le four rotatif (voir annexe) où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation.

La chaux vive et les oxydes provenant des argiles (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 entre autres) réagissent d'abord en milieu solide, lentement, jusqu'à l'apparition vers 1200°C d'un liquide provenant de la fusion des phases les moins réfractaires. Grâce à lui, les réactions s'accroissent et le C3S (phase essentielle du clinker du point de vue des résistances) se forme.

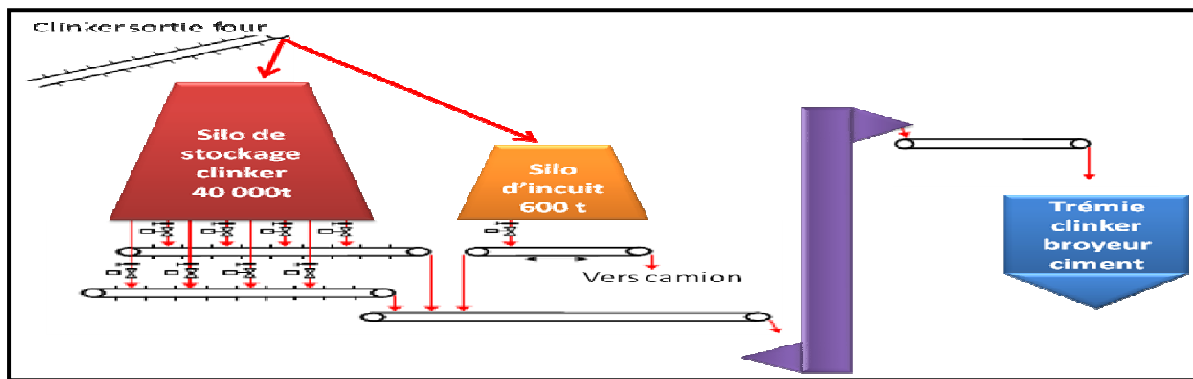
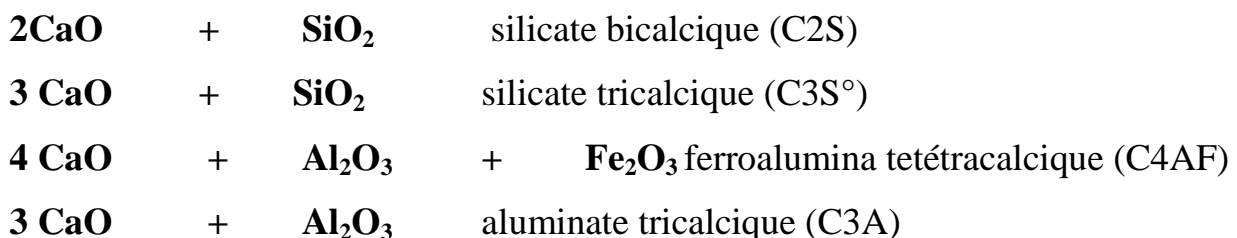


Figure10 : Circuit du clinker

Le clinker est le résultat d'un ensemble de réactions physico-chimiques progressives (clinkérisation) permettant

- La décarbonatation du carbonate de calcium (donnant la chaux vive)
- La scission de l'argile en silice et alumine
- La combinaison de la silice et de l'alumine avec la chaux pour former des silicates et des aluminates de chaux.



2.2.8 Le refroidissement :

A la sortie de four s'effectue un refroidissement rapide pour éviter la transformation des réactions ci-dessus dans le sens inverse

II.2.9 Broyage de ciment :

Une fois refroidi, le clinker est stocké dans un hall d'une capacité de 20 000 t, équipé de deux ponts roulants. Le clinker est broyé dans un broyeur à boulet avec des matières d'ajouts, qui sont le calcaire et le gypse qui est un régulateur de prise.

L'atelier de broyage de l'usine est équipé de 3 broyeurs à boulets nommés BK3, BK4 et BK5.

