



Année Universitaire : 2015-2016

**Master Sciences et Techniques GMP
Génie des Matériaux et des Procédés**

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

Titre

**IMPACT DU CHLORE SUR LE
PROCESSUS DE LA CUISSON DU CIMENT**

Présenté par:

ANNABA Khadija

Encadré par:

- Pr. WAHBI Hamid FST Fès
- Mr. DAOUDI Mohamed

Soutenu Le 18 Juin 2016 devant le jury composé de:

- Pr. H. WAHBI
- Pr. F. KHALIL
- Pr. K. MISBAHI

**Stage effectué à : Cimenterie de Béni Mellal
(CIMAT-Béni Mellal)**





2015/2016

Master Sciences et Techniques : Génie des Matériaux et des Procédés

Nom et prénom: ANNABA Khadija

Titre: Impact du Chlore sur le procédé de cuisson du ciment

Résumé

Le ciment est un matériau artificiel issu de la combinaison d'un mélange de matières premières, constitué du calcaire, l'argile, le schiste et le minerai de fer. Ceux-ci constituent ce que l'on appelle « cru ». Après son broyage, le cru est transmis à un four rotatif de température maximale de 1450°C pour sa cuisson, et par la suite sa transformation en « Clinker ».

Dans le cadre du développement durable, CIMAT a proposé la minimisation des coûts énergétiques pour l'étape de clinkérisation. Et ceci en valorisant les déchets déchiquetés et les utilisant en tant que source d'énergie calorifique (incinération avec récupération d'énergie). Bien que les avantages de cette action soient considérables, elle présente des inconvénients sur le procédé de cuisson. Parmi ses inconvénients l'on cite le colmatage des cyclones dû à l'augmentation de la teneur en chlore dans les combustibles alternatifs, et qui présente un indice de formation d'une grande quantité de chlorures collants pouvant s'adhérer sur les parois des cyclones du préchauffeur, ce qui finit par causer l'arrêt de production.

Pour résoudre ce problème, et pouvoir utiliser les AFR avec ces teneurs en chlore sans causer les bourrages cyclones, notre étude a fini par déduire la nécessité de minimisation de l'utilisation des SFR, et l'implantation d'un système de détection des accumulations de matière à faible épaisseur, à éliminer par des Airchocs.

Mots clés: Ciment, clinker, AFR, SRF, cru, CIMAT.



Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce travail à toutes les personnes qui ont marqué ma vie :

A mes parents :

Deux personnes qui m'ont tous données sans compter pour le soutien et les encouragements inconditionnels sans oublier les sacrifices moraux qu'ils ont consacrés. J'espère que j'ai été à la hauteur de leurs espérances.

A mes sœurs et mes frères :

En témoignage des liens solides et intimes qui nous unissent tout en vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

A tous les enseignants :

Qui n'ont jamais été avares ni par leurs temps, ni leurs connaissances pour satisfaire nos interrogations veuillez trouver dans ce travail, l'expression de ma profonde reconnaissance et ma grande estime.

A mes amis :

Tous mes amis et collègues et particulièrement les plus intimes en témoignage des moments inoubliables, des sentiments purs, et des liens solides qui nous unissent.

Veuillez accepter nos meilleurs vœux de réussite et de prospérité.

Remerciement

*C'est avec gratitude que je tiens à remercier Monsieur **WAHBI Hamid** pour le grand effort qu'il a fourni à fin de me donner le meilleur.*

*Le remercie particulièrement mon encadrant Monsieur **DAOUDI Mohamed** pour son aide précieuse.*

*Mes remerciements les plus vifs à l'égard de tout le personnel de la société **CIMAT Béni Mellal** et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Je tiens aussi à remercier Monsieur le **Pr. F. KHALIL** Et Monsieur le **Pr. K. MISBAHI** d'avoir accepté de juger mon travail.*

Je remercie également l'ensemble du corps professoral du département de chimie de la faculté sciences et technique de Fès, d'avoir veillé à notre formation.

Table des matières

Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des Tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
Partie I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL	
I.Ciment de l'atlas (CIMAT).....	2
II.Fiche d'identité de CIMENT DE L'ATLAS.....	3
III.Activité principale.....	3
PARTIE II : ETUDE DESCRIPTIVE DE L'USINE CIMAT(PROCEDE DE FABRICATION DU CIMENT)	
I.Introduction.....	5
II.Fonctionnement du procédé.....	6
III.Procédé de fabrication du ciment	7
III.1.L'extraction et concassage.....	7
III.2.Parck de Pré-homogénéisation.....	7
III.3.Broyeur cru	7
III.4.Homogénéisation	8
III.5.Préparation du clinker.....	9
III.5.1.La tour :	9
III.5.2.Le four :	10
III.5.3.Refroidissement :	11
III.6.Production du ciment	11
III.6.1.Broyage ciment	11
III.6.2.Ensachage et expédition	12
III.7. Broyage charbon :	12
III.8. Contrôle de qualité du ciment :	12
PARTIE III : ETUDE DE L'IMPACT DU CHLORE SUR LE PROCEDE DE CUISSON DU CIMENT	
I.Généralités	15
II.Méthodologie.....	15
II.1.Etape 0 : Etape de préparation	15
II.1.1.Introduction :	15
II.1.2.Présentation du problème :	16
II.1.2.1.Group du travail :	17

Mémoire de fin d'étude

II.1.2.2.Master plan :	18
II.2.Etape1 : Identification du problème en appliquant QQOCP	18
II.3.Etape 2 : Fonctionnement normale de la Tour	20
II.3.1.Description du système globale	20
II.3.2.Description du système étudié	21
II.4.Etape 3 : Fixer un objectif	22
II.5.Etape4 : Analyse des causes racines	22
II.5.1.Utilisation des 5 pourquoi	22
II.5.2.Impact du Chlore sur le procédé de cuisson clinker.....	26
II.5.3.Suivi de la teneur en chlore (mesure 2015).....	27
II.5.4.Teneur en chlore dans les combustibles alternatifs (valeurs moyennes).....	31
II.5.4.a.Teneur en chlore dans les combustibles alternatifs	32
II.5.4.b.Teneur en chlore dans les SRF.....	33
II.5.4.c.Teneur en chlore dans les déchets (Valeurs moyennes).....	33
II.5.4.d.Teneur en Cl dans la matière première (Valeurs moyennes)	34
II.5.5.Relation entre le Soufre et le Chlore	35
II.5.6.Bilan du Chlore ($g_{Cl}/t_{clinker}$) à CIMAT	36
II.5.7.Bilan du soufre	38
II.6.Etape 5 : Actions et contres mesures.....	39
II.6.1.Resumés des actions proposés.	39
II.6.2.Analyse des actions.....	39
II.7.Etape 6 : Vérification des résultats.....	42
Conclusion général.....	44
Annexes.....	45
Références.....	59

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
C₃A	Alumine tricalcique
C₄AF	Aluminoferrite tétracalcique ou ferrite, composant principale du clinker qui a tendance à noircir le ciment.
CaCO₃	Carbonate de calcium est le composant principal du calcaire.
CaO	Oxyde de calcium, largement connu par la chaux, est un composant majeur du clinker.
CIMAT	Ciment d'Atlas
CPA	Ciment Portland artificiel
CPJ	Ciment Portland avec ajout des constituants secondaires
C₂S	Silicate dicalcique
C₃S	Silicate tricalcique
FSC	Facteur de saturation en chaux
MS	Module silicique
MAF	Module aluminoferrique
AFR	Alternatif fuel raw materiel (les combustibles alternatifs de substitution)
Calcaire HT	Calcaire à haute teneur
PCI	Pouvoir calorifique inferieur
KCl	Chlorure de potassium
NaCl	Chlorure de sodium
HCl	Acide chlorhydrique
SO₂	Dioxyde de soufre
Na₂SO₄	Sulfate de Sodium
K₂SO₄	Sulfate de Potassium
P VC	polychlorure de vinyle
CaCl₂	Chlorure de calcium
SRF	Solid recovered fuel
CSR	Combustible solide de récupération
DIB	Déchet industriel banal
Clinker	Est un constituant du ciment, qui résulte de la cuisson d'un mélange composé d'environ 80% de calcaire et de 20% des argiles qui apportent le silicium, l'aluminium et le fer.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Etude des arrêts au niveau du four^[A]	16
Tableau2 : Arrêts liées aux cyclones^[A]	19
Tableau 3 : Températures de fusion des Chlorures et des Sulfures.....	26
Tableau 4 : La teneur en Chlore dans les déchets solides par (mg/Kg) en 2015^[Cl].....	32
Tableau 5 : les teneurs en Chlore dans les SRF et les CSR	33
Tableau 6 : Teneur en Chlore dans les AFR à CIMAT 2015	33
Tableau 7 : Teneur en Chlore dans la matière première.....	34
Tableau 8 : Consommation calorifique en tuyauterie et en chambre de calcination	36
Tableau 9 : Teneur en Chlore en (gCl/tclinker) dans les Combustibles.....	37
Tableau 10 : Teneur de g en Chlore par tonne de clinker dans la farine alimentation Tour	37
Tableau 11 : Teneur en Chlore dans les gaz sortie TOUR par tonne de clinker :	37
Tableau 12 : Teneur en Chlore (gCl/tclinker) dans les poussières	37
Tableau 13 : Teneur en Chlore dans le clinker.....	37
Tableau 14 : Master plan des actions pour minimiser la fréquence des bourrages cyclones.....	39
Tableau 15 : Données process.....	40

Liste des figures

Figure 1 : Gamme des produits CIMAT.....	3
Figure 2 : Parc de pré-homogénéisation.....	7
Figure 3 : broyeur cru vue externe.....	8
Figure 4 : silo de pré-homogénéisation.....	8
Figure 5 : Principe fonctionnement d'un cyclone.....	9
Figure 6 : La tour à CIMAT chaque étages à sa température précis.....	10
Figure 7 : La chronologie des réactions pour chaque zone du Four.....	11
Figure 8 : Broyeur ciment.....	11
Figure 9 : Le besoin d'une composition particulier (LSF, SM, AM).....	12
Figure 10 : (1) Stock des pneus déchiquetés, (2) Stock des AFR.....	15
Figure 11 : Diagramme de PARETO[A].....	16
Figure 12 : Graphe présent les résultats d'étude des arrêts en (%) ^[A]	17
Figure 13 : Zones de bourrage au niveau des cyclones.....	19
Figure 14 : Emplacement de la Tour dans le procédé ciment.....	20
Figure 15 : Schéma représentatif de la composition d'un cyclone.....	21
Figure 16 : Cheminement des gaz et de la matière fine dans un cyclone.....	22
Figure 17: Chute prématurée des tubes plongeurs des cyclones inférieurs.....	23
Figure 18 : Relation entre le taux de corrosion et la teneur en chlore du combustible pour des aciers austénitiques ^[6]	24
Figure 19 : Représentation de réactions en présence de Cl en atmosphère oxydante ^[9]	25
Figure 20 : Quelques combustibles alternatifs à CIMAT.....	32
Figure 21 : Histogramme présentant la teneur en Chlore dans les déchets alternatifs.....	32
Figure 22 : teneur en Chlore dans les SRF et CSR.....	33
Figure 23 : Histogramme présentant la teneur en Chlore dans les AFR (avec moyenne SRF).....	34
Figure 24: Histogramme des teneurs en Chlore dans la matière première.....	34
Figure 25 : Marges de bourrage des cyclons en présence du chlore et du soufre.....	35
Figure 26 : Variation de la teneur en SO ₃ (% massique) en fonction de la teneur en Chlore (ppm) (moyenne journalière 2015) ^[D]	35
Figure 27 : Bilan du Chlore au niveau de l'entrée et la sortie du Four (g _{Cl} /t _{clinker}) 2015.....	38
Figure 28 : Bilan Soufre entrés et sortie Four gS/tclinker2015.....	38
Figure 29 : Mesure d'épaisseur dans un cyclone.....	40
Figure 30 : (1) Source de rayonnement VEGASOURCE31.....	40
(2) Capteur SOLITRAC31.....	40
Figure 31 : Position des Airchocs sur un cyclone.....	41
Figure 32 : Présentation du rôle des Airchocs.....	41
Figure 33 : Bilan du Chlore au niveau de l'entrée et la sortie du Four (g _{Cl} /tclinker) (01/03/2016-30/04/2016).....	43

Introduction générale

A l'instar de ses similaires étrangères, les entreprises industrielles marocaines connaissent une flambée sur différents plans. Agitées par la concurrence qui devient de plus en plus accrue, ces entreprises adoptent des stratégies qui pourraient leur garantir une bonne part de marché et une marge de profitabilité satisfaisante.

Chaque entreprise se fixe des objectifs dans le cadre de sa vocation spécifique pour atteindre des résultats sur ses marchés, en s'interrogeant à tout moment sur les changements à opérer à propos des produits, des équipements, des processus intellectuels et des méthodes. Ainsi pour atteindre tous ces objectifs qui constituent principalement l'élimination des pertes de productions dues à des défaillances des équipements et le maintien d'un état de référence optimal au niveau des systèmes de production, des temps de cycles, de l'environnement, des pratiques...etc.

C'est dans ce volet que CIMAT de BENI MELLAL vise à garder une bonne ouverture sur le marché international.

Ce rapport renferme une reproduction de tous les travaux réalisés qui répondent aux objectifs inclus dans le sujet suivant : La cimenterie de Béni Mellal, est une unité de fabrication du ciment, qui vise la minimisation du coût de la consommation énergétique, en utilisant des combustibles alternatifs. Dans ce contexte, nous nous sommes engagés sur une thématique dédiée à :

- ✓ Déterminer l'impact du chlore issu des AFR (Combustibles alternatifs de substitution) sur le procédé de cuisson du clinker et faire un bilan du Chlore.
- ✓ Proposer des solutions pour éviter ou minimiser la fréquence de l'accumulation de la matière première au niveau du circuit de la cuisson de clinker.

Partie I :

**PRESENTATION DE
L'ORGANISME D'ACCUEIL**

I.Ciment de l'atlas (CIMAT)

Ciments de l'Atlas (CIMAT) est un opérateur national dans un secteur stratégique pour le développement du pays. CIMAT est un groupe cimentier Marocain dont le dispositif industriel comporte, entre autres, deux cimenteries à Ben Ahmed et Béni Mellal.

Le choix des zones d'implantation des deux usines de Ciments de l'Atlas répond aux critères indispensables à la réussite d'un projet de cimenterie, à savoir la qualité et la disponibilité des matières premières d'une part, et le potentiel des marchés de proximité à long terme d'autre part.

La cimenterie de Béni Mellal est située dans la région de Béni Mellal-khénifra, à 35km au nord de la ville de Béni Mellal. Cette usine est destinée à desservir, outre son marché naturel Béni Mellal-Khénifra, le grand marché de la région de Marrakech-Safi ainsi que la région de Fès-Meknès.

Les données caractéristiques de l'usine :

- ✓ Constructeur : Polysius SA
- ✓ Type de procédé : voie sèche intégrale avec Précalcinateur type AS-CC
- ✓ Capacité de Production Clinker : 3600 tonnes/jour

Capacité de Production Ciment : 1'600'000 tonnes/an Atelier d'ensachage et expédition complètement automatisé : Chargement sac par Caricamat et Palettisation



II. Fiche d'identité de CIMENT DE L'ATLAS

<i>Siège et usine</i>	: Commune Rurale d'el ksiba-cercle d'el Ksiba-Béni Mellal-Maroc.
<i>Raison sociale</i>	: CIMENT DE L'ATLAS SA - Groupe CIMAT SA.
<i>Montant de l'investissement</i>	: 2.5 Milliards de DHS.
<i>Effectifs</i>	: 250 personnes directs et indirects.
<i>Capacité de production</i>	: 1.5 Millions tonnes de ciment par an.
<i>Avancement du projet</i>	: -Démarrage de l'activité ensachage : Décembre 2010 -Démarrage de l'activité broyage : Juin 2011. -Démarrage de l'activité Clinker : Décembre 2011.

III. Activité principale

La cimenterie fabrique conformément aux normes marocaines deux types de ciment distingués par leur composition, leur résistance et leur usage, il s'agit du :

- ❖ CPJ : Ciment portland avec ajout (pourcentage du clinker entre 65%-95%)
- ❖ CPA : Ciment portland sans ajout (pourcentage du clinker entre 95%-100%)

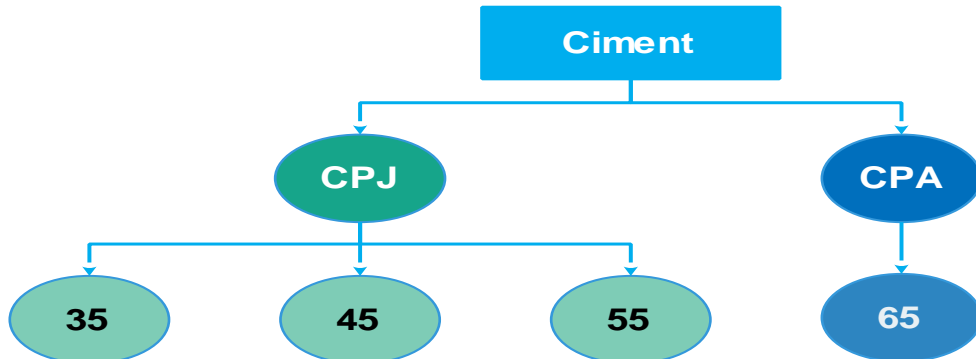


Figure 1 : Gamme des produits CIMAT

PARTIE II :
ETUDE DESCRIPTIVE DE L'USINE
CIMAT
(PROCEDE DE FABRICATION DU
CIMENT)

I.Introduction

Le ciment est un liant, une matière pulvérulente, formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte homogène et plastique, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées appelées agrégat ou granulats. [1]

Les silicates de calcium, élément majeurs du ciment, sont obtenus par réaction à haute température. C'est pourquoi une cimenterie est organisée autour d'un four dans lequel entre un mélange broyé de matière première, le cru, et duquel sort, en continu, un produit semi fini, le clinker. Un apport d'énergie (très important dans l'économie du ciment) permet d'amener la température à 1450°C, nécessaire pour que se produisent toutes les réactions chimiques qui conduisent à la bonne composition minéralogique du clinker. [2]

Composition chimique du ciment

Les **éléments** constitutants : O, Si, Ca, Al, Fe

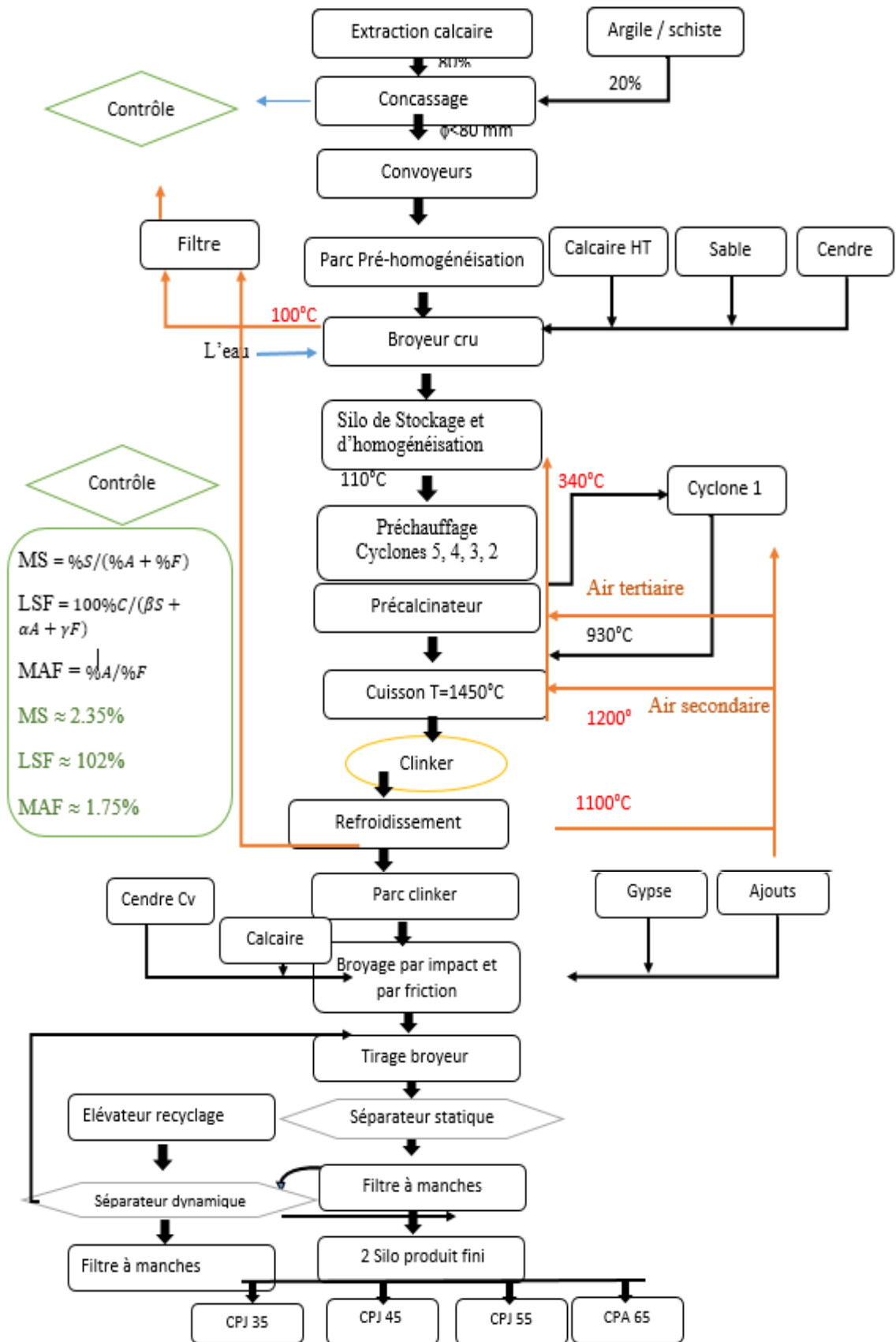


Les **oxydes** constitutants : CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃
Abréviations **C** **S** **A** **F**



Les **phases** constitutants: **C₃S**, **C₂S**, **C₃A**, **C₄AF** (ferrite ss)
Ca₃SiO₅, Ca₂SiO₄, Ca₃Al₂O₆, Ca₂ (Al, Fe) O₅

II. Fonctionnement du procédé



III.Procédé de fabrication du ciment

III.1.L'extraction et concassage

Les matières premières sont extraites de carrières généralement à ciel ouvert. Les blocs obtenus sont réduits, dans des concasseurs situés généralement sur les lieux mêmes de l'extraction. L'opération de concassage est effectuée par l'intermédiaire des concasseurs et consiste à écraser la matière en vue d'obtenir une granulométrie désirée.

III.2.Parck de Pré-homogénéisation

Le processus de fabrication du ciment se fait de manière continue et exige la constitution de stocks de matières premières concassées pour assurer la marche de l'usine. Le stockage est polaire. L'objectif de cette étape c'est le stockage et l'homogénéisation du mélange (Calcaire 80%, Argile et du Schiste 20%).Le contrôle de cette teneur sera effectué par un analyseur en ligne appelé BOLAP. Ce dernier prélève, chaque heure, des échantillons automatiquement.

Après le mélange sera transporté vers une trémie par des bondes en mouvement afin de contrôler les demandes de la qualité, en cas de manque de l'un des composés, on a trois trémies (la première contient des sables, la seconde du calcaire à haute teneur et la troisième du cendre de pyrrhotine) situées à côté de celle de mélange.



