

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

L'ETUDE DE LA REGULARITE DE LA MATIERE DU CRU AU CLINKER

Lieu : LafargeHolcim Oujda

Référence : 08/17GI

Préparé par :

- Souhaila Aarab
- Fatima Amnaïy

Soutenu le 07 Juin 2017 devant le jury composé de :

- Pr D. Sqalli (Encadrant FST)
- Pr A. En-nadi (Examineur)
- Pr M. Rjeb (Examineur)

Dédicace

A cœur vaillant rien d'impossible

A conscience tranquille tout est accessible

Quand il y a le souci de réaliser un dessein

Tout devient facile pour arriver à nos fins

NOUS dédions ce travail à nos très chers parents, aucune
dédicace ne saurait être éloquente pour exprimer ce que vous
méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de nous
donner depuis notre naissance, durant notre enfance et
même à cet âge.

Vos prières et vos bénédictions nous ont été d'un grand
secours pour mener à bien nos études.

Remerciements

Nous rendons grâce à DIEU Tout Puissant, qui a permis que nous soyons aujourd'hui, là où nous en sommes.

Nous souhaitons exprimer nos plus vifs remerciements à nos encadrants de stage, dans la société le responsable cru et cuisson **Mr Khalid BAALI** et dans la faculté notre professeur **Mr Driss SQALLI**, leurs conseils et leurs recommandations nous ont été d'un bénéfice très considérable.

Nous tenons aussi à exprimer notre entière reconnaissance au responsable de procès **Mr Taoufiq HOUSSINI** pour sa coopération, sa patience et son orientation durant toute la période de la réalisation de notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi aux opérateurs et chefs de poste de la salle de contrôle qui ont contribué énormément à la compréhension et l'achèvement des procédures relatives à notre sujet de stage.

Sommaire

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise LafargeHolcim	3
--	----------

1.1. Introduction :.....	4
1.2. Présentation générale de l'entreprise :.....	4
1.3. Aperçu historique :	5
1.4. Fiche signalétique :	5
1.5. La cimenterie d'Oujda :	6
1.6. Structure et organigramme de LafargeHolcim d'Oujda :	6
1.7. Les services au sein de LafargeHolcim :	7

Chapitre 2 : La fabrication du ciment.....	8
---	----------

2.1. Introduction :	9
2.2. Le ciment :	9
2.2.1 Définition :	9
2.3. Processus de production du ciment :	10
2.4. Le contrôle qualité du ciment : travaux de laboratoire	16

Chapitre 3 : Problématique.....	17
3.1. Introduction.....	18
3.2. Définition des modules	18
3.3.1 F.S.C	18
3.3.2 M.S.....	18
3.3.3 M.AF.....	18
3.3. Les normes de l'écart type	19
3.4. La composition de la matière crue	20
3.5. Analyse des données.....	21
Chapitre 4 : Etude du tas pré-homo et l'homogénéisation.....	23
4.1 L'étude du tas pré-homo.....	24
4.1.1 Les causes de la grande variation de LSF.....	24
4.2 L'étude de l'homogénéisation.....	33
4.2.1 Description du système d'homogénéisation à l'usine.....	33
4.2.2 Le cas idéal de l'homogénéisation.....	35
4.2.3 L'homogénéisation actuelle.....	36
4.3 Les solutions proposées	37
4.3.1 Pour le tas pré-homo.....	37
4.3.2 Pour l'homogénéisation.....	38
Conclusion	39
Bibliographie.....	40
Annexes	41

Liste des figures

Figure 1 : Les différents sites industriels de LafargeHolcim Maroc.....	4
Figure 2 : L'organigramme de la société LafargeHolcim	6
Figure 3 : Schéma simplifié du processus de production du ciment	10
Figure 4 : Les carrières argile et calcaire	11
Figure 5 : Une vue de l'intérieur du broyeur à cru	12
Figure 6 : le clinker à la sortie du four	13
Figure 7 : Le four rotatif	14
Figure 8 : Refroidissement à ballonnets	14
Figure 9 : les vrac de transport ciment	15
Figure 10 : les sacs de transport ciment	16
Figure 11 : Schéma simplifié du processus de la fabrication du clinker.....	19
Figure 12 : Exemple de composition du cru.....	21
Figure13 : le logiciel quarry master.....	24
Figure 14 : le logiciel RMP Figure.....	25
Figure 15 : la granulométrie dans le tas.....	26
Figure 16 : PARETO du mois mars.....	27
Figure 17 : PARETO du mois avril.....	28
Figure 18 : recommandations dans la constitution des tas pré-homo.....	29
Figure 19 : étude sur le tas 1690.....	30
Figure 20 : schéma simplifié du système d'homo.....	33
Figure 21 : les électrovannes.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique de LafargeHolcim.....	5
Tableau 2 : La composition et la fonction des principaux composants du ciment.....	9
Tableau 3 : les normes de l'écart type.....	19
Tableau 4 : source des matières premières.....	20
Tableau 5 : exemple de la composition chimique de la matière première d'une cimenterie...	20
Tableau 6 : l'écart type du FSC des tas pré-homo.....	22
Tableau 7 : les causes d'arrêts du mois mars.....	27
Tableau 8 : les causes d'arrêts du mois mars.....	28
Tableau 9 : l'écart type du tas 1690.....	31
Tableau 10 : l'écart type associe a la durée d'Homo.....	35

Liste des annexes

Annexe 1 :.....	41
Annexe 2 :.....	42

Glossaire

Ciment : Le ciment est un liant hydraulique pulvérulent formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte plastique liante, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées. Il désigne également, dans un sens plus large, tout matériau interposé entre deux corps durs pour les lier.

Clinker : Le Clinker est un constituant du ciment, qui résulte de la cuisson d'un mélange composé de calcaire et d'argile, appelé farine crue. Ce procédé est appelé la clinkérisation.

Concassage : Opération de fragmentation de la matière jusqu'à quelques millimètres. Elle constitue la première phase de la chaîne de fabrication.

PGNNA : Analyseur de la matière par rayon gamma (Analyse par activation neutronique au gamma prompt).

Procédure : Le niveau procédure précise le Qui fait quoi ? Elle correspond aux activités (ou étapes) d'un processus. Elle décrit la séquence des opérations permettant de délivrer un produit ou un service qui soit directement ou indirectement lié à la prestation initiale demandée.

Processus : Le niveau processus précise le Quoi ? Il répond à un événement déclencheur. Il décrit une séquence d'activités de manière ordonnée pour satisfaire un besoin au travers d'une prestation identifiable.

Pouzzolane : Roche naturelle constituée de projections volcaniques.

Quarry master : Logiciel permet l'exploitation correcte des gradins et la gestion de la carrière.

RMP : Logiciel régulateur qui donne la correction du tas pré-homo selon les consignes.

Introduction

Le projet de fin d'étude est le plus solide lien qui peut exister entre les études théoriques et pratiques.

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, avec un pourcentage de 8.6% du total des entreprises du secteur industriel marocain.

L'industrie du ciment est ce qu'on appelle une industrie de base parce qu'elle se situe à la source du développement économique. De son principal dérivé, le béton, dépend tout l'équipement du pays : logements, écoles, ponts, barrages, routes...

C'est aussi une industrie lourde du fait qu'elle traite une grande masse des matières premières de faible valeur initiale pour aboutir à un produit également d'un faible prix mais dans des installations d'un coût élevé.

L'activité cimentière est une activité structurée et répartie sur l'ensemble du territoire national. La libéralisation du secteur ainsi que les investissements réalisés durant les années quatre-vingt-dix ont permis au Maroc de faire face aux besoins du marché qui atteignait, par le passé, le tiers de la consommation nationale.

Avec la première usine construite à Casablanca au début du XXe siècle, l'industrie cimentière est l'une des plus anciennes industries implantées au pays.

Celle-ci se caractérise par la modernité de ses centres de production, l'ouverture de son capital, une politique d'investissement soutenue et des capacités suffisantes pour répondre à la croissance du marché.

Les procédures existantes dans une industrie doivent être bien maîtrisés et vérifiés afin de réduire les coûts d'exploitation et de la production, et comme étant un moyen de prévention des futurs problèmes et accidents.

Dans ce contexte et pour une nécessité de cohérence et d'amélioration de performances de l'usine, le service de production du groupe cimentier **LafargeHolcim** d'Oujda juge nécessaire de rédiger et d'établir des procédures pour le pilotage des différents équipements du système de production à savoir, le four et le broyeur cru.

Ce rapport présente nos activités réalisées au cours des deux mois de stage, et dont nous étions chargés d'établir les procédures détaillées pour le pilotage de la régularité de la matière, ceci afin de fournir des outils suffisants pour une meilleure maîtrise et contrôle des procédés de la matière.

Ce rapport est organisé en 4 chapitres répartis comme suit :

Le premier chapitre : présentation du cadre générale de notre stage à l'entreprise LafargeHolcim à savoir, l'aperçu historique, la fiche signalétique, la structure et l'organigramme de la société et les différents services de l'entreprise.

Le deuxième chapitre : présentation des différentes étapes de la production du ciment depuis la matière première jusqu'au produit fini.

Le troisième chapitre : identification du sujet : la régularité de la matière.

Le quatrième chapitre : étude sur le tas pré-homo et l'analyse des causes de la grande variation de LSF et définition de l'homogénéisation avec un traitement du cas idéal et le cas actuel de l'homo.