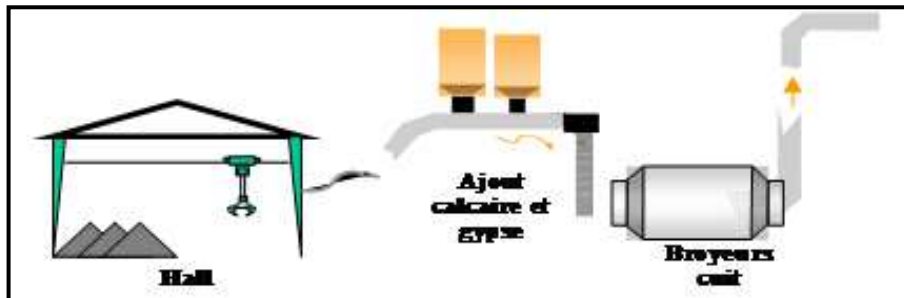


Figure 11Broyage

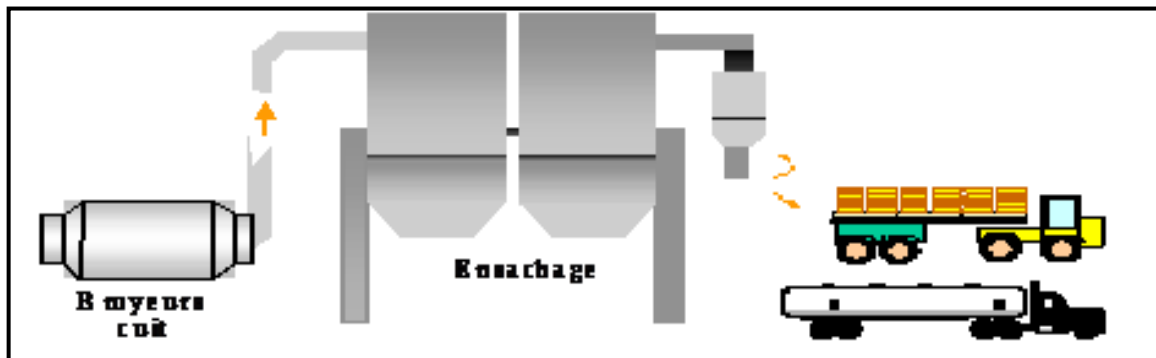
du ciment

II.2.10 Stockage et expédition :

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

L'ensachage du ciment est assuré par trois ensacheuses rotatives à huit becs et par trois ensacheuses en ligne. La livraison du ciment se fait par camion ou voie ferrée.

Figure12 : Expédition du ciment



CHAPITRE III

Contrôle De Qualité

Le présent chapitre nous permet de décrire la démarche de contrôle qualité adoptée par le service ainsi qu'une présentation des équipements du laboratoire d'autocontrôle.

III.1 Introduction

Conformément aux normes marocaines en vigueur relatives au ciment (NM 10.1.004 et NM 10.1.005, relatif à la marque de conformité aux normes marocaines) et à la circulaire fixant les modalités pratiques d'attribution de cette marque, la Direction LAFARGE Ciments Usine de Meknès s'engage à respecter ces textes.

Ainsi, les rôles majeurs du service qualité sont :

- ❖ Observer toutes les spécifications des normes visant les produits fabriqués ;
- ❖ Veiller à l'application des mesures prises pour assurer la qualité des produits intermédiaires (cru, clinker, constituants ciments) ;
- ❖ Exercer les contrôles définis par la norme sur les produits finis (autocontrôle), ainsi que ceux qui lui incombent au titre de la circulaire relative à la marque de conformité aux normes marocaines relatives au ciment ;
- ❖ Définir les dispositions et les contrôles nécessaires pour assurer la permanence de la qualité du matériel d'essais et la fiabilité des résultats ;
- ❖ Faciliter la tâche des agents de vérification dans l'exercice de leurs fonctions.