Figure 2 :Parc de pré-homogénéisation

III.3.Broyeur cru

La cimenterie de Béni Mellal utilise un broyeur cru de type broyeur à galette qui fonctionne de la façon suivante :

La matière est introduite dans le broyeur par une goulotte réchauffée et tombe sur la table de broyage. Elle est alors entraînée, par l'effet de la rotation de la table sous les galets pour concassage. La matière broyée est refoulée par la force centrifuge vers l'extérieur de la table par débordement. Le flux gazeux sortant de l'anneau de buses transporte la matière en totalité ou partiellement vers le séparateur dynamique disposé au-dessus du compartiment de broyage. La partie de la matière qui tombe à travers l'anneau de buses est envoyée au séparateur par un élévateur (circulation externe). La matière re-circulée sera remise dans la goulotte d'alimentation, avec la matière fraîche en amont du sas. Le concept de recirculation externe permet de limiter la perte de charge du broyeur en privilégiant le transport mécanique de la matière du plateau de broyage au séparateur. Un élévateur à godets réalise cette fonction de

transport. Le séparateur classe la matière contenue dans le flux gazeux en produit fini et en gruaux. Les gaz chargés de ces poussières traversent les pales fixes du séparateur SEPOL® et sont mis en rotation.



Figure 3 : broyeur cru vue externe

III.4.Homogénéisation

L'atelier d'homogénéisation est fonctionnellement situé entre l'atelier de broyage du cru et l'alimentation du four, c'est le dernier maillon de la chaîne de la préparation du cru.

Cette opération a pour but de rendre homogène, de manière artificielle, la farine entrée four en réduisant la dispersion des caractéristiques physico-chimiques autour des valeurs moyennes que l'on se fixe au moment du dosage et en maintenant la granulométrie de la farine entrée au four la plus constante possible (pas de ségrégations), cette opération permet aussi de rendre le plus stable possible la composition et la granulométrie du cru entrée four et ce pour avoir une cuisson régulière. Ceci assure une marche continue du four avec un minimum de variation du débit de la chimie du cru.



Figure 4 : silo de pré-homogénéisation

III.5.Préparation du clinker

Les matières premières (cru) vont subir une série de modifications qui les transforment en clinker. Cette étape se décompose en trois parties :

III.5.1.La tour :

La tour comprend 5 étages. Chaque étage est composé de deux cyclones. Dans les cyclones, les échanges thermiques s'effectuent à contre-courant entre la matière et les gaz chaud provenant du four, permettant simultanément un cyclonage de la farine. Cet échange est suffisamment efficace pour que la farine crue pénètre dans le four complètement déshydratée et partiellement décarbonatée.

❖ Fonctionnement des cyclones

Le cyclone est un élément de base d'un préchauffeur qui sert à séparer la matière solide en suspension dans le gaz. Cette séparation est basée sur la création d'une force centrifuge par la mise en rotation du mélange gaz/poussières. Ensuite la matière est mélangée avec les gaz chauds pour récupérer leur chaleur.

La séparation matière-gaz est assurée par le cyclone de l'étage n, de telle façon que la matière descend à l'étage n-1 et le gaz monte à l'étage n+1.

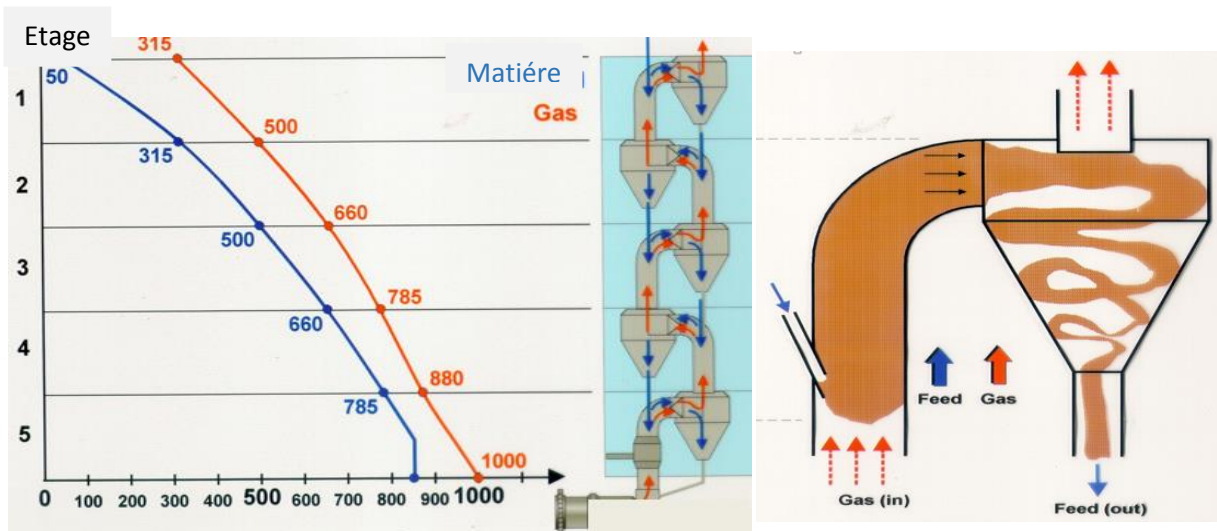


Figure 5 : Principe fonctionnement d'un cyclone

❖ Le rôle du préchauffeur (La tour) peut se présenter comme suit :

- ✓ Préparer la matière (farine cru) en élevant sa température de 50°C à environ 1000°C.
- ✓ Améliorer le rendement énergétique global de l'atelier en récupérant la chaleur des gaz d'exhaure du four.

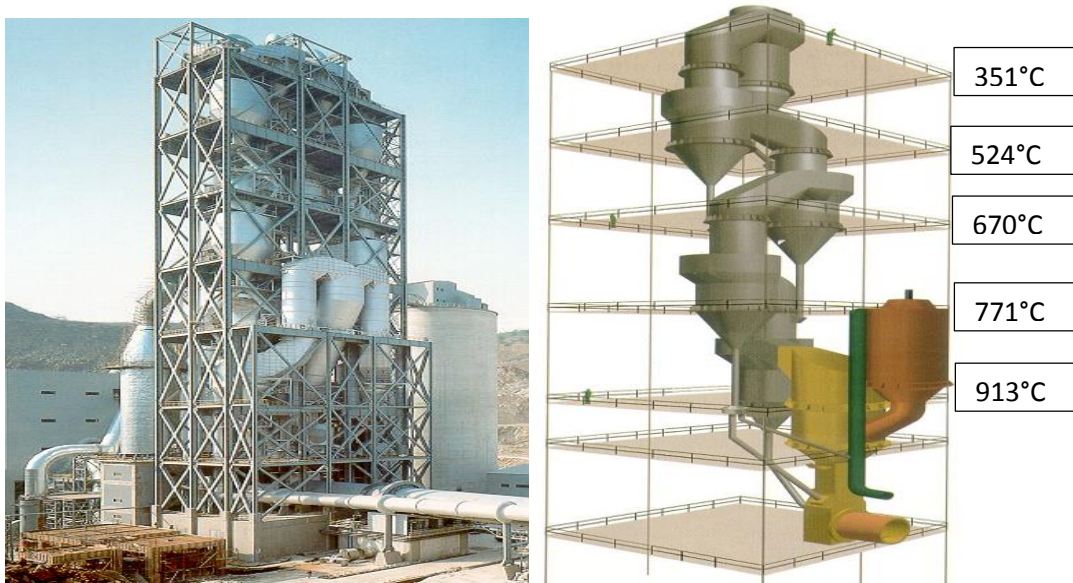


Figure 6 : La tour à CIMAT chaque étages à sa température précis

III.5.2.Le four :

Les matières sont alors introduit dans le four et descendent vers la flamme grâce à la rotation (5 tours/minute) et à l'inclinaison du four (4 %). Typiquement, c'est un cylindre de 4m de diamètre et 64m de long. Entre 700 et 1200°C, une première réaction entre CaO et SiO₂ en phase solide, conduit à la formation de silicate dicalcique (CaO)₂SiO₂ (C₂S). Vers 1300-1450°C apparaît une phase liquide contenant Al₂O₃ et Fe₂O₃, qui servent de fondant. Le liquide forme environ 20% de la masse totale. Le silicate dicalcique se transforme partiellement en silicate tricalcique (CaO)₃SiO₂ (C₃S). La masse est alors refroidie brutalement de façon à solidifier des phases instables à basse température. On obtient des cristaux de silicate tricalcique dans sa forme cristallographique β (la seule qui réagisse avec l'eau) et de silicate tricalcique, noyés dans une matrice contenant l'aluminate tricalcique (CaO)₃Al₂O₃ (C₃A) et l'aluminoferrite tétracalcique (CaO)₄Al₂O₃Fe₂O₃ (C₄AF). Ces phases ne sont en générale pas pures, mais contiennent des éléments mineurs en solution solide.

La composition pondérale moyenne est de 55 à 70 % de silicate tricalcique(C₃S), de 10 à 25 % de silicate dicalcique(C₂S), de 0,5 à 13% d'aluminate tricalcique (C₃A) et de 1 à 15% de ferroaluminat tétracalcique(C₄AF). Une micrographie de clinker apparaît sur la figure 7. C'est le silicate tricalcique (C₃S) qui est à la phase importante du clinker, dans la mesure où son hydratation est à l'origine de l'essentiel de la résistance mécanique.

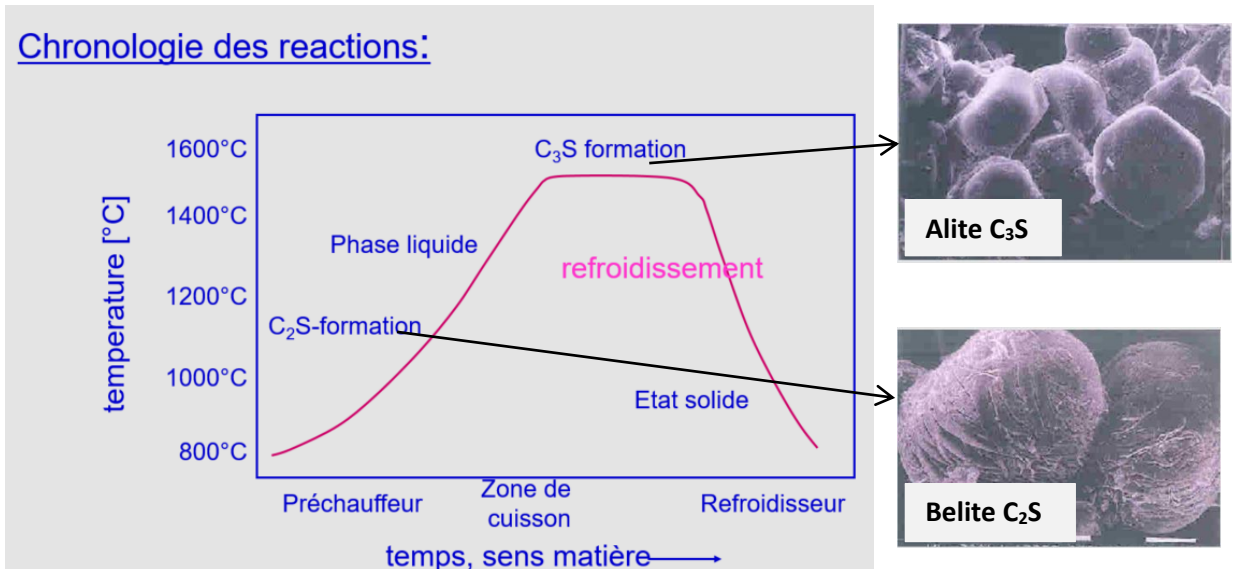


Figure 7 : La chronologie des réactions pour chaque zone du Four

III.5.3.Refroidissement :

Le clinker rencontre l'air servant à la combinaison. Il lui abandonne une partie de sa chaleur. Le clinker commence donc à se refroidir et sa teinte ternit sensiblement. A sa sortie le clinker quitte, le four tombe dans le refroidisseur pour subir une trempe de 1450°C à 100°C.

L'air de refroidissement est produit par des ventilateurs. Le refroidissement se fait en fonction de la couche de clinker par la régulation entre la pression sous grille et la vitesse des grilles. Ainsi, le clinker refroidi est acheminé par un des élévateurs et des bandes transporteuses vers un tank de stockage du clinker.

III.6.Production du ciment

III.6.1.Broyage ciment

Le broyage ciment est l'opération qui consiste à broyer le clinker avec du gypse et d'autres matières comme le calcaire(HT) à Haute teneur, les cendres volantes pour obtenir à la sortie de l'atelier broyage cuit un produit appelé ciment. Le broyage ciment reste le plus grand consommateur d'énergie électrique dans une cimenterie.

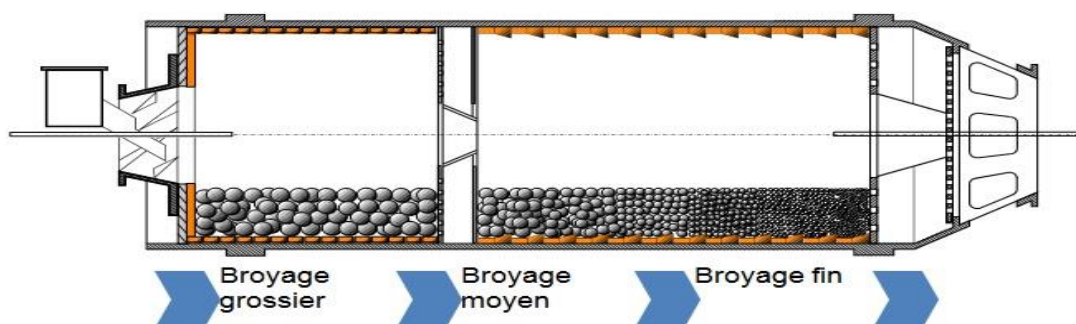


Figure 8 : Broyeur ciment

III.6.2. Ensachage et expédition

Le circuit d'ensachage est l'opération finale dans les cimenteries elle contient au début un silo multi-compartiments, Ce silo permet de conduire le ciment par qualité (CPJ35, CPJ45, CPJ55) vers l'ensacheuse si la livraison était en sacs sinon il se fera en vrac.

Les sacs du ciment sont dirigés par la suite pour une étape de chargement dans les camions à l'aide d'un robot (caricamat) formé d'une tête de chargement équipée de ventouses (une par sac) qui transfère sur la plateforme du camion les couches de sacs préparées.

III.7. Broyage charbon :

Le charbon ou le coke brut est reçu à l'usine par camions et déchargé dans une aire de stockage. La reprise se fait par chargeuse. Le broyage et séchage sont assurés par un broyeur vertical à galets pendulaires avec le gaz provenant lors du refroidissement. Avec un débit : 15 t/h et une Puissance : 272 KW, le charbon ou le coke pulvérisé est stocké dans un silo de capacité de 110 tonnes d'environ. L'alimentation de la tuyère est assurée par un doseur Hasler et une pompe Fuller.

III.8. Contrôle de qualité du ciment :

Le service contrôle qualité a pour but d'avoir un produit fini qui est le ciment avec une bonne qualité, c'est pour cela qu'un groupe surveille 24h/24h et 7 jours/7jours afin d'obtenir un ciment dans les normes marocaines.

Le contrôle se fait en se basant sur trois équations de référence, **FSC**, **MS**, **MAF**, le calcul des trois équations se fait à l'aide de quatre élément qui sont: CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃.

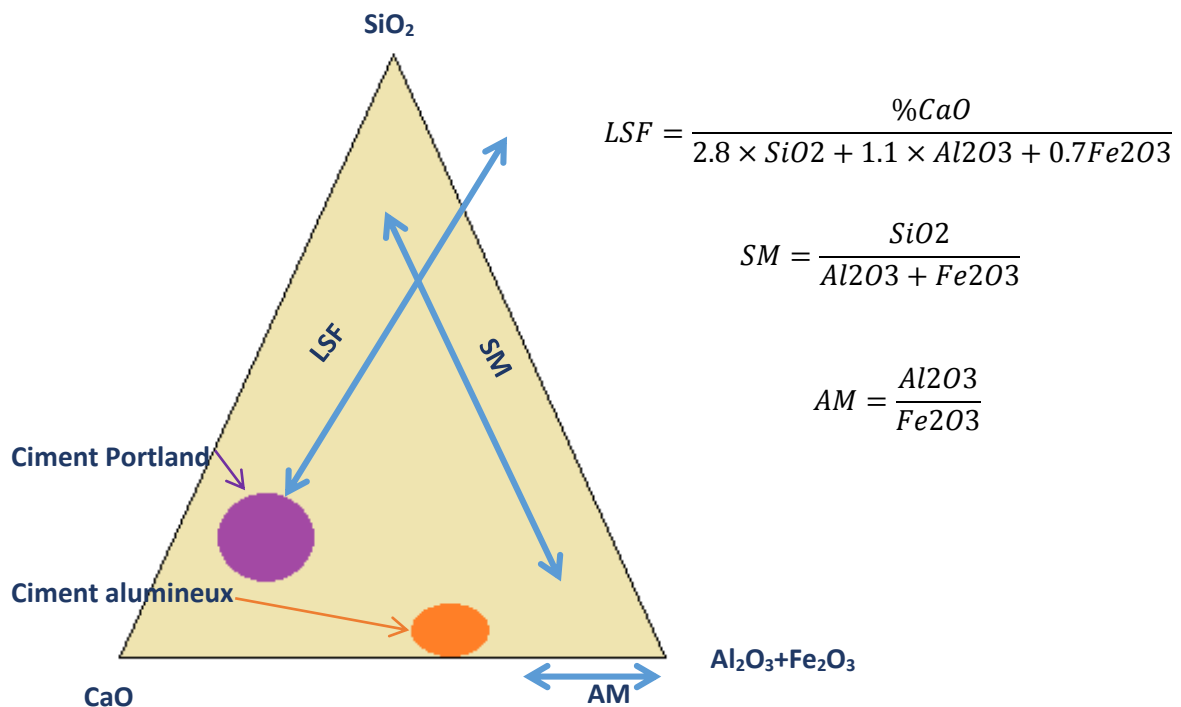


Figure 9 : Le besoin d'une composition particulier (LSF, SM, AM)

✓ Module de chaux ou facteur de saturation en chaux LSF :

-Si FSC > 100 : Il y'a trop de chaux et l'excès se trouve sous forme de « chaux libre » qui est trop dangereuse pour le ciment, car elle ne se combine pas et conduit-au-gonflement-du-ciment.

- Si FSC < 100 : il n'y a pas assez de chaux pour se combiner avec la silice, l'alumine et l'oxyde de Fer, qui vont rester libre dans le clinker et par conséquent diminuer sa résistance.

✓ Module de Silice MS :

-MS > 2.5 Cuisson difficile

-MS < 2.45 Cuisson facile

✓ Module alumino-ferrique : MAF

$$\text{MAF} = 1.9 \pm 1$$

Sa valeur caractérise la nature de la phase fondue, contenant la presque totalité des deux oxydes Al_2O_3 et Fe_2O_3 . Quand MAF augmente, la viscosité de la phase fluide augmente aussi, par conséquent, une difficulté à la cuisson d'où une grande consommation d'énergie. [3]

PARTIE III :
ETUDE DE L'IMPACT DU CHLORE SUR
LE PROCEDE DE CUISSON DU CIMENT

I.Généralités

La résolution de problème est le processus d'identification puis de mise en œuvre d'une solution à un problème. C'est généralement un processus en sept étapes avec une étape de préparation :^[4]

- Etape 0 : Etape de préparation.
- Etape 1 : Identification du problème (QOQPC ...) ;
- Etape 2 : Fonctionnement normal du système ;
- Etape 3 : Fixer les objectifs ;
- Etape 4 : Analyse des causes racines (5 pourquoi) ;
- Etape 5 : Actions et contres mesures ;
- Etape 6 : Vérification des résultats ;

II.Méthodologie

II.1.Etape 0 : Etape de préparation

II.1.1.Introduction :

La cimenterie de l'Atlas a toujours cherché de maintenir une bonne qualité de ses services tout en respectant les normes nationales et internationales de la santé, de la sécurité des collaborateurs et de toute personne ayant accès à leur site. Elle cherche aussi à prévenir toute nuisance à l'environnement par la maîtrise de la gestion des déchets et la contribution à la préservation des ressources naturelles.

La cimenterie d'Atlas s'inscrit dans une dynamique d'amélioration continue en vue d'accroître leur performance et leur compétitivité. Le développement durable est devenu le cœur de la stratégie d'évolution de ciments de l'Atlas. Dans ce cadre ils ont décidé d'utiliser les déchets solides comme combustibles alternatifs pour deux raisons :

- ❖ La valorisation des déchets déchetés ;
- ❖ Optimiser le coût énergétique.

L'usine CIMAT utilise différents combustibles alternatifs (Pneus, les plastiques, les DIB, les déchets automobiles...) en addition du pet coke qui est la source principale d'énergie calorifique. Ces combustibles sont utilisés pour la matière à la clinkerisation, cette réaction qui peut atteindre une température de 1500°C.

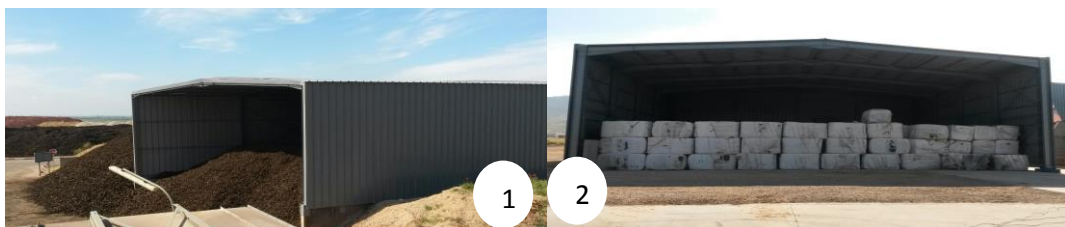


Figure 10 : (1) Stock des pneus déchetés, (2) Stock des AFR

Au niveau de la Tour de préchauffage on trouve la chambre de pré-calcination où s'effectue la calcination des déchets et du coke de pétrole afin de préparer la matière première avant d'entrer au four. Cette étape a certainement plusieurs avantages économiques et

environnementaux mais ça n'empêche qu'elle a des inconvénients sur le procédé de cuisson surtout niveau des cyclones de la tour (Bourrage des cyclones), ainsi que sur la qualité du produit finale, à cause de la volatilisation de certains composés chimiques provenant de ces déchets. Parmi les éléments qui ont un effet indésirable sur le procédé de cuisson vient le Chlore.

II.1.2.Présentation du problème :

Le problème est principalement le bourrage des cyclones. Ce qui apparaît d'une façon périodique et qui peut causer des arrêts du four. L'historique des arrêts au niveau du four rotatif durant l'année 2015 nous a permis de tracer un diagramme du PARETO pour suivre l'évolution de ces arrêts.

Tableau 1 : Etude des arrêts au niveau du four ^[A]

Anomalies	Durée(h)	part%2	Part % cumule
Arrêt lié aux cyclones	60,0716667	40,9747169	40,97471693
Problèmes électriques	52,135	35,5611386	76,53585558
Chute des plaques	17,23333333	11,7548088	88,29066436
Problèmes liés au concasseur	11,35	7,74180347	96,03246783
Problèmes mécaniques	5,81666667	3,96753217	100
Somme	146,606667		

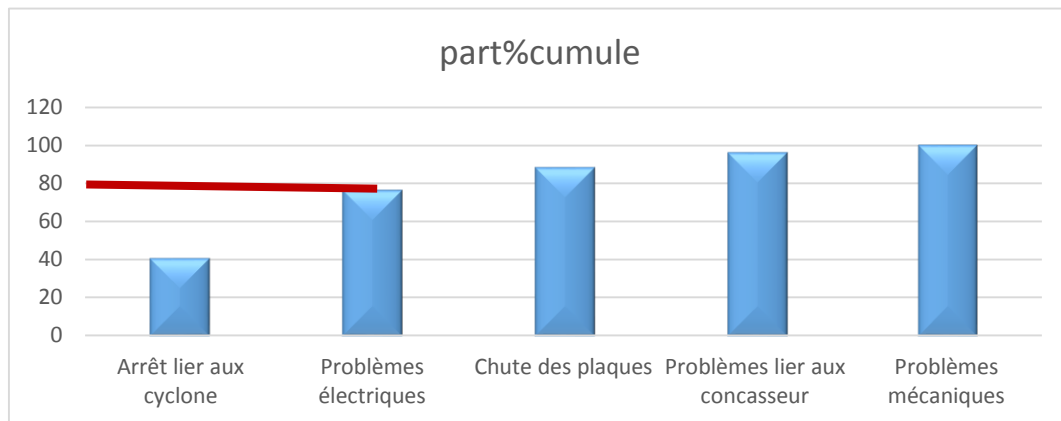


Figure 11 : Diagramme de PARETO ^[A]

D'après le diagramme du PARETO on déduit que 80% des arrêts au niveau de la préparation du clinker sont causés par :

*Des bourrages au niveau des cyclones de préchauffage.