Chapitre 1 :

Présentation de l'entreprise LafargeHolcim

1.1. Introduction :

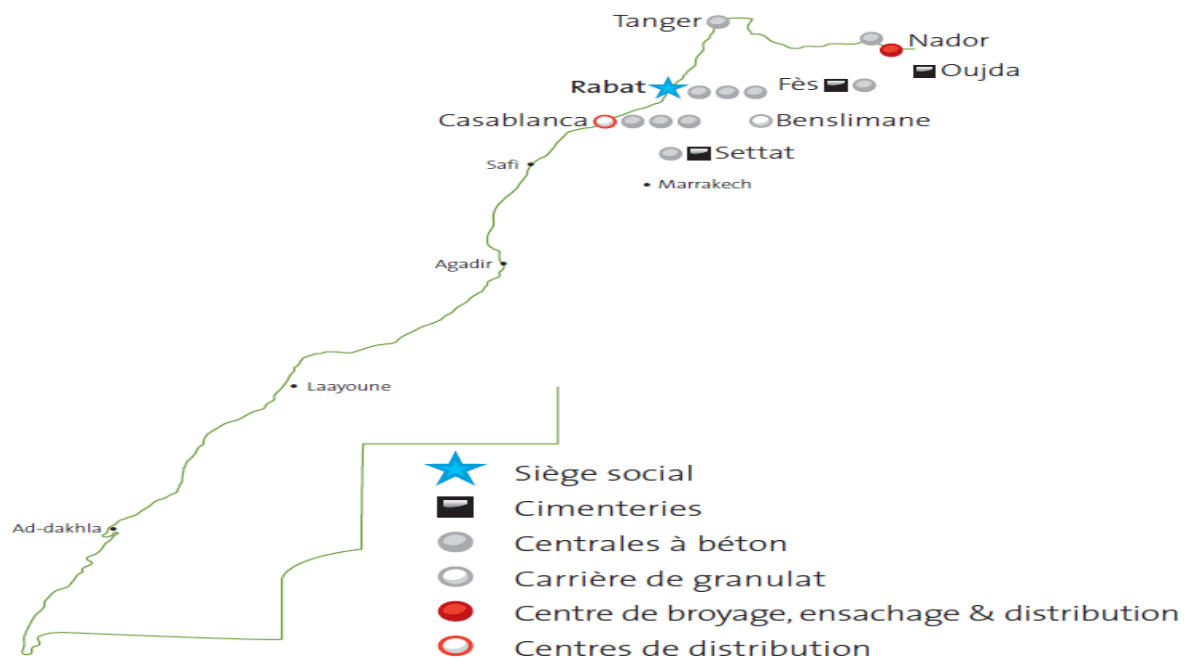
En vue de rendre compte de manière fidèle et analytique des deux mois passés au sein de la société LafargeHolcim, il apparaît logique de présenter à titre préalable l'environnement du stage, à savoir l'aperçu historique, la fiche signalétique, la structure et l'organigramme de la société et les différents services de l'entreprise.

1.2. Présentation générale de l'entreprise :

LafargeHolcim est le leader mondial des matériaux de construction créé à la suite de la fusion de Lafarge et Holcim et dont le siège central se trouve dans la ville suisse de Jona (canton de Saint-Gall), et les fonctions centrales sont partagées entre Paris et Zurich. Le Centre de Recherche du Groupe est basé à l'Isle d'Abeau, près de Lyon, France.

Avec un chiffre d'affaires net combiné de **33 milliards** de francs suisses (27 milliards d'euros) en 2014. Le groupe LafargeHolcim, qui emploie 115 000 personnes, est présent dans 90 pays.

Le groupe intègre le marché marocain à partir de l'année 1976, pour produire avec plus de 400 collaborateurs, des matériaux de construction pour les usages les plus variés, ces sites sont distribués au Maroc comme l'indique la figure 1 :



1.3. Aperçu historique :

Les gouvernements marocains et algériens avaient décidé en 1972 la création d'une entreprise commune pour la construction d'une cimenterie à OUJDA dénommée : la cimenterie maghrébine (CIMA). Son capital social de 75000000DH a été réparti entre deux organismes représentant respectivement le MAROC (ODI) et l'ALGERIE (SNCM).

ODI : office pour le développement Industriel.

SNCM : la société nationale des matériaux de Construction.

La partie algérienne s'étant retirée du projet au début des opérations de consultations pour la réalisation de l'unité, l'ODI de sa part a créé en 1976 une SA (Société Anonyme) : les ciments de l'oriental (CIOR) dans le but de poursuivre le projet initial.

Mais l'année 2002 ne sera pas une année comme les autres pour la société, en effet le 15 avril, CIOR devient HOLCIM (MAROC). Les filiales dédiées aux activités béton et granulat adoptent le nom de HOLCIM : HOLCIM = Holderbank + ciment.

1.4. Fiche signalétique

Le tableau 1 montre les différentes informations sur le leader mondial LafargeHolcim :

Dénomination de la société	LafargeHolcim
Forme juridique	Société anonyme soumise à la législation marocaine (dahir du 11 Août 1922)\$
Date de construction	28 Juin 1976
Capital	421 000 000,00 MAD
Durée de vie	99 ans sauf dissolution anticipée ou prorogation prévue par les statuts ou par la loi.
Siège social	A venue Annakhil, Hay Riad, B.P.2299-Rabat.
Activité	Production et commercialisation du ciment
Numéro de téléphone	+212(0)537689435
Numéro de fax	+212 (0)537716697
Site Internet	www.holcim.ma
Date d'introduction en bourse	21 décembre 1993
Capacité de production	2.000.000 t/h

Tableau 1 : fiche signalétique de LafargeHolcim [2]

1.5. La cimenterie d'Oujda :

L'usine d'Oujda est située à 45 km à l'ouest d'Oujda à proximité de la route principale reliant Guercif et Oujda et à 15 km de la localité d'El Aioun. Le site s'étend sur une superficie de 171 hectares, le choix d'un tel site est dû aux facteurs suivants :

- Abondance des matières premières en quantité et en qualité.
- Commodité d'alimentation en eau et en énergie électrique.
- Accès à la route et au chemin de fer.
- Qualité des terrains du point de vue fondation et écoulement naturel.

1.6. Structure et organigramme de LafargeHolcim d'Oujda :

Le groupe LafargeHolcim, compagnie mondiale des matériaux de construction.

- Le groupe exerce ses activités dans le ciment, les bétons et granulats, les plâtres, les produits de spécialités et dans les bios activités.
- Il occupe une place importante sur le marché mondial du ciment avec 57 usines réparties dans plus de 15 pays.

L'organigramme de l'usine de LafargeHolcim à Oujda se présente comme suit figure 2:

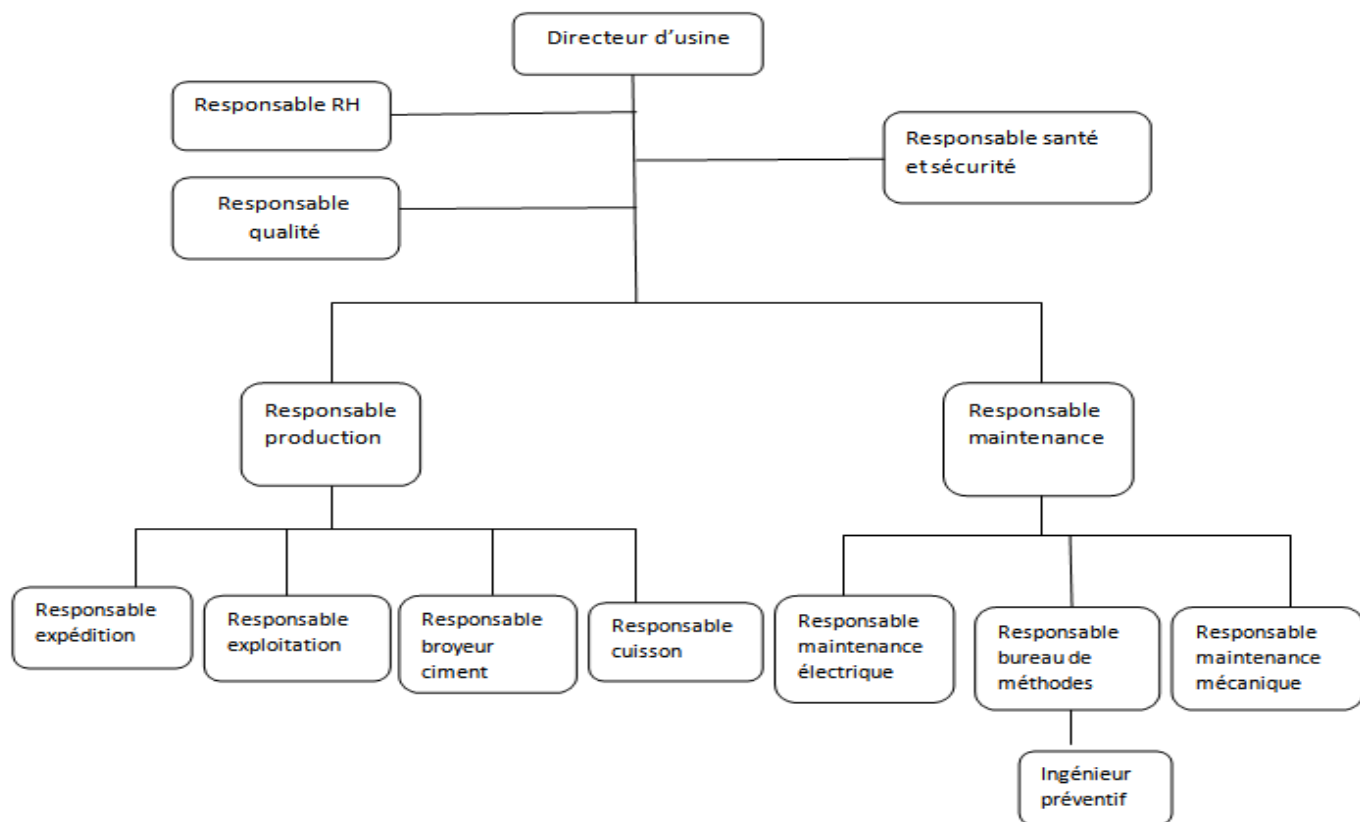


Figure 2 : L'organigramme de la société LafargeHolcim [2]

1.7. Les services au sein de LafargeHolcim :

Les services au sein de LafargeHolcim sont les suivants :

Service production : gère tout le processus de la matière première jusqu'au produit fini.

Service maintenance : gère la maintenance de l'entreprise.

Service qualité : gère la qualité de produit de la matière première jusqu'au produit fini.

Service santé et sécurité : gère les conditions du travail pour arriver au zéro accident.

Service expédition : a le rôle d'ensachage et de livraison.