III.2 Organigramme du service Qualité

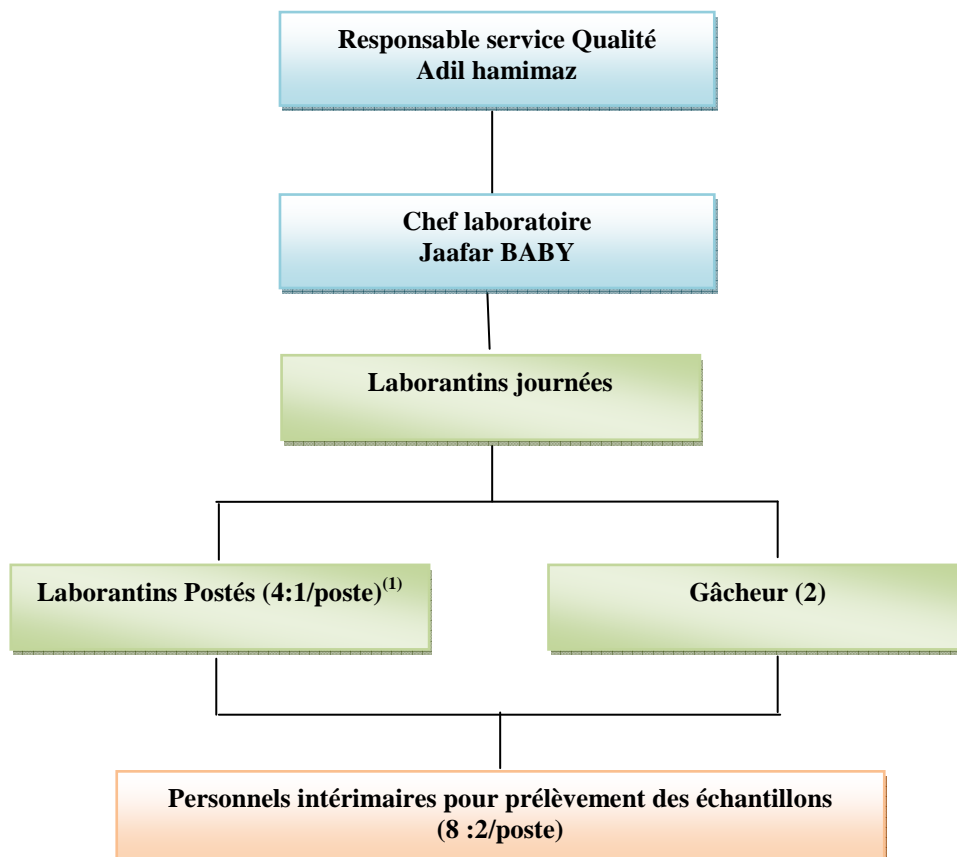


Figure13 : Organigramme du service qualité

III.3 Description des équipements du laboratoire

LAFARGE Ciments, Usine de Meknès est dotée d'un laboratoire doté de tous les équipements nécessaires à la réalisation des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'aux expéditions du produit fini et ce conformément aux normes en vigueur et aux besoins de la clientèle. Le personnel de laboratoire ayant en charge le contrôle de la qualité est compétent et suit des formations continues en matière de contrôle de qualité et selon un planning de formation préétabli. Ce laboratoire est divisé en plusieurs départements, agencés de telle sorte à assurer une bonne réception, identification, et conservation des échantillons ainsi que la réalisation de tous les essais :

III.3.1 Analyses chimiques

❖ Analyse par fluorescence x

L'usine dispose de deux spectromètres de fluorescence X : BRUKER S8 TIGER et OXFORD MDX 1080 .Ils permettent l'analyse simultanée des éléments suivants : SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , K_2O et Na_2O .

Un ensemble d'équipements annexes est mis en place pour assurer la préparation des échantillons. (3)

❖ Analyse par chimie classique

Dans le but d'assurer une alternative en cas de panne du spectromètre de fluorescence X ainsi que la réalisation des essais non permis par la fluorescence X, l'usine a prévu un département pour des analyses par méthodes physiques ou chimie classique .

III.3.2 Essais Physiques Et Mécaniques

Un département fonctionnant dans les conditions climatiques prévues par les normes en vigueur est doté de tous les équipements nécessaires au déroulement des essais physiques et mécaniques. Ces équipements sont entretenus, vérifiés et étalonnés systématiquement.

III.3.3 Essais Sous-traités

Tel que décrit dans le paragraphe description du laboratoire de contrôle, l'usine dispose de tous les moyens nécessaires à la réalisation des essais stipulés par les normes en vigueur, à l'exception du retrait sur les ciments et de la teneur en matières organiques (TOC) sur les constituants qui sont sous-traités.

III.3.4 Les Moyens Techniques D'approvisionnement, De Stockage Et De Conditionnement

Afin de maintenir la qualité et la régularité des ciments produits, plusieurs dispositions sont prises par l'usine. En ce qui concerne l'alimentation des broyeur, les doseurs – clinker, calcaire et gypse sont asservis les uns avec les autres de telle sorte que si l'un des doseurs s'arrête ou affiche un défaut de matière entraîne automatiquement l'arrêt des autres doseurs.

Le changement de qualité du ciment à l'ensachage est régi par une procédure nommée Q-PQ-MKS-108.