*Problèmes électriques.

Le graphe ci-dessous montre que la plupart des interventions ont été effectuées suite à des bourrages des cyclones qui présentent 41% du problème, on a aussi des problèmes électriques avec un pourcentage de 35% et des problèmes liés au chute des plaques 12%, et 8%,4%, des arrêts, qui sont des problèmes liés au concasseur et des problèmes mécaniques.

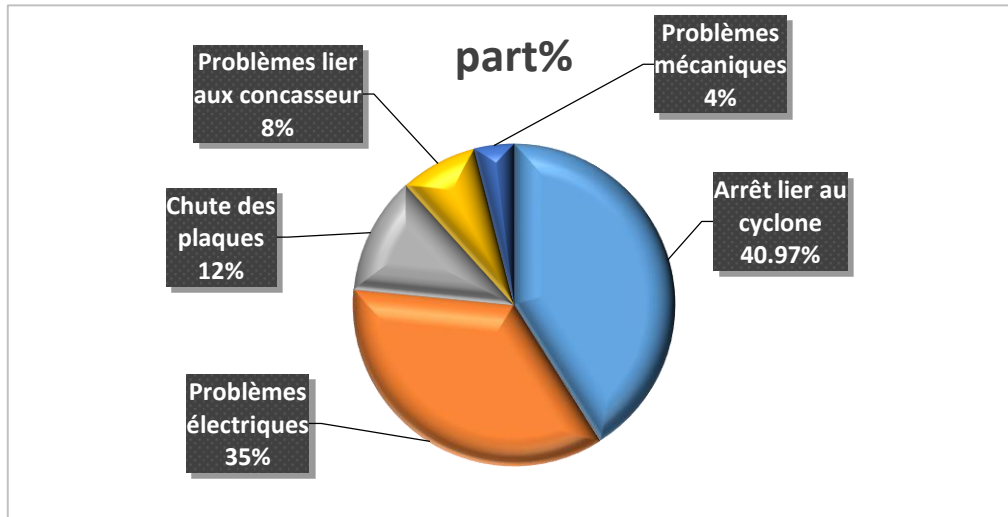


Figure 12 : Graphe présent les résultats d'étude des arrêts en (%)^[A]

II.1.2.1. Group du travail :

Encadrant Responsable du procédé : M. DAOUDI

Responsable de la qualité : M. AZDOUD

Responsable de cuisson : S. ALIOUA

Technicien de laboratoire : A. OUAMI

Technicien de procédé : Kamal

Agent des données techniques : E. HAIHAL

Stagiaire : K. ANNABA

II.1.2.2.Master plan :

Les tâches à suivre	Les durées en mois	du 01/02/2016 au 06/06/2016															
	Les durées en semaine	1	8	15	22	29	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	23
Description entreprise procédé		■															
Détermination les sources du chlore			■														
préciser la description du Procédé ciment				■													
former le bilan du chlore					■												
Terminer le bilan du chlore						■											
La variation de la teneur en SO3 en fonction du Cl (déterminer les fréquences des bourrages au niveau du C ₁) impacte du Cl sur la partie cuisson							■										
La MRP pour la résolution du problème								■									
QQOQCP									■								
Bilan du Soufre (SO3)										■							
Bilan du soufre											■						
présentation												■					
nuance du matériau (tube plongeur)													■				
vérification des donnés (contact avec les entreprises)														■			
Bilan du Chlore sans SRF															■		
finalisation des donnés																■	

II.2.Etape1 : Identification du problème en appliquant QQOQCP

Le QQOQCCP est un outil de questionnement qui se pratique en groupe de travail. Il permet de caractériser une situation en la décrivant selon un «angle» bien défini, en fonction du but recherché.

✓ **Quoi :**

Un problème s’oppose à CIMAT au niveau des cyclones de préchauffage dû à une accumulation de la matière dont résulte un colmatage des cyclones suivi d'un arrêt du four. On remarque que ce problème rassemble tous les domaines techniques, économiques, chimiques

✓ **Quand ?**

L’apparition des bourrages au niveau des cyclones s'effectue d’une manière arbitraire et plusieurs fois chaque mois.

Tableau2 : Arrêts liées aux cyclones ^[A]

Date d'arrêt	Type d'arrêt du cyclone
01/04/2015	Bouillage cyclone C1-2
02/04/2015	Bouillage cyclone C1-2
01/05/2015	Bouillage cyclone C1-2
20/05/2015	H2 pression sortie matière cyclone 1 coté charbon
27/05/2015	Bouillage cyclone C1-2
13/07/2015	Bouchage gaine matière cyclone C1-1 par chute concrétions
14/07/2015	Bouchage gaine matière cyclone C1-1 par chute concrétions
15/07/2015	Bouchage gaine matière cyclone C1-1 par chute concrétions
16/07/2015	Bouchage gaine matière cyclone C1-1 par chute concrétions
10/09/2015	Arrêt volontaire suite chute bloc au cyclone C1-2 coté charbon
20/09/2015	Bouchage cyclone 1-2
21/09/2015	Bouchage cyclone 1-2
12/10/2015	Bouillage cyclone C1-1
18/11/2015	Bouillage C1 coté charbon
09/12/2015	Bouillage C1-2

✓ **OU ?**

Le préchauffage c'est la partie de préparation de la matière première (entrée four) se fait au niveau des cyclones. Le problème de bouillage s'apparaît plus précisément à l'intérieur du tube plongeur, partie central du cyclons, puis se termine par un blocage du procédé au niveau inférieur sortie cyclone.

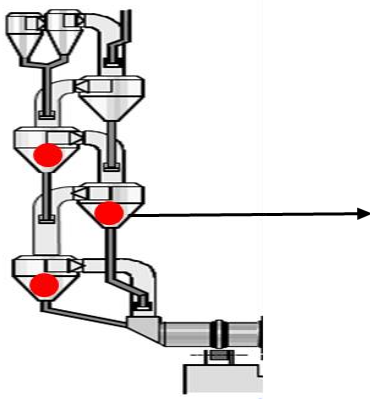


Figure 13 : Zones de bouillage au niveau des cyclones

✓ **QUI ?**

Tous les corps de métier.

✓ **POUQUOI ?**

Le bouillage des cyclones est un problème qui présente une initiation des autres problèmes pour redémarrer une deuxième fois le Four, comme :

- Pertes et retardation de la production du clinker.

- Pertes économiques par injection 25m^3 du gasoil à fin d'atteindre une température de 800°C pour le démarrage avec un PCI de 9600 Kcal/Kg , puis on ajoute les combustibles habituels (alternatifs et fossiles)

Dont on a une consommation calorifique élevé :

$$34479+9600=44079\text{Kcal/Kg}$$

- Déclanchement des briques retractaires.
- Consommation électrique présente 40000KW par contre à une consommation normale on trouve une valeur de 25000KW
- La répétition de ses colmatages présent 33% des arrêts à CIMAT.

✓ COMMENT ?

L'Accumulation de la matière au niveau du cyclone bloque le déroulement normal du processus ce qui provoque un bourrage.

II.3.Etape 2 : Fonctionnement normale de la Tour

II.3.1.Description du système globale

L'échangeur à cyclone assure de manière optimale le préchauffage de la farine crue avant que celle-ci passe dans le four, elle y rencontre des gaz chauds sortant du four et de trouve ainsi décarbonatée à hauteur de 20% à 40% , c'est-à-dire transformée en chaux calcinée. Cette opération consistée à extraire le dioxyde de carbone qui y est lié.

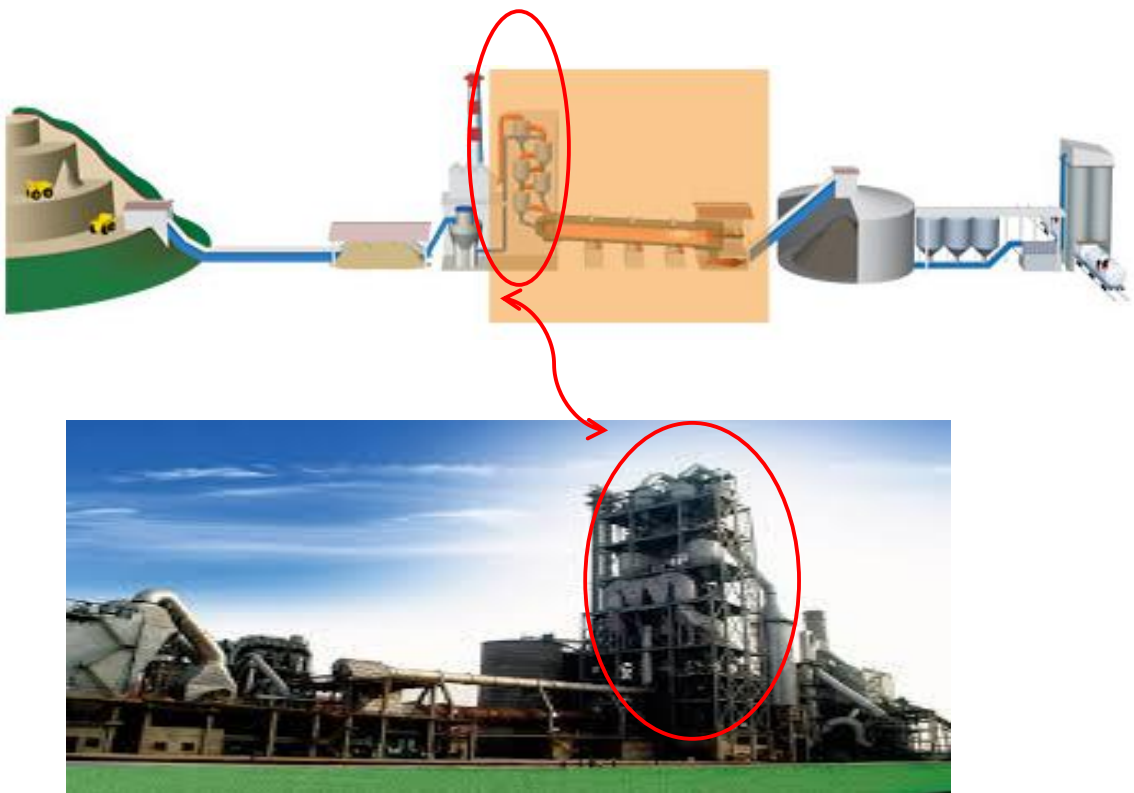
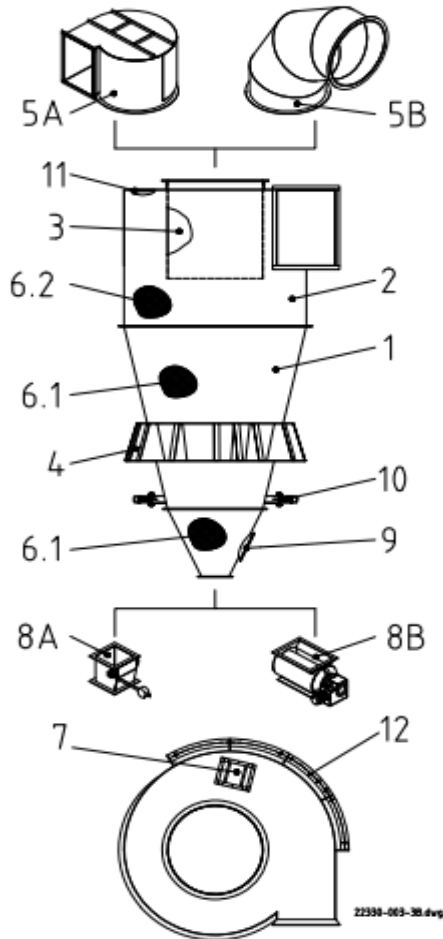


Figure 14: Emplacement de la Tour dans le procédé ciment

II.3.2. Description du système étudié

Le cyclone est utilisé partout où il faut séparer avec un très haut rendement une matière fine d'un mélange air-fines. Des applications typiques sont la séparation de poussières provenant de séparateurs, refroidisseurs de clinker dans les industries cimentière et minérale. [5]



Repères du schéma

1. Cône du cyclone
2. Partie supérieure du cyclone
3. Tube plongeur
4. Support du cyclone
5. Pièce de raccordement, spirale d'aspiration (5A) ou tube coudé (5B)
6. Protection anti-usure
 - 6.1 Protection anti-usure pour le cône
 - 6.2 Protection anti-usure pour la partie supérieure
7. Trappe de visite sur le toit du cyclone
8. Organe de fermeture, clapet pendulaire (8A) ou sas cellulaire (8B)
9. Trappe d'inspection dans le cône
10. Détection de niveau
11. Blindage du toit du cyclone
12. Bâti pour protection anti-usure au niveau de la partie supérieure
 - 12.1 Protection anti-usure dans le bâti (non représenté)

Figure 15 : Schéma représentatif de la composition d'un cyclone

❖ **Fonctionnement du cyclone :**

L'air chargé en poussière arrive dans la spirale d'entrée du cyclone et s'y voit imprimer un mouvement rotationnel. Par la force centrifuge, les particules de poussières sont envoyées contre la paroi du cyclone et glissent ensuite, en suivant la trajectoire d'une spirale, le long de la paroi conique. Elles sont collectées à la pointe du cyclone et extraites via un organe de fermeture. Le flux d'air descend "en colimaçon" jusque dans la partie inférieure du cône, pour remonter ensuite au centre et quitter le cyclone propre, en passant par le tube plongeur. [5]

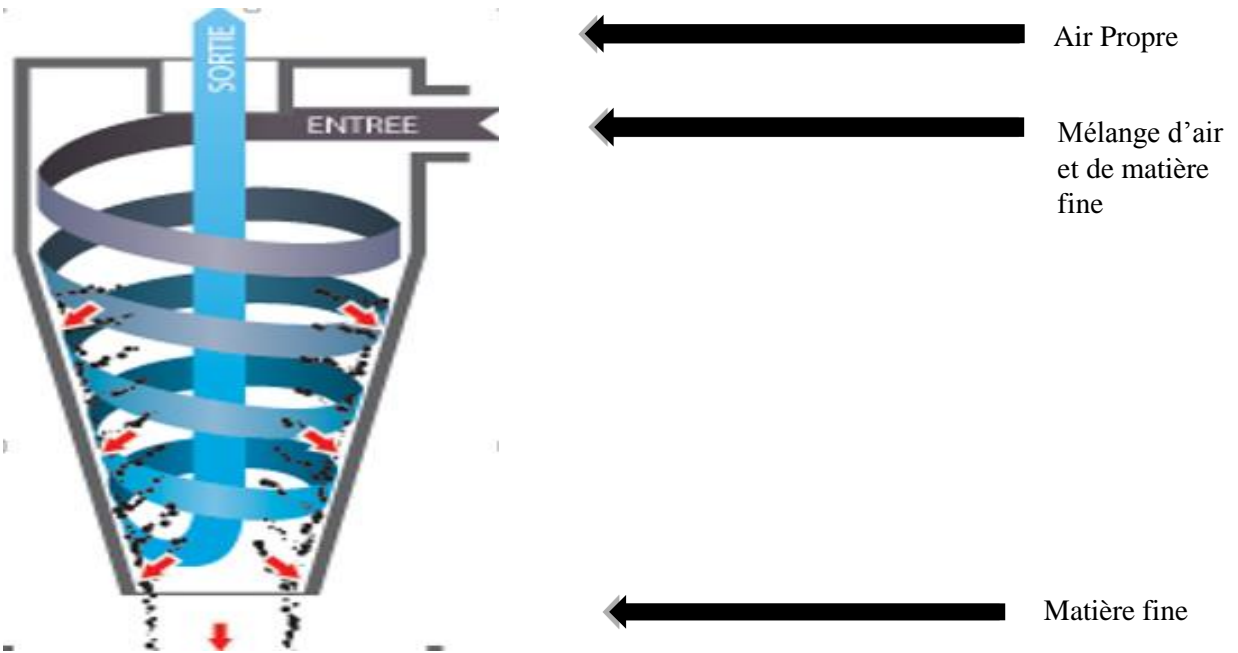


Figure 16: Cheminement des gaz et de la matière fine dans un cyclone

II.4.Etape 3 : Fixer un objectif

Notre objectif est de connaître l'origine des bourrages au niveau des cyclones de préchauffage à CIMAT, afin de pallier à ce problème et par conséquent de minimiser la fréquence des bourrages résultant de l'accumulation de la farine. La fréquence stimulée des bourrages cyclones est de 1 à 1.5 arrêts par mois.

L'objectif que nous avons fixé est :

- ❖ Optimiser la fréquence des arrêts résultants des bourrages cyclone à un arrêt par 6 mois.

II.5.Etape4 : Analyse des causes racines

II.5.1.Utilisation des 5 pourquoi

Cette étape consiste à déterminer les causes racines des bourrages au niveau des cyclones en se basant sur la méthode des cinq pourquoi qu'on va résumer dans le schéma ci-après, la vérification de certaines causes est illustrée par la suite.

D'après l'utilisation les cinq pourquoi comme outil de performance industriel, nous avons tiré 5 causes racines responsables des bourrages à savoir :

- ❖ **Cause racine N°1** : Accumulation de la matière alimentation four, au niveau des parois des cyclones, provoque la formation des blocs causés le bourrage des cyclones.
- ❖ **Cause racine N°2** : Les débits et la vitesse des gaz sortie four augment le contact entre la matière et les gaz. Un grand contact matière/gaz, favorise la combinaison entre les alcalins, les Chlores et les soufres. Donc une grande adhérence de la matière sur les parois des cyclons.
- ❖ **Cause racine N°3** : La température à l'intérieur du cyclone, provoque l'apparition de la corrosion sèche. Les chutes des plaques qui composent le tube plongeur facilite l'accumulation de la matière alimentation four. La présence des conditions favorables pour la corrosion des plaques (la température, les composés corrosifs, matériaux de base des plaques).



Figure 17: Chute prématurée des tubes plongeurs des cyclones inférieurs

- ❖ Explication de la corrosion des plaques du tube plongeur :
 - **Corrosion par les composés Chlorés :**

Les composés chlorés présents dans l'environnement des préchauffeurs de cimenterie CIMAT sont les suivants :

-le gaz HCl, les chlorures alcalins NaCl et KCl, les chlorures de métaux lourds.

L'accélération de la corrosion à haute température par la présence de chlore en phase gazeuse est bien connue. La vitesse de corrosion est directement liée à la teneur en chlore du combustible, comme illustré dans la figure ci-dessous. ^[6]

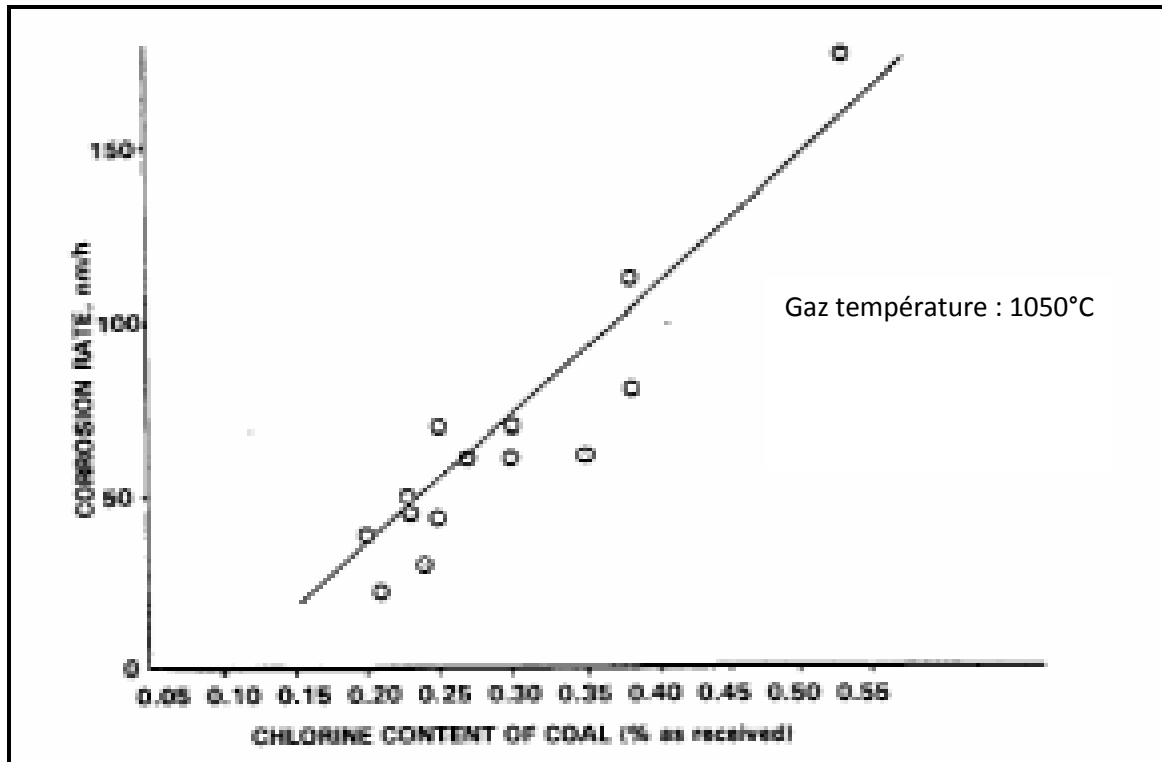
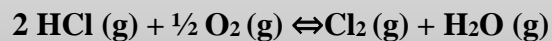


Figure 18 : Relation entre le taux de corrosion et la teneur en chlore du combustible pour des aciers austénitiques [6]

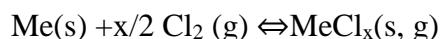
Dans ces atmosphères, la pression partielle en Cl_2 est régie par l'équilibre suivant, appelé réaction de Deacon :



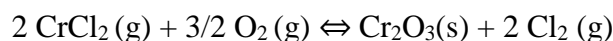
A basse température, l'équilibre se déplace en faveur de Cl_2 , tandis qu'à haute température, la réaction favorise HCl . Il faut noter que cet équilibre s'établit très lentement dans la phase gazeuse, mais les oxydes métalliques peuvent agir comme catalyseurs de la réaction. [7]

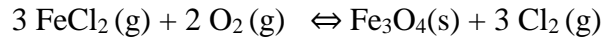
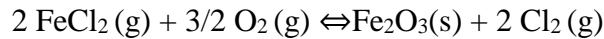
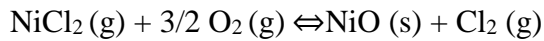
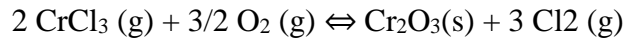
Le mécanisme d'oxydation active est initié par Cl_2 qui peut provenir de la réaction de Deacon décrite ci-dessus. Ce composé chloré diffuse à travers la couche «oxyde» vers l'interface alliage-couche, vraisemblablement par les pores et les fissures ou par des courts circuits tels les joints de grains.

