

SOMMAIRE

ملخص

Résumé

Abstract

Introduction.....	01
Contexte générale de l'étude.....	01
Objectifs de l'étude	02
Methodologies du travail.....	02

PREMIER CHAPITRE

Le ciment

I-1 Introduction	4
I-2 Histoire des ciments.....	4
I-3 Les étapes de fabrication du ciment	5
I-3-1 L'extraction et la préparation des matières premières	5
I-3-2 Les échage et le broyage.....	6
I-3-3 La Cuisson.....	6
I-3-4 Le broyage du clinker	7
I-3-5 Les expéditions	8
I-4 Principe de fabrication des ciments portland.....	8
I-4-1 Fabrication par voie humide	10
I-4-2 Fabrication par Voie sèche	11
I-5 Constituants principaux du ciment et les additions	13
I-5-1 Constituants du clinker	13
I-5-1-1 Préparation de la matière première	13
I-5-1-2 Qualité du clinker	14
I-5-2 Le Sulfate de Calcium (Le gypse - CaSO_4).....	15
I-6 Principales Catégories des Ciments.....	15
I-7 Les Constituants anhydres du ciment (CPA)	16
I-7-1 Composition chimique.....	16
I-7-2 Performance des ciments	17
I-7-3 Composition minéralogique	18
I-7-3-1 Le silicate tricalcique (Alite) C_3S	18
I-7-3-2 Le silicate bicalcique (belite) C_2S	18
I-7-3-3 Les aluminates tricalciques (C_3A)	19
I-7-3-4 L'alumino -ferrite tétracalcique.....	19

I-7-3-5 La chaux CaO libre.....	19
I-7-4 Composition potentielle du ciment (équation de bogue).....	19
I-7-5 Composition chimique des minéraux	20
I-8 Hydratation du ciment Portland.....	20
I-8-1 Introduction	20
I-8-2 Hydratation des composants du ciment Portland	21
I-8-2-1 Hydratation du silicate tricalcique C ₃ S.....	21
I-8-2-2 Hydratation du silicate bi calcique C ₂ S	22
I-8-2-3 Hydratation de l'aluminate tricalcique C ₃ A	22
I-8-2-4 Hydratation de l'aluminoferrite tétracalcique C ₄ AF	23
I-9 CONCLUSION	24

DEUXIEME CHAPITRE

Les ajouts minéraux

II-1 Introduction	26
II-1-1 Avantages techniques	26
II-1-2 Avantages économiques	26
II-1-3 Avantages écologiques	27
II-2 Classification des ajouts minéraux	27
II-2-1 Principaux ajouts minéraux inertes	27
II-2-1-1 Fillers calcaires	27
II-2-1-2 La poussière	28
II-2-2 Les ajouts minéraux actifs	28
II-2-2-1 La pouzzolane.....	28
II-2-2-1-1 Propriétés et caractéristiques des pouzzolanes.....	29
II-2-2-2 Fumée de silice	33
II-2-2-3 Le laitier de haut fourneau	32
II-2-2-3-1 Types de laitier (propriétés et mode de fabrication.....	31
II-2-2-3-2 Caractéristiques des laitiers.....	32
II-2-2-4 Les cendres volantes.....	32

TROISIEME CHAPITRE

Le laitier de haut fourneau

III-1 L'histoire des ciments aux laitiers	35
III-2 Définition	35

III-3 Caractéristiques des laitiers	36
III-4 Effet du laitier de haut fourneau	36
III-5 Composition chimique	37
III-6 Composition minéralogique	37
III-7 Les différentes formes de laitiers	38
III-7-1 Laitier rocheux (ou cristallisé)	38
III-7-2 Laitier bouleté	38
III-7-3 Laitier expansé	39
III-7-4 Laine de laitier et laine de roche	39
III-7-5 Laitier granulé	39
III-8 Emploi du laitier en cimenterie	40

QUATRIEME CHAPITRE

Le processus de fabrication du ciment dans Lafarge Holcim de m'sila

IV-1 Carrière	42
IV-2 Broyage cru et cuisson	42
IV-3 Broyage, stockage, conditionnement, expédition	43

CANQUIQME CHAPITRE

EXPERIMENTATION

V-1 Matières Premières.....	45
V-1-1 Laitier	45
V-1-1-1 Composition chimique de laitier	45
V-1-2 Le clinker	45
V-1-2-1 Composition chimique et minéralogique du clinker	46
V-1-3 Le gypse	46
V-1-3-1 Composition chimique	46
V-2 Formulation des Ciments	47
V-2-1 Composition pondérale des différents ciments	47
V-2-2 Analyses chimiques des différents ciments préparés séparée et simultanée	47
V-3 Formulation des mortiers normalisés	48

V-3-1 L'eau de gâchage	48
V-4 Mesures expérimentales	49
V-4-1 Essai sur ciment anhydre	49
V-4-1-1 Masse volumique absolue	49
V-4-1-2 Mesure de la finesse du ciment (Norme NF P 15-442 -EN-196-6)	50
V-4-1-3 Analyse granulométrique (Méthode alpine)	52
V-4-2 Essais sur ciment hydraté (pâtes de ciment)	54
V-4-2-1 Essai De Consistance (Norme EN 196-3 2005).....	54
V-4-2-2 Essai de Prise	56
V-4-2-3 Essai de stabilité.....	57
V-4-3 Essai sur Mortier	59
V-4-3-1 Mortier normalisé.....	59
V-4-3-3 Mesure du Retrait sur éprouvette de mortier normal	62
V-4-3-4 La Chaleur d'hydratation (La méthode semi-adiabatique)	64

SIXIEME CHAPITRE

Résultats Expérimentaux et Interprétation

VI -1 Introduction	72
VI -2 Facteurs de Qualité du Clinker	72
VI -2-1 Broyabilité du clinker	72
VI-2-2 Qualité du clinker	72
VI-3 Influence du Taux d'ajout laitier Sur le Poids Spécifique du Ciment	72
VI-4 Influence du Taux d'ajout laitier Sur la Surface Spécifique du Ciment.....	74
VI -5 Influence du Taux d'ajout laitier Sur la Pâte de Ciment.....	76
VI -5-1 Influence du taux d'ajout laitier Sur la Consistance Normale.....	76
VI-5-2 Influence du Taux d'ajout laitier sur le Temps de Prise	77
VI-5-3 Influence du Taux d'ajout laitier Sur la Stabilité du Ciment	78
VI-6 Influence du Taux d'ajout laitier Sur Le Mortier à base de sable Normalisé.....	80
VI-6-1 Résistance à la Compression.....	80
VI-7 Effet du Taux d'ajout laitier (effet chimique) Sur Le Retrait.....	83
VI-8 Effet du Taux d'ajout laitier (effet chimique) Sur Le Gonflement.....	84
VI -9 Effet du Taux d'ajout Laitier (effet chimique) Sur La Chaleur d'hydratation.....	85
VI-9-1 Effet du Chaleur d'hydratation Sur le Temps de Prise.....	87
VI-9-1-1 Début de prise.....	87
VI-9-1-2 fin de prise.....	88

VI-10 Analyse Granulométrique.....	89
VI -10-1 Granulométrie à Méthode Alpine.....	89
VI -10-2 La Relation entre la surface spécifique et les analyses granulométriques.....	90
Conclusion générale.....	92
Bibliographie.....	94