L'entretien et le suivi des vannes des ateliers ~~cuits~~¹⁰ n°3, n°4 et n°5 sont réalisés d'une façon planifiée et font l'objet d'un programme d'entretien préventif décomposé en systématique et conditionnel. Une équipe d'entretien est chargée d'exécuter les différentes opérations de ce programme et de veiller au bon fonctionnement de ces vannes dans le but d'éviter le mélange des qualités de ciment.

La méthode de maintenance adoptée est basée essentiellement sur la visite prédictive. Le bureau des méthodes tient en charge la gestion de cette maintenance via le logiciel MAXIMO.

III.3.5 Distribution Et Points D'échantillonnages

Les prélèvements sont opérés à la sortie des silos ou sur sacs. Sur chaque échantillon du ciment, on procède à la détermination de l'ensemble des caractéristiques prévues par la logique de contrôle citée dans le dossier technique et le plan qualité de l'usine.

CHAPITRE IV

Présentation du projet

Je définis dans ce chapitre, le cru, but de mon objet d'étude. Puis la définition de la conformité.

IV.1 Le cru

Un mélange homogène d'argile et de calcaire est réalisé. Les proportions sont déterminées selon leurs compositions chimiques et sont toujours proche de 80 % de calcaire et 20% d'argile. Le mélange est broyé en une poudre de granulométrie inférieure à 200 microns. La poudre obtenue est homogénéisée par un mélangeur pneumatique ou mécanique. Le produit obtenu est appelé « le CRU »

Le Cru est envoyé à un four rotatif où se produit une calcination qui transforme chimiquement le cru en clinker de ciment. Il reste ensuite à pulvériser le clinker avec du gypse pour obtenir un ciment Portland prêt à l'utilisation.

Le but du contrôle du cru de ciment est d'obtenir une entrée au four qui produira un clinker de ciment de qualité tout en minimisant la consommation d'énergie du four. Étant donné que la composition du clinker doit atteindre des cibles strictes, c'est aussi le cas du mélange de Cru. Le dosage des différents matériaux à entrer dans le mélange est contrôlé par la vitesse des courroies qui transportent ces matériaux.

IV.2 Problématique du projet

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former en présence d'eau une pâte capable de faire prise et durcir progressivement même à l'abri de l'air, et notamment sous l'eau : c'est un liant hydraulique. Pour ce faire, des consignes de fabrication et une fourchette de variation de ses composants chimiques s'imposent. C'est dans ce sens que la qualité du cru doit être contrôlée. En effet, des modules permettent de déterminer certaines propriétés physiques et chimiques du cru, comme l'énergie qui sera nécessaire à la Clinkerisation, à partir de la composition en oxydes du cru.

Les différents modules sont définis comme suit :

$$\text{MA (module d'aluminium)} = A/F$$

$$\text{MS (module de silice)} = S/(A + F)$$

$$\text{LSF (lime saturation factor)} = \text{CaO} * 100 / (2.8 \text{ SiO}_2 + 1.18 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.65 \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

Où A, C, F et S sont respectivement le pourcentage en oxydes Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 et SiO_2 .

IV.3 Objectifs Du Projet

Le but de mon projet est la détermination des non-conformités du cru dans le broyeur (BC2) pendant les six premiers mois de l'année 2012 suivant la démarche suivante :

- ❖ Contrôler les résultats des trois module LSF, MS, MA, est ce qu'on respect la norme ou pas ?
- ❖ Détermination des causes qui sont responsables de ces non-conformités.
- ❖ L'amélioration de ses problèmes.

IV.4 Définition de la conformité

L'évaluation de la conformité est un processus qui sert à démontrer qu'un produit, un service, ou un système répond à des exigences spécifiées. Ces exigences sont souvent des spécifications définies dans des normes ISO, mais l'ISO, elle-même, n'assure pas de services d'évaluation de la conformité.

Il y a plusieurs avantages à montrer qu'un produit, service, ou système répond à des exigences précises:

- ❖ C'est un gage de confiance supplémentaire pour les consommateurs.
- ❖ C'est un atout concurrentiel pour les entreprises.
- ❖ C'est pour les organismes de réglementation, une forme de garantie que les dispositions en matière de santé, de sécurité et d'environnement sont respectées.

L'évaluation de la conformité peut s'opérer sous trois formes : la certification, l'inspection et les essais. La formule la plus utilisée est celle des essais, mais la certification est la plus connue.