Du fait de la faible pression partielle en oxygène à l'interface alliage-couche, Cl_2 peut réagir avec les éléments d'alliage pour former des chlorures métalliques selon la réaction :



Comme ces composés ont une forte pression vapeur, ils s'évaporent (ce qui induit une perte d'adhérence) et diffusent vers l'interface gaz-oxyde. En atteignant des régions de plus forte activité en oxygène, les chlorures forment, selon les réactions ci-après, des oxydes qui croissent dans les fissures de la couche et détruisent l'oxyde protecteur, empêchant ainsi toute passivation, d'où le terme d'oxydation « active » :





Cette oxydation des chlorures libère du Cl_2 qui peut entrer de nouveau dans le processus de corrosion et donc agir comme catalyseur de l'oxydation du métal. Ce cycle permet un transport continu du métal loin de la surface du métal. La figure suivante résume schématiquement les mécanismes, pour le cas du chlorure ferreux FeCl_2 . [8]

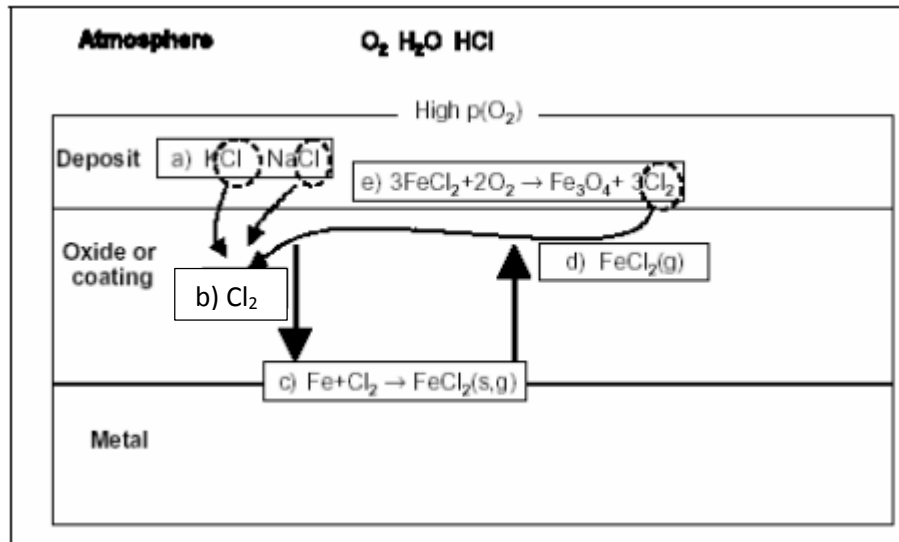
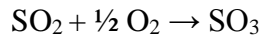
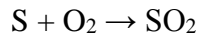


Figure 19 : Représentation de réactions en présence de Cl en atmosphère oxydante [9]

- ❖ **Cause racine N°4 :** Le volume de sortie cyclone n'est pas conforme pour éviter le minimum des Bourrages dans les nouvelles conditions.
- ❖ **Cause racine N°5 :** L'utilisation des combustibles alternatifs présente un facteur important, qui réagit négativement sur le procédé de cuisson de la farine cru. C'est une source majeure des composés indésirable dans une cimenterie (Soufre, Chlore,...).
 - Le chlorure d'hydrogène (HCl), ou gaz chlorhydrique, est formé dans les enceintes de combustion, du fait de la présence de chlore dans la charge, sous forme de composés organochlorés, de solvants chlorés, de produits phytosanitaires, etc... Le chlore apparaît également du fait de la décomposition de NaCl contenu dans les papiers, cartons, les déchets végétaux. Le PVC (bouteilles, films) contient par exemple 59% en masse de chlore. La teneur moyenne en chlore des déchets industriels est de 3% en masse conduisant pour des déchets riches en plastiques à des concentrations en HCl dans les fumées allant de 1000 à 2000 mg/Nm³ avant traitement. [10]
 - Des oxydes de soufre, dioxyde de soufre SO_2 et trioxyde de soufre SO_3 , sont présents dans les fumées de combustion. Ils proviennent du contenu en soufre de la charge à traiter, soit sous forme organique soit sous forme de sulfate. Parmi les déchets à forte teneur en soufre, citons les pneus, le plâtre, les déchets de

process industriels. Lors de la combustion, le SO₂ est produit en quantité plus importante que le SO₃ (90% contre 10%).



La concentration en SO₃ augmente avec l'excès d'air et diminue avec la température. Au-delà de 950°C, la formation de SO₃ devient négligeable. [10]

II.5.2. Impact du Chlore sur le procédé de cuisson clinker

La présence de chlore (chlorures) et de soufre (sulfates, sulfure) dans les matières premières est problématique. En effet, lors du chauffage, le chlore et le soufre se volatilisent et réagissent avec les composés alcalins pour former des chlorures et sulfures alcalins.

Si le pourcentage du chlorure est très élevé, il va d'abord se combiner avec l'ensemble des alcalins formant des chlorures alcalins qui réticulent dans le four et augmentent la probabilité d'accumulations dans le dispositif de préchauffage. Tout le chlorure restant étant ensuite combiné avec CaO pour former CaCl₂ qui a un point de fusion entre (770-780°C). Cela rendra le repas chaud (Farine chaude) très «collant» à cette température et augmentera le risque d'accumulations lors du préchauffage. Les Chlorures forment également des mélanges eutectiques avec des sulfates de potassium, sodium, calcium et magnésium. Ces mélanges eutectiques ont des points de fusion nettement inférieure à celui des composés purs, ce qui augmente l'intensité d'accumulation de la farine crue (Bourrage).

Tableau 3 : Températures de fusion des Chlorures et des Sulfures

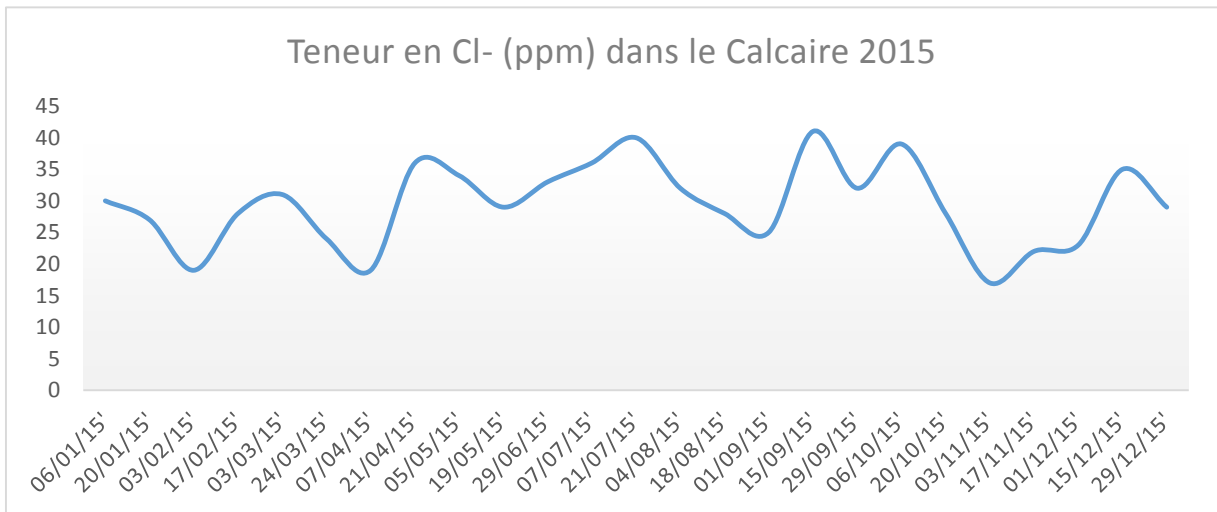
Substances	Temperature de fusion
CaCl ₂	770
KCl	790
NaCl	801
Na ₂ SO ₄	884

Les Chlorure et les Sulfures ont une température de fusion, c'est la même dans les cyclones C1 et C2 dont les bourrages présente avec une grande fréquence. D'où la grande teneur de ses éléments présente un milieu favorable pour l'accumulation de la farine crue

II.5.3.Suivi de la teneur en chlore (mesure 2015)

Afin de préciser l'influence du chlore sur le procédé de cuisson du ciment on a suivi les données de la teneur en chlore durant 2015 dans la matière première, la farine, le clinker et aussi dans les combustibles alternatifs. Les courbes suivantes présentent la variation de la teneur en chlore selon la matière étudiée :

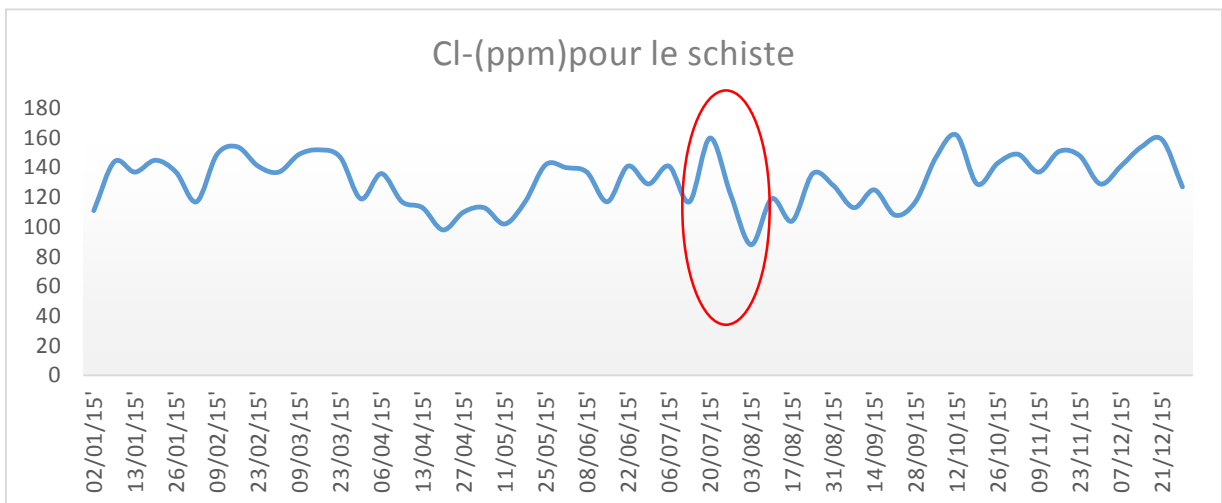
i. Teneur en Cl (ppm) dans le calcaire ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on remarque que la teneur en Chlore durant l'année 2015 varie d'une façon homogène autour d'une moyenne de 29 ppm.

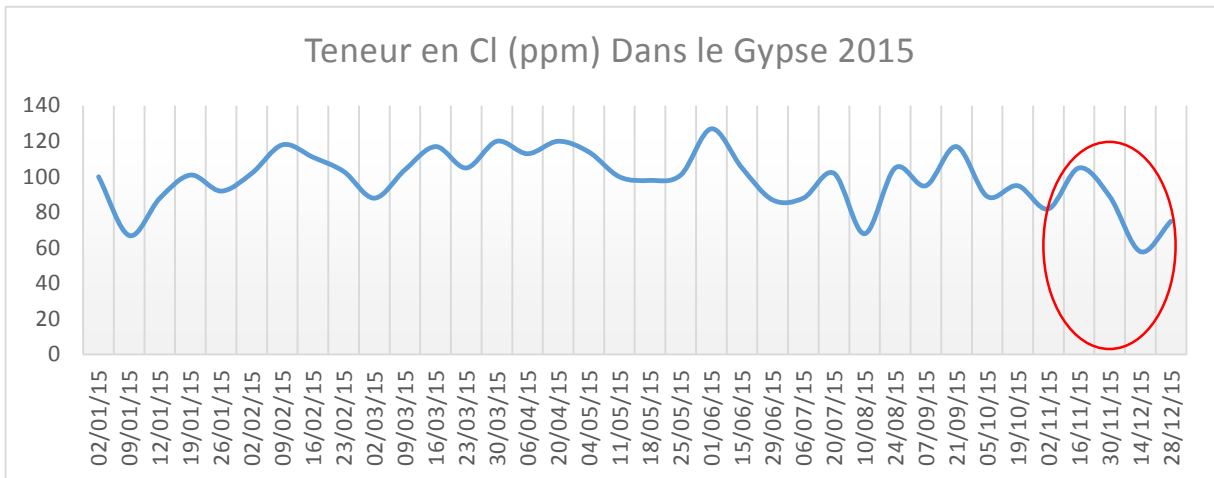
ii. Teneur en Cl (ppm) dans le schiste ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on résume que pour le Schiste durant l'année 2015 la teneur en Chlore varie autour d'une moyenne de 132 ppm avec une grande descendance presque le double de la valeur 160ppm à 20/07/15 a une valeur de 88ppm à 03/08/15.

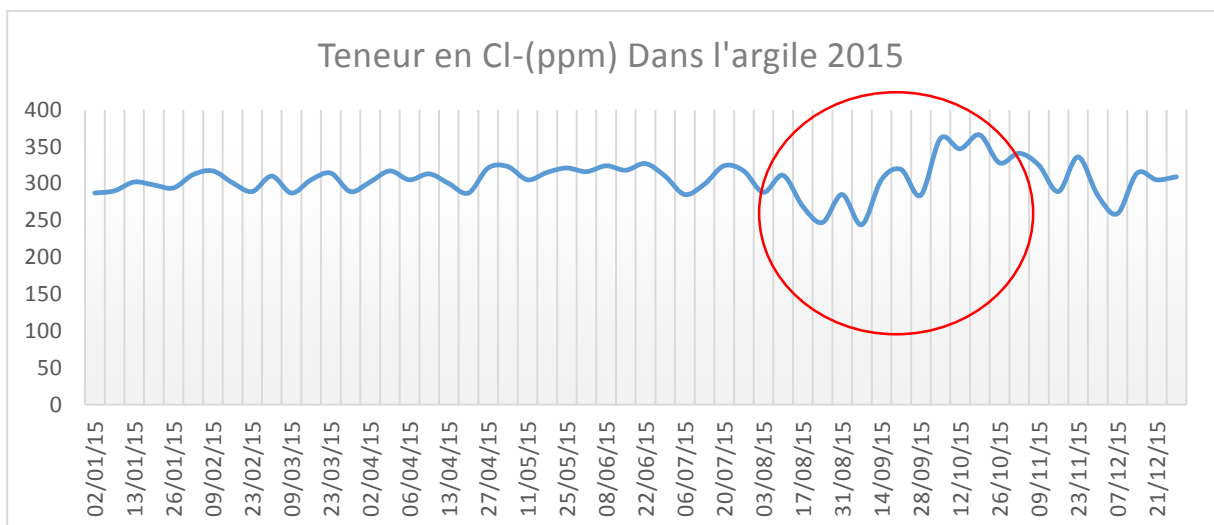
iii. Teneur en Cl (ppm) dans le Gypse ^[B]



Interprétation

La teneur en Chlore dans le gypse durant l'année 2015 présente une distribution presque homogène autour d'une moyenne de 99ppm, avec une diminution de la teneur jusqu'à une valeur minimale de 58ppm à 14/12/2015.

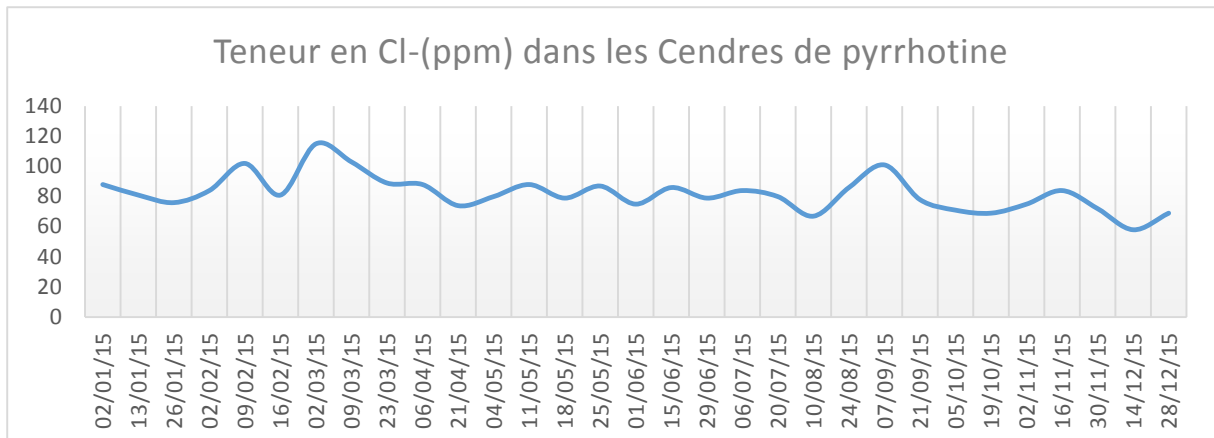
iv. Teneur en Cl (ppm) dans L'argile ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe, on remarque que pour l'argile, la teneur en Chlore durant l'année 2015 a connu une variation presque homogène à l'exception de la journée 24/08/2015 où on a remarqué la présence d'une diminution de 244ppm, puis une augmentation progressif pour atteindre une valeur considérée comme maximale 366ppm la journée du 19/10/15.(la distribution se fait autour d'une moyenne de 306ppm)

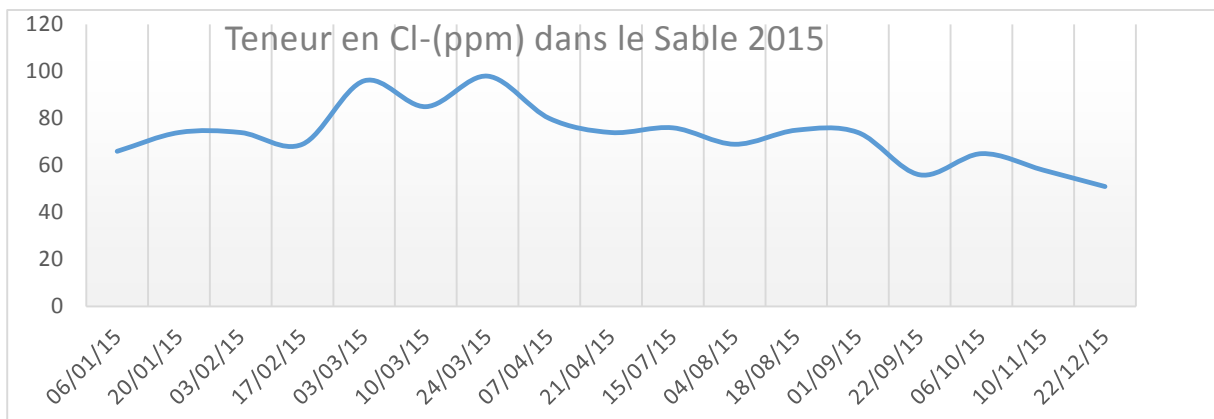
v. **Teneur en Cl (ppm) dans Les Cendres de pyrrhotine** ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on remarque que la teneur en Chlore dans les cendres de pyrrhotine durant l'année 2015 présente une distribution presque homogène autour d'une moyenne de 82,22 ppm avec une diminution durant les derniers mois pour atteindre une valeur minimale de 58ppm à 14/12/15.

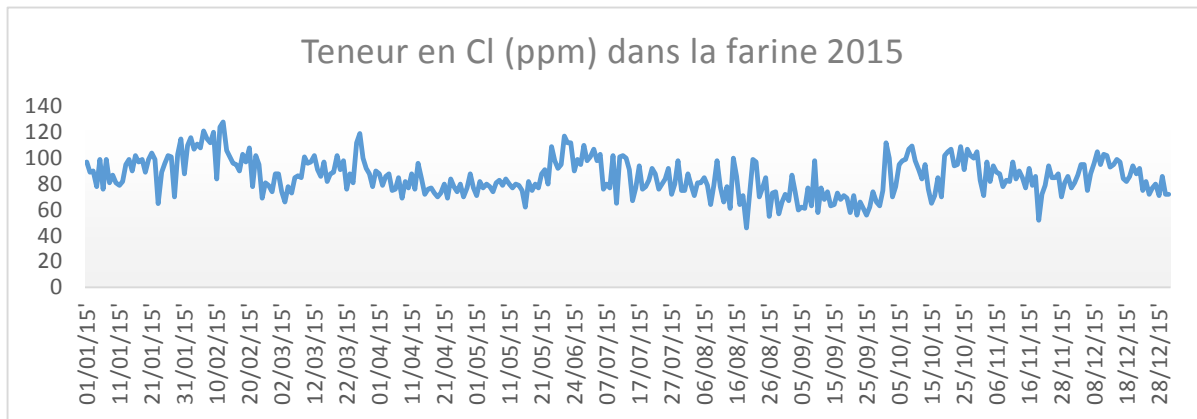
vi. **Teneur en Cl (ppm) dans le Sable** ^[B]



Interprétation :

La teneur en Chlore dans le sable présente une distribution autour une moyenne de 73ppm, une variation comprise entre une augmentation durant le mois Mars dont on a la valeur maximale 98ppm (24/03/15), et une diminution progressif depuis 07/04/15 (80ppm) jusqu'à la valeur minimale 51ppm a 22/12/15.

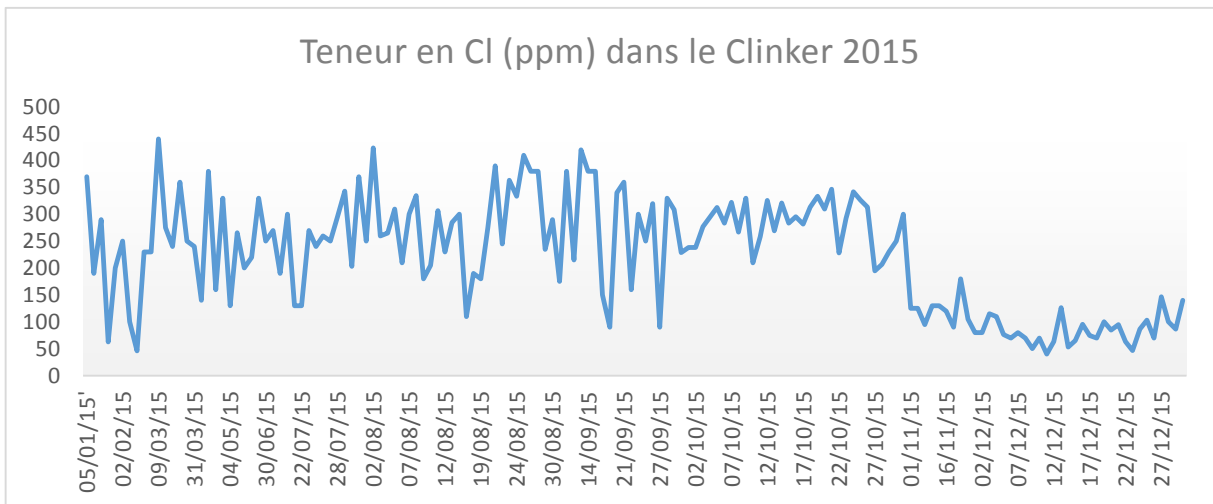
vii. Teneur en Cl (ppm) dans la farine ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on remarque que la teneur en Chlore dans la farine durant l'année 2015 présente une variation analogique avec les teneurs en chlore dans les matières premières.