Chapitre 2 :

La fabrication du ciment

2.1. Introduction :

A travers ce chapitre, nous allons présenter les différentes étapes de la production du ciment depuis la matière première jusqu'au produit fini. Nous parlerons ensuite de la qualité du ciment à travers les travaux du laboratoire.

2.2. Le ciment :

2.2.1 Définition :

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, après avoir été mélangé avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau.

En général, le ciment est élaboré à partir d'un mélange de 80% de calcaire, et 20% de l'argile, minéral de fer et de sable.

Le tableau 2 résume les principaux composants du ciment et leurs fonction :

Composé	fonction
Clinker	Liant hydraulique, résistance mécanique après hydratation
Gypse	Prolonger le temps de prise du ciment (temps pour que le ciment commence à durcir)
Pouzzolane	Augmenter la résistance mécanique du ciment
Calcaire	Elément de remplissage, ce qui rend le ciment plus plastique

Tableau 2 : Les principaux composants du ciment et leurs fonctions [2]

Les types du ciment produits par LafargeHolcim sont :

CPJ 35 (résistance élastique =35MPa) : qui représente 70% des ventes et il est conçu pour les constructions en béton armé.

CPJ45 (résistance élastique=45MPa) : qui représente 30% des ventes du ciment et il est utilisé pour les grands ouvrages.

CPJ55 (résistance élastique=55MPa) il est utilisé dans les travaux de grande masse.

Ces différents produits sont vendus soit en sac soit en vrac.

2.3. Processus de production du ciment :

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production et des contrôles rigoureux et continus de la qualité. L'usine d'Oujda utilise le procédé par voie sèche, ce procédé est constitué de plusieurs étapes de l'extraction de la matière première jusqu'à l'ensachage et l'expédition, voir figure 3 .

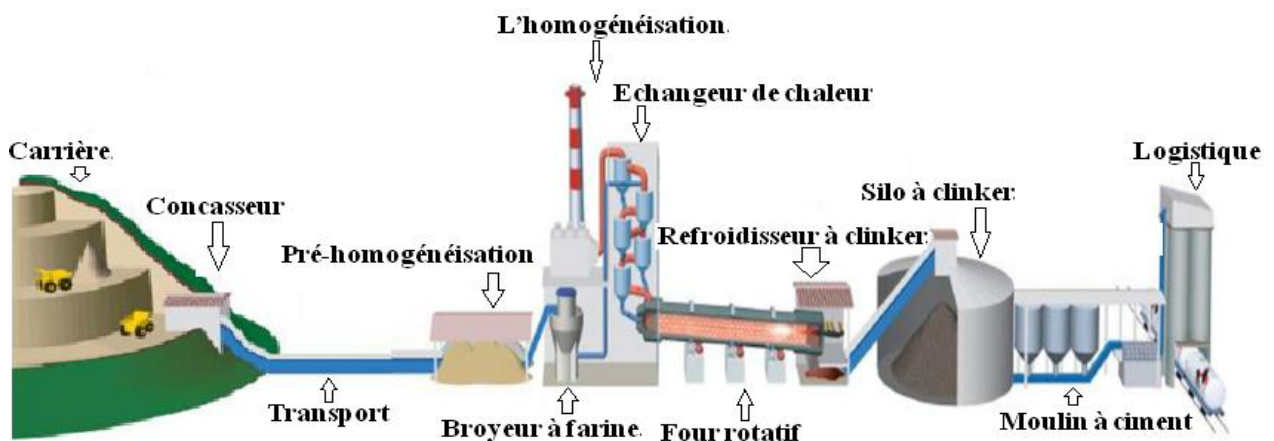
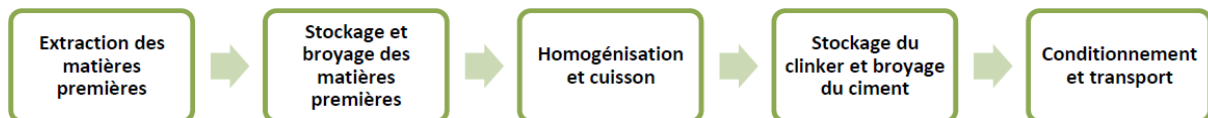


Figure 3 : Schéma simplifié du processus de production du ciment [2]

- 1) **Carrière** : Le calcaire et l'argile sont extraits par minage.
- 2) **Concasseur** : La dimension des pierres est réduite dans un concasseur à mâchoires ou à battoir.
- 3) **Transport** : Les matières concassées sont transportées jusque dans l'usine, le plus souvent par bande transporteuse.

- 4) **Pré-homogénéisation** : On mélange le calcaire et l'argile en procédant à leur pré-homogénéisation.
- 5) **Broyeur à farine** : La matière pré homogénéisée est moulue et séchée dans un broyeur.
- 6) **Dépoussiérage** : Des filtres à manches retiennent les poussières émises par les broyeurs ou contenues dans les gaz de combustion.
- 7) **Echangeur de chaleur** : La farine est préchauffée avant de passer dans le four rotatif.
- 8) **Four rotatif** : A la température de 1450° C, la farine crue se transforme en clinker.
- 9) **Refroidisseur à clinker** : Le clinker est mis en contact avec l'air pour être refroidi rapidement.
- 10) **Silo à clinker** : Le clinker refroidi fait l'objet d'un stockage intermédiaire en silo.
- 11) **Moulin à ciment** : Le clinker est Co-broyé avec environ 5% de gypse (retardataire de prise), ce qui donne du ciment.
- 12) **Logistique**: Le ciment est livré soit en vrac, dans des véhicules dotés de citernes, soit en sacs.

Ce processus de production peut être décomposé en 5 étapes fondamentales :



Extraction des matières premières :

Les matières premières nécessaires à la fabrication du ciment sont le **calcaire (environ 80%)** et l'**argile (environ 20%)** (Le fer et le sable sont ajoutés comme correctifs en très faibles pourcentages respectivement 1% et 2%).

Les roches extraites des carrières, figure 4, sont acheminées vers un concasseur, puis sont transportées vers l'usine à travers des bandes.



Figure 4 : Les carrières argile et calcaire

Les matières d'ajout sont :

- Le gypse, extrait d'une carrière située à 60 km de l'usine, son rôle est de régulariser le temps de prise du ciment.
- Le tuf une matière très fragile, est spécialement utilisée pour la fabrication de CPJ45 spécial.
- La pouzzolane, une matière volcanique.

Echantillonnage :

C'est une étape essentielle entre le concassage et l'opération de broyage. Elle a pour but de déterminer et de réaliser le pourcentage des quatre constituants de base de cru : chaux, silice, alumine et fer, qui assurera la composition correcte et donc la qualité du produit fini.

A partir des analyses de routine effectuées sur des échantillons prélevés périodiquement sur le circuit de matière provenant des concasseurs, le laboratoire de l'usine précise les quantités de chaque composant et définit ainsi la constitution de pré-homogénéisation.

Pré-homogénéisation :

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pourquoi elle est introduite dans une tour d'échantillonnage puis stockée dans l'installation pré homogénéisation.

Le stacker (une machine qui constitue le tas pré-homo) forme deux tas dans ce hall, un tas en constitution et un autre tas en consommation. La matière de ce dernier alimente le broyeur cru par une machine qui s'appelle la roue-pelle (machine qui fait la reprise de la matière à partir du tas).

Stockage et broyage des matières premières :

La matière première ayant subi un premier broyage à l'aide de broyeur cru (voir figure 5), est entreposé à l'air libre sous forme de tas. L'optimisation de la production veut qu'il y ait toujours un tas en consommation, et un second en préparation, d'environ 30 000 t chacun.



Figure 5 : Une vue de l'intérieur du broyeur à cru

La composition du cru reste dans des proportions bien définies :

- Carbonate de calcium (CaCO_3) : de 77 à 83 %.
- Silice (SiO_2) : de 13 à 14%.
- Alumine (Al_2O_3) : de 2 à 4%.
- Oxyde ferrique (Fe_2O_3) : de 1,5 à 3 %.

Homogénéisation et cuisson :

La matière première une fois pré-homogénéisée, passe dans des broyeurs à boulets, pour un broyage plus en finesse. Le cru est introduit dans une tour de préchauffage, dite la tour DOPOL, où il rencontre des flux d'air ascendants à une température de 80°C , avant de rejoindre le four rotatif de 80m de long et dont le débit est de 1800 tonnes par jour, où la matière est portée à une température de 1450°C . La combustion provoque une réaction chimique appelée «décarbonatation» qui libère le CO_2 présent dans le calcaire. Nous retrouvons à la sortie du four, une matière cuite, prenant la forme de granules dures, appelées « *Clinker* », voir figure 6 :



Figure 6 : le clinker à la sortie du four

Le four indiqué dans la figure ci-dessous (figure 7), faiblement incliné de 3° pour faciliter l'avancée de la matière, est alimenté par du Pet coke, du fuel, mais aussi par des combustibles

alternatifs comme les pneus déchiquetés dont le but est de réduire l'empreinte environnementale.



Figure 7 : Le four rotatif

La zone de refroidissement :

Après la cuisson de la farine, une étape cruciale est le refroidissement du clinker qui est décisive dans la qualité du clinker produit. Ainsi, le clinker doit se refroidir brusquement. Le système de refroidissement comprend neuf ballonnets, présentés dans la figure ci-dessous (figure 8), et subit un refroidissement grâce à l'air frais ambiant. Ensuite, le clinker de granulométrie supérieur à 30 mm est concassé dans des concasseurs propres.



Figure 8 : Refroidissement à ballonnets

Stockage du clinker et broyage du ciment :

Après refroidissement, le clinker est stocké dans des silos, puis transformé en ciment au rythme des besoins de production. Pour obtenir un ciment aux propriétés hydrauliques actives, le clinker doit être à son tour broyé très finement. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets. Les corps broyant sont constitués de boulets d'acier qui, par choc, font éclater les grains de clinker et amènent progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 40 microns. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur. Durant cette étape, du gypse est ajouté au clinker, dans une proportion de 3 à 5 %, ainsi que d'autres ajouts pour avoir la qualité du ciment désirée. Le mélange est ensuite finement broyé.

À la fin de cette étape, nous distinguons les trois types de ciment cités précédemment (CPJ 35, CPJ 45, CPJ 55)

Conditionnement et transport :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage à partir desquels il est expédié soit en sacs, soit en vrac, par camions ou par voie ferrée.