CHAPITRE V

Déroulement des expériences

A travers cette partie, je fais une analyse statistique de la chimie de cru dans le broyeur cru pendant les six premier mois d'année 2012

V.1 Introduction

L'analyse statistique est une science, une méthode et une technique. La statistique comprend : la collecte des données, le traitement des données collectées, l'interprétation des données, la présentation afin de rendre les données compréhensibles par tous.

Dans mon projet je me suis intéressée à faire une analyse statistique de la chimie de cru dans le broyeur cru pour faire une comparaison entre les modules calculés à partir des pourcentages des composants chimiques et les cibles nominales proposés au procédé de fabrication de ciment dans la cimenterie LAFARGE.

V.2 Définition

V.2.1 Cible

Les cibles ce sont des valeurs nominales données par un constructeur qu'il faut les respecter pour obtenir la meilleure production.

V.2.2 Module LSF

C'est une cible nominale utilisée pour déterminer le pourcentage de la chaux libre demandé pour obtenir une production d'une qualité bien déterminée.

Ce module est calculé par la méthode suivante :

$$\text{LSF} = (\text{chaux libre pratique} / \text{chaux libre théorique}) * 100$$

V.2.3 Module MS

C'est une cible nominale utilisée pour déterminer le pourcentage de la silice demandé pour obtenir une production d'une qualité bien déterminée.

Ce module est calculé par la méthode suivante :

$$\text{MS} = \% \text{SiO}_2 / (\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

V.2.4 Module A/F

C'est un module qui règle la proportion massique entre C3A et C4AF pour obtenir une production d'une qualité bien déterminée.

Ce module est calculé par la méthode suivante :

$$\text{A/F} = \text{C3A} / \text{C4AF} = \% \text{Al}_2\text{O}_3 / \% \text{Fe}_2$$

V.3 Les modes opératoires utilisés pour la Préparation des pastilles du Cru

❖ Prélèvement des échantillons

C'est une étape essentielle avant l'exécution de nos essais, le prélèvement est effectués manuellement et d'une façon spot (non périodique).

Après homogénéisation et quartage de l'échantillon on pèse (30 ± 1) g de ce dernier on a joute (20 ± 1) ml d'alcool ; puis on Broye l'ensemble pendant 6mn , le mélange est séché et on récupère le maximum de matière sur un papier propre, ensuite à l'aide de spatule, mélanger la matière et faire casser les plaquettes formées lors du séchage ; remplir doucement l'anneau et faire étaler la matière sur la totalité de la surface ; finalement on nettoie le fond de la pastille avec le pinceau pour éviter la pollution de l'appareil FX.

❖ Présentation de l'appareil

Le Lab-X 3000 est un analyseur de table de fluorescence par rayons X qui met en œuvre le principe de la spectrométrie de fluorescence par rayons X à dispersion d'énergie pour déterminer les concentrations de divers éléments dans toute une gamme de produits (l'analyse est effectuée sur l'échantillon qui est sous forme de pastille).

Toutes les entrées des opérateurs sont effectuées par le biais d'une commande du logiciel et sont activées à l'aide du clavier intégré. Les messages et les résultats sont visualisés sur l'affichage à cristaux liquides à deux lignes. Les balayages de spectres ainsi que les résultats analytiques sont imprimés à l'aide de l'imprimante matricielle intégrée.

V.4 Analyse statistique de la chimie de cru

V.4.1 Les cibles nominales :

L'usine de ciment LAFARGE est basée sur des cibles données par le design comme des valeurs nominales qu'il faut les utiliser pour produire un ciment dont la qualité bien demandée.

Si un module parmi les modules calculés est inférieur à celui donné par le constructeur, donc on a un manque du composant chimique correspondant à ce module.

Dans ce cas il faut se diriger vers les correcteurs dont le but de remplacer ce manque là, pour cette raison on utilise le schiste, la bauxite et le minerai de fer.

Ces cibles subissent plusieurs paramètres, elles peuvent donc être variées selon l'état de clinker, de four ...

