

**Master Sciences et Techniques CAC Agiq
Chimiométrie et Analyse Chimique : Application à la gestion
industrielle de la qualité**

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

**MISE EN APPLICATION D'UNE NOUVELLE
NORME DE CIMENT ET TECHNIQUES DES
ESSAIS**

Présenté par:

Noura ZEJLY

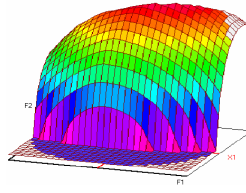
Encadré par:

- Nom et prénom : Mr. E. H. EL GHADRAOUI (FST Fès)
- Nom et prénom : Mr. J. BABY (LAFARGE)

Stage effectué à : LAFARGE Ciment usine de Meknès

Soutenu Le 22 Juin 2011 devant le jury composé de:

- M^r. E. H. EL GHADRAOUI (FST FES)
- M^r. E. H. LAMCHARFI (FST FES)
- M^r. A. LHASSANI (FST FES)
- M^r. A. KANDRI (FST FES)



Master ST CAC Agiq

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: Noura ZEJLY

Année Universitaire : 2010/2011

**Titre: MISE EN APPLICATION D'UNE NOUVELLE NORME DE LIANTS
HYDRAULIQUES ET TECHNIQUES DES ESSAIS**

Résumé

Le contrôle de la qualité du produit fini et la maîtrise des paramètres mis en jeu au niveau de la production revêtent une importance primordiale pour toute industrie de ciment. Le Service qualité de LAFARGE Ciments usine de Meknès en particulier, veille à améliorer la qualité du ciment, par le biais d'une analyse continue des matières en lignes de production et le suivi des paramètres chimiques mis en jeu.

Le présent travail concerne la mise en application de la nouvelle norme, tout d'abord à l'étude de déroulement de la méthode d'échantillonnage du ciment, la détermination des spécifications et la fréquence de contrôle des équipements d'essais, ensuite la description de la procédure suivie pour la rédaction des modes opératoires.

Mots clés:

- Norme marocaine NM 10.1.005
- Déroulement d'échantillonnage du ciment
- Spécifications et contrôle des équipements d'essais de ciment
- Procédure de rédaction des modes opératoires des essais mécaniques, physiques et chimiques.

Dédicace

Merci à **Dieu**, le tout puissant, qui a éclaircie ma voie par le savoir, et qui m'a armé par la foi.

A mon chère époux qui m'a encouragé et qui a supporté toute au long de cette année mon éloignement et mes soucis.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, ma précieuse **maman**, source d'amour et de tendresse, et pour qui les mots sont insuffisants pour exprimer mes sentiments.

A celui qui m'a indiqué la bonne voie, mon très cher **père**, pour son affection, son amour, son soutien moral et matériel et surtout ses consignes prodigieuses.

A mes merveilleux frères **Radouane** et **Zakaria** pour leur soutien moral et leur encouragement.

A mes **grands-mères et pères**.

A mes **tantes et oncles**.

A chaque **cousines et cousins**.

A mes meilleures **amies**.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin et que je ne trouve pas l'occasion de les nommer.

Je dédie ce mémoire.

Remerciements

C'est avec enthousiasme que j'ai effectué ce stage de fin d'études au sein de LAFARGE Ciment à l'usine de Meknès. C'est alors avec reconnaissance que je présente mes remerciements à la direction du site, pour son accueil chaleureux et pour m'avoir offert cette occasion de stage.

J'exprime ma profonde gratitude et immense respect à mon encadrant à LAFARGE, Mr. BABY Jaâfar, pour m'avoir encadrées le long de toute la durée de ce stage, pour sa disponibilité et son soutien sans faille qui m'a grandement facilité la tâche, aussi pour son orientation et sages conseils qui m'a été d'une grande utilité.

Je tiens également, à exprimer mon ample reconnaissance et ma considération envers mon encadrant académique. Monsieur, EL GHADRAOUI, pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de ce projet, pour ses judicieuses directives, ses conseils efficaces qui ont mené à la réussite de ce travail.

Je témoigne mes remerciements à toute l'équipe du service Qualité pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces quatre mois

Mes remerciements à M. KTIRI Ahmed, M. AKHERAZ Ali, M. AZIZ OUZZANI Taoufik, M. GUENOUNI Younes, M. CHANOUI Hicham pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils m'ont permis de vivre, pour m'avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise, sachant répondre à toutes mes interrogations concernant les missions évoquées dans ce rapport.

Mes profonds remerciements son aussi adresser aux professeurs membre de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Table des matières

Dédicaces	I
Remerciements.....	II
Liste des figures et tableaux.....	V
Introduction.....	1
PREMIERE PARTIE: CONTEXTE GENERAL DU PROJET	2
CHAPITRE 1: Présentation de l'organisme d'accueil	3
1.1 Aperçu général sur le secteur cimentier au Maroc.....	4
- Historique	4
1.2 LE groupe LAFARGE.....	4
1.3 Présentation de LAFARGE usine de Meknès	6
1.3.1 Historique.....	6
1.3.2 Situation géographique.....	6
1.3.3 Fiche signalétique.....	7
1.3.4 Organigramme	8
1.3.5 L'environnement à LAFARGE Meknès	9
1.3.6 La sécurité à LAFARGE Meknès	9
CHAPITRE 2 : Processus de fabrication du ciment.....	10
2.1 Description des produits fabriqués par LAFARGE Meknès	11
2.1.1 Les produits fabriqués par LAFARGE Meknès	11
2.1.1.1 CPJ 35	11
2.1.1.2 CPJ 45	11
2.1.1.3 CPJ 55	11
2.1.2 Nature et Caractéristiques des constituants des ciments.....	12
2.1.2.1 Clinker.....	12
2.1.2.2 Calcaire	12
2.1.2.3 Gypse.....	12
2.2 Le processus de fabrication du ciment.....	13
2.2.1 Carrière.....	13
2.2.2 Pré Homogénéisation.....	14
2.2.3 Broyeur cru.....	14
2.2.3.1 Le broyage cru	14
2.2.3.2 Homogénéisation	15
2.2.4 Cuisson	15
2.2.5 Broyage de ciment	16
2.2.6 Stockage et expédition.....	17
CHAPITRE 3 : La qualité à LAFARGE Ciments usine de Meknès.....	18
3.1 Introduction.....	19
3.2 Organigramme du service Qualité.....	20
3.3 Description des équipements du laboratoire.....	20
3.3.1 Analyses chimiques	21
3.3.1.1 Analyse par fluorescence X	21
3.3.1.2 Analyse par chimie classique.....	20

3.3.2	Essais physiques et mécaniques.....	20
3.3.3	Essais sous traités.....	20
3.3.4	Les moyens techniques d'approvisionnement, de stockage et conditionnement.....	21
3.3.5	Schéma de distribution et points d'échantillonnage.....	22
DEUXIEME PARTIE: REALISATION DU PROJET		23
CHAPITRE 4 : Présentation du projet.....		24
4.1	La norme marocaine NM 10.1.005	Erreur ! Signet non défini.
4.2	Problématique du projet	Erreur ! Signet non défini.
4.3	Objectif du projet	25
4.4	Planning du projet.....	27
CHAPITRE 5 : Déroulement d'échantillonnage.....		28
5.1	Méthode de prélèvement et d'échantillonnage de ciment.....	29
5.2	Taille et préparation des échantillons	Erreur ! Signet non défini.
5.3	Homogénéisation.....	Erreur ! Signet non défini.
5.4	Conditionnement et conservation.....	32
5.5	Contrôle de la méthode d'échantillonnage des différent produits.....	34
CHAPITRE 6: Contrôle des équipements d'essai.....		35
6.1	La norme marocaine NM 10.1.004.....	36
6.2	Essai de résistance à la compression et à la flexion.....	36
6.3	Essai de temps de prise de ciment.....	38
6.4	Essai de consistance	39
6.5	Stabilité à chaud.....	40
CHAPITRE 7: Rédaction des modes opératoires.....		40
7.1	Procédure des modes opératoires.....	42
7.2	Présentation	43
7.3	Codification.....	44
7.4	Classement et diffusion.....	44
7.5	Utilisation et application.....	44
7.6	Révision.....	44
7.7	Elimination et archivage.....	45
CONCLUSION GENERALE.....		46
Références Bibliographiques.....		47
Références Webographiques.....		47
Annexes.....		48-53

Liste des figures et tableaux

Figure 1: Répartition géographique des cimenteries au niveau national.....	4
Figure 2: Organigramme juridique da LAFARGE Maroc.....	5
Figure 3: Répartition géographique des cimenteries LAFARGE au niveau national.....	5
Figure 4: Situation géographique de Lafarge Meknès	6
Figure 5: Organigramme de LAFARGE Meknès	8
Figure 6: Processus de fabrication du ciment.....	13
Figure 7: Première phase de la production: extraction et concassage.....	14
Figure 8: Coupe transversale d'un tas de pré homogénéisation.....	14
Figure 9: Broyeur cru	14
Figure 10: Les étapes de cuisson du clinker.....	15
Figure 11: Circuit du clinker	16
Figure 12: Broyage du ciment.....	17
Figure 14: Expédition du ciment.....	17
Figure 15: Organigramme du service qualité.....	19

Tableau 1 : Caractéristiques du clinker.....	12
Tableau 2 : Caractéristiques du calcaire d'addition.....	12
Tableau 3 : Caractéristique du gypse.....	12
Tableau 4 : Planning de déroulement du projet.....	27
Tableau 5 : Contrôle de la méthode d'échantillonnage des différents produits.....	34
Tableau 6 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour l'essai de rupture par compression.....	36
Tableau 7 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour l'essai de rupture par flexion.....	37
Tableau 8 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination du temps de prise du ciment.....	38
Tableau 9 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination de la consistance normal du ciment.....	39
Tableau 10 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination de la stabilité à chaud.....	40

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 services.

Ainsi, en terme de maîtrise technique de la qualité des analyses mécaniques et chimiques, l'usine de Meknès veille à tous les niveaux sur le bon déroulement de toutes les analyses effectuées au sein du laboratoire.

Cependant la documentation actuelle au sein du laboratoire LAFARGE Meknès suit la norme marocaine NM 10.1.005 version juin 2004, est étant conscient de l'importance accordée à l'application des textes normatifs, l'usine de Meknès s'engage à être parmi les premiers à appliquer et à respecter ces textes ; afin de répondre aux principaux objectifs à savoir garantir la qualité des ses produits et services.


L'objectif de mon projet de fin d'étude est la mise en application de la nouvelle norme NM 10. 1.005 version Juin 2008 à tous les modes opératoires des essais, aux conditions de leurs réalisations, et aux spécifications en vigueur ainsi que leur interprétation.

De même, ce présent mémoire permettra, à travers sa première partie, d'effectuer un diagnostic destiné à l'organisme d'accueil ; nous débutons par sa présentation, nous passons à l'explication du processus de fabrication du ciment et nous terminons par la description du service d'affectation, à savoir le service qualité.

La seconde partie parcourra, par le biais de quatre chapitres, la réalisation du projet. Elle présentera en premier lieu mon projet puis décrira en second lieu la méthodologie employée pour effectuer l'échantillonnage du ciment. Le troisième chapitre accédera à la description des spécifications des équipements, et finalement la procédure suivi pour la rédaction des modes opératoires des essais physiques, mécaniques et chimiques de référence.