Les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs et son chargement sur l'outil de transport (camion, train...).

- **Livraison en vrac:** Les camions citernes, comme ils sont indiqués dans la figure 9, placés sur un pont, sont remplis à partir de bouches positionnées sur leurs ouvertures.



Figure 9 : les vrac de transport ciment

- **Livraison en sac:** L'ensachage du ciment s'effectue sur des machines rotatives « Haver » et atteint fréquemment 100 tonnes par heure. Les sacs à valves d'une capacité

de 50Kilos se ferment d'eux-mêmes pour être ensuite acheminés vers un cari camât (machine) qui les palettise directement sur les plates-formes des camions (figure 10).



Figure 10 : les sacs de transport ciment

2.4. Le contrôle qualité du ciment : travaux de laboratoire

De la qualité du ciment dépendent la résistance et la pérennité des ouvrages.

Le ciment répond à des normes françaises et européennes très sévères sur lesquelles les cimenteries s'engagent.

C'est pourquoi LafargeHolcim a depuis longtemps mis en place des procédures de contrôle rigoureuses qui lui permettent de garantir la qualité du produit.

Les objectifs à atteindre pour la composition du cru sont ajustés en considérant la composition (voulue) du clinker lors de sa fabrication. Le but premier du contrôle du CRU est de s'assurer qu'il correspond à une composition du clinker appropriée.

Les principaux indicateurs de la composition du cru sont :

- Facteur de saturation en chaux, module silicique et le module alumino-ferrique.
- Eléments pertinents tels que : MgO , SO_3 , Cl^- .
- Finesse du CRU aux tamis 200 et 90mm.

Chapitre 3 :

Problématique du non régularité de la matière

3.1. Introduction :

Notre objectif est d'augmenter la résistance du clinker afin de diminuer la quantité utilisée pour la fabrication du ciment, le clinker c'est de l'argent !

La variation de la résistance du clinker est en fonction de la variation de C_3S (obtenu par la chaux (CaO) + la silice) dans le clinker.

Si on minimise la marge de cette variation on va être toujours très proche de la valeur moyenne désirée concernant la résistance (ex : CPJ35, 45,55) et donc la matière est dite régulée.

3.2. Définitions des modules :

On utilise dans le calcul les pourcentages de CaO, SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3

3.2.1 FSC : Le Facteur de Saturation en Chaux

La formule du calcul :

$$FSC = (CaO * 100) / (2,8 SiO_2 + 1,18 * Al_2O_3 + 0,65 * Fe_2O_3)$$

Sa valeur idéale est entre 95 et 99, mais dans le cas de l'usine d'Oujda c'est entre 101 et 103 car le clinker fabriqué est minéralisé (addition de la fluorine).

Sachant que le mélange cru contient 80% du calcaire (riche de la chaux), donc sa variation indique la variation du C_3S . Pour cela dans la suite de l'étude nous ne calculons que l'écart type du FSC car sa variation implique la variation de la résistance du clinker. En effet le FSC caractérise la formation du C_3S .

3.2.2 MS : Module Silicique

La formule du calcul :

$$MS = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$$

La cible : $2,35 < MS < 2,75$

Si $MS < 2$: l'existence d'une grande phase fondue, formation des boules, la consommation calorifique baisse et mauvaise granulométrie.

Si $MS > 2$: mauvaise combustion et mauvaise granulométrie.

3.2.3 MAF : Module Alimino-Ferrique

La formule :

$$\text{MAF} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$$

La cible : $1,4 < \text{MAF} < 1,8$

3.3. Les normes de l'écart type :

Sachant que les trois modules (FSC, MS, MAF) sont les caractéristiques du clinker, leurs variations vont impacter sa résistance.

Donc l'indicateur de la régularité de la matière est l'**écart type**, il faut respecter les valeurs normatives suivantes de l'écart type :

L'écart type du clinker :

	FSC	MS	MAF
à court terme (pour chaque 24h)	<1,2	<0,04	<0,04
à long terme (pour chaque mois)	<1	<0,03	<0,03

Tableau 3 : les normes de l'écart type [3]

Pour cela nous étions amenés à suivre toutes les étapes de la fabrication du clinker, comme c'est indiqué sur la figure 11, de la carrière jusqu'à la sortie du four pour vérifier cet indicateur :

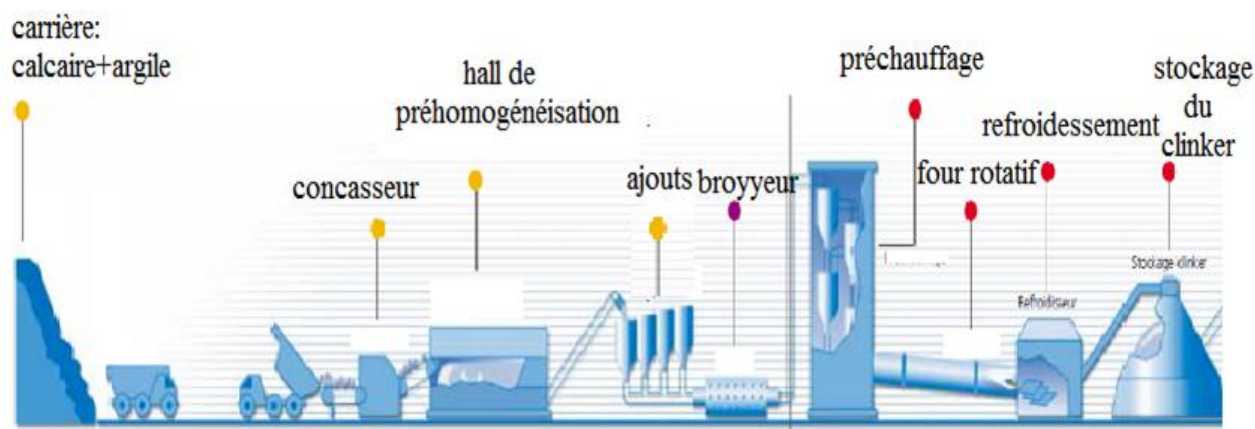


Figure 11 : Schéma simplifié du processus de la fabrication du clinker

3.4. La composition de la matière crue :

Comme nous l'avons signalé dans le processus, le mélange de la matière première vient de la carrière et passe par le broyeur à cru pour obtenir la farine crue.

La matière ou le mélange qui vient de la carrière contient principalement les éléments chimiques établi dans le tableau ci-dessus :

<i>Constituants</i>	<i>Source</i>
SiO₂	<i>Argile, schiste, marne, sable</i>
Al₂O₃	<i>Argile, schiste, marne, bauxite</i>
Fe₂O₃	<i>Minerai de fer, argile riche en fer, cendres de pyrite</i>
CaO	<i>Calcaire, craie</i>
MgO	<i>Dolomite</i>
SO₃	<i>Pyrite, combustible et combustible alternatif-Gypse</i>
K₂O	<i>Argile, schiste</i>
Na₂O	
Chloride	<i>Argile, schiste, combustible et combustible alternatif</i>

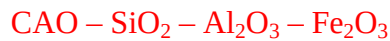
Tableau 4 : source des matières premières [2]

Les pourcentages de chaque composante sont présentés dans le tableau suivant :

		Eléments majeurs				Eléments mineurs				CRU %
		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)	Chlorures (%)	
Matières principales	Calcaire	1.85	0.88	0.49	52.51	0.52	0.31	0.01	0.0055	79
	Argile	48.95	11.77	5.53	12.58	2.29	0.85	0.03	0.0125	15
Matières de correction	Sable	60.52	20.51	5.93	1.61	0.68	3.58	0.09	0.0085	5
	Minerai de fer	38.52	4.02	50.23	1.23	0.55	0.47	0.05	0.0075	1

Tableau 5: exemple de la composition chimique de la matière première d'une cimenterie [4]

✚ Le cru se calcul sur 4 composantes :



À partir de 3 équations (modules) de référence : FSC, MS, MAF

Exemple de la composition du cru :

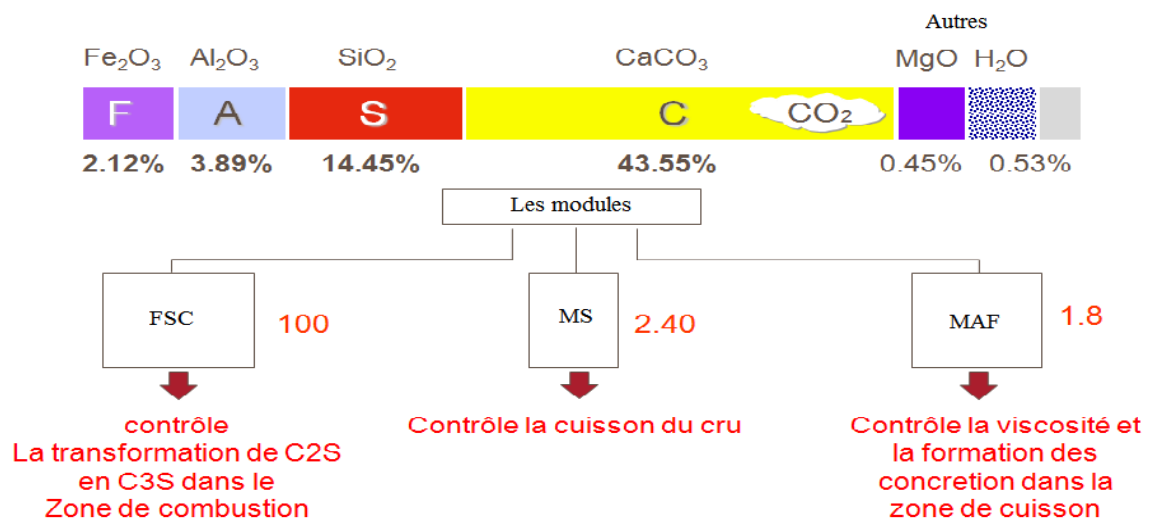


Figure 12: Exemple de la composition du cru [2]

3.5. Analyses des données :

La carrière est un ensemble des gradins 5 gradins d'argile, et 4 gradins de calcaire, de stock de sable et de stock de minerai de fer

Chaque jour le laboratoire envoie à la carrière, la recette contenant les pourcentages et les tonnages de chaque élément avec les gradins qu'il faut utiliser.