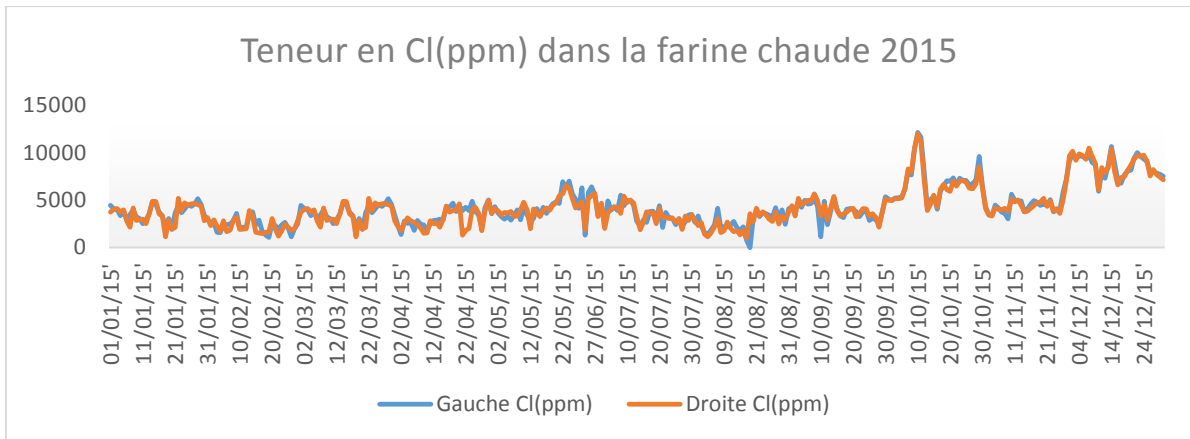
viii. Teneur en Cl (ppm) dans le Clinker ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on remarque que la variation de la teneur en Chlore dans le clinker durant l'année 2015 est distribuée autour d'une moyenne de 223 ppm avec un maximum de 440 ppm et un minimum de 40 ppm. Les résultats avant le 01/12/2015 ne sont pas fiables, par contre les résultats d'après sont confirmés par des laboratoires étrangers pour donner une moyenne de 100 ppm.

ix. Teneur en Cl (ppm) dans La farine chaude ^[B]



Interprétation :

D'après la courbe on remarque que la teneur en Chlore dans la farine chaude présente de grandes valeurs comme moyennes : côté droite de moyenne 4230 ppm et côté gauche de moyenne 4329ppm, une variation entre les deux côtes aux pointes 18/08/2015 ,12/09/2015,29/10/2015.

En générale la variation da la teneur en Chlore presque stable jusqu'au mois Octobre 2015 pour atteindre les valeurs maximale cote gauche 12129 ppm et une autre maximale adroite 11975 ppm.

Conclusion :

A travers cette étude nous avons pu mettre en évidence la grande variation de la teneur en Chlore dans le calcaire, le schiste, le Gypse, L'argile, Les Cendres de pyrrhotine, le Sable, cela est dû principalement à la difficulté de contrôler la teneur en Chlore à l'entré broyeur cru. Donc, il faut en optimiser les débits.

II.5.4.Teneur en chlore dans les combustibles alternatifs (valeurs moyennes)

L'utilisation, de déchets à des fins énergétiques, par un four de la cimenterie exige que ces derniers respectent un certain nombre de conditions liées aux contraintes de fonctionnement d'une unité industrielle. Ces contraintes concernent en priorité:

- la connaissance exhaustive de la nature des déchets tant au plan chimique que toxicologique ;
- les différentes possibilités technologiques de stockage, de manipulation (liquides visqueux, solides broyés ou massifs...) et d'introduction (au capot de chauffe, au préchauffage...).

Dans ce contexte s'est imposée la nécessité de classer les familles de déchets incinérables en prenant en compte ces différentes contraintes.



Figure 20 : Quelques combustibles alternatifs à CIMAT

II.5.4.a. Teneur en chlore dans les combustibles alternatifs

Le tableau ci-dessus présente la teneur en Chlore dans les déchets solides utilisés à CIMAT comme source d'énergie calorifique :

Tableau 4 : La teneur en Chlore dans les déchets solides par (mg/Kg) en 2015^[C]

Types des déchets	Teneur en chlore (mg/kg sec)
SFR E2/SOCOR	13 190
SRF E1/SOCOR	13 130
SRF/UKI	4450
CSR comp usine de BM	3660
CSR INT usine de BM	3310
DIB-31/12/14	2585
FID-DIB	2384
Déchets automobiles	1896
Grignon	578
Plastique thermo	94
Plastique mélange	94

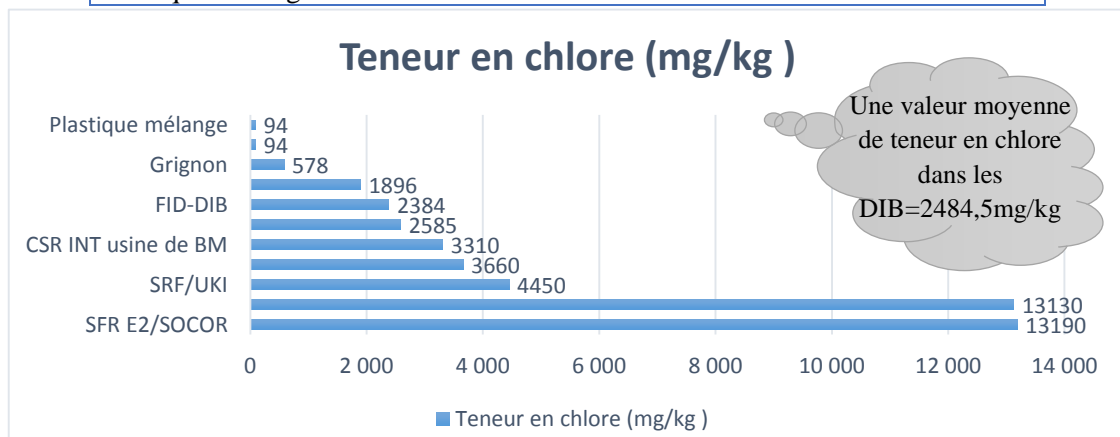


Figure 21 : Histogramme présentant la teneur en Chlore dans les déchets alternatifs

D'après la figure 22 nous constatons que les SRF contiennent la teneur en Chlore majeure par rapport aux autres déchets. Ainsi, les CSR, les DIB et les déchets automobiles présentent des teneurs en Chlore non négligeables.

II.5.4.b.Teneur en chlore dans les SRF

Le tableau ci-dessous présente la teneur en Chlore dans les SRF et les CSR à partir de ces résultats nous avons déterminé une moyenne générale pour faciliter le calcul.

Tableau 5 : les teneurs en Chlore dans les SRF et les CSR

Types des déchets	Teneur en chlore (ppm- sec)
SRF/UKI(15/09/2015)	4450
CSR comp usine de BM(23/12/2015)	3660
SRF E2/SOCOR	13 190
CSR INT usine de BM(23/12/2015)	3310
SRF E1/SOCOR	13 130

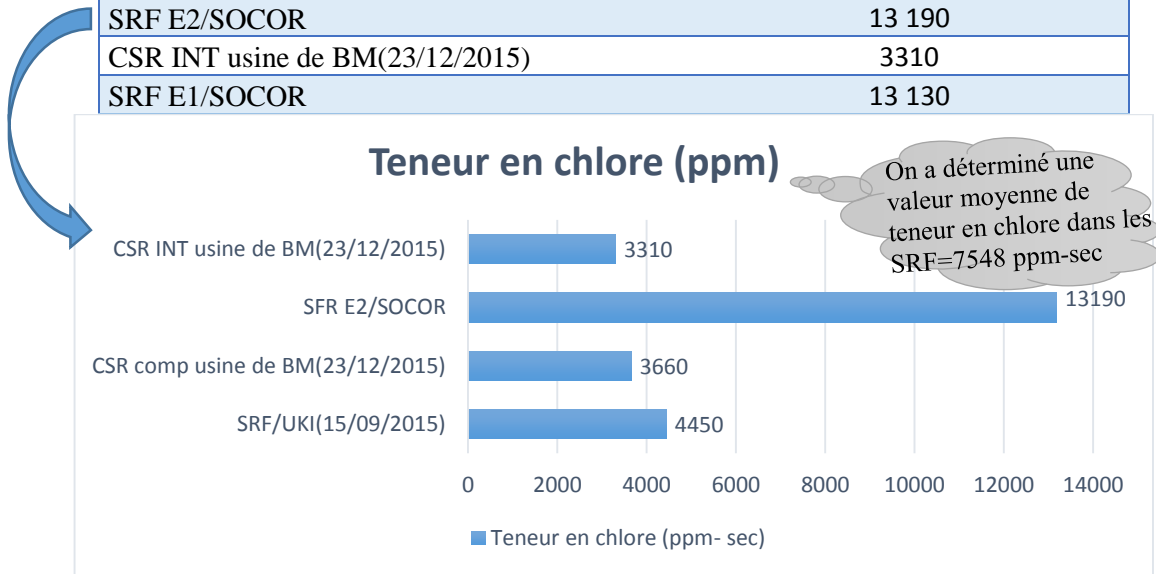


Figure 22 : teneur en Chlore dans les SRF et CSR

On remarque d'après le graphe que les SRF présentent une teneur maximale en chlore de 13190 ppm. Cette valeur est basée sur les résultats du laboratoire SOCOR. On familiarise les CSR aux SRF pour avoir une moyenne de 7548 ppm.

II.5.4.c.Teneur en chlore dans les déchets (Valeurs moyennes)

Le tableau ci-dessous présente, précisément, les teneurs moyennes du Chlore dans les combustibles alternatifs utilisés à CIMAT.

Tableau 6 : Teneur en Chlore dans les AFR à CIMAT 2015

Type des déchets	Teneur en chlore (ppm)
SRF	7548
DIB	2484,5
Déchets automobiles	1896
Grignon	578
Plastiques	94
Somme	12600,5

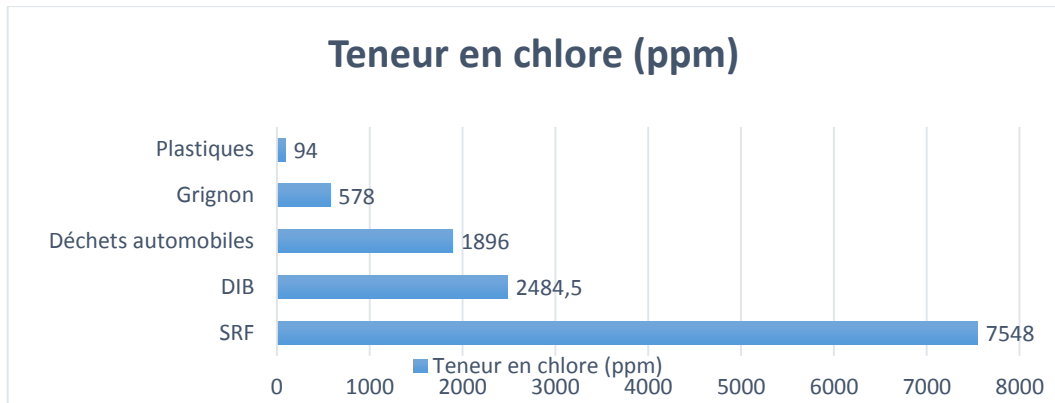


Figure 23 : Histogramme présentant la teneur en Chlore dans les AFR (avec moyenne SRF)

D'après l'histogramme nous constatons que les SRF sont une source principale du Chlore dans les AFR. Par contre à la matière première, nous avons le droit de demander les analyses du Chlore au fournisseur avant l'acheter.

II.5.4.d. Teneur en Cl dans la matière première (Valeurs moyennes)

Tableau 7 : Teneur en Chlore dans la matière première

Matière première	Teneur en Cl (ppm)
Calcaire cutting	32
Schiste	132
Argile	306
Sable	73
Cendre de pyrrhotine	82
Somme	625

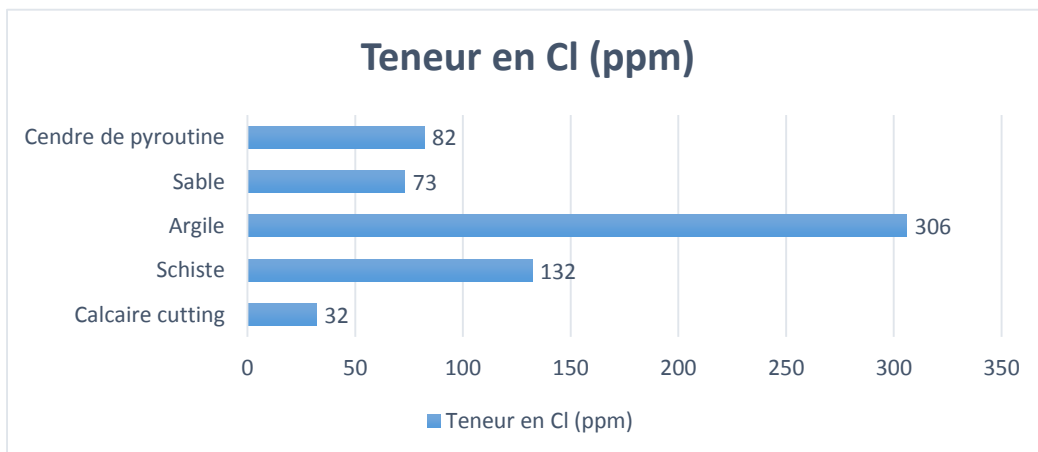


Figure 24: Histogramme des teneurs en Chlore dans la matière première

L'histogramme ci-dessus nous permet d'aviser que l'argile est la source principale du Chlore dans la matière première.

II.5.5. Relation entre le Soufre et le Chlore

D'après le suivi des analyse du Chlore et du Soufre on à remarquer une relation présenter dans Le diagramme ci-dessous, qui montre les marges de bourrage des cyclones, et nous pouvons donc nous limiter de l'intervalle dans lequel il n'y aura pas de risque de bourrage : il s'agit des quantités minimales de ces deux éléments.

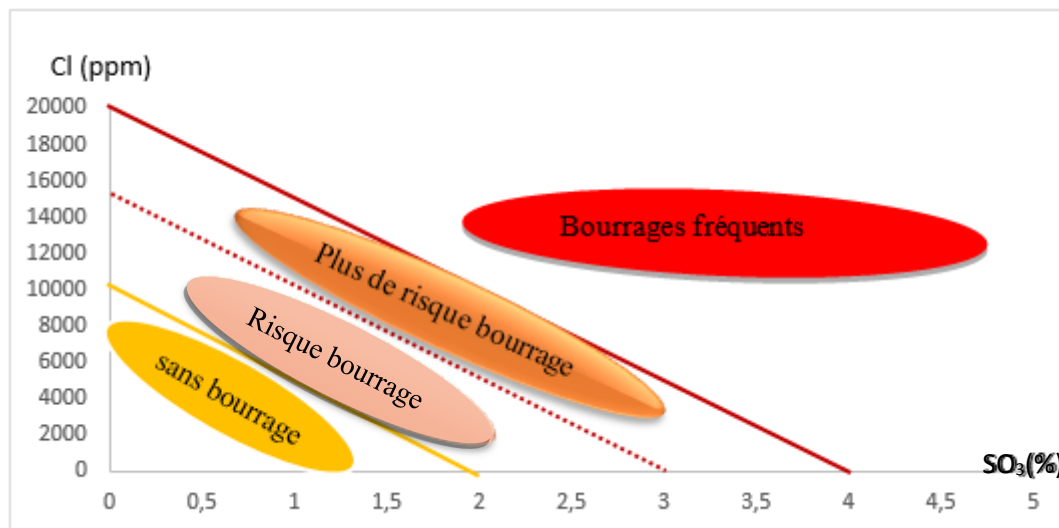


Figure 25 : Marges de bourrage des cyclons en présence du chlore et du soufre

Le suivi de la teneur en Chlore et en Soufre dans la farine chaude (côté gauche de la Tour) durant l'année 2015, nous a donné les résultats présentés dans la figure 27.

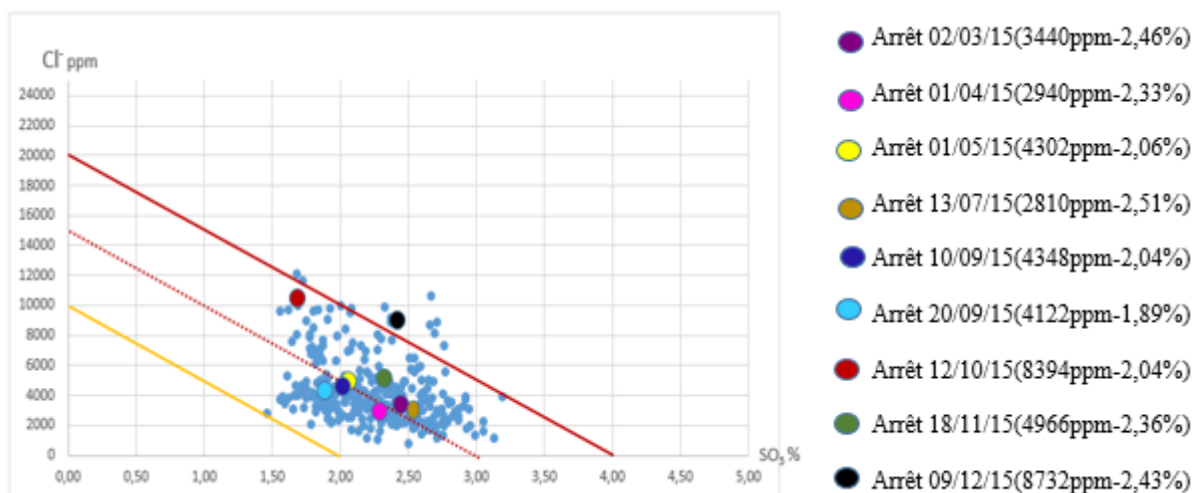


Figure 26 : Variation de la teneur en SO₃(% massique) en fonction de la teneur en Chlore (ppm) (moyenne journalière 2015) ^[D]

En se basant sur la figure 27 et l'annexe D, Nous constatons que la teneur en Chlore a augmenté progressivement juste après l'arrêt du 01/05/15 jusqu'au 24 du même mois tout en atteignant une valeur de 7000ppm, avec une diminution en parallèle de la teneur en Soufre allant de 2,06 à 1.83%. Dans ces conditions, il n'y avait pas de bourrage.

Par la suite, de ladite date jusqu'au 13/07/2015, la teneur en Chlore a connu une chute remarquable: 2810 ppm avec une augmentation accentuée de SO₃ qui vaut 2,51% causant ainsi un bourrage.

Au cours de la production, on prédit l'arrivée d'un bourrage par une simple constatation des valeurs des teneurs du Chlore eu du soufre.

II.5.6.Bilan du Chlore (g_{Cl}/t_{clinker}) à CIMAT

Pour former un bilan du chlore, il faut préciser les entrées et les sorties de notre système (La TOUR) étudié.

On peut présenter les entrées du Chlore par:

- ✓ La farine crue
- ✓ Les combustibles alternatifs et fossiles

Les sorties du Chlore sont présentés par:

- ✓ Les Poussières
- ✓ Les Gaz (sortie Tour)
- ✓ Le clinker

Les mesures tenues dans le laboratoire sont en % massique, donc pour avoir la teneur en Chlore par ppm on applique la formule suivante :

$$ppm = \frac{g}{t} = \frac{\%}{100} \times 10^6$$

Tableau 8 : Consommation calorifique en tuyauterie et en chambre de calcination

consommation calorifique (Mj/t _{clinker})	Pourcentage en tuyauterie %	% en preca	consommation en preca (Mj/t _{clinker})	consommation en tuyau(Mj/t _{clinker})
3250	36	64	2080	1170
facteur de clinkerisation	débit de la farine (t/h)	Débit de clinker(t/h)	conso en preca(Mj/h)	consommation en tuyau (Mj/h)
0,614	245	150,43	312894,4	176003,1

La valeur optimale du facteur de clinkerisation doit être environs 0.614, ce dernier est calculé tout en appliquant la formule qui suit :

$$\frac{D. \text{Clinker}}{D. \text{Farine}} = \frac{150.43}{245} = 0.614$$

- ❖ On commence par déterminer la teneur en Chlore par tonne de clinker dans les AFR et le coke de pétrole :

Tableau 9 : Teneur en Chlore en (gCl/tclinker) dans les Combustibles

	PCI (Kcal/Kg)	PCI (Mj/t)	Teneur en Cl (g/t)	(g _{Cl} /Mj)	Les débits Ø(t/h)	Ø*PCI (Mj/h)	teneur g _{Cl} /h	teneur en g _{Cl} /t _{clinker}
CSR (DIB)	4500	18832,5	2484,5	0,1319	0,5	9416,25	1242,2	8,25
G.d'olives	3000	12555	578	0,0460	2	25110	1156	7,68
SRF	3500	14647,5	12000	0,8192	1	14647,5	12000	79,77
Pneus	7031	29424,735	2700	0,0917	3	88274,20	8100	53,84
Pet Coke	8224	34417,44	100	0,0029	5,09	175446,44	509,76	3,384
Pet COKE (tuyauterie)	8224	34417,44	100	0,0029	5,2	178970,68	520	3,456

Tableau 10 : Teneur de g en Chlore par tonne de clinker dans la farine alimentation Tour :

Teneur en chlore (ppm) Dans la farine	Teneur en chlore (g _{Cl} /tclinker)
86	139,3486517

Tableau 11 : Teneur en Chlore dans les gaz sortie TOUR par tonne de clinker :

Débit gazeux/Nm ³ /h	moyenne en HCl(mg/Nm ³)	teneur en HCl(mg/h)	Teneur en Cl (g/h)	teneur en Cl (g/t _{clinker})
530000	1,9	1007000	979,3731139	6,510490686

❖ Teneur de g en Chlore par tonne de clinker dans les poussières :

Le débit de la farine habituelle est 245 t/h, de telle façon que 5% de ce débit se transforme en poussières, donc 12.25 t/h de la farine est une poussière dont la teneur en chlore est 937 ppm= 937 g/t. Donc $12.25 \frac{t}{h} \times 937 \frac{g}{t} = 11478.25 \frac{g}{h}$

$$D'où \frac{11478.25}{245 \times 0.614} = 76.30 \frac{g}{t \text{ clinker}}$$

Tableau 12 : Teneur en Chlore (gCl/tclinker) dans les poussières

poussière		
%	teneur (ppm)	teneur en (g _{Cl} /t c)
5	937	76,3029316

Tableau 13 : Teneur en Chlore (gCl/t clinker) dans le clinker

Teneur en Cl dans le Clinker (ppm)	teneur n Cl dans le Clinker (g _{Cl} /t _{clinker})
120	195,4397394

La figure 27, résume les résultats antérieurs :

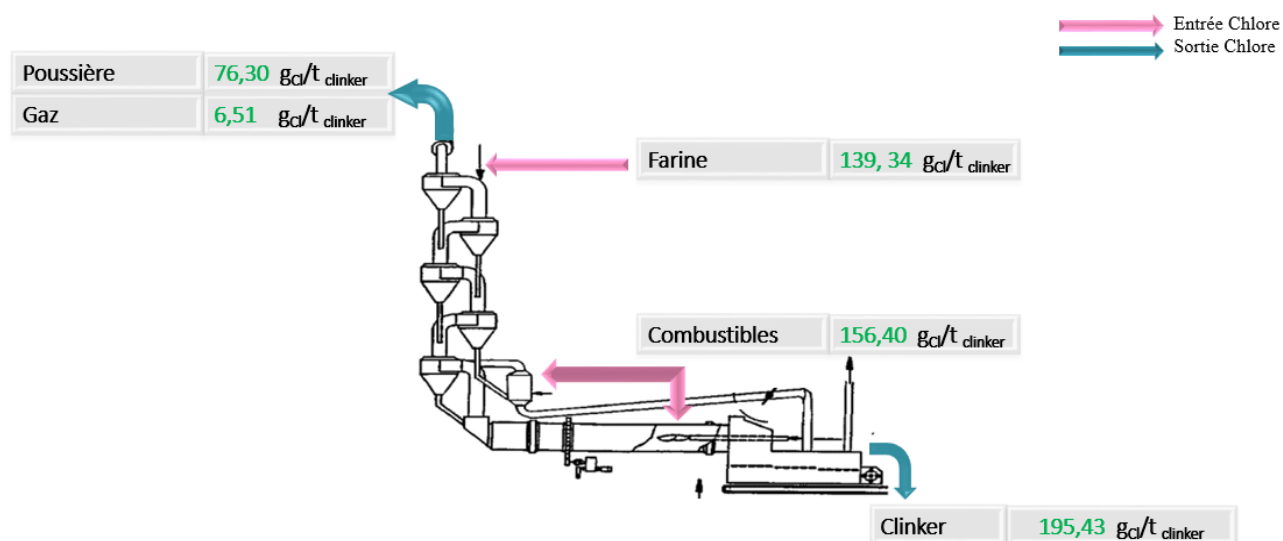


Figure 27 : Bilan du Chlore au niveau de l'entrée et la sortie du Four (gCl/t_{clinker}) 2015

Les entrées du Chlore à CIMAT présentent 295,74 gCl/t_{clinker}, par contre au sortie on a 278,24 gCl/t_{clinker}, Donc entre les sortie et les entrés on a une valeur de 17,4 gCl/t_{clinker}. Chaque tonne de clinker présente 17,4 g de Chlore qui reste à l'intérieur de la Tour. Avec une production de 3600 t_{clinker}/jour, presque 63000 gCl/jour >>>> 63 KgCl/jour qui circule dans les cyclones, c'est une condition favorable pour l'apparition des bourrages a la présence des alcalins.