PREMIERE PARTIE: CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Cette partie est une vue générale du projet, à travers laquelle nous présentons l'organisme d'accueil, puis nous expliquons le processus de fabrication du ciment et en fin une description de la qualité au site de Meknès.

 *Présentation de l'organisme d'accueil*

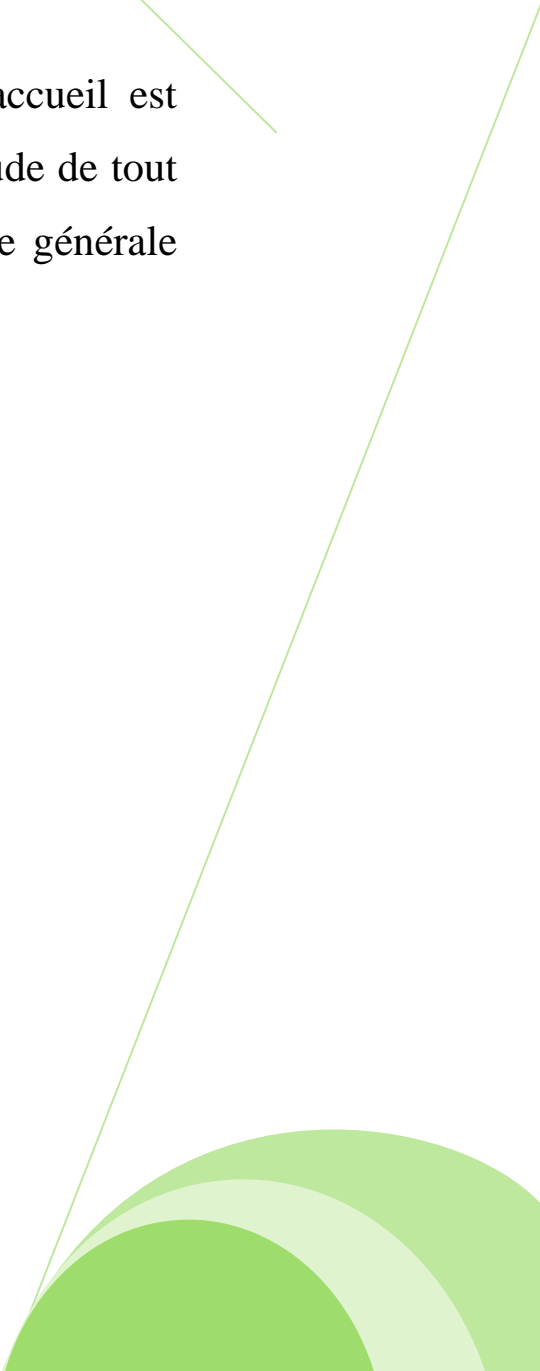
 *Le processus de fabrication du ciment*

 *La qualité à LAFARGE Ciments usine de Meknès*



CHAPITRE 1: 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.



1.1 Aperçu général sur le secteur cimentier au Maroc

❖ *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.

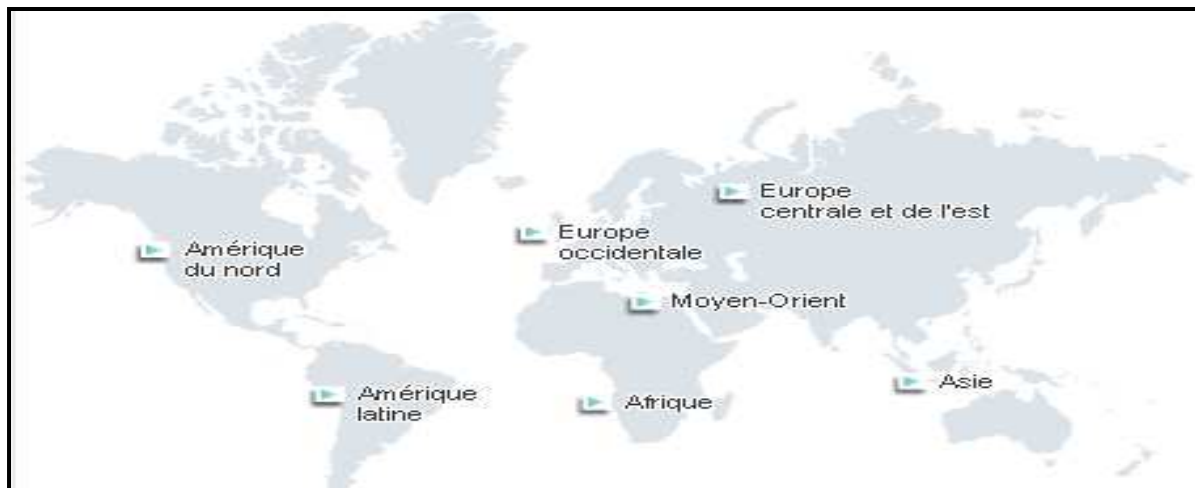
Ainsi, il fut décidé en 1913, l'implantation de la première cimenterie à Casablanca avec une capacité de production annuelle de 10 000 tonnes. L'accroissement des besoins nationaux en ciment a engendré l'extension de l'usine de Casablanca et la création de nouvelles unités.

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

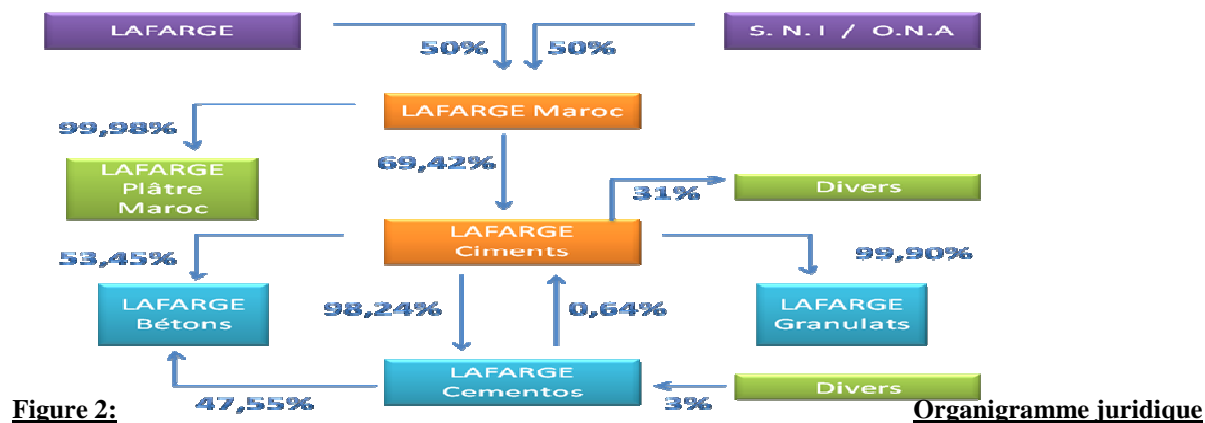
1.2 Le groupe LAFARGE

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 mondiaux sur le marché du ciment avec 57 usines réparties dans plus de 15 pays.

Figure 1: LAFARGE au niveau mondial

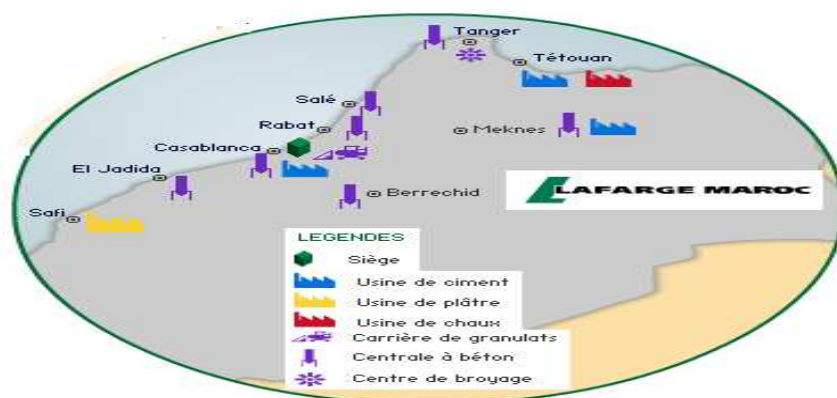


La naissance officielle de « LAFARGE Maroc » a eu lieu le 01 Juin 1995, lors de la signature d'une convention de partenariat entre SNI¹ et LAFARGE, mais notons que la SNI et ONA² ont annoncé leur fusion depuis Mars 2010, le partenariat est à 50%- 50% entre LAFARGE et ONA.



da LAFARGE Maroc

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.



des cimenteries LAFARGE au niveau national

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 les deux usines de Bouskoura et de Meknès, LAFARGE- Maroc produit près du tiers de la capacité de production totale du secteur.

1 : Société Nationale d'Investissement, créée en 1966. Elle est un holding d'investissement.

2 : Omnium Nord Africain, premier groupe industriel et financier privé marocain

1.3 Présentation de LAFARGE usine de Meknès

1.3.1 Historique

Créée 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.

1.3.2 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 4: Situation géographique de Lafarge Meknès

1.3.3 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

1.3.4 Organigramme

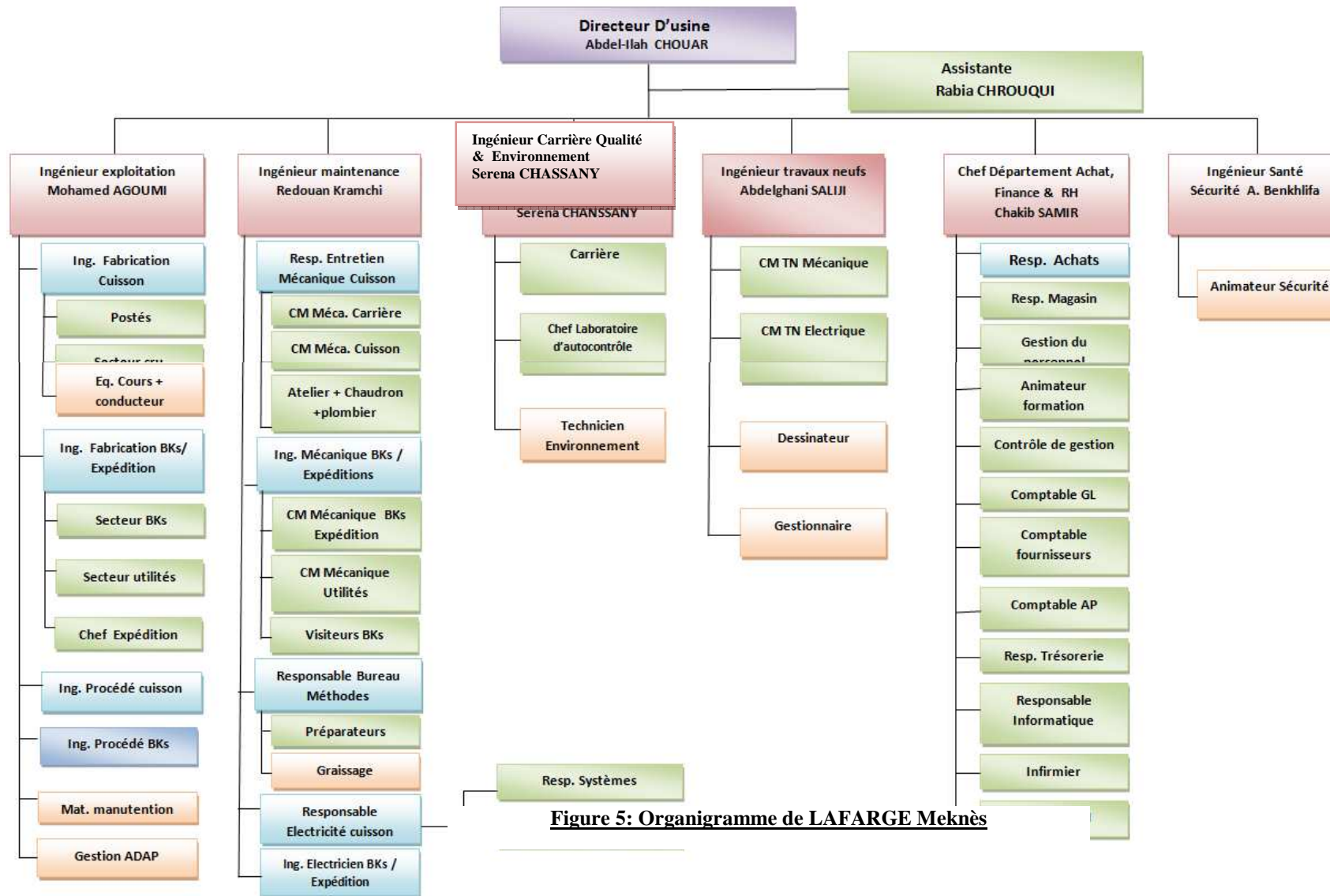


Figure 5: Organigramme de LAFARGE Meknès

1.3.5 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).