En respectant cette recette on obtient un mélange pour constituer le tas pré-homo. Ce mélange passe par le PGNAA.

Le PGNAA est un système qui fait les analyses de la matière par des rayons gamma.

En utilisant les données de PGNAA, nous avons calculé l'écart type pour les mois mars et avril.

La formule du calcul de l'écart type : $\sum_{i=1}^n n_i (X_i - X_{\text{moy}})^2 / n$

Pour le calcul de l'écart type on prend les résultats de PGNAA de chaque 1000 t du tas comme est indiqué dans l'annexe 1 et on calcule leur valeur moyenne pour trouver à la fin l'écart type de ces moyennes qui est l'écart type du tas.

- L'écart type du facteur de saturation en chaux FSC pour chaque tas est donné dans le tableau 6 :

LA DATE	N°tas	Cumul	Ecartype PGNAA
03/03/2017-06/03/2017	1681	22312	16,09
07/03/2017-11/03/2017	1682	18488	18,60
12/03/2017-17/03/2017	1683	29570	24,41
18/03/2017-22/03/2017	1684	29692	16,76
25/03/2017-28/01/2017	1685	21184	12,99
29/03/2017-01/04/2017	1686	18720	23,01
02/04/2017-06/04/2017	1687	20228	21,88
07/04/2017-09/04/2017	1688	15368	19,02
10/04/2017-12/04/2017	1689	14976	19,11
13/04/2017-15/04/2017	1690	14620	12,27

Tableau 6 : l'écart type de le FSC des tas pré-homo [voir annexe 1]

Nous avons constaté que l'écart type est généralement supérieur à 12, ce qui est contradictoire avec ce qui est recommandé, la cible est 8, Alors qu'elles sont les causes de cette augmentation ? Et quel est l'état du système d'homogénéisation ?

Chapitre 4 :

L'étude du Tas pré-homo et l'homogénéisation

4.1 L'étude du tas pré-homo :

4.1.1 Les causes de la grande variation de LSF :

- Exploitation des carrières (Quarry master hors service) :

Le Quarry Master est un logiciel permet l'exploitation correcte des gradins et une gestion meilleure de la carrière et par suite les gradins. Ce logiciel donne la quantité disponible de la matière première.

Le QM peut faire le calcul du mélange, à partir de la composition chimique et l'intervalle du tonnage donné. On peut le considérer comme un guide pour une planification à court terme. La figure 13 montre un exemple de sa manipulation.



Figure13: le logiciel quarry master [4]

Alors à l'aide de ce logiciel on peut respecter la recette du laboratoire et savoir quels gradins on utilise.

- Correction des indicateurs (RMP hors service)

La RMP : est un logiciel régulateur qui donne la correction nécessaire chaque 15min selon les consignes. Il gère le système du contrôle commande et fait la correction tout seule pour atteindre LSF donné, par l'augmentation ou bien la diminution des pourcentages des composants (calcaire, argile,...).

La figure 14 présente un exemple de fonctionnement de la RMP.

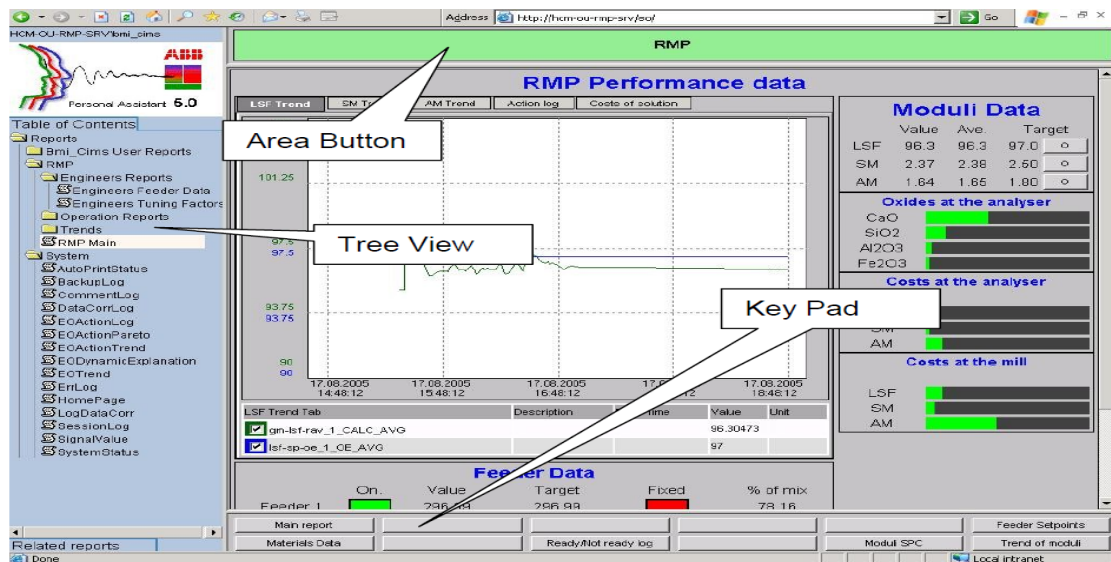


Figure 14: le logiciel RMP Figure [4]

La RMP fonctionne en se basant sur les analyses PGNAA qui nous donne des résultats à chaque minute

Le fait que le RMP est hors service et dans le cas où la matière n'est pas bien régulée (exemple : $LSF > 120$ ou bien $LSF < 100$), l'opérateur qui fait la correction par l'ajout de certains composants (calcaire, argile,...) en fonction des résultats obtenus par le PGNAA. Cette correction se fait avec un retard lié à l'opérateur.

- Granulométrie :

Nous avons observé dans le tas pré-homo des grands caillots (figure 15) :



Figure 15 : La granulométrie dans le tas

- La grande variation de la granulométrie et le non respect de ce qui est recommandé, 95% de la matière doit passer dans le tamis de 25mm [3], résulte une mauvaise constitution du tas et cela a cause de la concentration des grands caillots (calcaire) dans ces cônes ce qui implique un FSC élevé à ces extrémités.
- Le broyage doit satisfaire 88% de la farine cru qui passe par le tamis de 90 μm [3], pour atteindre cette valeur le broyeur a besoin du temps (entre 1h et 2h) et a cause de la grande granulométrie cette période augmente et donc le débit sortant du broyeur cru diminue et pour l'augmenter il faut diminuer cette finesse de la farine cru et ça va nous donner une matière non régulière.

- Les Arrêts (mécanique, électrique, production) :

Nous avons relevé les temps d'arrêts et leurs causes (tableaux 7et8) à partir des rapports d'extraction journaliers (annexe 2) des mois mars et avril et nous avons réalisés le diagramme PARETO (figures 16et17):

Arrêt	Durée (h)	Fréquence
Arrêt par déclenchement stacker par dispo	4	15
Arrêt par trémie calcaire vide	17,31	63
Arrêt par trémie vide en argile	0,66	5
Arrêt pour correction sur le Tas pré-homo	0,83	3
Arrêt par déclenchement concasseur par dispo	0,83	2
Arrêt par Déclenchement D02 par dispo	0,25	1
Arrêt par bourrage trémie A07	0,75	1
Arrêt pour travaux mécaniques et électriques sur concasseur	10,33	1
Arrêt par défaut électrique sur disjoncteurs concasseur	5	2
Arrêt par température élevée, défaut circuit d'eau	2	1
Arrêt par bourrage bande flèche stacker	0,5	1

Tableau 7 : les causes des arrêts du mois mars

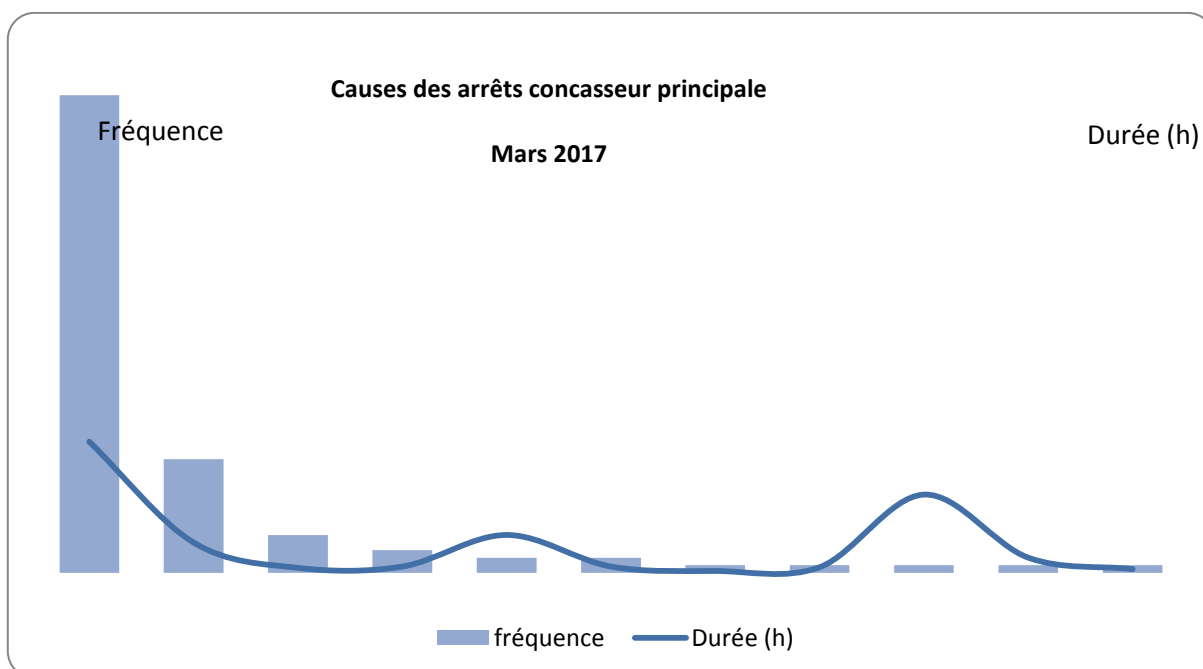


Figure 16 : PARETO du mois mars 2017

Causes	Durée(h)	Fréquence
Arrêt par trémie vide en argile	3,58	4
Arrêt par trémie vide en calcaire	8,00	31
Arrêt par déclenchement stacker par dispo	6,83	16
Arrêt par déclenchement filtre 211-FT1	1,25	1
Arrêt par déclenchement bande 211-BT2 par dispo	0,25	1
Arrêt par déclenchement A07 par dispo	14,67	42
Arrêt par déclenchement B01 par CR	1,25	3