V.5 Les non-conformités du cru pendant six premier mois de l'année 2012

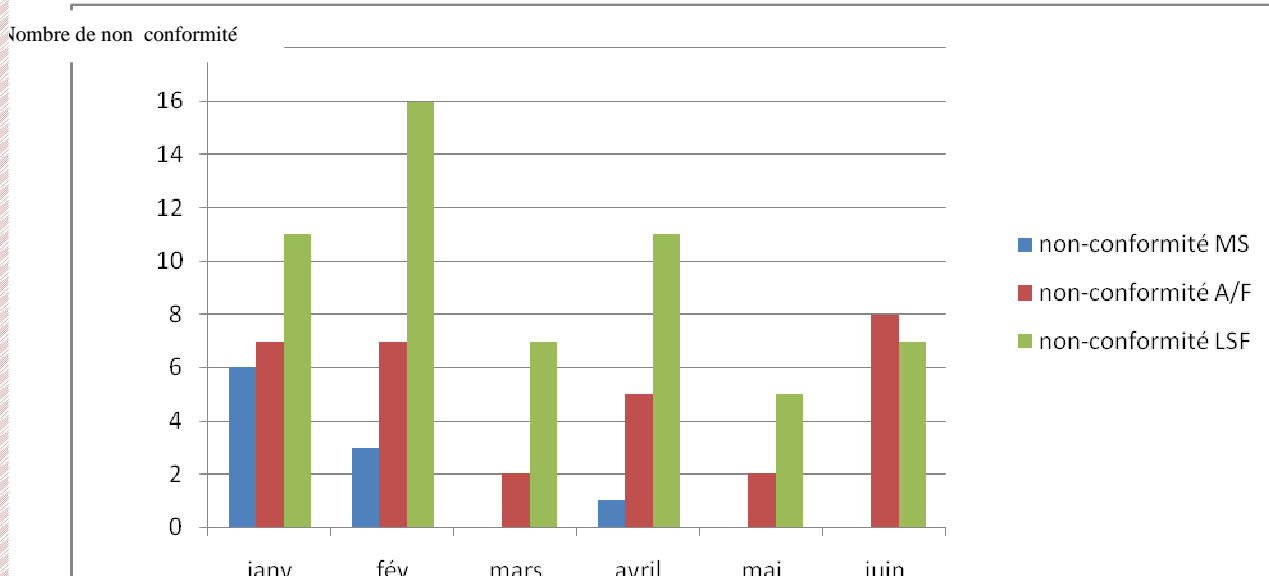


Figure 14 : diagramme de non-conformité

Interprétation :

D'après ce diagramme on observe que la plupart des non-conformités remarquées dans le module LSF et A/F par la suite dans le module MS cette non-conformité est due à des causes qui vont être traitées par la suite

V.6 Les causes responsables aux non conformités pendant six premier mois d'année 2012