1.3.6 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 Equipements de Protection Individuel (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.




CHAPITRE 2 : **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.

2.1 Description des produits fabriqués par LAFARGE Meknès

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

2.1.1 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 gris³: CPJ 35, CPJ 45 et CPJ 55.

2.1.1.1 CPJ 35

Le CPJ 35 est un Ciment Portland⁴ 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 résistance à la compression du mortier à 28j du CPJ 35 doit être supérieure à 22.5MPa.

2.1.1.2 CPJ 45

Le CPJ 45 est un Ciment Portland avec Ajouts. Il doit contenir un pourcentage minimum en Clinker de 72%, le reste étant constitué d'ajouts comme le calcaire et le gypse.

Parmi les principales caractéristiques garanties par la norme, la résistance à la compression du mortier à 28j du CPJ 45 doit être supérieure à 32.5MPa.

2.1.1.3 CPJ 55

Le CPJ55 est un Ciment Portland avec Ajouts composé principalement de clinker et de calcaire, il doit contenir un pourcentage minimum en clinker de 83%. 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 : 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.

2.1.2 *Nature et Caractéristiques des constituants des ciments*

2.1.2.1 Clinker

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

%3CaO, SiO₂ + %2CaOSiO₂	%CaO +%SiO₂	%MgO
≥ 66%	≥ 2	≤ 5

Tableau 1: Caractéristiques du clinker

2.1.2.2 Calcaire

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

%CaCO ₃	Teneur en argile	Teneur en matières organiques (TOC)
≥ 70%	≤ 2%	≤ 0,5%

Tableau 2: Caractéristiques du calcaire d'addition

2.1.2.3 Gypse

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

%SO ₃
≥ 38

Tableau 3: Caractéristique du gypse

2.2 Le processus de fabrication du ciment

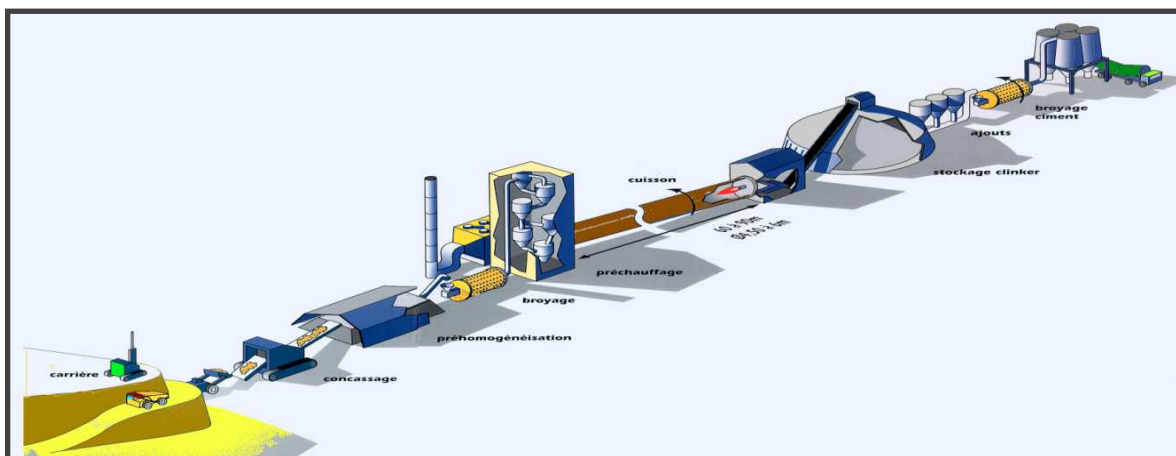


Figure 6: Processus de fabrication du ciment

2.2.1 Carrière

Du fait de la complexité géologique de la carrière, des mélanges de zones sont nécessaires pour l'obtention d'un cru dosé. L'exploitation se fait sur un étage et comporte 4 phases principales :

- ❖ L'abattage à l'explosif par des mines profondes ;
- ❖ Le transport des matériaux abattus vers les deux concasseurs ;
- ❖ Le concassage des matériaux ;
- ❖ Le transport de la matière concassée vers l'usine par transporteur à bandes.

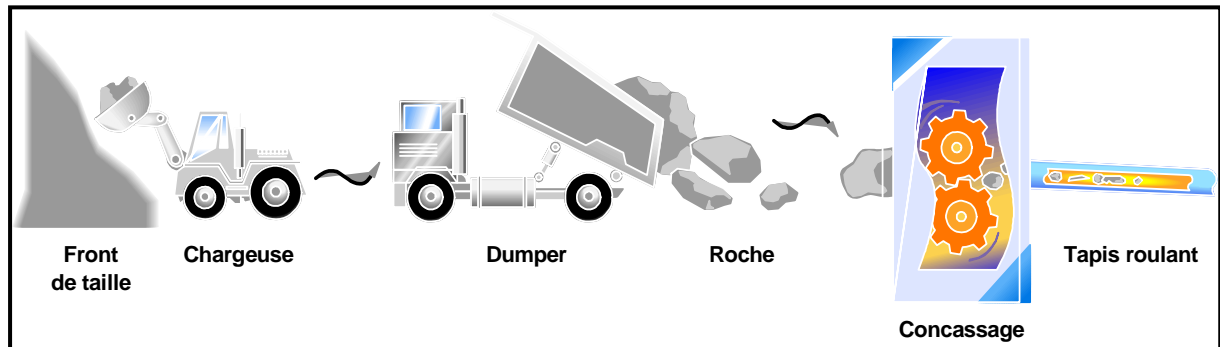


Figure 7: La première phase de la production: extraction et concassage

2.2.2 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 : un tas se confectionne en superposant le calcaire et l'argile afin d'obtenir une répartition quasi-uniforme.

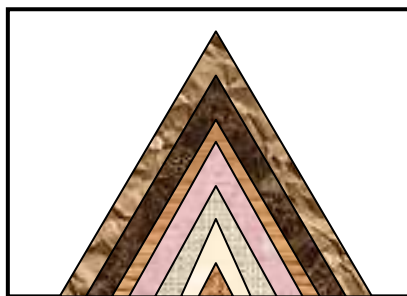


Figure 8: Coupe transversale d'un tas de pré homogénéisation

L'extraction de la matière est faite par un gratteur (transporteur à godets), la matière est raclée par des herse au niveau de toute la surface d'attaque du tas. Ce raclage permet d'avoir un mélange homogène, appelé cru doser, de l'ensemble des cordons réalisés lors de la constitution du tas. La matière est envoyée par un ensemble de transporteurs jusqu'à la trémie cru doser du broyeur cru.

2.2.3 Broyeur cru

2.2.3.1 Le broyage cru

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

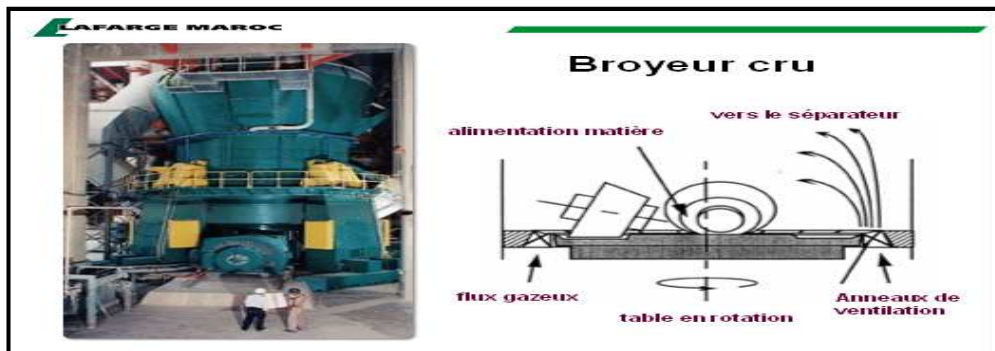


Figure 9: Broyeur cru

L'usine de Meknès dispose de deux broyeurs verticaux.

2.2.3.2 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.

2.2.4 Cuisson

Il s'agit d'un procédé par voie sèche⁵. 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.

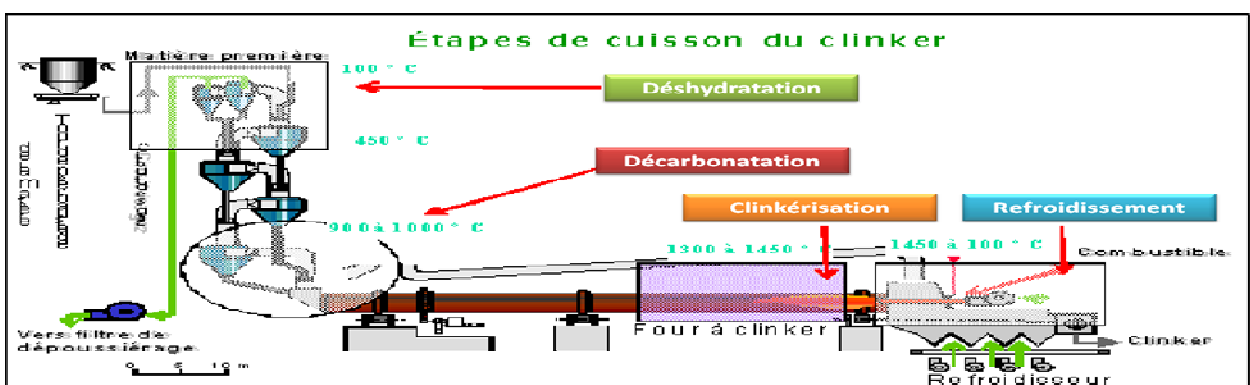


Figure 10: Les étapes de cuisson du clinker

5 : 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.S⁶. Elle circule le long de cinq cyclones, à contre-courant des gaz chauds ascendants du four, l'évacuation de ces gaz étant assurée par le ventilateur de tirage évoqué précédemment. Il s'effectue alors un échange thermique le long de la tour qui s'accompagne des phénomènes suivants :

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

L'usine dispose de deux fours rotatifs légèrement inclinés. La réaction qui se produit dans le four est la clinkerisation. Elle a lieu entre 1200 et 1500°C et elle donne naissance à une phase liquide formée de CaO, Al₂O₃ et Fe₂O₃, et à des phases solides formées de CaO, SiO₂ et CaO, SiO₂.