Tableau 8 : Les causes des arrêts du mois avril

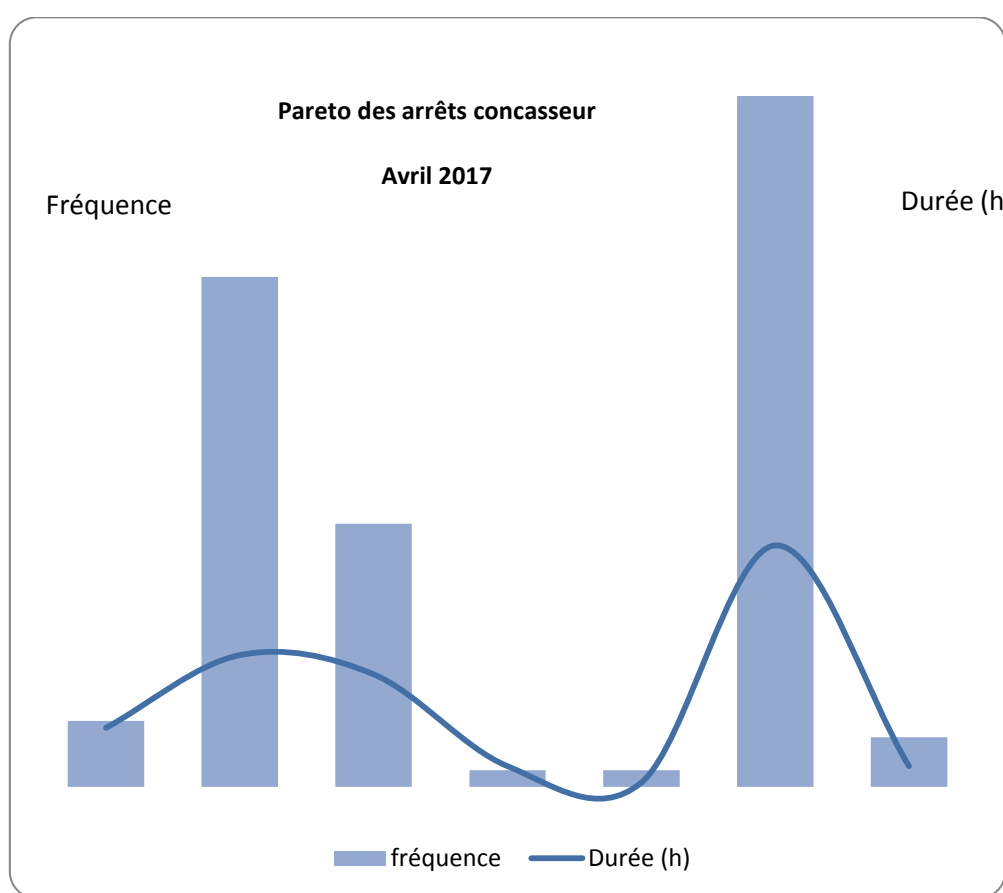


Figure 17 : PARETO du mois avril 2017

Ces arrêts de concasseur ont des conséquences liées : le stacker en marche à vide, le tonnage diminue et l'utilisation de la chargeuse au lieu de la roue-pelle.

Afin de déterminer l'impact du taux du remplissage du tas sur la variation de FSC, nous avons mené une étude sur le tas 1690

La figure 18 donne les différentes recommandations dans la constitution des tas pré-homo :

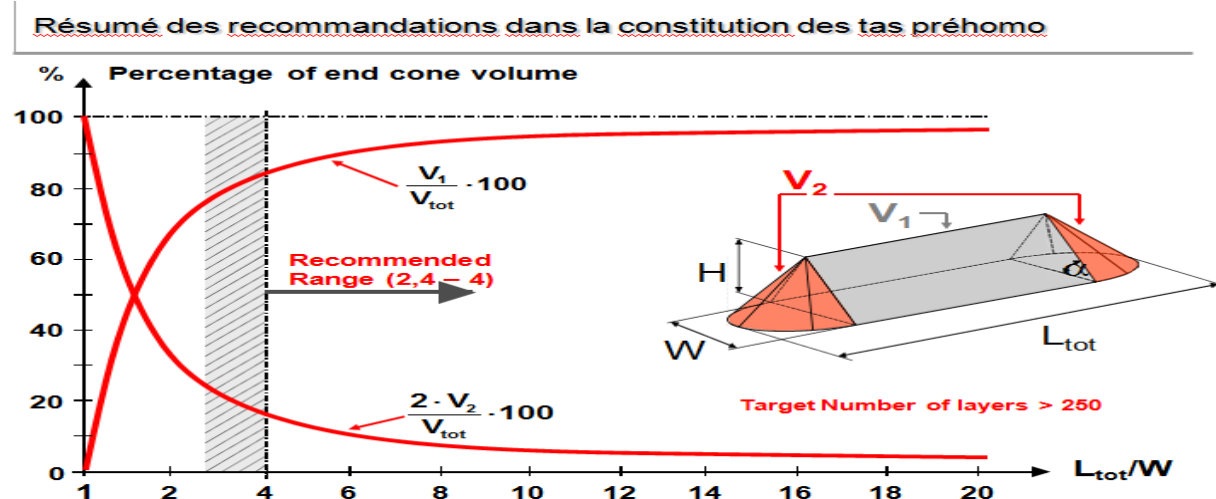


Figure 18 : recommandations dans la constitution des tas pré-homo [3]

Notre étude mène à déterminer les paramètres suivants :

- ✓ L la longueur du tas (manuellement).
- ✓ H la hauteur du tas (manuellement).
- ✓ W la largeur du tas (manuellement).
- ✓ V1 le volume du cylindre central du tas qui contient la matière fine :

$$V1 = (L_{tot} - W) \cdot (H \cdot W) / 2$$
- ✓ V2 le volume des cônes du tas qui contient des gros caillots à cause des chute (principalement): $V2 = 3,14 \cdot (W/2)^2 \cdot (H/3)$
- ✓ Vitesse du stacker (calculé) : distance parcouru/ le temps de ce parcourt.
- ✓ Débit moyen du concasseur (donner par les operateurs).
- ✓ Durée de constitution.
- ✓ Nombre de couche (calculé) : (distance parcouru par le stacker*1000) /Longueur du tas

Les résultats obtenus :

$$\begin{aligned} L_{TOT} &= 86.5m \\ W &= 27 m \\ H &= 13 m \end{aligned}$$

$$L_{TOT}/W = 3.2$$

$$V1 = 10442 \text{ m}^3$$

$$V2 = 2481 \text{ m}^3$$

$$\% v1 = 80.8 \%$$

$$\% v2 = 19.2 \%$$

Vitesse du stacker	=	0.19	m/s
Débit moyen du concasseur	=	890	t/h
Longueur du tas	=	64.5	m
Tonnage du tas	=	14620	t
Durée de la constitution	=	16.43	h
Nombre de couche	=	177.3	

Le cas actuel du tas est :

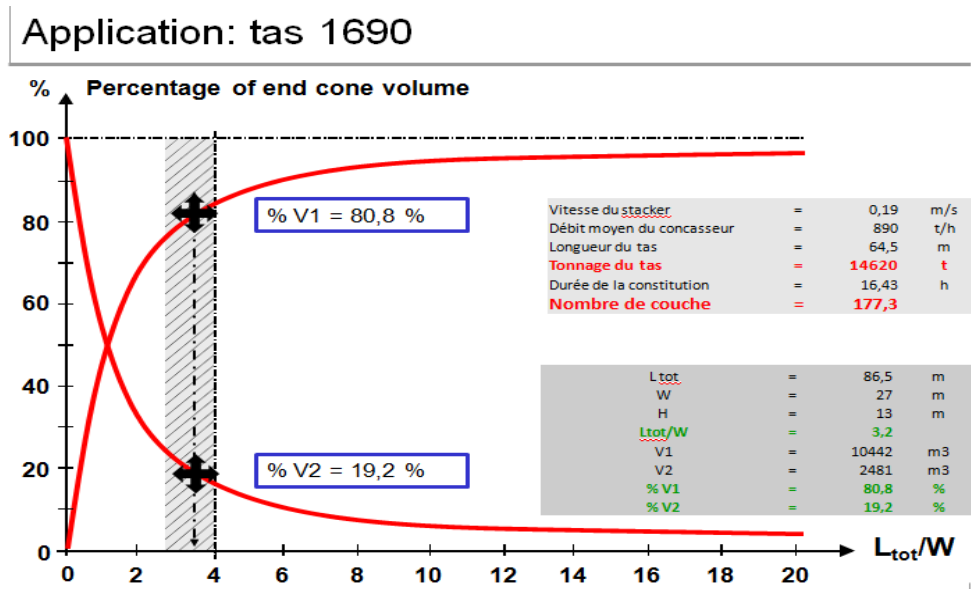


Figure 19 : étude sur le tas 1690

Résultats de l'étude :

Le tas N° 1690 était constitué entre le 13/04/2017 et le 15/04/2017. Et il est en consommation à partir du 15/04/2017.

On remarque que:

- Ce qui est recommandé concernant « L_{TOT}/W » est bien respecté (= 3,2).
- Le nombre de couche 177 est loin de la cible 250, ceci à cause du faible tonnage cumulé 14620 t.
- Pour cibler les 250 couches en respectant les mêmes dimensions actuelles du tas, on doit avoir un minimum de tonnage de 21000 t.

L'impact de la constitution du tas 1690 sur la régularité du FSC a donné les résultats suivants à partir de données PGNA :

L'écart type : même méthode du tableau 6

La cible dans l'écart type lors de la constitution du tas pré-homo est 8.