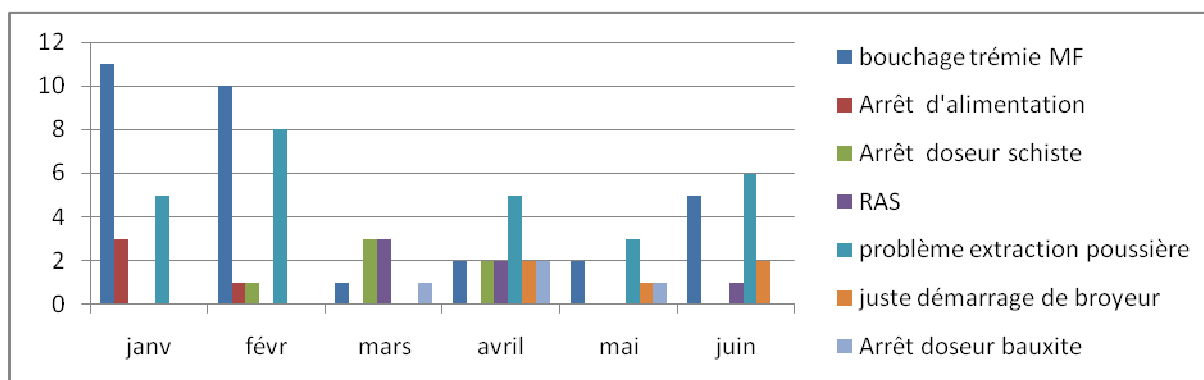


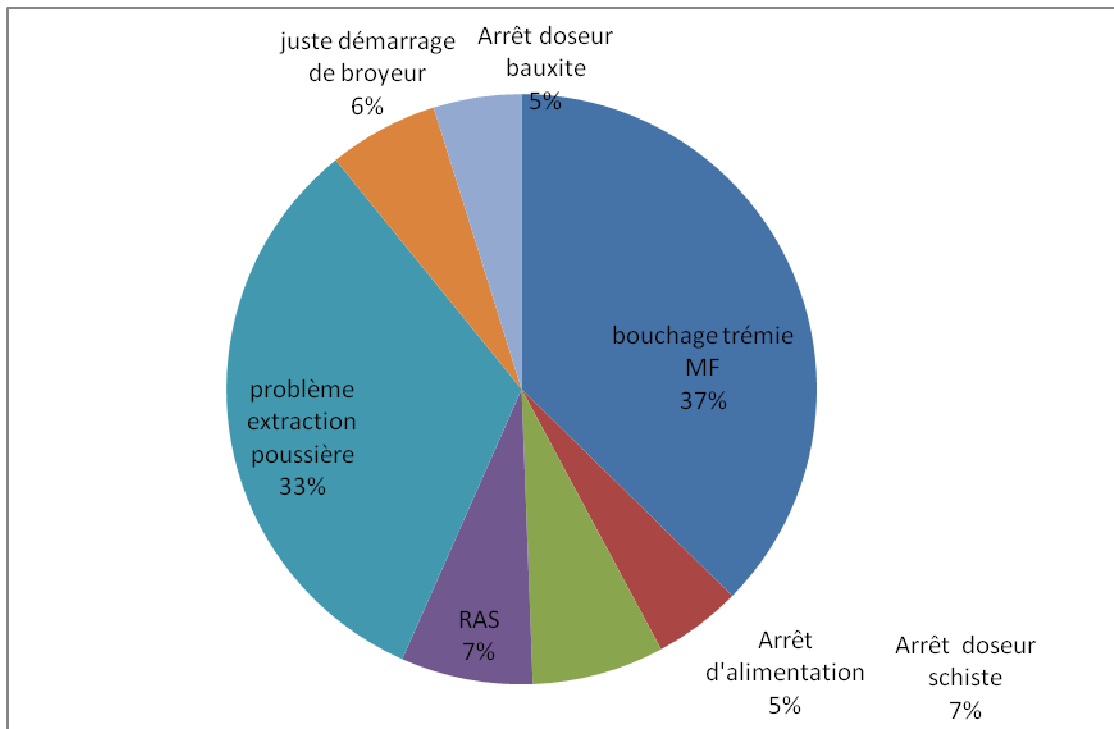
Figure 15 : les causes du non conformité pendant six premier mois d'année 2012

•

Figure 16 : La classification des causes responsable aux non conformités pendant six premier mois de 2012.

Interprétation :

On observe que les problèmes



majeurs, responsables de la non-conformité de cru est le bouchage de doseur de ferre et l'extraction de poussière sont les avec une valeur supérieur 30%. Et part la suite on se trouve avec l'arrêt du doseur schiste avec 7% et finalement arrêt d'alimentation et doseur bauxite avec une valeur inférieur a 6%.

V.7 Quelques propositions pour éviter les causes responsables des non conformité du cru

- Installer des vibromètre pour le doseure MF
- Remplacement des équipes de ringardage pendant les périodes pluviales
- Prévoir une zone de stockage convertre pour minimiser l'humidité de la matière
- Fabrication de doseur d'extraction poussière
- Sensibiliser les opérations sur l'impact

Conclusion

Mon projet de stage à suscité l'élaboration de nombreux essais au niveau du laboratoire et d'autres à l'échelle industrielle.

Dans un premier temps sur la méthodologie de déroulement de l'ensemble des essais. A travers ce point, j'ai établi un protocole pour ces expériences.

J'ai passées, dans un second temps à l'analyse des résultats obtenus par les essais du laboratoire. Pour ce faire, j'ai eu recours à des outils statistiques, plus précisément l'analyse de la variance des résultats.

Cette étude m'a permis de conclure qu'il faut un cru de qualité pour obtenir un ciment de qualité.

Enfin, Je constate que la plupart des non conformités sur les modules LSF, A/F et MS est dû à des problèmes de bouchage trémie de fer, l'arrêt doseur bauxite plus des perturbations au niveau d'extraction poussière, sans oublier les non-conformités qu'on n'a pas déterminé leur cause.

Bibliographie

- (1) projet de Hanae Fares (suivi du lancement d'un nouveau produit de ciment CPJ45 à la pouzzolane) 2009
- (2) et (3) Plan de qualité (lafarge)