2.2.5 Broyage de ciment

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

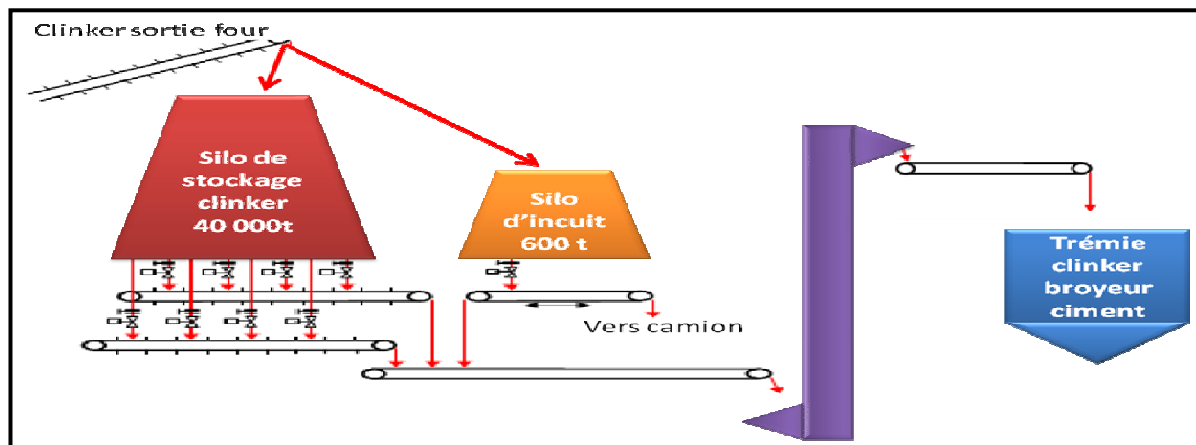


Figure 11: Circuit du clinker

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

6 : Echangeur Voie Sèche.

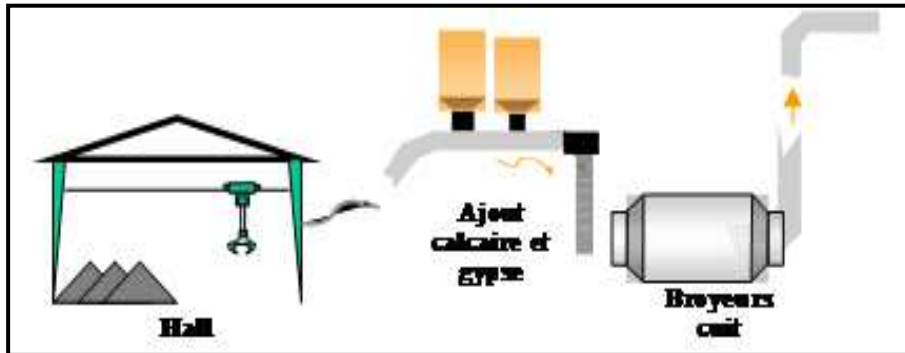
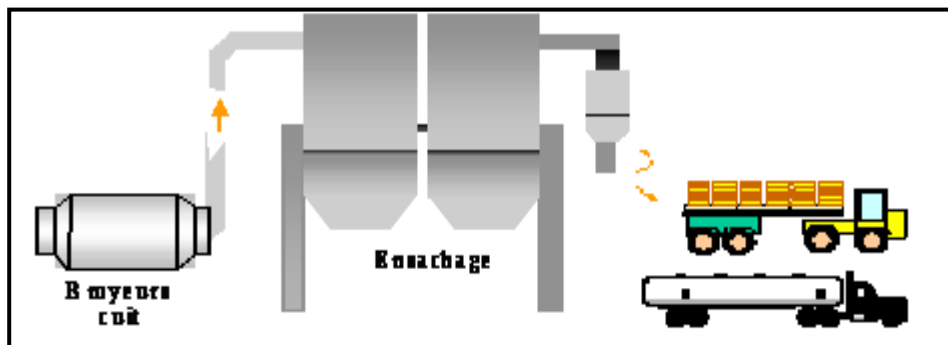


Figure 12: Broyage du ciment

2.2.6 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.



Figure

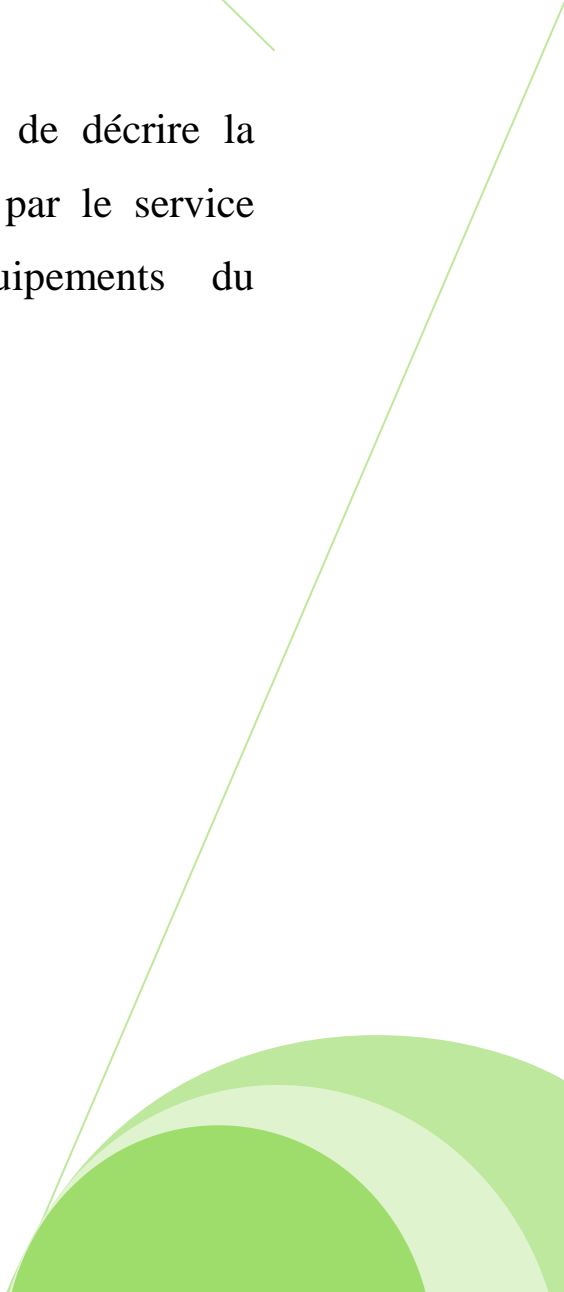
Expédition du ciment

13:



CHAPITRE 3 : **La qualité à LAFARGE Ciments usine de Meknès**

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.



3.1 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.

3.2 Organigramme du service Qualité

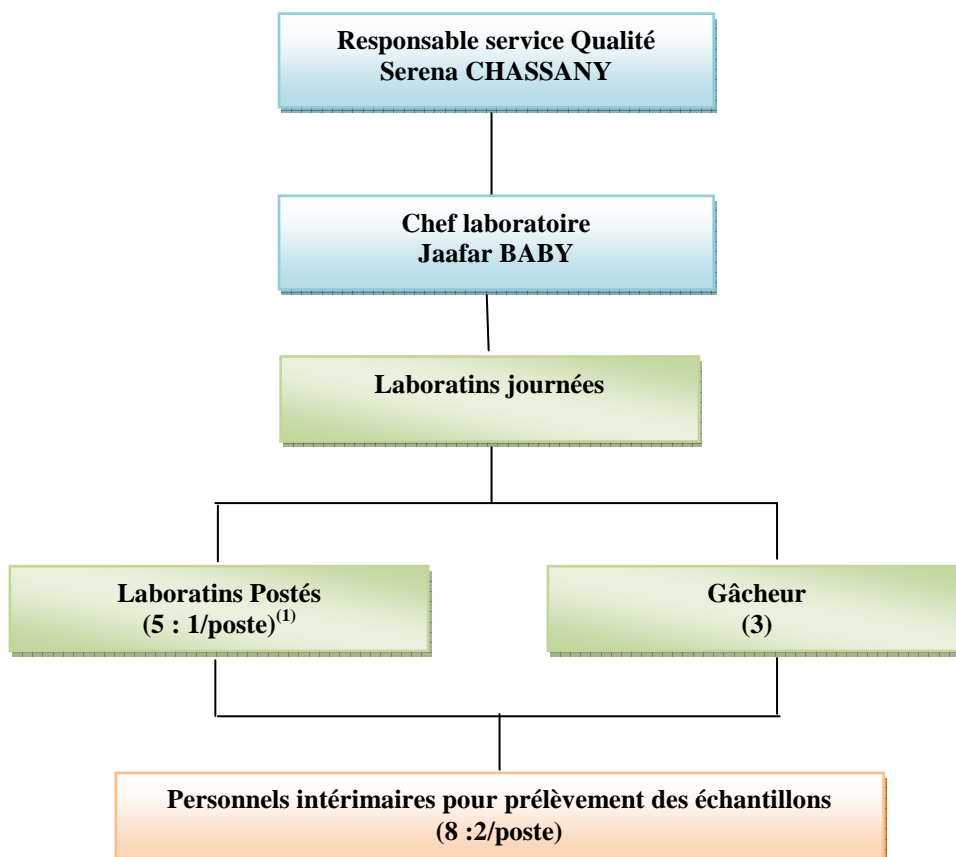


Figure 14: Organigramme du service qualité

3.3 Description des équipements du laboratoire

LAFARGE Ciments, Usine de Meknès est dotée d'un laboratoire équipé 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.

3.3.1 Analyses chimiques

3.3.1.1 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 : SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃, K₂O et Na₂O.

Un ensemble d'équipements est mis en parallèle pour assurer la préparation des échantillons.

3.3.1.2 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.

3.3.2 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.

3.3.3 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.

3.3.4 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 broyeurs, les doseurs du 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 manque de matière, il entraîne automatiquement l'arrêt des autres doseurs.

L'entretien et le suivi des vannes des ateliers cuits⁷ 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 de ciment de qualité différentes.

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 un logiciel.

3.3.5 Schéma de 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.


7 : ateliers destinés au broyage.

DEUXIEME PARTIE: REALISATION DU PROJET

Cette partie se propose de présenter tout d'abord la problématique de mon projet, ensuite l'objectif à atteindre par la réalisation de tel projet, et en fin le déroulement du travail réalisé.