Sur le tableau ci-dessous, nous avons trouvé une valeur de 12,27.

Tonnage	FSC
1006	124
2018	139
3011	120
4016	123
5005	101
6009	102
7014	104
8008	98
9004	111
10015	107
11007	103
12005	99
13003	108
14004	95
14620	100
Ecart type	12,3

Tableau 9 : l'écart type du tas 1690

Donc le fait que le tonnage ciblé n'est pas atteint a pour conséquence un écart type élevé.

- Le stacker en marche à vide :

Par manque d'engins et à cause des arrêts il y a toujours des coupures de la matière et donc le stacker à marche vide et cela va nous donner un tas non pré-homogène.

- Problème dans l'opération de marche (arrêt) de tous les doseurs en même temps :

Ils existent dans le concasseur des trémies chacune contient l'un des composants du mélange et un doseur (qui donne le pourcentage nécessaire du composant), la marche des doseurs alimente la bande de constitution du tas.

Nous avons observé dans la bande que le mélange parfois ne contient que le calcaire ou bien seulement l'argile cela signifie que les doseurs ne marchent pas en même temps et par conséquent le tas non pré-homogène.

Conclusion :

Cette étude nous a permis de traiter les problèmes et les causes de la non régularité de la matière au niveau de la constitution de tas, plusieurs anomalies ont été citées ce qui rend nécessaire d'organiser un plan d'actions afin de les éviter.

4.2 L'étude d'homogénéisation

Cette étape se situe entre le broyeur cru et le four, c'est un système qui reçoit de la farine broyée et qui mélange cette matière afin de diminuer l'écart type de FSC.

En général, l'installation du mélange et d'homogénéisation a deux tâches à remplir : d'une part offrir une possibilité de procéder à une dernière correction de la composition chimique du cru à envoyer au four et d'autre part rendre ce cru suffisamment homogène que pour en assurer une bonne cuisson.

4.2.1 Description du système d'homogénéisation à l'usine [5]

A lafargeHolcim Oujda, on dispose de 2 silos d'homogénéisation (H1 et H2) et 4 silos de stockage. 2 compresseurs assurent l'homogénéisation pour chaque silo et un silo est dédié pour la vidange. Le fond de chaque silo H1 et H2 est complètement nu de façon à permettre l'implantation des aéroglisteurs.

Le fond est divisé en 10 secteurs répartis comme suit dans la figure 20 :

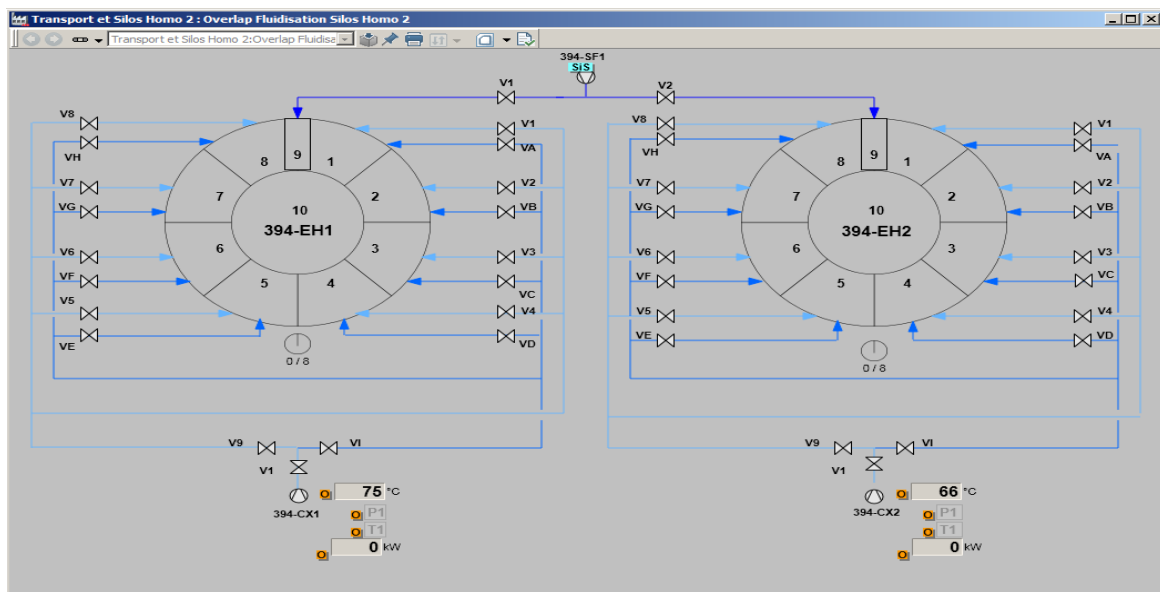


Figure 20 : schéma simplifié du système d'homo

- 8 octants numérotés de 1 à 8
- 1 partie centrale N°10
- 1 canal de vidange N°9

Cette disposition permet un fonctionnement dans les 4 modes :

- Par quadrants : en permutant entre les quadrants
- Par octants : en permutant entre les octants
- De façon aléatoire : en permutant entre les octants d'une manière aléatoire.
- Par charges : tous les électrovannes sont ouvertes.

Ces modes se réalisent à l'aide de fonctionnement des électrovannes (voir figure 21) qui donnent de l'air comprimé à partir des compresseurs.



Figure 21 : les électrovannes du silo d'humidité

- ✓ Pour des questions de rendement et de consommation d'énergie, il est recommandé d'utiliser le mode de fonctionnement en octants.

4.2.2 Le cas idéal de l'homogénéisation [5] :

- Un effet d'homogénéisation suffisant ne peut donc être obtenu que si un certain niveau de matériau est maintenu dans le silo, s'il n'y a pas assez de matériau, l'effet doit toujours être rempli à 30% au moins.

✚ On peut voir que le matériau qui arrive dans le silo est réparti régulièrement de manière à former des couches horizontales. Le fond du silo est divisé en 12 secteurs équipés de volets d'aération et un compartiment mélangeur avec un système de brassage par quadrant. L'adduction de l'air a lieu alternativement dans un secteur extérieur actif et un cadrant actif, par rotation, elle est synchronisée.

✚ La conception moderne des systèmes d'homogénéisation en continu associe le stockage de la farine crue et l'homogénéisation dans un seul silo.

✚ Le rendement d'homogénéisation, défini comme le rapport de la déviation standard (l'écart type) de la concentration chimique à l'entrée et à la sortie, est excellent avec les systèmes à charge successives, et des valeurs supérieures à 1.5 ont été obtenus dans la pratique.

- Le tableau 10 résume la variation de la durée de l'homogénéisation par rapport à l'écart type :

Ecart type FSC entrée silo	<1,2	>1,2 et <2	>2 et <4	>4
Durée d'homo	Pas d'homo	1h d'homo	2h d'homo	3h d'homo

Tableau 10: l'écart type associé à la durée d'Homo [5]

4.2.3 L'homogénéisation actuelle :

- L'homogénéisation est rarement appliquée par manque de matière parce que la roue-pelle tombe en panne plusieurs fois.
- On n'utilise que le silo H1 d'homogénéisation à cause de :

➤ Mauvais extraction :

- Les silos d'homme contiennent des stocks morts (la matière colmatée).
- Problèmes dans : les électrovannes, les casques doseurs et tout ou rien...
- Le mode d'homogénéisation se fait toujours avec un seul mode qui est celui en charge à cause de manque d'air nécessaire.
- Pour les silos du stock on utilise seulement S3 et S4 dont l'extraction est facile (élévateur fonctionne bien), rarement S6 (car on aura besoin de quelqu'un qui va aller vers les silos et aider l'extraction avec l'air).
- On est obligé d'utiliser les silos S3 et S5 en même temps pour le vidange afin d'arriver au débit demandé pour le remplissage de la trémie four et Cela à cause des problèmes dans les casques doseurs.

4.3 Les solutions proposées :

4.3.1 Pour le tas pré-homo :

Nous proposons les solutions suivantes pour minimiser les problèmes qui créent la grande variation de l'écart type du FSC au niveau du tas pré-homo :

Le QM doit être en service, son rôle est très important et réduit plusieurs problèmes de la régularité : (bon exploitation + bon FSC) d'une manière régulière.

Le fonctionnement de **la RMP** va nous donner une stabilité des modules (FSC, MS, MAF) au cours de la constitution du tas.

Proposition pour **le stacker** :