II.5.7. Bilan du soufre

De la même façon de calcul pour le bilan du Chlore nous avons préparé le bilan Soufre pour avoir les résultats ci-dessous :

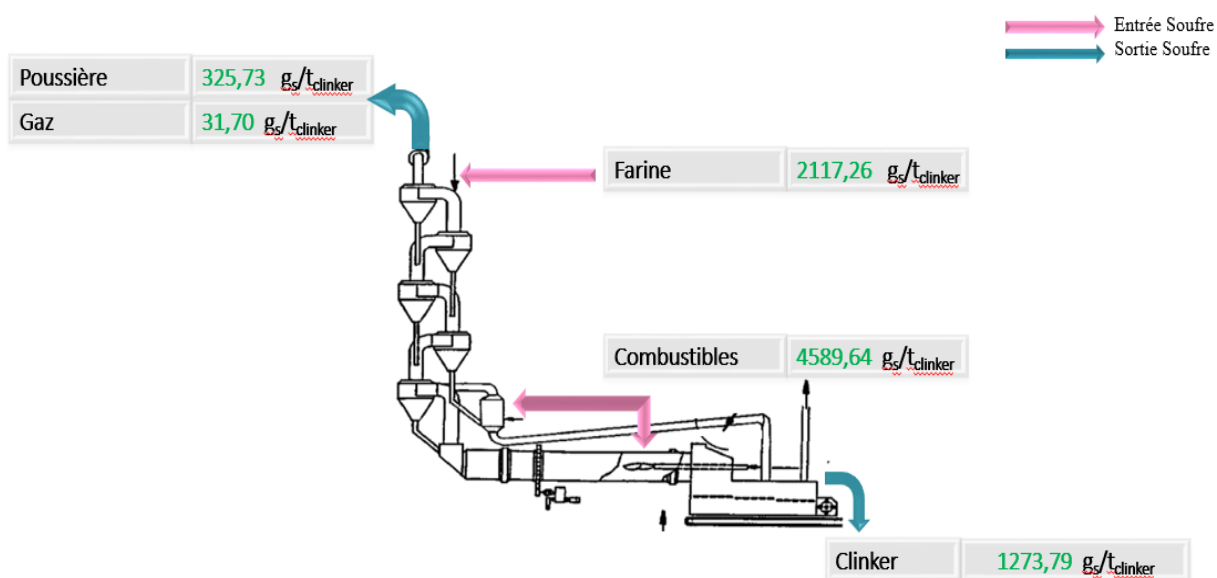


Figure 28 : Bilan Soufre entrés et sortie Four gS/t_{clinker}2015

Dans ce bilan on remarque que la quantité du Soufre dans les sorties 13061,24 gs/t_{clinker}, est supérieure à la quantité de Soufre dans les entrées 6706.9 gs/t_{clinker}, donc une variation illogique de -6354.32 gs/t_{clinker}.

II.6.Etape 5 : Actions et contres mesures

II.6.1.Resumés des actions proposés.

Afin de pallier le problème dont souffrent les cyclones, on devra mettre en évidence des actions et contres mesures permettant de réinitialiser les conditions normales assurant une longue durée sans bourrage cyclone, ces actions sont résumées dans le master plan suivant :

Tableau 14 : Master plan des actions pour minimiser la fréquence des bourrages cyclones

Actions	Objectifs	Quand	Responsables
1)-Arrêter ou minimiser l'utilisation des SRF	Eliminer le maximum des Chlorures piégés dans la Tour	01/03/2016 à 30/04/2016	Mr. AZDOUD (responsable de qualité)
2)-Utiliser des détecteurs d'accumulation à faible épaisseurs de la matière	Contrôler régulièrement les accumulations à faible épaisseurs	Chaque deux heures	Mr. DAOUDI (Chef de process)
3)-Augmenter le nombre des Airhoc dans les zones critiques	Arrêter la formation des grands blocs	Après vérification de formation des accumulations à faible épaisseur	(Chef de process)
4) Commander des combustibles à faible teneur en Chlore et en Soufre	Travailler avec un minimum du Chlore et du Soufre	Chaque commande	Mr.AARIUA (responsable de cuisson)
5) Changer la composition chimique ou recouvrir les tubes plongeur par des matériaux plus résists	Minimiser la chute des plaques des tubes plongeurs	Le prochain grand entretien	Mr. RAFIK (responsable de maintenance)

II.6.2.Analyse des actions

- **La 2^{ème} action** portant sur l'utilisation des détecteurs de bourrage cyclone:

Avant que la farine brute n'entre dans le four rotatif pour la fabrication de clinker, elle est préchauffée dans le cyclone à une température pouvant aller jusqu'à +900 °C. Dans la partie inférieure du cyclone, des colmatages se forment sur les parois. Leur épaisseur doit être surveillée en continu afin d'éviter un bourrage.

❖ Solution

Un détecteur de niveau PoinTrac monté à l'extérieur du cyclone mesure la variation de l'épaisseur de la couche sur les parois intérieures. En cas de besoin, les colmatages sont enlevés à l'aide d'air comprimé.

Tableau 15 : Données process

Tâche de mesure	Mesure d'épaisseur
Point de mesure	Cyclone
Plage de mesure jusqu'à	3 m
Produit	Farine crue
Température process	+300 ... +900 °C
Pression process	0 ... +0 bar
Défis spécifiques	Colmatages

❖ Le fonctionnement

Pour une mesure radiométrique, une substance faiblement radioactive émet des rayons gamma focalisés. Comme source de rayonnement, on utilise un isotope césium 137 ou un isotope cobalt 60. Un détecteur spécial monté sur le côté opposé du réservoir capte le rayonnement. Ce dernier dénommé scintillateur, transforme le rayonnement radioactif en flashes lumineux dont le nombre est compté et analysé. Etant donné que les rayons gamma sont amortis lorsqu'ils pénètrent dans la matière, le capteur peut, à partir de l'intensité du rayonnement reçu, donc du nombre de flashes lumineux, mesurer un niveau, une densité ou un débit massique.

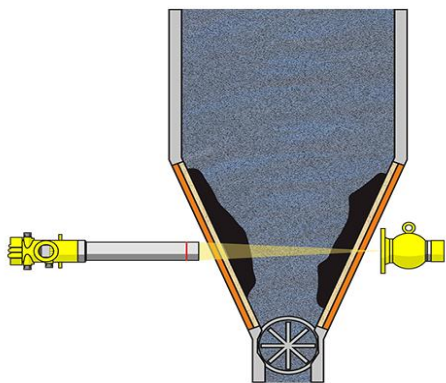


Figure 29 : Mesure d'épaisseur dans un cyclone

**Figure 30 : (1) Source de rayonnement VEGASOURCE31
(2) Capteur SOLITRAC31**

- Pour l'action 3, l'augmentation du nombre des Airhoc (il existe des Airhocs multi – portes)

- ❖ Solution

Le problème des bourrages cyclones a connu une augmentation avec l'utilisation récente des AFR. Les conditions prises en considération lors de la détermination du nombre des Airhocs nécessaires ont donc changé, ce qui revient à dire que ce nombre n'est plus suffisant. D'où l'efficacité de la proposition d'augmenter le nombre des Airhocs, dans les zones critiques des cyclones, afin de bien maîtriser ces derniers.



Figure 31 : Position des Airhocs sur un cyclone

- ❖ Le fonctionnement

Lorsque les flux de la farine cru se fixent sur les côtés du cyclone, l'Airhoc souffle de l'air à l'intérieur de ce dernier afin de nettoyer les couches du bloc construit.

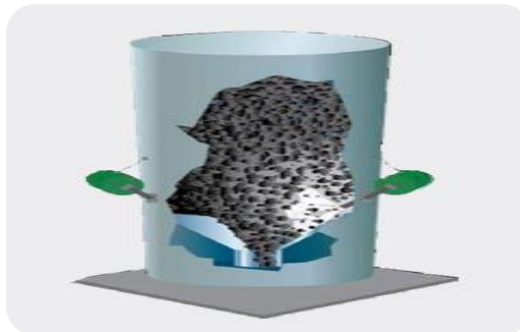


Figure 32 : Présentation du rôle des Airhocs

- La 5^{ème} action portant sur le changement ou le recouvrement des plaques de tube plongeur :

- ❖ Changement de type de matériau du tube plongeur avec un matériau plus résistant à la corrosion.

Le matériau existe déjà à une nuance de GX 40 Cr Ni Si 27-4, c'est un acier inoxydable de type Austéno-ferritique (Réfractaire). La résistance à la corrosion augmente avec la teneur en Chrome, c'est un alphagène : il favorise la forme ferritique, c'est-à-dire la structure cubique centrée du Fer. Des teneurs en Chrome élevées nécessitent des quantités accrues de Nickel pour former une structure austénitique.

Le Nickel favorise le passage de la structure cubique centrée (ferritique) de l'acier inoxydable à la structure cubique faces centrées (austénitique). Les aciers austénitiques contiennent au moins 6% de Nickel. La structure face centrées explique l'excellente ténacité des aciers austénitiques, aussi une meilleure résistance à la corrosion. Donc les aciers austénitiques de nuance GX 40 Cr Ni Si 25-20 restants le meilleur choix pour minimiser la fréquence de la corrosion des plaques de tube plongeur à l'intérieur de cyclone.

❖ Utilisation d'inhibiteur

Un inhibiteur de corrosion est une substance chimique que l'on ajoute en petite quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion du matériau métallique à protéger. Leur domaine d'utilisation recouvre les milieux acides, la vapeur, et les eaux de refroidissement

L'utilisation d'additifs permet la minimisation des dépôts adhérents et/ou les corrosions de supports. Des additifs minéraux peuvent être ajoutés à la charge pour capturer les alcalins, par exemple, cause essentielle de l'abaissement des points de fusion des particules minérales, et donc de l'augmentation de leur capacité d'adhésion. L'ajout de kaolin ou d'Alumine finement divisé (10-20 μ m), à raison de 2-3 % de la charge, a permis de contrôler les problèmes d'encrassement de chaudières rencontrés en centrales à combustion de charbon, en conduisant à la formation de cendres moins collantes, et donc la minimisation des dépôts sur les surfaces des chaudières, améliorant ainsi leur rendement de récupération thermique. ^{[11][7]}

II.7.Etape 6 : Vérification des résultats

❖ L'action N°1 qui consiste d'arrêter l'utilisation des SRF durant la période entre 01/03/2016 et 30/04/2016.

Afin de minimiser la teneur en Chlore tout en respectant le pouvoir calorifique nécessaire pour le déroulement normal de la production du clinker, nous avons décidé d'arrêter les SRF qui présentent la grande source du Chlore dans les combustibles alternatifs. La figure ci-dessous présente les résultats, sous forme de bilan du Chlore :

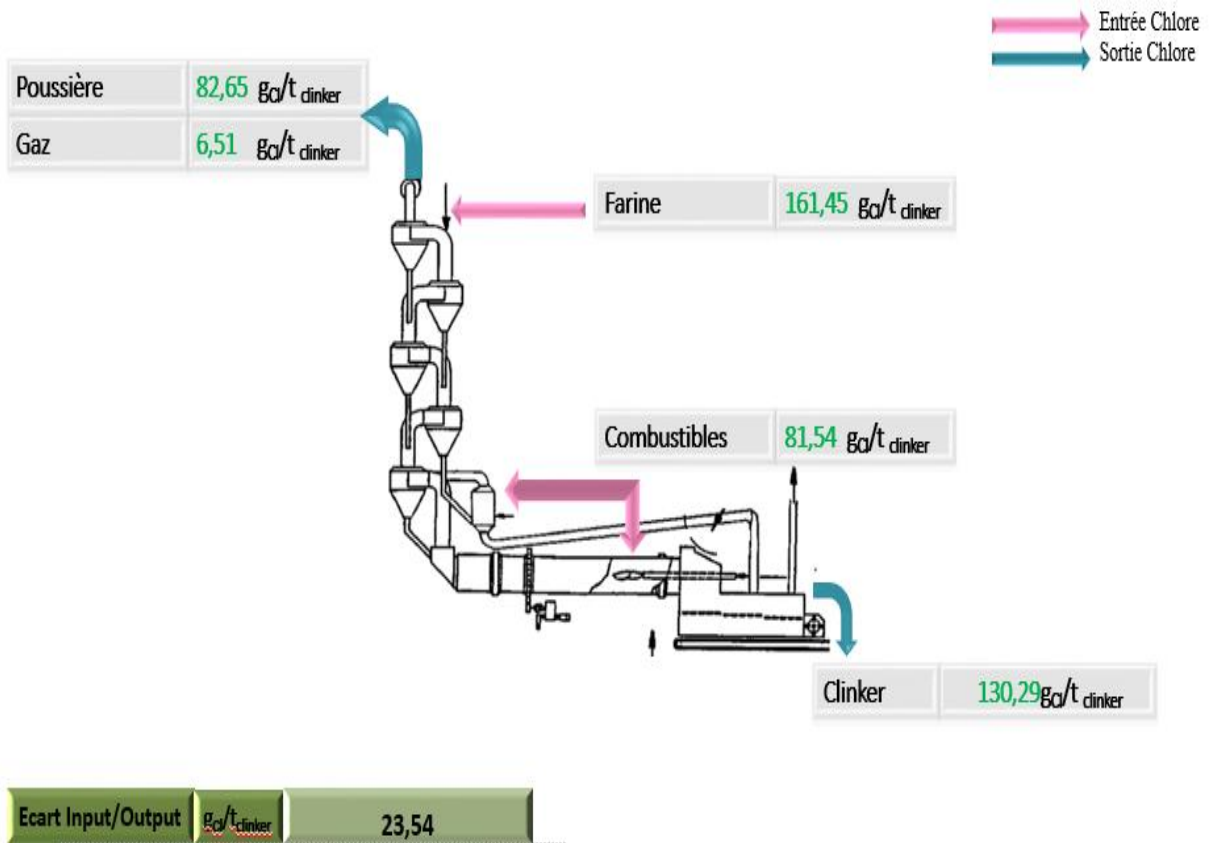


Figure 33 : Bilan du Chlore au niveau de l'entrée et la sortie du Four (gCl/tclinker)

(01/03/2016-30/04/2016)

D'après la figure 33, on remarque clairement que la teneur en Chlore dans les combustibles alternatifs à été diminué après élimination des SRF. Par contre, la teneur en Chlore dans la Farine est augmentée, ce qui exprime la variation de 23.54 gCl/tclinker entre les entrés et les sortie de la zone de cuisson.

Conclusion général

L'étude qui nous a été confiée consiste à déterminer l'impact du Chlore issu des AFR (combustibles alternatifs), sur le procédé de cuisson du clinker, afin de proposer des solutions pouvant résoudre le problème des bourrages cyclones.

Pour ce faire, nous étions en mesure d'éclaircir et d'analyser l'impact du Chlore sur le procédé et d'améliorer le contrôle des bourrages cyclones. Et ce, en répartissant notre étude selon les chapitres suivants :

- ✓ Présentation de l'entreprise CIMAT et de ses activités,
- ✓ Présentation du procédé de fabrication du ciment,
- ✓ Démarche MRP (Méthode de résolution de problèmes) pour résoudre la problématique proposée.

La démarche MRP a révélé qu'une grande teneur en l'élément chimique, le Chlore, est capable de causer des problèmes majeurs dans la partie cuisson du ciment. Et ce, suite à la formation des Chlorures, qui se transforment en matière collante sur les parois des cyclones du préchauffeur, provoquant les problèmes de bourrage des cyclones.

Un bilan du Chlore a été élaboré dans l'objectif de pouvoir déterminer les entrées et sorties du Chlore dans la partie cuisson. Ceci nous a permis de clôturer notre analyse, dans la troisième partie du rapport, par la proposition des actions pouvant répondre à notre besoin.

En effet, nous avons proposé d'arrêter ou minimiser l'utilisation des SRF, à cause de leur teneur en Chlore par rapport aux autres combustibles, cette action qui a été réalisé entre le 01/03/2016 et le 30/04/2016, a été efficace pour la diminution de la teneur en Chlore dans les AFR. Mais cette teneur est augmentée dans la matière première, ce qui explique que la teneur en Chlore des entrées est difficile à contrôler. D'où la nécessité de suivre les bourrages cyclones, par des détecteurs d'accumulation à faible épaisseur de la matière, et de les éliminer avant la formation des grands blocs par des Airchocs.

Annexes

Annexe B : Les analyses du Chlore dans la matière première durant 2015

Calcaire 2015			
		07/07/15	36
Date	Cl-(ppm)	14/07/15	
06/01/15	30	21/07/15	40
13/01/15		28/07/15	
20/01/15	27	04/08/15	32
27/01/15		11/08/15	
03/02/15	19	18/08/15	28
10/02/15		25/08/15	
17/02/15	28	01/09/15	25
24/02/15		08/09/15	
03/03/15	31	15/09/15	41
10/03/15		22/09/15	
17/03/15		29/09/15	32
24/03/15	24	06/10/15	39
31/03/15		13/10/15	
07/04/15	19	20/10/15	28
14/04/15		27/10/15	
21/04/15	36	03/11/15	17
28/04/15		10/11/15	
05/05/15	34	17/11/15	22
12/05/15		24/11/15	
19/05/15	29	01/12/15	23
26/05/15		08/12/15	
29/06/15	33	15/12/15	35
		22/12/15	
		29/12/15	29

Schiste 2015			
		06/07/15	141
Date	Cl-(ppm)	13/07/15	117
02/01/2015	111	20/07/15	160
09/01/15	144	27/07/15	122
13/01/15	137	03/08/15	88
19/01/15	145	10/08/15	119
26/01/15	137	17/08/15	104
02/02/15	117	24/08/15	136
09/02/15	149	31/08/15	128
16/02/15	154	07/09/15	113
23/02/15	141	14/09/15	125
02/03/15	137	21/09/15	108
09/03/15	149	28/09/15	117
16/03/15	152	05/10/15	147
23/03/15	147	12/10/15	162
30/03/15	119	19/10/15	129
06/04/15	136	26/10/15	143
10/04/15	117	02/11/15	149
13/04/15	113	09/11/15	137
20/04/15	98	16/11/15	151
27/04/15	110	23/11/15	148
04/05/15	113	30/11/15	129
11/05/15	102	07/12/15	141
18/05/15	117	14/12/15	154
25/05/15	142	21/12/15	159
01/06/15	140	28/12/15	127
08/06/15	137		
15/06/15	117		
22/06/15	141		
29/06/15	129		

Mémoire de fin d'étude

Gypse 2015		22/06/15	
Date	Cl-(ppm)	23/06/15	87
02/01/15	100	06/07/15	88
09/01/15	67	13/07/15	
12/01/15	88	20/07/15	102
19/01/15	101	27/07/15	
26/01/15	92	03/08/15	
02/02/15	102	10/08/15	68
09/02/15	118	17/08/15	
16/02/15	111	24/08/15	105
23/02/15	103	31/08/15	
02/03/15	88	07/09/15	95
09/03/15	104	14/09/15	
16/03/15	117	21/09/15	117
23/03/15	105	28/09/15	
30/03/15	120	05/10/15	89
06/04/15	113	12/10/15	
13/04/15		19/10/15	95
20/04/15	120	26/10/15	
27/04/15		02/11/15	82
04/05/15	114	09/11/15	
11/05/15	100	16/11/15	105
18/05/15	98	23/11/15	
25/05/15	101	30/11/15	89
01/06/15	127	07/12/15	
08/06/15		14/12/15	58
15/06/15	105	21/12/15	
22/06/15		28/12/15	75

Argile 2015			
Date	Cl-(ppm)	Date	Cl- (ppm)
02/01/15	287	08/06/15	324
09/01/15	290	15/06/15	318
13/01/15	302	22/06/15	327
19/01/15	298	29/06/15	310
26/01/15	294	06/07/15	285
02/02/15	312	13/07/15	299
09/02/15	317	20/07/15	324
16/02/15	301	27/07/15	317
23/02/15	289	03/08/15	288
02/03/15	310	10/08/15	311
09/03/15	287	17/08/15	269
16/03/15	305	24/08/15	247
23/03/15	314	31/08/15	285
30/03/15	289	07/09/15	244
02/04/15	302	14/09/15	305
03/04/15	317	21/09/15	319
06/04/15	305	28/09/15	284
10/04/15	313	05/10/15	361
13/04/15	300	12/10/15	347
20/04/15	287	19/10/15	366
27/04/15	321	26/10/15	328
04/05/15	323	02/11/15	341
11/05/15	305	09/11/15	325
18/05/15	315	16/11/15	289
25/05/15	321	23/11/15	336
01/06/15	316	30/11/15	284
		07/12/15	259
		14/12/15	314
		21/12/15	305
		28/12/15	309

Cendres de pyrrhotine 2015			
Date	Cl-(ppm)	Date	Cl-(ppm)
02/01/15	88	29/06/15	79
09/01/15		06/07/15	84
13/01/15	81	13/07/15	
19/01/15		20/07/15	80
26/01/15	76	27/07/15	
02/02/15	84	03/08/15	
09/02/15	102	10/08/15	67
16/02/15	81	17/08/15	
23/02/15		24/08/15	86
02/03/15	115	31/08/15	
09/03/15	103	07/09/15	101
16/03/15		14/09/15	
23/03/15	89	21/09/15	78
30/03/15		28/09/15	
06/04/15	88	05/10/15	71
13/04/15		12/10/15	
21/04/15	74	19/10/15	69
27/04/15		26/10/15	
04/05/15	80	02/11/15	75
11/05/15	88	09/11/15	
18/05/15	79	16/11/15	84
25/05/15	87	23/11/15	
01/06/15	75	30/11/15	72
08/06/15		07/12/15	
15/06/15	86	14/12/15	58
22/06/15		21/12/15	
		28/12/15	69

Sable 2015			
Date	Cl-(ppm)	Date	Cl-
06/01/15	66	15/07/15	76
13/01/15		28/07/15	
20/01/15	74	04/08/15	69
27/01/15		11/08/15	
03/02/15	74	18/08/15	75
10/02/15		25/08/15	
17/02/15	69	01/09/15	74
24/02/15		15/09/15	
03/03/15	96	22/09/15	56
10/03/15	85	29/09/15	
17/03/15		06/10/15	65
24/03/15	98	10/11/15	58
31/03/15		17/11/15	
07/04/15	80	22/12/15	51
14/04/15		29/12/15	