 *Présentation du projet*

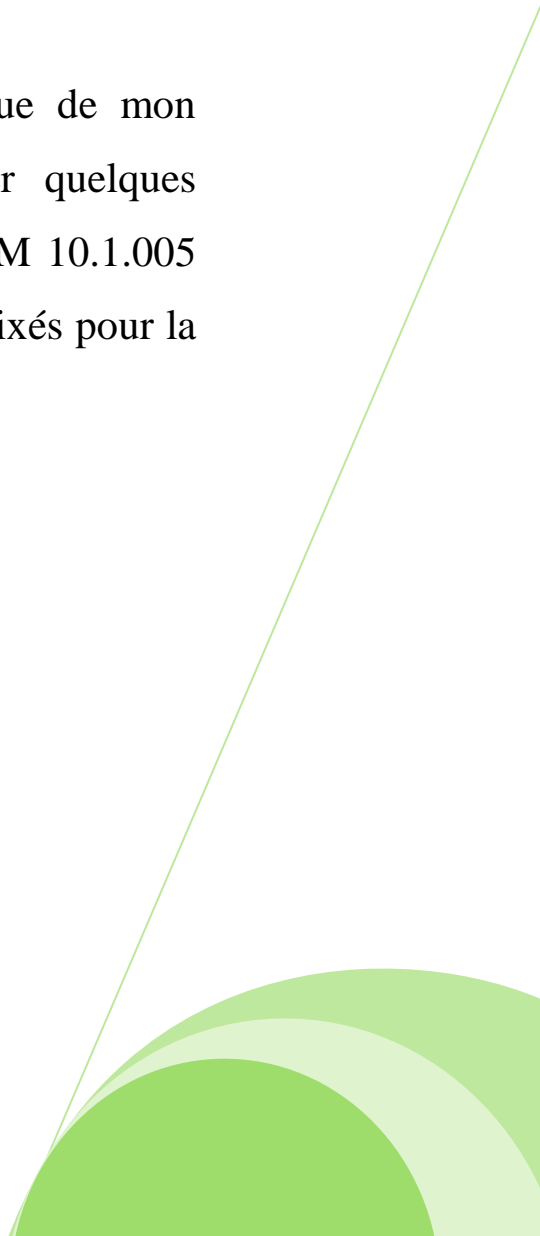
 *Objectifs de projet*

 *Travail réalisé*



CHAPITRE 4 : **Présentation du projet**

Avant d'exposer la problématique de mon projet, il serait judicieux de donner quelques explications concernant la norme NM 10.1.005 et de présenter les différents objectifs fixés pour la réalisation de ce projet.



4.1 La norme marocaine NM 10.1.005

La réalisation des essais, la présentation des résultats et leur interprétation sont des éléments nécessaires à la prise de décision au niveau du suivi de la conformité des ciments aux normes qui sont d'application obligatoire.

C'est dans ce cadre que le ministre du commerce, de l'industrie et des nouvelles technologies (SNIMA), avec l'appui de la Fédération des Industries des Matériaux de construction (FMC) et l'Association Professionnelle des Ciments (APC), a élaboré un recueil qui regroupe :

- 1- la norme des techniques d'essais des liants hydrauliques (ciments) (NM 10.1.005).
- 2- La norme relative à la détermination des constituants des ciments (NM 10.1.126).

Par ailleurs, il faut rappeler qu'avant de mettre un ciment sur le marché, il doit subir au minimum les essais que prévoit la norme NM 10.1.005 à savoir :

- les essais chimiques et chimiques de références
- les essais mécaniques
- les essais physiques

4.1.1 Objectif de la norme NM 10.1.005

La présente norme a pour objet de :

- Fixer les prescriptions générales définissant les conditions dans lesquelles doivent être réalisés les essais et analyses sur les liants hydrauliques ;
- décrire les appareils utilisés pour les essais et analyses ;
- décrire les essais physiques, chimiques, et mécaniques ;
- décrire les méthodes d'analyses chimiques de référence.

4.2 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 l'eau ; c'est un liant hydraulique. Pour ce faire, le contrôle de qualité à toutes les étapes de fabrication s'impose.

C'est dans ce sens que la qualité des résultats des essais au laboratoire fait l'objet d'une attention particulière.

Cependant, la documentation actuelle au sein du laboratoire LAFARGE ciments de Meknès suit la norme marocaine NM 10.1.005 version de Juin 2004 qui a été mise en application aux essais chimiques dans la même année, et aux analyses mécaniques et physiques le premier janvier 2005.

Les problèmes qui se posent :

L'ancienne norme ne fixe pas, avec la précision souhaitée, les conditions dans lesquels doivent être réalisés les essais et analyses, à savoir la température des saies de conservation et des saies d'essais, la

précision des balances, les démentions des appareils utilisés et la fréquence de leurs entretiens. Cette lacune affecte d'une manière directe la qualité, la durabilité et la sécurité des constructions.

4.3 Objectif du projet

Le but du projet est la mise en application de la NM 10.1.005 au sein du laboratoire d'autocontrôle, ainsi les objectifs fixés pour mon projet de fin d'étude sont les suivants :

- ❖ Décrire la méthode de déroulements d'échantillonnage ;
- ❖ Vérifier les spécifications des équipements ;
- ❖ Rédiger les modes opératoires selon la NM 10.1.005;
- ❖ Suivi de la mise en application des nouvelles modes opératoires.

4.2 Planning du projet

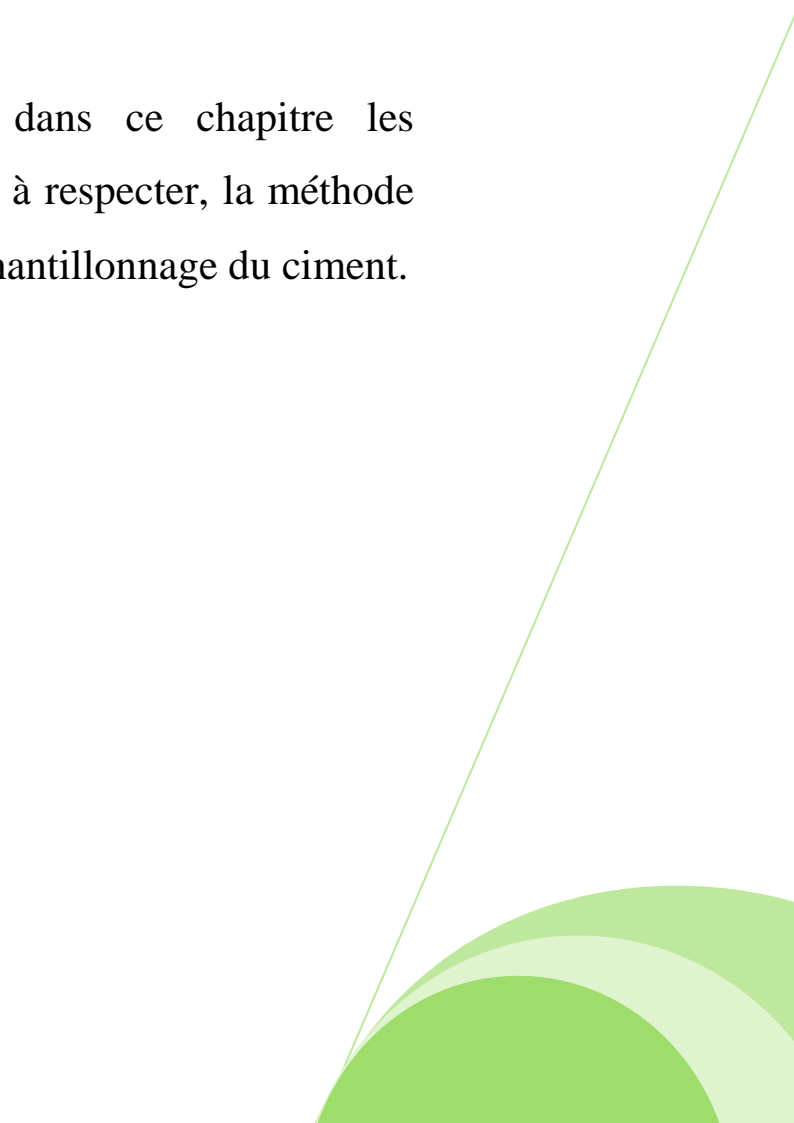

Nom	Date de début	Date de fin	Durée (j)
<input type="checkbox"/> FORMATION	01/02/2011	18/02/2011	14
— Formation en sécurité	01/02/2011	02/02/2011	1
— Visite de la carrière	02/02/2011	03/02/2011	1
— Visite de la zone de fabrication	03/02/2011	04/02/2011	1
— Formation sur les activités du laboratoire	04/02/2011	18/02/2011	11
<input type="checkbox"/> ESSAIS PHYSIQUES ET MECANIQUES	21/02/2011	31/03/2011	29
— Planification	21/02/2011	23/02/2011	2
— Visite des points d'échantillonnage	23/02/2011	24/02/2011	1
— Rédaction de la procédure de prélèvement	24/02/2011	02/03/2011	4
— Rédaction des modes opératoires des essais physiques et mécaniques	02/03/2011	22/03/2011	14
— Description des spécifications de contrôle mécaniques et physiques exigés par la NM	22/03/2011	31/03/2011	8
<input type="checkbox"/> ESSAIS CHIMIQUES	01/04/2011	27/05/2011	41
— Rédaction des modes opératoires des essais chimiques	01/04/2011	22/04/2011	16
— Rédaction des modes opératoires chimiques de référence	25/04/2011	10/05/2011	10
— Suivi de la réalisation des modes opératoires	09/05/2011	27/05/2011	15

Tableau 4: Planning de déroulement du projet



CHAPITRE 5 : **Déroulement d'échantillonnage**

Nous décrivons dans ce chapitre les différentes dispositions à respecter, la méthode de prélèvement et d'échantillonnage du ciment.



LAFARGE Ciments usine de Meknès veille sur la qualité du produit fini en termes des résultats des essais effectués au laboratoire à savoir les essais physiques, mécaniques et chimiques.

Cependant, afin de satisfaire les besoins des clients et répondre aux contraintes économiques et social, il est primordial d'avoir des résultats précise et qui révèlent la qualité de la matière première, du produit semi fini et par la suite la qualité des produits finaux.

C'est pour cette raison que LAFARGE Ciments s'engage à être parmi les premiers cimentiers à appliquer la norme marocaine publiée par le SNIMA à tous les documents du laboratoire.

La norme consiste à apporté des modifications aux modes opératoires du laboratoire d'autocontrôle ; concernant les spécifications des équipements et les conditions dans lesquelles doivent être réalisés les essais

Je vais cibler trois catégories de document :

- Document des essais physiques et mécaniques
- Document des essais chimiques
- Document des essais chimiques de référence.

Afin de réussir tout type d'essai, il est essentiel de passer par le prélèvement des échantillons. La qualité de ces derniers semble représenter la qualité des résultats obtenus par la suite, et pour s'assurer de la représentativité des échantillons prélevés il faut donc tenir compte des équipements de prélèvement utilisés, et la méthode à suivre.

5.1 Méthode de prélèvement et d'échantillonnage du ciment

5.1.1 Objet et domaine d'application

Cette partie concerne uniquement les équipements à utiliser, les méthodes à suivre et les dispositions à respecter lors des prélèvements de ciments pour obtenir des échantillons représentatifs de lots définis et destinés aux essais de contrôle des produits prêt à être livrés, en cours de livraison ou après celle-ci.

Cette partie s'applique aux prélèvements de tous les types de ciments définis dans la NM 10.1.004 qu'ils soient :

- contenus dans des silos,
- conditionnés en sacs, en bidons, fûts ou dans tous autres conteneurs,
- ou transportés en vrac par véhicules routiers, wagons de chemin de fer, bateaux, etc.

5.1.2 Equipements de prélèvement

En raison de la diversité des installations industrielles et des circonstances dans les quelles doivent être opérés les prélèvements, il n'est pas possible de décrire un équipement de référence auquel d'autres équipements seraient comparés par des séries d'essais avant de pouvoir être utilisés.