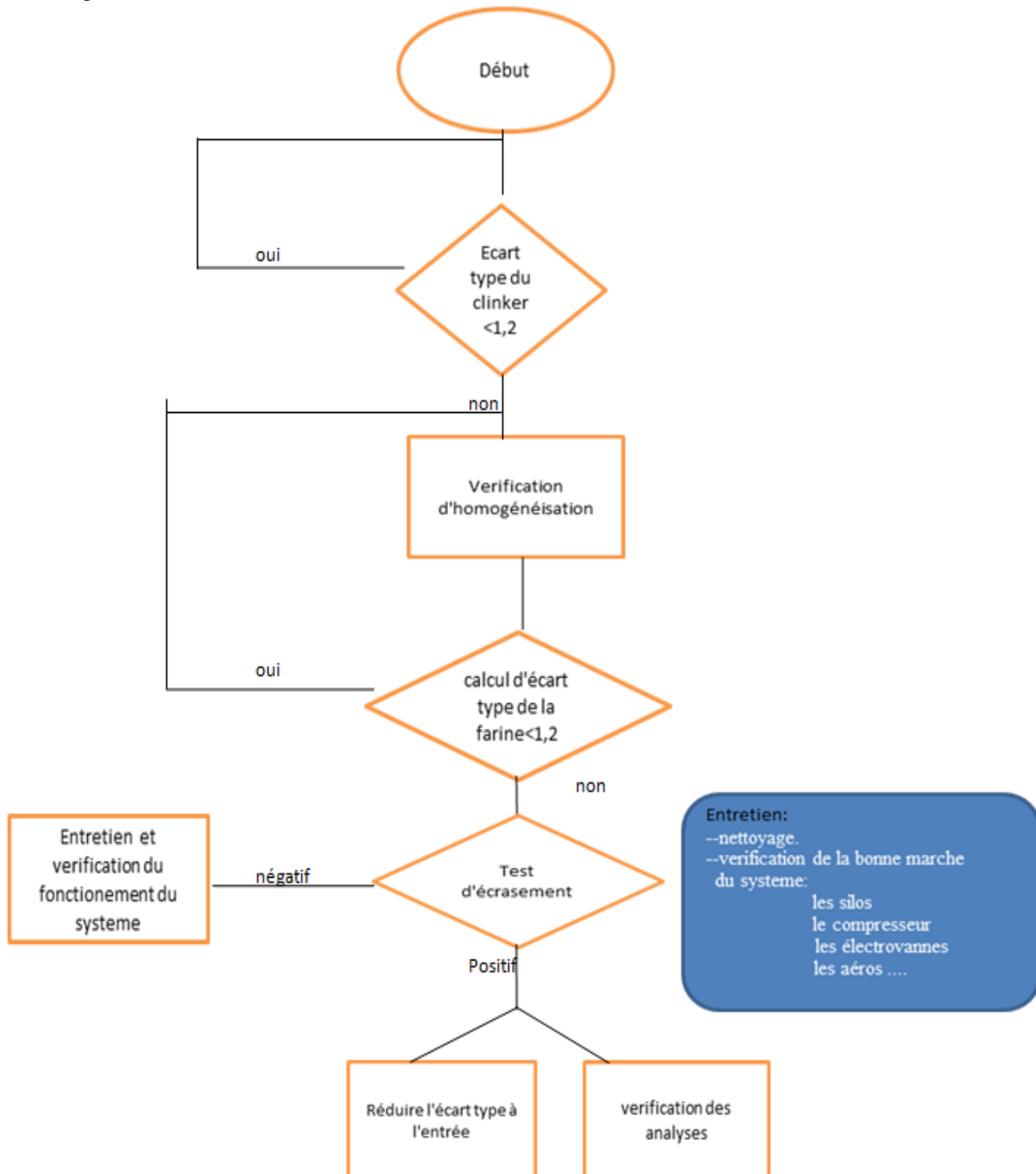
Automatiser la marche/arrêt du stacker en fonction de la présence/absence de la matière dans la bande afin d'éviter sa marche vide qui crée des effets négatifs sur la constitution des couches du tas.

La reprise doit être faite obligatoirement par la Roue-pelle, et éviter toute utilisation de la chargeuse

Relever le maximum possible **la fréquence des entretiens** préventifs pour éviter tout arrêt qui résulte des coupures de la matière.

4.3.2 Pour l'homogénéisation:

Nous proposons l'organigramme suivant pour la vérification de la fiabilité du système d'homogénéisation:



Conclusion

A travers nos deux mois de stage à la société LafargeHolcim Oujda, nous avons pu enrichir nos connaissances à propos de l'industrie cimentière.

Plus largement, ce stage a été l'opportunité pour nous de découvrir les différents problèmes du système qu'un opérateur peut affronter d'une façon quotidienne et d'établir ainsi les instructions de travail relatives à chaque situation.

Au delà d'enrichir nos connaissances professionnels, ce stage nous a permis de comprendre les relations professionnels entre l'ensemble des personnels de l'entreprise, ainsi que l'importance de travail en groupe pour faire face aux problèmes inattendus.

La problématique que nous avons étudiée est la variation de FSC dans la matière à partir de l'extraction de la matière en arrivant au produit « clinker » sortant du four, cette variation qui résulte une grande marge dans la variation de résistance et donc le pourcentage de clinker utilisé dans le ciment augmente ce qui est une perte pour l'usine.

Pour bien traiter le problème nous avons passé par deux étapes. Dans la première nous avons pris un tas comme exemple et nous avons cité les problèmes remarqués concernant la régularité de la matière au niveau du tas pré-homo. En suite nous avons déterminé les causes de ces problèmes. Dans la deuxième étape nous avons étudié l'état de l'homogénéisation. Après ce traitement nous avons proposé des solutions comme l'utilisation d'outils qui existent dans l'usine mais qui sont toujours hors service malgré leur importance.

En guise de conclusion, notre stage dans le groupe cimentier mondial LafargeHolcim nous a offert une expérience pour notre cursus professionnel et fut l'occasion pour nous de développer d'autres capacités professionnelles et personnelles.

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

Bibliographie

Les sites visités :

[1]: <http://www.febelcem.be/fr/ciment-applications/fabrication-du-ciment-processus-de-fabrication-du-ciment-illustre-etape-par-etape>.

[2]: Holcim_local_SD_Report_Morocco_2004.

[3]: rapport de l'entreprise PPE chakib Eloudghiri.

[4] : données du laboratoire.

[5] : rapport l'entreprise de la description d'homogénéisation

- <http://www.lafargeholcim.com/>

- https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_Pareto

- <http://www.ciments-calcia.fr/NR/rdonlyres/D7177DEF-8106-4B09-9032-770ECFA70330/0/Fabricationciment.pdf>.

- http://www.lafarge-na.com/wps/portal/na/fr/2_2_1-Manufacturing_process

ANNEXES

ANNEXE 1

	A	B	C	D	E	F	U	V	W	X	Y	Z	AA
1493	04/01/2017 14:17:04.61	60.057705	13,2071	20004,2853	20004	86,474273	2,97143	2,33595			89,5560889	2,73341025	2,01649468
1494	04/01/2017 14:18:04.67	60.056505	11,9918	20016,2771	20016	83,0736069	2,7627	2,40366					
1495	04/01/2017 14:19:04.72	60.059705	13,406	20029,6831	20029	87,9438979	3,00478	2,48974					
1496	04/01/2017 14:20:04.78	60.057705	13,0654	20042,7485	20042	89,4884207	3,34667	1,97023					
1497	04/01/2017 14:21:04.84	60.071705	13,6623	20056,4108	20056	84,5337594	2,68663	1,88883					
1498	04/01/2017 14:22:04.91	60.053105	12,3204	20068,7312	20068	84,8292622	2,2335	2,70645					
1499	04/01/2017 14:23:04.97	60.058705	13,6926	20082,4238	20082	92,2860301	2,84984	1,76602					
1500	04/01/2017 14:24:05.03	60.060106	12,0378	20094,4616	20094	80,1487032	2,64228	2,20417					
1501	04/01/2017 14:25:05.09	60.059706	13,0034	20107,465	20107	77,0928323	2,36932	2,58662					
1502	04/01/2017 14:26:05.14	60.061905	12,8126	20120,2776	20120	77,8737367	2,61705	1,87614					
1503	04/01/2017 14:27:05.21	60.058706	10,352	20130,6296	20130	66,9040176	2,69773	2,1714					
1504	04/01/2017 14:28:05.26	60.062905	12,1153	20142,7449	20142	94,5282313	2,54632	1,8492					
1505	04/01/2017 14:29:05.33	60.057505	12,0828	20154,8277	20154	104,95744	2,52161	1,87826					
1506	04/01/2017 14:30:05.39	60.070706	13,3394	20168,1671	20168	90,6048673	2,65173	2,06154					
1507	04/01/2017 14:31:05.46	60.056105	13,3994	20181,5665	20181	79,556378	3,03621	1,84313					
1508	04/01/2017 14:32:05.51	60.057306	13,5721	20195,1386	20195	87,9470228	2,64082	2,04242					
1509	04/01/2017 14:33:05.57	60.069506	12,0706	20207,2092	20207	85,1935163	2,94293	1,828					
1510	04/01/2017 14:34:05.64	60.059706	12,8904	20220,0996	20220	85,5961796	2,73467	1,93274					
1511	04/01/2017 14:35:05.70	60.058706	11,0188	20231,1184	20231	70,7978058	2,53074	2,22864					
1512	04/01/2017 14:36:05.76	60.059705	11,5712	20242,6896	20242	62,4349579	2,84182	2,12563					
1513	04/01/2017 14:37:05.82	60.056105	9,4516	20252,1412	20252	83,4794753	3,23908	1,42411			83,4635071	2,7448215	2,0638465
1514													
1515													
1516													
1517											ET LSF	ET SM	ET IM
1518													
1519													
1520													
1521											23,0082457	0,28161605	0,2187061

ANNEXE 2

Exemple de rapport journalier de concasseur :



Rapport journalier - Concasreur principal			
Date	01/03/2017	Opérateur	RMILI
FIN TAS N 1680			

Etat des stocks

Préhomogénéisation

Tas en constitution	Tas en consommation
26 768,0	

Trémie pouzzolane	Trémie calcaire	Trémie gypse 1	Trémie gypse 2

Correctifs

Calcaire	Argile

Performance concasseur

Performances concasseur

Débit préhomogénéisation	948,00		
Débit ajouts	766,40	heure de démarrage	6,00
Débit bout de tas	0,00	heure d'arrêt	17,00
Temps de marche préhomogénéisation	5,00	temps d'arrêt total	4,75
Temps de marche ajouts	1,25		
Temps de marche B DE TAS			

Disponibilité	Performance
62,50%	79,00%

Production / Consommation

	Jour		Cumul tas	
	[t]	%	[t]	%
Calcaire	3 912,0			#DIV/0!
Argile	661,0			#DIV/0!
Sable	99,0	%		#DIV/0!
Minerai de fer	68,0			#DIV/0!
Total préhomo	4 740,0	0%	0,0	#DIV/0!

Causes d'arrêt				
Heure	Durée	Fréquence	Causes	Action
	01h00min	1	Arrêt par note de démarrage	
	00h50min	4	Arrêt pour vidange du circuit	
	00h15min	1	Arrêt par déclenchement vibreur par disjon	
	02h40min	1	Arrêt pour travaux électriques sur PIGINA	

Divers
Arrêt pour travaux électriques sur PIGINA, Arrêt plus de 2h40min ,,

Tonnage par gradin

calcaire 1	calcaire 2	calcaire 3	calcaire 4
		3912	

Argile1	Argile2	Argile3	Argile4	Argile5
	661			

Panne des Engins	Nombre	Référence	panne
Camion	1	440-443	Tombour frein -Pompe benne -Bouteille d eau
chargeuse	3	Jhonder ,G972 E03 -G950--	Défaut moteur ,-Turbo pompe gazoil