Mémoire de fin d'étude

Farine 2015							
Date	Cl-(ppm)	20/03/14	88	13/11/14	87	06/12/15	75
01/08/14		21/03/14	91	14/11/14	78	07/12/15	88
02/08/14		22/03/14	110	15/11/14	175	08/12/15	96
03/08/14		23/03/14	98	16/11/14	115	09/12/15	105
04/08/14		24/03/14	102	17/11/14	96	10/12/15	95
05/08/14	88	25/03/14	87	18/11/14	87	11/12/15	103
06/08/14	88	26/03/14	95	19/11/14	72	12/12/15	102
07/08/14	73	27/03/14	78	20/11/14	89	13/12/15	93
08/08/14	73	28/03/14	86	21/11/14	105	14/12/15	95
09/08/14	79	29/03/14	99	22/11/14	144	15/12/15	99
10/08/14	75	30/03/14	59	23/11/14	129	16/12/15	97
11/08/14	74	01/10/14	70	24/11/14	78	17/12/15	84
12/08/14	77	02/10/14	89	25/11/14	75	18/12/15	82
13/08/14	76	03/10/14	82	26/11/14	59	19/12/15	86
14/08/14	79	04/10/14	93	27/11/14	108	20/12/15	94
15/08/14	81	05/10/14	88	28/11/14	97	21/12/15	88
16/08/14	80	06/10/14	79	29/11/14	99	22/12/15	92
17/08/14	77	07/10/14	90	30/11/14	86	23/12/15	75
18/08/14	85	08/10/14	96	01/12/14	87	24/12/15	82
19/08/14	79	09/10/14	110	02/12/14	94	25/12/15	72
20/08/14	84	10/10/14	105	03/12/14	95	26/12/15	77
21/08/14	81	11/10/14	98	04/12/14	87	27/12/15	80
22/08/14	82	12/10/14	86	05/12/14	96	28/12/15	71
23/08/14	79	13/10/14	89	06/12/14	89	29/12/15	86
24/08/14	93	14/10/14		07/12/14	91	30/12/15	72
25/08/14	52	15/10/14		08/12/14	91	31/12/15	72
26/08/14	70	16/10/14		09/12/14	69		
27/08/14	60	17/10/14		10/12/14	114		
28/08/14	70	18/10/14		11/12/14	78		
29/08/14	77	19/10/14		12/12/14	80		
30/08/14	84	20/10/14		13/12/14	86		
31/08/14	98	21/10/14		14/12/14	66		
01/09/14	81	22/10/14		15/12/14	72		
02/09/14	86	23/10/14		16/12/14	69		
03/09/14	92	24/10/14		17/12/14	96		
04/09/14	87	25/10/14		18/12/14	112		
05/09/14	99	26/10/14		19/12/14	79		
06/09/14	90	27/10/14		20/12/14	99		
07/09/14	110	28/10/14		21/12/14	82		
08/09/14	91	29/10/14		22/12/14	85		
09/09/14	88	30/10/14		23/12/14	96		
10/09/14	105	31/10/14	90	24/12/14	98		
11/09/14	99	01/11/14	99	25/12/14	73		
12/09/14	92	02/11/14	67	26/12/14	86		
13/09/14	88	03/11/14	104	27/12/14	71		
14/09/14	81	04/11/14	115	28/12/14	76		
15/09/14	122	05/11/14	122	29/12/14	93		
16/09/14	76	06/11/14	98	30/12/14	84		
17/09/14	94	07/11/14	127	31/12/14	64		
18/09/14	95	08/11/14	60	01/12/14	87		
19/09/14	89	09/11/14	129	02/12/14	94		
20/09/14	88	10/11/14	110	03/12/14	95		
21/09/14	91	11/11/14	86	04/12/14	87		
22/09/14	110	12/11/14	98	05/12/14	96		

Mémoire de fin d'étude

Clinker 2015																	
Date	Cl. %	09/02/15	00/10	23/03/15	00/25	03/05/15		13/06/15		26/07/15		08/09/15	00/42	21/10/15	00/35	03/12/15	00/12
01/01/15		11/02/15		25/03/15		04/05/15	0,013	14/06/15		28/07/15	0,025	09/09/15		22/10/15	0,023	04/12/15	0,011
02/01/15		12/02/15		26/03/15		06/05/15		16/06/15		29/07/15	0,030	10/09/15		23/10/15	0,029	05/12/15	0,008
03/01/15		13/02/15		27/03/15		07/05/15		16/06/15		30/07/15	0,034	11/09/15		24/10/15	0,034	06/12/15	0,007
04/01/15		14/02/15		28/03/15		08/05/15		17/06/15		31/07/15	0,020	12/09/15		25/10/15	0,033	07/12/15	0,008
05/01/15	0,037	15/02/15		29/03/15		09/05/15		18/06/15		01/08/15	0,037	13/09/15		26/10/15	0,031	08/12/15	0,007
06/01/15		16/02/15		30/03/15		10/05/15		20/06/15		02/08/15	0,025	14/09/15	0,038	27/10/15	0,020	09/12/15	0,005
07/01/15		17/02/15	0,005	31/03/15	0,024	11/05/15	0,027	21/06/15		03/08/15	0,042	15/09/15	0,038	28/10/15	0,021	10/12/15	0,007
08/01/15		18/02/15		01/04/15		12/05/15		22/06/15		04/08/15	0,026	16/09/15		29/10/15	0,023	11/12/15	0,004
09/01/15		19/02/15		02/04/15		13/05/15		23/06/15		05/08/15	0,027	17/09/15		30/10/15	0,025	12/12/15	0,006
10/01/15		20/02/15		03/04/15		14/05/15		24/06/15		06/08/15	0,031	18/09/15	0,015	31/10/15	0,030	13/12/15	0,013
11/01/15		21/02/15		04/04/15		15/05/15		25/06/15		07/08/15	0,021	19/09/15	0,009	01/11/15	0,013	14/12/15	0,005
12/01/15	0,019	22/02/15		05/04/15		16/05/15		26/06/15		08/08/15	0,030	20/09/15	0,034	02/11/15	0,034	15/12/15	0,007
13/01/15		23/02/15	0,023	06/04/15	0,014	17/05/15		27/06/15		09/08/15	0,018	22/09/15	0,016	04/11/15	0,016	17/12/15	0,007
14/01/15		24/02/15		07/04/15		18/05/15	0,020	28/06/15		10/08/15	0,021	23/09/15	0,030	05/11/15	0,013	18/12/15	0,007
15/01/15		25/02/15		08/04/15		19/05/15		29/06/15		11/08/15	0,031	24/09/15	0,025	06/11/15	0,010	19/12/15	0,010
16/01/15		26/02/15		09/04/15		20/05/15		30/06/15	0,025	12/08/15	0,023	25/09/15		07/11/15	0,013	20/12/15	0,009
17/01/15		27/02/15		10/04/15		21/05/15		01/07/15		13/08/15	0,029	26/09/15	0,032	08/11/15	0,013	21/12/15	0,010
18/01/15		28/02/15		11/04/15		22/05/15		02/07/15		14/08/15	0,030	27/09/15	0,009	09/11/15	0,009	22/12/15	0,006
19/01/15	0,029	01/03/15		12/04/15		23/05/15		03/07/15		15/08/15	0,011	28/09/15	0,033	10/11/15	0,011	23/12/15	0,005
20/01/15		02/03/15	0,023	13/04/15	0,038	24/05/15		04/07/15		16/08/15	0,031	29/09/15	0,031	11/11/15	0,011	24/12/15	0,009
21/01/15		03/03/15		14/04/15		25/05/15	0,022	05/07/15		17/08/15	0,019	30/09/15	0,023	12/11/15	0,011	25/12/15	0,010
22/01/15		04/03/15		15/04/15		26/05/15		06/07/15		18/08/15	0,019	01/10/15	0,024	13/11/15	0,011	26/12/15	0,007
23/01/15	0,006	05/03/15		16/04/15		27/05/15	0,033	07/07/15		19/08/15	0,018	02/10/15	0,024	14/11/15	0,011	27/12/15	0,015
24/01/15		06/03/15		17/04/15		28/05/15		08/07/15		20/08/15	0,028	03/10/15	0,028	15/11/15	0,011	28/12/15	0,010
25/01/15		07/03/15		18/04/15		29/05/15		09/07/15		21/08/15	0,025	04/10/15	0,030	16/11/15	0,012	29/12/15	0,009
26/01/15	0,020	08/03/15		19/04/15		30/05/15		10/07/15		22/08/15	0,025	05/10/15	0,031	17/11/15	0,011	30/12/15	0,014
27/01/15		09/03/15	0,044	20/04/15	0,016	31/05/15		11/07/15		23/08/15	0,033	06/10/15	0,028	18/11/15	0,009		
28/01/15		10/03/15		21/04/15		01/06/15		12/07/15		24/08/15	0,033	07/10/15	0,032	19/11/15			
29/01/15		11/03/15	0,028	22/04/15		02/06/15		13/07/15	0,019	25/08/15	0,041	08/10/15	0,027	20/11/15			
30/01/15		12/03/15	0,024	23/04/15		03/06/15		14/07/15		26/08/15	0,038	09/10/15	0,033	21/11/15			
31/01/15		13/03/15		24/04/15		04/06/15		15/07/15		27/08/15	0,038	10/10/15	0,021	22/11/15			
01/02/15		14/03/15		25/04/15		05/06/15		16/07/15		28/08/15	0,038	11/10/15	0,026	23/11/15			0,018
02/02/15	0,025	15/03/15		26/04/15		06/06/15		17/07/15		29/08/15	0,024	12/10/15	0,033	24/11/15			
03/02/15		16/03/15	0,036	27/04/15	0,033	07/06/15		18/07/15		30/08/15	0,029	13/10/15	0,027	25/11/15			
04/02/15		17/03/15		28/04/15		08/06/15		19/07/15		31/08/15	0,018	14/10/15	0,032	26/11/15			
05/02/15		18/03/15		29/04/15		09/06/15		20/07/15		01/09/15	0,030	15/10/15	0,028	27/11/15			
06/02/15		19/03/15		30/04/15		10/06/15		21/07/15		02/09/15	0,038	16/10/15	0,030	28/11/15			
07/02/15		20/03/15		01/05/15		11/06/15		22/07/15		03/09/15	0,013	17/10/15	0,028	29/11/15			0,011
08/02/15		21/03/15		02/05/15		12/06/15		23/07/15		04/09/15	0,027	18/10/15	0,031	30/11/15			0,011
09/02/15	0,010	22/03/15		03/05/15				24/07/15		05/09/15	0,024	19/10/15	0,033	01/12/15			0,008
10/02/15		23/03/15	0,025					25/07/15		06/09/15	0,026	20/10/15	0,031	02/12/15			0,008

Mémoire de fin d'étude

Farine chaude 2015			11/02/15	17/34	14/35	07/04/15	28/70	24/30	27/03/15	41/40	4/30	03/08/15	2/220	17/17	23/09/15	37/20	37/17	19/11/15	44/41	47/82
Date	Garde	Droite	18/02/15	1318	1628	08/04/15	24/70	2060	28/05/15	6300	4830	10/08/15	2190	2100	30/09/15	5370	5111	20/11/15	4631	5200
	Cilpepl	Cilpepl	20/02/15	2601	3057	10/04/15	7100	7540	30/05/15			12/08/15	2760	1630	02/10/15	4396	4389	22/11/15	5065	4326
01/01/15	4439	3731	21/02/15	2315	1951	11/04/15	2331	2840	31/05/15			13/08/15	2130	1610	03/10/15	5231	5170	23/11/15	3719	3887
02/01/15	4107	4042	22/02/15	1976	1216	12/04/15	2864	2623	24/06/15	1318	1835	14/08/15	1825	1330	04/10/15	5254	5161	24/11/15		
03/01/15	3399	4102	23/02/15	2394	1740	13/04/15	2890	2623	25/06/15	5790	5210	15/08/15	2180	1770	05/10/15	5334	5228	25/11/15		
04/01/15	3381	3762	24/02/15	2950	2460	14/04/15	3078	2167	26/06/15	6410	5440	16/08/15			06/10/15	6128	6279	26/11/15		
05/01/15	3791	3380	25/02/15	2100	2150	15/04/15	2890	2360	27/06/15	5590	5120	17/08/15			07/10/15	8041	8288	27/11/15		
06/01/15	2950	2806	26/02/15	1150	1830	16/04/15	4106	4366	28/06/15	3380	3264	18/08/15	792	1020	08/10/15	7664	7970	28/11/15		
07/01/15	3471	2444	27/02/15	1980	2000	17/04/15	4287	3736	29/06/15	4423	4637	19/08/15			09/10/15	10239	10546	29/11/15		
08/01/15	3382	4183	28/02/15	2340	2840	18/04/15	4673	3891	30/06/15	2713	2031	20/08/15	3049	2731	10/10/15	12123	11975	30/11/15		
09/01/15	3240	2843	01/03/15	4459	3751	19/04/15	3803	3398	01/07/15			21/08/15	3007	4127	11/10/15	11625	11093	01/12/15		
10/01/15	3053	2378	02/03/15	4107	4042	20/04/15	4436	4676	02/07/15			22/08/15	3273	3352	12/10/15	8046	7154	02/12/15		
11/01/15	2525	2984	03/03/15	3399	4102	21/04/15	3913	1319	03/07/15			23/08/15	3702	3759	13/10/15	4183	3321	03/12/15		
12/01/15	2322	2341	04/03/15	3381	3762	22/04/15	4236	1828	04/07/15	4330	3660	24/08/15	3565	3440	14/10/15	5067	4395	04/12/15		
13/01/15	3577	3382	05/03/15	3791	3380	23/04/15	3897	2010	05/07/15	3340	4032	25/08/15	3387	2389	15/10/15	5422	5195	05/12/15		
14/01/15	4789	4889	06/03/15	2950	2806	24/04/15	4900	4011	06/07/15	4310	4230	26/08/15	3195	2756	16/10/15	4050	4278	06/12/15		
15/01/15	4756	4856	07/03/15	3471	2444	25/04/15	3803	4238	07/07/15	3910	4230	27/08/15	4220	3754	17/10/15	5966	6165	07/12/15		
16/01/15	3740	3327	08/03/15	3882	4183	26/04/15	3460	3630	08/07/15	5195	3395	28/08/15	2388	2478	18/10/15	6528	6672	08/12/15		
17/01/15	3357	3342	09/03/15	3240	2843	27/04/15	2708	1775	09/07/15	4420	5470	29/08/15	3974	3288	19/10/15	7048	6712	09/12/15		
18/01/15	2140	1154	10/03/15	3053	2978	28/04/15	4210	3839	10/07/15	4314	4766	30/08/15	2455	2378	20/10/15	6975	5947	10/12/15		
19/01/15	3061	2905	11/03/15	2325	2384	29/04/15	5037	4377	11/07/15	4390	5035	31/08/15	4124	3775	21/10/15	7341	6997	11/12/15		
20/01/15	1904	1963	12/03/15	2922	2341	30/04/15	3370	3637	12/07/15	4529	4705	01/09/15	4161	4411	22/10/15	6606	6456	12/12/15		
21/01/15	3628	2706	13/03/15	3577	4889	01/05/15	4302	4126	13/07/15	2810	3300	02/09/15	3936	3323	23/10/15	7311	7040	13/12/15		
22/01/15	4433	5188	14/03/15	4789	4889	02/05/15	3826	3865	14/07/15	2233	1870	03/09/15	4685	5193	24/10/15	7068	7054	14/12/15		
23/01/15	3655	3318	15/03/15	4556	4856	03/05/15	3264	3420	15/07/15	2940	2650	04/09/15	4230	4521	25/10/15	7067	6909	15/12/15		
24/01/15	4082	4722	16/03/15	3740	3527	04/05/15	3006	3694	16/07/15	2660	3781	05/09/15	4398	4723	26/10/15	6606	6282	16/12/15		
25/01/15	4561	4454	17/03/15	3357	3342	05/05/15	3300	3640	17/07/15	3805	3830	06/09/15	4588	4373	27/10/15	6727	6185	17/12/15		
26/01/15	4338	4620	18/03/15	2140	1154	06/05/15	2900	3790	18/07/15	3846	3858	07/09/15	4642	4306	28/10/15	7158	6726	18/12/15		
27/01/15	4623	4655	19/03/15	3061	2905	07/05/15	3400	3230	19/07/15	3060	2540	08/09/15	5167	5666	29/10/15	9601	8331	19/12/15		
28/01/15	5146	4525	20/03/15	1904	1963	08/05/15	3370	3340	20/07/15	4477	4159	09/09/15	4348	4346	30/10/15	6518	6232	20/12/15		
29/01/15	4560	4419	21/03/15	3828	2706	09/05/15	2340	3370	21/07/15	2723	3164	10/09/15	4128	3331	31/10/15	4304	4098	21/12/15		
30/01/15	3433	2838	22/03/15	4439	5188	10/05/15	4060	4770	22/07/15	3630	3240	11/09/15	4872	4470	01/11/15	3485	3434	22/12/15		
31/01/15	2364	3180	23/03/15	3655	3318	11/05/15	3440	3330	23/07/15	3742	3063	12/09/15	2433	2896	02/11/15			23/12/15		
01/02/15	2630	2325	24/03/15	4062	4722	12/05/15	2710	1930	24/07/15	3084	3125	13/09/15	3849	4226	03/11/15			24/12/15		
02/02/15	2660	2920	25/03/15	4561	4454	13/05/15	3710	4060	25/07/15	2433	2637	14/09/15	5283	5406	04/11/15	3415	3326	25/12/15		
03/02/15	1610	2240	26/03/15	4556	4620	14/05/15	4120	3750	26/07/15	3060	3030	15/09/15	4027	3884	05/11/15	4474	4206	26/12/15		
04/02/15	1591	1754	27/03/15	4823	4665	15/05/15	3452	3258	27/07/15	2300	1930	16/09/15	3319	3371	06/11/15	4181	4034	27/12/15		
05/02/15	2370	2830	28/03/15	5146	4525	16/05/15	4238	3921	28/07/15	2730	3340	17/09/15	3716	3353	07/11/15	3755	3378	28/12/15		
06/02/15	2417	1666	29/03/15	4560	4419	17/05/15	3390	4190	29/07/15	3420	2860	18/09/15	4050	3743	08/11/15	3600	4132	29/12/15		
07/02/15	2448	1864	30/03/15	3433	2838	18/05/15	4141	3350	30/07/15	3570	3440	19/09/15	4122	4058	09/11/15	3034	3309	30/12/15		
08/02/15	2860	2910	31/03/15	2339	2229	19/05/15	4632	4461	31/07/15	2673	2915	20/09/15	4088	4142	10/11/15	5617	5137	31/12/15		
09/02/15	3676	3207	01/04/15			20/05/15	4820	4710	01/08/15	3333	2330	21/09/15	3784	3246	11/11/15	4977	4835			
10/02/15	1986	1917	02/04/15	1390	1820	21/05/15	4640	5470	02/08/15	2245	2622	22/09/15	3273	3650	12/11/15	4905	5016			
11/02/15	2160	1948	03/04/15	2800	2370	22/05/15	6390	5650	03/08/15	1621	1397	23/09/15	3777	4716	13/11/15	4916	4484			
12/02/15	2108	1934	04/04/15	2560	3140	23/05/15	6300	6530	04/08/15	1531	1155	24/09/15	3914	4073	14/11/15	3776	3767			
13/02/15	3431	3309	05/04/15	2660	2820	24/05/15	7000	6270	05/08/15	1846	1538	25/09/15	2848	3302	15/11/15	4081	3825			
14/02/15	3781	3263	06/04/15	1820	2670	25/05/15	5660	5200	06/08/15	2377	2177	26/09/15	3085	3366	16/11/15	4593	4152			
15/02/15	2338	1632				26/05/15	5090	4190	07/08/15	4736	3081	27/09/15	2314	3270	17/11/15	4366	4450			

Annexe C : Analyses des Combustibles alternatifs à CIMAT (2015)



Rapport d'analyse Page 1 / 3
 Edité le : 25/01/2016

Annule et remplace l'édition du
 Veuillez détruire l'exemplaire précédent

CIMENT DE L'ATLAS
 M. Kamal BOUQALLABA

28 Lotissement La Colline II Sidi Maarouf
 20150 CASABLANCA
 MAROC

Le rapport établi ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. Il comporte 3 pages.
 La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.
 L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation, identifiés par le symbole #.
 Les paramètres sous-traités sont identifiés par (*).

Identification dossier : SOC15-11654 Référence contrat : SOCC15-1970
 Identification échantillon : SOC1512-452-2

Référence client : CSR INT USINE DE BENI MELLAL
 NATURE : Produits solides - Combustibles solides de récupération
 PRELEVEMENT : Prélevé le 19/11/2015 Réceptionné le 03/12/2015

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure sont consultables au laboratoire. Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat.

Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Détection	Références de qualité	COFRAC
Analyse sur le produit							
<i>Analyses physiques</i>							
Humidité totale	17.0	% brut	Séchage en étuve - Méth. int. selon PA254	XP CEN15 1544-1			#
<i>Analyse de base</i>							
Préparation/Broyage d'un échantillon	-	-	-	NF EN 15413			#
Refus de broyage (non analysé)	0.0	% sec	Broyage				
<i>Analyse élémentaire</i>							
Carbone total	44.9	% sec	Microanalyseur	NF EN 15407			#
Carbone total	37.3	% brut	Microanalyseur	NF EN 15407			#
Hydrogène total	5.84	% sec	Microanalyseur	NF EN 15407			#
Hydrogène total	6.75	% brut	Microanalyseur	NF EN 15407			#
Minéralisation pour dosage halogènes et/ou soufre	-	-	Combustion en bombe	NF EN 15408			
Chlore total	1.319	% sec	Chromatographie ionique	NF EN 15406 et NF EN ISO 10304-1			
Chlore total	1.095	% brut	Chromatographie ionique	NF EN 15406 et NF EN ISO 10304-1			
Soufre total	0.532	% sec	Chromatographie ionique	NF EN 15408 et NF EN ISO 10304-1			

Annexe D : Analyses de la Farine chaude (Cl⁻ (ppm), SO₃ (%))

Date	FARINE CHAUDE								Cl ⁻ ppm	SO ₃	Cl ⁻ ppm	SO ₃				
	Gauche		Droite		Gauche		Droite						Gauche		Droite	
	Cl ⁻ ppm	SO ₃	Cl ⁻ ppm	SO ₃	Cl ⁻ ppm	SO ₃	Cl ⁻ ppm	SO ₃					Cl ⁻ ppm	SO ₃	Cl ⁻ ppm	SO ₃
1/1/15	4459	2,10	3731	2,09	3781	2,04	3269	2,05	3290	2,24						
2/1/15	4107	2,33	4042	2,29	2388	1,98	1602	1,98	4127	2,36		2,25				
3/1/15	3999	2,46	4102	2,42	2901	2,26	1955	2,36	2940	2,33	2190	2,51				
4/1/15	3381	2,33	3762	2,37	1734	2,69	1495	2,71								
5/1/15	3791	1,82	3980	1,87	1319	2,75	1628	2,69	1390	2,59	1820	2,61				
6/1/15	2950	2,85	2806	2,74	1076	2,27	1658	2,29	2800	2,34	2570	2,35				
7/1/15	3471	2,20	2144	2,23	2601	2,85	3057	2,75	2560	2,37	3140	2,47				
8/1/15	3982	2,59	4183	2,73	2315	2,87	1951	2,89	2660	2,39	2820	2,32				
9/1/15	3240	2,66	2849	2,74	1976	2,64	1216	2,71	1820	2,22	2670	2,28				
10/1/15	3053	2,20	2978	2,21	2394	2,57	1740	2,56	2870	2,73	2430	2,78				
11/1/15	2525	2,34	2984	2,34	2650	2,51	2460	2,53	2470	2,77	2060	2,85				
12/1/15	2922	2,34	2541	2,36	2100	2,75	260	2,77	2380	2,55	1510	2,56				
13/1/15	3577	2,19	3582	2,23	180	2,71	1600	2,77	1700	2,08	1540	2,09				
14/1/15	4789	2,09	4889	2,05	1980	2,17	2000	2,21	2531	2,06	2840	2,08				
15/1/15	4556	2,35	4856	2,40	2540	2,08	2840	2,04	2864	2,13	2530	2,18				
16/1/15	3740	2,40	3527	2,73	3440	2,40	2910	2,40	2890	2,12	2623	2,13				
17/1/15	3357	2,43	3342	2,49	3340	2,46	3080	2,38	3013	2,26	2167	2,30				
18/1/15	2140	2,65	1154	2,69	2940	2,44	2820	2,48	2890	2,10	2960	2,05				
19/1/15	3061	2,87	2905	2,79	3240	2,49	3370	2,50	4136	1,95	4366	1,89				
20/1/15	1904	2,55	1963	2,52	2580	2,42	2370	2,48	4287	1,88	3736	2,01				
21/1/15	3628	2,79	2106	2,70	2220	2,79	2180	2,50	4673	1,89	3891	1,86				
22/1/15	4439	2,64	5188	2,67	2010	2,42	2320	2,52	3809	1,62	3998	1,73				
23/1/15	3617	2,63	2929	2,72	1740	2,63	1460	2,46	4436	1,75	4616	1,75				
24/1/15	4062	2,75	4722	2,79	3130	2,40	2480	2,65	3913	1,79	1319	1,84				
25/1/15	4561	2,45	4454	2,58	3204	1,94	2800	1,90	4256	1,73	1828	1,76				
26/1/15	4358	2,32	4620	2,32	2429	2,22	2759	2,32	3897	1,94	2010	1,86				
27/1/15	4623	2,36	4665	2,34	2990	2,54	2457	2,49	4900	1,75	4011	1,74				
28/1/15	5146	1,91	4525	1,99	2870	2,72	2290	2,74	3809	1,75	4258	1,74				
29/1/15	4560	1,95	4419	1,93	3120	2,31	2880	2,28	3460	1,59	3630	1,69				
30/1/15	3433	2,28	2838	2,29	3420	2,10	3500	2,07	2108	1,79	1775	1,70				
31/1/15	2964	2,61	3180	2,53	3470	2,80	2090	2,75	4210	1,94	3839	1,97				
1/2/15	2630	2,82	2325	2,74	2210	2,45	2890	2,82	5037	1,86	4977	1,90				
2/2/15	2660	2,40	2920	2,53	1720	2,65	1580	2,57	3570	1,94	3637	2,01				
3/2/15	1610	2,29	2240	2,20	190	3,13	1900	3,07	4302	2,06	4126	2,04				
4/2/15	1591	2,14	1754	2,05	2280	2,52	1880	2,47	3626	1,93	3865	1,94				
5/2/15	2370	2,31	2830	2,31	2130	2,61	2020	2,55	3264	1,85	3420	1,95				
6/2/15	2417	2,29	1666	2,17	2100	2,36	2410	2,32	3006	1,89	3694	1,92				
7/2/15	2448	2,16	1864	2,17	2390	2,49	2590	2,49	3300	1,89	3640	1,92				
8/2/15	2860	2,32	2910	2,38	2500	2,76	2620	2,74	2900	1,90	3790	1,90				
9/2/15	3616	2,21	3207	2,23	1990	2,76	2620	2,74	3400	1,91	3290	1,94				
10/2/15	1986	2,63	1917	2,75	2670	2,87			3970	1,69	3340	1,74				
11/2/15	2160	2,48	1948	2,53	280	2,30		2,29	2940	1,82	3970	1,89				
12/2/15	2108	2,42	1994	2,42	2750	2,39	2080	2,30	4060	1,69	4770	1,73				
13/2/15	3431	2,31	3909	2,35					3440	1,97	3930	1,99				

Mémoire de fin d'étude

Gauche		Droite		Gauche		Droite		Gauche		Droite		Gauche		Droite		Gauche		Droite		Gauche		Droite		Gauche		Droite	
Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3	Cl-ppm	SO3
4459	2,10	3731	2,09	6410	2,18	5440	2,14	2220	2,75	1797	2,88	3777	1,56	416	1,65	491	2,40	4034	2,48	8491	1,90	9076	1,81				
4407	2,33	4042	2,29	6590	2,95	5720	2,91	2790	2,76	2700	2,88	3914	1,57	4073	1,62	3795	2,15	3378	2,25	9900	2,08	9789	2,08				
3899	2,46	4102	2,42	3580	2,44	3244	2,44	2340	2,40	2050	2,46	2846	1,47	3282	1,57	3900	2,29	432	2,31	9986	2,01	9720	1,99				
3381	2,33	3782	2,37	4429	2,26	4697	2,25	2780	2,75	1630	2,86	3085	2,19	3586	2,17	3034	2,71	3809	2,83	9576	2,07	9638	2,13				
3791	1,82	3980	1,87	2773	1,93	2031	1,90	2190	2,75	1800	2,76	2914	1,99	3200	1,95	967	2,20	917	2,25	8990	1,75	9486	1,77				
2950	2,85	2805	2,74					825	2,83	1330	2,89	2800	2,10	2950	2,03	4977	2,31	4935	2,34	9068	1,91	918	1,96				
3471	2,20	2444	2,23					2800	2,85	1770	2,73	3720	2,28	3717	2,36	4995	2,47	5016	2,46	8006	1,99	7541	1,99				
3982	2,89	483	2,73																								
3240	2,86	2949	2,74	4930	2,89	3690	2,93																				
3063	2,20	2978	2,21	3940	2,20	402	2,21	792	2,90	1020	2,87	496	2,10	4989	2,24	4091	2,41	3825	2,41	7731	2,38	7405	2,41				
2625	2,34	2894	2,34	4310	2,25	4230	2,21			3890	2,90	521	2,23	5170	2,28	4983	2,41	482	2,41								
2922	2,34	2541	2,26	3900	2,45	4230	2,44	3049	2,96	2731	3,00	5254	1,90	5161	2,07	4986	2,36	4460	2,34								
3677	2,19	3682	2,23	555	2,20	3995	2,29	3807	2,67	4127	2,61	5334	2,10	5228	2,12	4779	2,30	4719	2,34								
4799	2,09	4699	2,06	4420	2,15	540	2,23	3273	2,91	3382	3,27	6128	1,82	6279	1,88	4497	2,82	4745	2,84								
4566	2,26	4686	2,40	4914	2,23	4766	2,23	3702	2,41	3789	2,41	8041	1,78	8288	1,84	4631	2,11	6200	2,14								
3740	2,40	3927	2,73	4990	2,28	5025	2,27	3955	2,14	3440	2,19	7864	1,87	7970	1,86	4447	2,29	4361	2,34								
3367	2,43	3342	2,49	4629	2,28	4705	2,44	3987	2,10	2899	2,19	10299	1,67	10546	1,67	8065	2,80	4936	2,84								
2140	2,85	1854	2,89	2800	2,81	3300	2,81	395	2,90	2786	2,49	1239	1,81	1879	1,88	3779	2,92	3867	2,92								
3061	2,87	2906	2,79	2223	2,45	1870	2,45	2254	1,93	2988	1,96	1825	1,73	11099	1,89												
1904	2,85	1963	2,82	2940	2,14	2690	2,31	2988	1,98	2478	2,10	8394	2,14	8333	2,10												
3629	2,79	206	2,70	2680	2,40	3781	2,89	3974	2,07	3288	2,21	483	2,61	3921	2,82												
4439	2,64	5188	2,67	3805	2,24	3630	2,22	325	1,82	3133	2,01	5967	2,85	4695	2,73	3988	3,18	426	3,22								
3617	2,63	2829	2,72	3846	2,21	3698	2,25	4124	1,97	3775	1,97	5960	2,77	5300	2,74	326	2,92	316	2,78								
4062	2,75	4722	2,79	3080	2,82	2640	2,45	4161	2,16	4411	2,14	4090	2,93	4278	2,76	8640	2,87	5012	3,05								
4561	2,45	4454	2,86	4417	2,29	4169	2,32	3936	2,92	3223	2,70	5966	2,28	6965	2,36	7900	1,79	6983	1,82								
4368	2,32	4620	2,32	2123	2,28	384	2,45	4695	2,32	5193	2,31	6228	2,51	6672	2,57	9855	1,95	9425	1,61								
4623	2,36	4669	2,34	3890	2,46	3240	2,82	4290	2,49	4921	2,42	7049	2,07	612	2,20	9864	1,93	1041	1,99								
5146	1,91	4625	1,99	3142	2,53	3063	2,57	4999	2,28	4723	2,36	6375	2,18	5947	2,18	9703	1,83	9698	1,94								
4580	1,95	4419	1,93	3084	2,27	305	2,28	4999	2,30	4973	2,37	7341	2,15	6997	2,20	10011	1,89	9924	1,74								
3433	2,28	2838	2,29	2433	2,57	2897	2,82	4642	2,19	4906	2,18	6006	1,86	6456	1,95	9873	1,82	9818	1,66								
2994	2,61	3980	2,53	3080	2,74	3030	2,75	5957	2,27	5966	2,30	7311	1,88	7040	1,92	9928	2,32	9988	2,32								
2630	2,82	2325	2,74	2300	2,83	1930	2,87	4348	2,04	4946	2,08	7099	1,84	7064	1,88	9147	2,37	10366	2,39								
2890	2,40	2920	2,53	2790	2,56	3340	2,85	1128	2,20	3331	2,26	7067	2,27	6909	2,17	8902	2,37	9581	2,41								
1610	2,29	2240	2,20	3900	2,82	3140	2,81	4972	2,10	4470	2,17	6906	1,82	632	1,86	6732	2,43	8879	2,43								
1691	2,14	1754	2,06	3500	2,82	3440	2,81	2433	1,91	2896	1,93	6727	1,79	6965	1,86	6923	2,89	6119	2,65								
2370	2,31	2930	2,31	2673	2,70	2805	2,85	3949	1,86	4226	1,87	7189	1,95	6726	1,95	9673	2,89	9682	2,70								
2447	2,29	1666	2,17	3333	2,34	2330	2,40	6283	1,61	5406	1,69	9601	1,80	8631	1,92	7302	2,76	7888	2,76								
2449	2,16	1884	2,17	2245	3,05	2622	3,12	4027	1,86	3984	1,72	6918	2,55	6292	2,67	8663	2,86	9427	2,66								
2860	2,32	2910	2,38	1621	3,05	1937	3,00	3319	1,88	3371	1,86	4304	2,10	4098	2,11	10661	2,86	10428	2,88								
3816	2,21	3207	2,23	1691	2,73	165	2,88	378	1,73	3653	1,77	3637	2,28	3498	2,18	8894	2,71	8010	2,70								
1866	2,63	1977	2,75	1846	2,93	638	3,08	4050	1,92	3743	1,92					719	1,78	6792	1,83								
2160	2,49	1949	2,53	2377	2,67	2177	2,81	4222	1,89	4088	1,91					7624	1,85	7879	1,84								
2108	2,42	1694	2,42	4391	2,17	3021	2,20	4088	2,25	412	2,29	346	2,59	326	2,41	7875	1,77	7882	1,76								
3431	2,31	3909	2,26	2030	2,95	1695	3,01	3794	2,10	3246	2,12	4474	2,32	4206	2,32	806	1,88	868	1,75								

Annalyse du Cl (ppm) et SO₃ (%) dans la farine Chade durant 2015 à CIMAT

Mémoire de fin d'étude

Variation de la teneur en SO₄(%) en fonction de la teneur en Chlore [ppm] (moyenne journalier 2015)

Date	01/04/15	50%	5/21/15	2370	2,31	13/31/15	2370	2,72	18/4/15	4673	1,89	22/5/15	6950	2,06
11/15	4459	2,10	6/21/15	2417	2,29	14/3/15	3120	2,31	19/4/15	3809	1,62	23/5/15	6300	1,97
21/15	4107	2,33	12/21/15	2448	2,16	15/3/15	3420	2,10	20/4/15	4436	1,75	24/5/15	7000	1,83
31/15	3999	2,46	18/21/15	2860	2,32	16/3/15	3470	2,80	21/4/15	3913	1,79	25/5/15	5660	2,14
41/15	3381	2,33	24/21/15	3616	2,21	17/3/15	2210	2,45	22/4/15	4256	1,73	26/5/15	5090	2,14
51/15	3791	1,82	10/21/15	1986	2,63	18/3/15	1720	2,65	23/4/15	3897	1,94	27/5/15	4140	2,37
61/15	2950	2,85	16/21/15	2160	2,48	19/3/15	1190	3,13	24/4/15	4900	1,75	28/5/15	6300	1,87
71/15	3471	2,20	12/21/15	2108	2,42	20/3/15	2280	2,52	25/4/15	3809	1,75	24/6/15	1318	2,99
81/15	3982	2,59	19/21/15	3431	2,31	21/3/15	2130	2,61	26/4/15	3460	1,59	25/6/15	5790	2,52
91/15	3240	2,66	14/21/15	3781	2,04	22/3/15	2390	2,36	27/4/15	2108	1,79	26/6/15	6410	2,18
10/15	3053	2,20	15/21/15	2388	1,98	23/3/15	2500	2,49	28/4/15	4210	1,94	27/6/15	5590	2,55
11/15	2525	2,34	16/21/15	2901	2,26	24/3/15	1990	2,76	29/4/15	5037	1,86	28/6/15	3580	2,44
12/15	2922	2,34	17/21/15	1734	2,69	25/3/15	2670	2,87	30/4/15	3570	1,94	29/6/15	4429	2,36
13/15	3577	2,19	18/21/15	1319	2,75	26/3/15	2180	2,30	15/5/15	4302	2,06	30/6/15	2173	1,93
14/15	4789	2,09	19/21/15	1076	2,27	27/3/15	2750	2,39	21/5/15	3626	1,93	4/7/15	4930	2,69
15/15	4556	2,35	20/21/15	2601	2,85	28/3/15	2030	2,71	31/5/15	3264	1,85	5/7/15	3940	2,20
16/15	3740	2,40	21/21/15	2315	2,87	29/3/15	3290	2,24	4/5/15	3006	1,89	6/7/15	4310	2,25
17/15	3357	2,43	22/21/15	1976	2,64	30/3/15	4127	2,36	5/5/15	3300	1,89	7/7/15	3910	2,45
18/15	2140	2,65	23/21/15	2394	2,57	31/3/15	2940	2,33	6/5/15	2900	1,90	8/7/15	5515	2,20
19/15	3061	2,87	24/21/15	2650	2,51	24/4/15	1390	2,59	7/5/15	3400	1,91	9/7/15	4420	2,15
20/15	1904	2,55	25/21/15	2100	2,75	34/4/15	2800	2,34	8/5/15	3970	1,69	10/7/15	4914	2,23
21/15	3628	2,79	26/21/15	1150	2,71	44/4/15	2560	2,37	31/5/15	2940	1,82	11/7/15	4990	2,28
22/15	4439	2,64	27/21/15	1980	2,17	54/4/15	2660	2,39	10/5/15	4060	1,69	12/7/15	4529	2,38
23/15	3617	2,63	28/21/15	2540	2,08	64/4/15	1820	2,22	11/5/15	3440	1,97	13/7/15	2810	2,51
24/15	4062	2,75	13/3/15	3440	2,40	74/4/15	2870	2,73	12/5/15	2710	2,01	14/7/15	2233	2,45
25/15	4561	2,45	21/3/15	3340	2,46	84/4/15	2470	2,77	13/5/15	3110	1,66	15/7/15	2940	2,14
26/15	4358	2,32	31/3/15	2940	2,44	94/4/15	2380	2,55	14/5/15	4120	2,24	16/7/15	2660	2,40
27/15	4623	2,36	4/3/15	3240	2,49	104/4/15	1700	2,08	15/5/15	3452	1,89	17/7/15	3805	2,24
28/15	5146	1,91	5/3/15	2580	2,42	114/4/15	2531	2,06	16/5/15	4238	1,79	18/7/15	3846	2,21
29/15	4560	1,95	6/3/15	2220	2,79	124/4/15	2864	2,13	17/5/15	3590	2,03	19/7/15	3060	2,52
30/15	3433	2,28	7/3/15	2010	2,42	134/4/15	2890	2,12	18/5/15	4141	1,80	20/7/15	4417	2,29
31/15	2964	2,61	8/3/15	1740	2,63	144/4/15	3013	2,26	19/5/15	4632	1,71	21/7/15	2123	2,38
1/21/15	2630	2,82	9/3/15	3130	2,40	154/4/15	2990	2,10	20/5/15	4820	1,83	22/7/15	3690	2,46
2/21/15	2660	2,40	10/3/15	3204	1,94	164/4/15	4136	1,95	21/5/15	4640	1,67	23/7/15	3142	2,53
3/21/15	1610	2,29	11/3/15	2429	2,22	174/4/15	4287	1,88	24/5/15	3084	2,37	24/7/15	3084	2,37
4/21/15	1591	2,14	12/3/15	2990	2,54	184/4/15	4673	1,89	25/7/15	2433	2,57	25/7/15	2433	2,57

Mémoire de fin d'étude

26/7/15	3660	2,74	27/8/15	3936	2,62	7/10/15	8841	1,78	13/11/15	4916	2,47	20/12/15	8491	1,80
27/7/15	2300	2,63	31/8/15	4685	2,32	8/10/15	7664	1,87	14/11/15	3776	2,42	21/12/15	9800	2,08
28/7/15	2730	2,56	4/9/15	4250	2,43	9/10/15	10299	1,67	15/11/15	4081	2,41	22/12/15	9996	2,01
29/7/15	3510	2,82	5/9/15	4998	2,28	10/10/15	12129	1,68	16/11/15	4593	2,41	23/12/15	9576	2,07
30/7/15	3510	2,82	6/9/15	4588	2,30	11/10/15	11625	1,73	17/11/15	4966	2,36	24/12/15	8990	1,75
31/7/15	2673	2,70	11/9/15	4642	2,13	12/10/15	8394	2,04	18/11/15	4779	2,30	25/12/15	9068	1,91
1/8/15	3333	2,34	8/9/15	5167	2,27	13/10/15	4183	2,61	19/11/15	4487	2,52	26/12/15	8006	1,98
2/8/15	2245	3,05	9/9/15	4348	2,04	14/10/15	5067	2,65	20/11/15	4631	2,11	27/12/15	8020	2,27
3/8/15	1621	3,05	10/9/15	1128	2,20	15/10/15	5560	2,77	21/11/15	4447	2,29	28/12/15	7760	2,30
4/8/15	1351	2,73	11/9/15	4872	2,03	16/10/15	4050	2,59	22/11/15	5065	2,60	29/12/15	7731	2,38
5/8/15	1846	2,93	12/9/15	2433	1,91	17/10/15	5966	2,28	23/11/15	3779	2,92	30/12/15	7520	2,09
6/8/15	2377	2,67	13/9/15	3849	1,86	18/10/15	6528	2,51	27/11/15	3958	3,19			
7/8/15	4291	2,17	14/9/15	5283	1,61	19/10/15	7048	2,07	28/11/15	3926	2,92			
8/8/15	2030	2,95	15/9/15	4027	1,66	20/10/15	6975	2,18	29/11/15	5840	2,57			
9/8/15	2220	2,75	16/9/15	3319	1,88	21/10/15	7341	2,15	30/11/15	7190	1,79			
10/8/15	2190	2,76	17/9/15	3176	1,73	22/10/15	6606	1,86	1/12/15	9655	1,55			
11/8/15	2340	2,40	18/9/15	4050	1,92	23/10/15	7311	1,88	2/12/15	9854	1,93			
12/8/15	2760	2,75	19/9/15	4122	1,89	24/10/15	7068	1,84	3/12/15	9703	1,83			
13/8/15	2130	2,75	20/9/15	4088	2,25	25/10/15	7067	2,27	4/12/15	10011	1,69			
14/8/15	1825	2,53	21/9/15	3784	2,10	26/10/15	6606	1,82	5/12/15	9673	1,62			
15/8/15	2180	2,65	22/9/15	3273	1,82	27/10/15	6727	1,79	6/12/15	9928	2,32			
16/8/15	792	2,50	23/9/15	3777	1,56	28/10/15	7158	1,85	7/12/15	9147	2,37			
20/8/15	3049	2,95	24/9/15	3914	1,57	29/10/15	9601	1,80	8/12/15	8902	2,37			
21/8/15	3807	2,67	25/9/15	2848	1,47	30/10/15	6518	2,55	9/12/15	8732	2,43			
22/8/15	3273	2,91	26/9/15	3085	2,19	31/10/15	4304	2,03	10/12/15	5923	2,59			
23/8/15	3702	2,41	27/9/15	2914	1,99	1/11/15	3637	2,28	11/12/15	8153	2,69			
24/8/15	3565	2,04	28/9/15	2500	2,00	4/11/15	3415	2,59	12/12/15	7302	2,76			
25/8/15	3387	2,15	29/9/15	3720	2,28	5/11/15	4474	2,32	13/12/15	8663	2,66			
26/8/15	3195	2,50	30/9/15	5370	1,89	6/11/15	4181	2,40	14/12/15	10661	2,66			
27/8/15	2354	1,93	11/10/15	5131	2,26	7/11/15	3755	2,15	15/12/15	8894	2,71			
28/8/15	2988	1,98	21/10/15	4956	2,10	8/11/15	3600	2,29	16/12/15	7178	1,78			
29/8/15	3974	2,07	31/10/15	5231	2,23	9/11/15	3034	2,71	17/12/15	7624	1,65			
30/8/15	3215	1,92	4/11/15	5254	1,90	10/11/15	5617	2,20	18/12/15	7875	1,77			
31/8/15	4124	1,97	5/11/15	5334	2,03	11/11/15	4977	2,31	19/12/15	8106	1,68			
1/9/15	4161	2,15	6/11/15	6128	1,82	12/11/15	4905	2,47						

Références :

- [1] Wikipédia
- [2] ANNABA Khadija. Ciment Matériau de construction, projet de fin d'étude, Université Sultan Moulay Slimane Faculté des Sciences et des Techniques de Béni Mellal. 2014
- [3] ELHAMDAOUNI Btissam. Contrôle des Doseurs au sein de HOLCIM (REM), Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Faculté des sciences et des techniques Fès.2010/2011.P.18-19.
- [4] M.CHIKHBIHI. Améliorer la fiabilité des équipements mécaniques de la laverie. Office Chérifienne de Phosphate ELYOUSSOFIA. Rapporte de stage d'ombouche.2013.P48.
- [5] Manuel de Maintenance et Pièce de Rechange, Cimenterie d'atlas, Béni mellal.2011,E11.28.P3-5.
- [6] S. Brooks, D.B. Mea dowcroft, Corrosion Resistant Mat e rials, Applied Sci. Publish. , London , 105, 1983.
- [7] .M. HAZI – POCEDIS - Verneuil en halatte Processus d'interaction corrosion / érosion / dépôt dans les enceintes de traitement thermique des déchets. ETUDE N° 03-0223/1A.2006.P.57-60.
- [8] M.A. Uusitalo, P.M.J. Vuoristo, T.A. Mantyla, Corrosion Scien ce 46, 2004.
- [9] D.A.Vaughan,H.H.Krause, W.D. Boyde, Proc.Int. Conf. on Ash Deposits and Corrosion, Henniker, New Hampshire, 26 June, 473, 1997.
- [10] M. HAZI – POCEDIS - Verneuil en halatte Processus d'interaction corrosion / érosion / dépôt dans les enceintes de traitement thermique des déchets. ETUDE N° 03-0223/1A.2006.P.57-60.
- [11] Vuthaluru H.B., Fuel, 78, 1789-1803, 1999