Leur choix et leur emploi doivent respecter les règles suivantes :

- ✓ être agréés par les parties,
- ✓ être en matière non corrodable, non susceptible de réagir avec le ciment,
- ✓ être maintenus constamment en état de marche et de propreté. A ce propos on doit veiller à ce qu'ils soient soigneusement nettoyés après chaque prélèvement ; toutefois, ce nettoyage n'est pas nécessaire entre les prises successives d'un même ciment destiné à confectionner l'échantillon.

On doit veiller également à ce qu'ils ne soient pas souillés par les lubrifiants d'autres équipements utilisés.

5.1.3 Procédés de prélèvements et précautions à prendre suivant le procédé utilisé

D'une manière générale pour effectuer un prélèvement, on utilise l'appareil le mieux adapté aux circonstances et en prenant, selon les cas, les précautions ci-après :

5.1.3.1 Prélèvement sur sacs, fûts et autres conteneurs de taille comparable

Lorsque le ciment est conditionné en sacs, fûts ou autres conteneurs de petites dimensions, l'échantillon est constitué par prélèvement d'un sac d'un conteneur choisi au hasard d'un stock suffisamment important.

5.1.3.2 Prélèvements sur conteneurs de grande capacité

Les prélèvements sont effectués au remplissage ou à la vidange du conteneur en veillant :

- A ne pas opérer dans une atmosphère poussiéreuse ou polluante,
- A faire le nombre de prélèvements nécessaires à l'obtention de la qualité visée.
- A verser le ciment recueilli dans un conteneur propre, sec et étanche avant de procéder aux opérations de préparation d'échantillonnage.

5.1.3.3 Prélèvements sur transport en vrac (après chargement ou avant déchargement)

Quelque soit le matériel utilisé, on doit veiller à ne pas prélever dans les couches inférieures ou supérieures de la masse de ciment. A cet égard, l'épaisseur de la couche à considérer est de 15 cm au moins.

On prend les mêmes précautions que celles décrites ci-dessus.

5.1.3.4 Prélèvement sur silo

A défaut de dispositif convenable de prélèvement fixé à demeure, on élimine tout d'abord au moment de la vidange une certaine quantité de ciment pour écarter les croutages &ou les mélanges indésirables de ciments différents dans le circuit de distribution. Cette quantité est laissée à l'appréciation du représentant du fabricant qui assiste au prélèvement. On recueille ensuite dans un conteneur propre et sec la quantité prescrite dans le paragraphe d'homogénéisation.

5.1.3.5 Prélèvement sur ensacheuse

La quantité prélevée consiste en un sac de ciment obtenu pendant la marche normale de la machine. Elle peut également être consistée par une quantité équivalente prélevée par dispositif mécanique installé sur la trémie directement au dessus des becs d'alimentation. Si la machine sert à l'ensachage de ciments différents, il faut la purger de tout le ciment du type précédemment ensaché jusqu'à ce que le ciment à prélever arrive. Selon le type d'ensacheuse, la quantité à purger doit être importante. C'est au représentant du fabricant qui assiste au prélèvement de l'apprécier.

5.1.3.6 Fréquence des prélèvements et choix du type d'échantillon

La fréquence des prélèvements et le type d'échantillon (ponctuel ou moyen) dépendent des dispositions contenues :

- Dans les conventions entre fabricant et client,
- Dans les normes nationales ou encore, internationales,

- Dans les procédures de certifications,

5.2 Taille et préparation des échantillons :

5.2.1 Taille des échantillons-quantité à prélever pour une vérification de conformité :

Chaque échantillon de laboratoire (ou encore échantillon ou échantillon conservatoire) doit par sa taille permettre de réaliser deux fois tous les essais prévus au contrat ou exigés. Sauf spécification contraire la masse de ces échantillons doit être au moins de 5kg (toutefois, le cas échéant, elle pourra être plus importante pour remplir complètement le conteneur.

La quantité totale (échantillon ponctuel ou moyen) à prélever pour une opération de vérification de conformité doit être supérieure ou au moins égale à celle nécessaire pour fournir tous les échantillons visés ci-dessus aux laboratoires intéressés.

Cette quantité sera prélevée avec le matériel prévu au paragraphe équipement de prélèvement et en suivant les procédés indiqués au paragraphe de procédures de prélèvements. En général un prélèvement de 40kg à 50kg répond aux besoins.

5.3 Homogénéisation :

5.3.1 Dispositions générales :

Sitôt recueilli, la quantité de 40kg à 50kg est homogénéisée soigneusement (de préférence en laboratoire) avec des instruments secs, propres et non susceptibles de réagir avec le ciment.

L'homogénéisation est réalisée de préférence à l'aide d'un appareil mélangeur dont l'efficacité doit avoir été démontrée de préalable. Quelque soit le procédé choisi, en s'efforce d'opérer le plus rapidement possible pour limiter le temps d'exposition à l'air du ciment. A défaut d'homogénéisateur, on procède de la manière suivante :

La quantité de ciment à répartir entre les laboratoires est versée sur une toile (ou feuille de plastique) propre et sèche, puis le ciment est soigneusement mélangé à l'aide d'une pelle.

Ce procédé ne peut être utilisé que si :

- l'humidité relative ambiante de la salle de préparation est inférieure à 85%,
- tout risque d'affectation de l'échantillon par le vent, la pluie, la neige ou les poussières est écarté.

5.4 Conditionnement et conservation

5.4.1 Principe

Le conditionnement des échantillons et le mode de leur conservation doivent dans tous les cas assurer l'intégrité des caractéristiques du ciment prélevé. Toute circonstance susceptible d'y porter atteinte doit être signalée.

5.4.2 Récipients

Les échantillons sont emballés, expédiés et conservés dans des sacs, boîtes ou récipients solides. Ils sont constitués d'une matière inerte à l'égard du ciment et non corrodable.

Ils doivent être secs, étanches (à l'air et à l'humidité) et propres. A cet égard, ils ne doivent pas avoir servi précédemment au conditionnement de produits susceptibles d'altérer les échantillons.

Pour éviter l'éventement, les récipients sont, dans toute la mesure du possible, remplis au maximum et leur fermeture convenablement scellée par un ruban adhésif.

Les récipients ou sacs en matière plastique ne peuvent être utilisés que si les conditions suivantes sont respectées :

- la durée de la conservation est limitée à trois mois,
- la feuille la constituant doit avoir au moins 100µm d'épaisseur,
- en aucun cas la matière plastique utilisée ne doit engendrer de « l'air entraîné » dans le ciment que ce soit par perte de cette matière ou par suite d'un traitement de surface. Vérifier l'absence de risque de ce point de vue en pratiquant le cas échéant les essais convenables.
- On doit également prévoir leur scellement, au besoin par un ruban approprié.

5.4.3 Conditions de conservation

Les échantillons doivent être conservés de préférence à une température inférieure à 30°C.

5.4.4 Identification des échantillons

Afin d'identifier sans ambiguïté les échantillons, les récipients (sacs ou boîtes) reçoivent un marquage clair et indélébile au moins en un emplacement.

Par conséquent, le ciment sortant du broyeur 45min après l'introduction des matières d'alimentation n'est pas 100% constitué de ces matières. D'où la possibilité de réduire la fréquence de prélèvement tout en la gardant optimale. Ainsi, nous avons opté pour une fréquence de 30 minutes.

L'essai industriel ne commence qu'après stabilisation du broyeur pour atteindre les paramètres ciblés. Les 8 prélèvements sont faits avec une fréquence d'une demi-heure. Ainsi, pour chaque échantillon, le manœuvre laboratoire prélève 5 kg du produit fini au niveau de l'aéro glissière et 5 kg de chaque matière d'alimentation (clinker, calcaire et gypse). En effet, un manœuvre a été posté au niveau des doseurs des trois broyeurs pour s'assurer du bon écoulement de la matière. Simultanément, un bilan des consommations énergétiques et débits broyeurs durant chaque essai est effectué.

5.5 Contrôle de la méthode d'échantillonnage des différents produits :


Produits	Cru	Clinker	Farine alimentation four	Ciment
Fréquence de prélèvement	2h	2h	1 fois/Poste	3h
Equipements utilisés	L'équipement doit être en matière non corrodable, non susceptible de réagir avec le ciment.			
Quantité	Au moins 5Kg	Au moins 5Kg	Au moins 5Kg	5Kg
Méthode à suivre	Prélèvement automatique	Prélever 3 échantillons pendant 5min	Prélèvement semi automatique	Prélever par un dispositif mécanique
Homogénéisation	Utiliser des instruments secs, propres et non susceptibles de réagir avec le ciment			
Conservation	Conserver dans des boîtes solides, étanches, secs, propres, non corrodables, et d'une matière inerte à l'égard du ciment à une température de 30°C. A ne pas dépasser 3 mois.			

Tableau 5: contrôle de la méthode d'échantillonnage des différents produits

Dans le cadre de la vérification permanente de conformité des ciments par rapport aux normes marocaines, chaque échantillon doit être prélevé dans un intervalle de temps spécifique à la marche de processus de fabrication afin d'obtenir à tout moment la composition de l'élément échantillonné, et avec un équipement propre et non susceptible de réagir avec le ciment.

La quantité prélevée doit permettre de réaliser deux fois tous les essais exigés par la norme, et doit être homogénéisée à l'aide d'un appareil mélangeur, ou avec un instrument sec et propre.

Les échantillons doivent être conservés de préférence à une température inférieure à 30°C et à une durée qui ne dépasse pas 3mois dans des boîtes sèches, propres et étanches.




CHAPITRE 6:

Contrôle des équipements d'essai

A travers le présent chapitre nous allons décrire les spécifications et la fréquence de contrôle mécaniques et physiques des équipements, exigés par la NM 10.1.004.

6.1 La norme marocaine NM 10.1.004

La présente norme a pour but de spécifier les exigences, et la fréquence minimale à respecter à partir de la mise en service. La fréquence de contrôle d'un matériel doit toujours



être adaptée à la fréquence d'utilisation et au risque de dépassement des valeurs spécifiées afin d'éviter le risque d'avoir un produit non conforme ou non régulier.

6.2 Essai de résistance à la compression et à la flexion

Les deux présent tableaux décrivent les spécifications des appareils, est la fréquence de contrôle des équipements utilisés dans l'essai de résistances mécaniques à la compression et à la flexion d'un mortier de ciment exigé par la NM 10.1.004.

Objet de la mesure	Equipements concernés	Paramètres	Plage de mesure	Tolérance	Fréquence de contrôle
Essai de rupture par compression	Moule	Longueur	160.0 mm	± 0.8 mm	1 fois par an
		Largeur	40.0 mm	± 0.2 mm	
		Hauteur	40.1 mm	± 0.1 mm	
		Épaisseur des parois	≥ 10 mm	-	
		Planitude	0.00 mm	± 0.03 mm	
		orthogonalité	90°0'	± 6'	
	Appareil à chocs	Chute de la table à chaque tour	15.0 mm	± 0,3mm	1 fois/ 6 mois
		Jeu entre les axes de la table et de la came	≤ 1 mm	-	
		Force d'équilibre	2400 N	± 200 N	
	Dispositif	Épaisseur des plaques de compression	10 mm	-	Certificat du fournisseur valide pour la durée de vie des pièces
		Largeur des plaques	40.0 mm	± 0.1 mm	
		Dureté des plaques (Vickers)	≥ 600	-	
	Machine d'essai	L'accroissement de la contrainte	1.5Mpa/s	± 0.5Mpa/s	-

Tableau 6 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour l'essai de rupture par compression

Objet de la mesure	Equipements concernés	Paramètres	Plage de mesure	Tolérance	Fréquence de contrôle
Essai de rupture par flexion	Moule	Longueur	160.0 mm	± 0.4 mm	1 fois tous les 2 ans
		Largeur	40.0 mm	± 0.1 mm	
		Hauteur	40.0 mm	± 0.1 mm	
		Épaisseur des parois	≥ 10 mm	-	
		Planitude	0.00 mm	± 0.02 mm	
		orthogonalité	90°0'	± 6'	
	Appareil à chocs	Chute de la table à chaque tour	15 mm	± 0,3mm	1 fois / 6 mois
		Jeu entre les axes de la table et de la came	≤ 0.2 mm	-	
		Force d'équilibre	50 N	± 10 N/s	
	Dispositif	Diamètre des 3 appuis	10 mm	-	1 fois/ an
		Distance entre les 2 appuis	100.0 mm	± 0,5 mm	
	Machine d'essai	Charges exercées	≤ 10 KN	± 1 KN	1 fois par an
		Accroissement de la charge	5 KN	± 1 KN	
Contrainte de rupture à la traction par flexion		* 2340 F (100mm) * 2500 F (106.7mm)	-	-	

Tableau 7 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour l'essai de rupture par flexion

6.3 Essai de temps de prise de ciment :

L'essai de prise consiste à déterminer le temps de prise, c'est-à-dire la durée qui s'écoule entre l'instant où le liant a été mis en contact avec l'eau de gâchage et le début de prise.

Le tableau ci-dessous résume les paramètres de contrôle des équipements en précisant la plage de mesure, la tolérance exigée et la fréquence de contrôle du matériel concerné par cet essai.

Objet de la mesure	Equipements concernés	Paramètres	Plage de mesure	Tolérance	Fréquence de contrôle
Détermination du temps de prise du ciment	Moule de Vicat	Profondeur	40.0mm	$\pm 0.2\text{mm}$	1 fois / 6 mois
		Diamètre supérieur	70mm	$\pm 5\text{mm}$	
		Diamètre inférieur	80mm	$\pm 5\text{mm}$	
	Salle d'essais	Température	20°C	$\pm 2^\circ\text{C}$	Permanent
		Humidité	$\geq 65\%$	-	
	Salle de conservation	Température	20°C	$\pm 1^\circ\text{C}$	Permanent
		Humidité	$\geq 90\%$	-	
	Appareil de Vicat	Diamètre de l'aiguille	1.13mm	0,05	1 fois / 6 mois
		Masse de la partie mobile	300g	$\pm 1\text{g}$	1 fois / 6 mois

Tableau 8: Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination du temps de prise du ciment

6.4 Essai de consistance

Le but principal de l'essai de consistance est la détermination de la quantité d'eau nécessaire pour l'obtention d'une pâte à consistance normale, est pour ce faire tous les équipements utilisés dans cet essai doivent vérifier les spécifications et la fréquence de contrôle exigé.

Objet de la mesure	Equipements concernés	Paramètres	Plage de mesure	Tolérance	Fréquence de contrôle
Essai de consistance	Moule de Vicat	Profondeur	40.0mm	± 0.2mm	1 fois / 6 mois
		Diamètre supérieur	70mm	± 5mm	
		Diamètre inférieur	80mm	± 5mm	
	Malaxage (Obtention de la pâte normale)	Jeu entre récipient et batteur	3mm	± 1 mm	A la réception et 1 fois par an
		Durée de malaxage	3min	-	
		Vitesse lente de malaxage	140 tr/min	± 5 tr/min	
		Vitesse rapide de malaxage	285 tr/min	± 10 tr/min	
	Salle d'essais	Température	20°C	± 2°C	Permanent
		Humidité	≥ 65%	-	
	Salle de conservation	Température	20°C	± 1°C	
		Humidité	≥ 90%	-	
Appareil de Vicat	Diamètre de l'aiguille	10.00mm	± 0,05mm	1 fois / 6 mois	

Tableau 9 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination de la consistance normal du ciment

6.5 Stabilité à chaud

Le but principal de l'essai de stabilité est d'apprécier le risque possible d'expansion tardive due à l'hydratation des oxydes de calcium et/ou de magnésium libres le tableau ci après englobe tous les mesures nécessaire pour le contrôle des équipements utilisés.

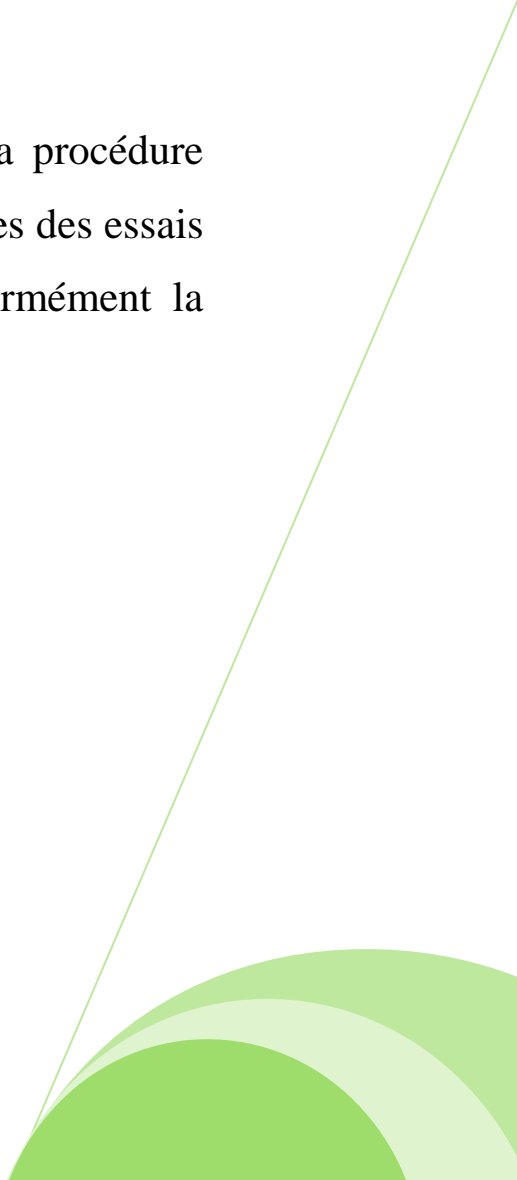
Objet de la mesure	Equipements concernés	Paramètres	Plage de mesure	Tolérance	Fréquence de contrôle
Stabilité à chaud	Moule	Diamètre	30 mm		1 fois/ mois
		Hauteur	30 mm	-	
		Longueur	150 mm	-	
		Épaisseur	0.5 mm	-	
		Longueur des aiguilles	50 mm	± 1	
	Flexibilité du moule	Charge suspendue	300 g	-	1 fois/ moi
		Écart entre aiguilles	17.5 mm	± 2.5 mm	
	Essai d'expansion à chaud	Temps de port à l'ébullition	30min	± 5 min	
		Temps de conservation	24 h	± 0,5 h	

Tableau 10 : Spécifications et fréquences de contrôle d'équipements pour la détermination de la stabilité à chaud



CHAPITRE 7: **Rédaction des modes opératoires**

A travers ce chapitre on va décrire la procédure suivie pour la rédaction des modes opératoires des essais physiques, mécaniques et chimiques conformément la NM 10.01.005.



7.1 Procédure des modes opératoires

Rédiger un mode opératoire implique un raisonnement en terme de processus d'entreprise. Il s'agit en effet d'adapter la norme à la réalité de l'entreprise et donc à écrire le "juste nécessaire" correspondant au besoin de l'entreprise.

La procédure que j'ai suivi pour la rédaction des modes opératoires quels soient mécaniques, physiques ou chimiques comprend les paragraphes suivants :

- **Objet** : c'est-à-dire le but de l'essai
- **Champs d'application** : où, quand, et sur qui l'objet de la procédure s'applique
- **Exigences de sécurité** : concernent la sécurité dans l'utilisation des appareils et la manipulation des produits chimiques
- **Equipements** : cette partie définit tous les équipements qui seront utilisés pendant l'essai
- **Réactifs** : consacré à la détermination des solutions chimiques employés et de leur titre.

7.1.1 Rédaction du contenu

Un mode opératoire explique en détail les conditions d'utilisation d'un appareil, les étapes de réalisation d'une technique, les modalités de fonctionnement. Il découle des procédures créées. Il aide le personnel à bien exécuter leur tâche du premier coup. En cela les modes opératoires constituent un outil de référence en matière de savoir faire du laboratoire de LAFARGE Ciments et des activités qui lui sont inhérentes.

QUOI : Tâche à effectuer. **QUI** : Personne réalisant la tâche

OU, QUAND, COMMENT : Comment réaliser la tâche.

7.1.2 Vérification du contenu

La vérification consiste à examiner le "fond" du document, à savoir le contenu scientifique et technique et à s'assurer que ce qui est écrit est bien ce qui est fait. Elle doit être effectuée par une personne, autre que le rédacteur (dans la mesure du possible), ayant également une implication dans le domaine ou l'activité concernée. Le document est retourné au rédacteur lorsque, à l'issue de la vérification, des corrections ou enrichissements sont à apporter, sinon le vérificateur le soumet à l'approbateur.

7.1.3 Approbation

L'approbation consiste à examiner la "forme" du document. Elle doit être effectuée par une personne qui est garante de la structuration des documents qualité définie dans les trames-type, donc un membre de la cellule qualité.


L'approbateur et le vérificateur peuvent être la même personne.

7.2 Présentation

Un mode opératoire qualité doit comporter :

- un cartouche d'en-tête sur toutes les pages dans lequel sont précisés :
 - le logo de LAFARGE et le nom de l'unité
 - le type de document qualité, dans ce cas il s'agit d'un mode opératoire
 - le titre du document : résumé en quelques mots du contenu du document
 - la référence ou codification
 - l'indice de version
 - la date de création ou changement de la version
 - la pagination (x/y).

Modèle de cartouche en-tête

 <p>LAFARGE CEMENTS Usine de Meknès Service Qualité</p>	MODE OPERATOIRE	Référence usine: SOP- Lab MKS-EM
	Analyse de la chaux libre par méthode complexométrique	Norme appliquée: NM 10.1.005

- un cartouche de pied de page dans lequel sont précisés les noms, et les visas des rédacteurs, vérificateurs et approbateurs ;

Modèle du pied de page

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom :			
Visa :			

7.3 Codification

Chaque document de service qualité doit avoir une identification unique, selon une codification très précise.

La référence comprend une série de lettres relatives à différents items :

- L'unité ou l'équipe destinataire du document
- Le type de document
- Le domaine décrit dans le document. Des sous-domaines peuvent éventuellement être ajoutés selon les cas
- Un numéro d'incrémentation, de préférence chronologique.

7.4 Classement et diffusion

7.4.1 Classement

Tous les documents rédigés sont répertoriés par type de documents dans des listes où apparaissent la référence ou codification, le titre, l'indice de version et la date de mise à jour. Ces listes permettent aussi de vérifier l'existence d'un document.

Tous les originaux des documents qualifiés sont regroupés dans des classeurs identifiés.

7.4.2 Diffusion papier

Dans chaque équipe une version papier de TOUS les documents qualifiés relatifs à l'unité ainsi qu'à cette équipe est disponible dans des classeurs mis à disposition par le correspondant et consultables par tous. Il revient à la cellule qualité de s'assurer de leur mise à jour régulière.

7.5 Utilisation et application

Les chefs d'équipes sont tenus de prendre toutes les dispositions nécessaires pour que les documents d'organisation et relatifs à leur domaine soient appliqués.

7.6 Révision

Toute personne peut demander la révision d'un document (enrichissement, modification, suppression, ...) auprès de son rédacteur et/ou de l'animateur qualité. Le cycle reprend alors à l'étape de rédaction.

Il est recommandé que les rédacteurs, vérificateurs et approbateurs soient les mêmes personnes que pour la version précédente mais ce n'est pas une obligation.

7.7 Elimination et archivage

L'original de la version périmée est barré d'un trait rouge et annoté "document périmé. Archivé et signé par le correspondant d'équipe, puis archivé dans le classeur ARCHIVAGE prévu à cet effet.

L'archivage se fera pendant 10 ans pour les documents opérationnels et 5 ans pour les documents organisationnels, sauf si un contrat, un commanditaire stipulent une autre durée.

NB : Des exemples de modes opératoires rédigés et vérifiés selon la norme sont présents dans la partie annexe

CONCLUSION GENERALE

En somme, la mise en application de la nouvelle norme marocaine (NM 10.1.005) des liants hydrauliques et techniques des essais a exigé la compréhension du processus de fabrication du ciment et des différents tests et analyses d'autocontrôle. Ceci va nous permettre de dégager la procédure à suivre pour la réalisation du projet. Ainsi j'ai procédé à de nombreux essais au niveau du laboratoire qui m'ont permis de tirer plusieurs constats.

A cet effet, l'étude de la méthode d'échantillonnage en respectant ladite norme dénote l'importance capitale de cette étape d'obtention des échantillons représentatifs destinés aux contrôles de tous les types de produits, l'importance des équipements utilisés et de la méthode de prélèvement poursuivie. Il est resté à signaler que la nouvelle norme a spécifiée les exigences et la fréquence minimale de contrôle des équipements d'essais à respecter pour s'assurer des résultats obtenues.

Par ailleurs, l'application de la nouvelle norme se base sur la rédaction des modes opératoires qu'il s'agit des essais physiques, mécaniques ou chimiques de référence et ce afin de définir les conditions dans lesquelles doivent être réalisés les analyses sur les liants hydrauliques, pour une bonne prise de décision au niveau du suivi de la conformité des ciments aux normes qui sont d'application obligatoire.

Le sujet de ce projet demeure une grande valeur, sur le plan de gestion de la qualité, car il nous a permis de développer plusieurs concepts déjà acquis, réalisé plusieurs expériences et manipulé plusieurs appareils. Ce projet constituera un apport important pour le service qualité à LAFARGE CEMENTS, puisqu'il a permis de clarifier les interrogations qu'avaient ses responsables concernant la nouvelle norme marocaine et les spécifications et exigences apportés par cette dernière.

Références Bibliographiques

- ❖ Plan de qualité et dossier technique 2009 – Dossier interne à LAFARGE;
- ❖ Rapport annuel 2009 du groupe LAFARGE Maroc.
- ❖ Lab Operator Certificate Training Standard operating Procedure.
- ❖ Recueil des normes sur les essais ciments (NORME MAROCAINE 10.1.005, NORME MAROCAINE 10.1.162).
- ❖ Recueil des normes marocaines ciments & Circulaires (NORME MAROCAINE 10.1.004).

Références Webographiques


- ❖ <http://www.sciencedirect.com>;

- ❖ <http://webcementportal.lafarge.com>;
- ❖ <http://www.lafarge.com>;
- ❖ <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4721>;
- ❖ <http://www.lavallab.com/fran/echantillonnage-en-ligne.htm>;

ANNEXES



1- Mode opératoire des essais mécaniques et physiques

	MODE OPERATOIRE	Référence usine: SOP- Lab MKS-EM
	Détermination de la consistance	Norme appliquée: NM 10.1.005

But:

Le but principal de l'essai de consistance est la détermination de la quantité d'eau nécessaire pour l'obtention d'une pâte à consistance normale.

➤ Équipements :

Appareil Vicat menu d'une sonde en métal non corrodable de forme cylindrique

Moule Vicat en caoutchouc dur de forme tronconique

Mode opératoire :

- Peser 500g de ciment. Peser une quantité d'eau, par exemple 125g, dans la cuve de malaxeur ou l'introduire dans celle-ci après l'avoir mesurée au moyen du cylindre ou de la burette graduée.

- Ajouter le ciment à l'eau et ceci soigneusement afin d'éviter toute perte d'eau ou de ciment. La durée de cette opération ne doit être ni inférieure à 5s ni supérieure à 10s, mettre le malaxeur en route immédiatement et le faire tourner à vitesse lente pendant 90s.

- A l'issue de 90s, arrêter la machine pendant 15s pendant lesquelles toute la pâte au delà de la zone de malaxage doit être grattée avec un instrument convenable et la remise dans la gâchée. Remettre alors la machine en route à vitesse lente pour une nouvelle durée de 90s. Le temps total de fonctionnement du malaxeur doit être de 3min.

➤ Remplissage du moule :

- Introduire immédiatement la pâte dans le moule, préalablement placé sur une plaque de base plane en verre légèrement graissée et le remplir à refus sans tassement ni vibration excessifs ;




- Enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectuée avec précaution, avec un outil présentant un bord droit de manière à laisser la pâte remplir le moule avec une surface supérieure lisse.

➤ Essaie de pénétration

- Régler l'appareil Vicat muni au préalable de la sonde par abaissement de celle-ci jusqu'à la plaque de base et par ajustement du repère au zéro de l'échelle.
- Relever la sonde en position d'attente ;
- Placer le moule et la plaque de base aussitôt après arasement de la pâte dans l'axe de la sonde de l'appareil de Vicat ;
- Abaisser la sonde avec précaution jusqu'à ce qu'elle arrive au contact de la pâte.
- Observer une pause de 1 à 2s à cette position de manière à éviter une vitesse initiale ou une accélération forcée des parties mobiles.
- Lâcher alors rapidement les parties mobiles et laisser la sonde pénétrer verticalement au centre de la pâte.
- La libération de la sonde doit avoir lieu 4 min après l'instant zéro.
- Effectuer la lecture de l'échelle, qui indique la distance entre la face inférieure de la sonde et la plaque de base, conjointement avec la teneur en eau de la pâte exprimée en pourcentage de la masse du ciment.
- Nettoyer la sonde immédiatement après chaque pénétration.
- Répéter l'essai avec des pâtes ayant des teneurs en eau différentes jusqu'à ce qu'il s'en trouve une donnant une distance de 6 ± 1 mm entre la sonde et la plaque de base.
- Enregistrer la teneur en eau de cette pâte exprimé à 5% près comme teneur en eau pour l'obtention de la consistance normalisée.

2- Mode opératoire des essais chimique de référence

	MODE OPERATOIRE	Référence usine: EN 196-2 LQTS Matière et Produit fini
	Détermination de la perte au feu	Norme appliquée: NM 10.1.005

But :

Détermination de la perte au feu du cru et des produits finaux.

Champ d'application :



La perte au feu est déterminée en atmosphère oxydante (air). Par calcination à l'air à (950 ± 25) °C, le gaz carbonique et l'eau sont évaporés et les éléments oxydables éventuellement présents sont oxydés. Une correction de l'influence de cette oxydation sur la perte au feu est indiquée.

Exigence de sécurité

L'opérateur doit porter les :

- 1- Protecteur des yeux
- 2- gants pour la résistance à la chaleur
- 3- chaussure de sécurité
- 4- creuset de platine

Équipements :

- Four à moufle à une température de (950 ± 25) °C
- Balance de 0,1mg de précision
- Dessiccateurs
- creuset en platine

Mode opératoire :

- Peser dans un creuset préalablement calciné et taré, $(1.00 \pm 0,05)$ g de ciment (m_1) ;
- Placer le creuset dans le four électrique dont la température est stabilisée à (975 ± 25) °C ;
- Après 5 min de chauffage, retirez le couvercle et laisser le creuset dans le four à la masse Constante (45min)
- Laisser refroidir le creuset dans le dessiccateur à la température ambiante ;
- Déterminer la masse (m_2)

Expression des résultats :

$$\text{LOI} = (m_1 - m_2 / m_1) * 100$$


Avec : m_1 : masse de l'échantillon

m_2 : masse de la partie enflammée

L'objectif de précision $\pm 0,1\%$.

3- Mode opératoire de confection des perles et des pastilles



 Usine de Meknès Service Qualité	MODE OPERATOIRE	Référence usine: SOP-LabMKS-EM
	Préparation des pastilles du cru	Norme appliquée: NM 10. 1.005

But:

Préparation des pastilles du Cru (Pré Homos et divers analyses cru).

➤ Équipement :

- Balance de précision ;
- Broyeur HERZOG ;
- Presse HERZOG ou bien SODEMI ;
- Diviseur mécanique ;
- Anneau ;
- Spatule.

➤ Mode opératoire :

- Après homogénéisation et quartage de l'échantillon ;
 - Peser (30 ± 1) g du cru ;
 - Ajouter (20 ± 1) ml d'alcool ;
 - Broyer pendant 10 mn (voir réglage - broyeur) ;
 - Sécher puis récupérer 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 ;
 - Si on travaille avec presse SODEMI, on pèse (6 ± 1) g de matière broyée pour la confection de la pastille.
 - Si on travaille avec presse HERZOG, on Pèse (10 ± 1) g de matière broyée pour la confection de la pastille ;
 - Remplir doucement l'anneau et faire étaler la matière sur la totalité de la surface ;
-
- Presser à 20 tonnes (réglage de la presse actuelle) pendant 40s sans mettre de papier entre la matière et le vérin d'appui ; Nettoyer le fond de la pastille avec le pinceau pour éviter la pollution de l'appareil FX.



 Usine de Meknès Service Qualité	MODE OPERATOIRE	Référence usine: SOP-LabMKS-EM
	Confection des perles	Norme appliquée: NM 10.1.005

But :

Décrire le mode opératoire pour la confection des perles.

MODE OPERATOIRE :

Pour la confection des perles on pèse 6 g du fondant (tétraborate de lithium) et 2 g de matière à analyser.

Pour le cru, clinker et ciment on a créé un programme dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Une première oxydation sans agitation de 2 min à une température de 700°C.
- Une première fusion avec agitation de 5 min à une température de 1150°C.
- L'angle et la vitesse d'agitation sont respectivement 45 et 15° sans pause avant versement.
- Le temps de versement et de 15s, à une température de 1150 °C, un angle de 115 °et une vitesse de 15.
- Le temps de solidification et 15s, avec un refroidissement naturel puis un refroidissement à l'air comprimé.

Pour la bauxite, schiste et le minerai de fer on a créé un programme N°3 dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Une première oxydation sans agitation de 2 min à une température de 700°C.
- Une première fusion avec agitation de 8 min à une température de 1200°C.
- L'angle et la vitesse d'agitation sont respectivement 45 et 15°.
- sans pause avant versement.
- le temps de versement et 15s, à une température de 1200°C, un angle de 120°et une vitesse de 15.
- le temps de solidification et 2min, avec un refroidissement naturel et sans refroidissement à l'air comprimé.