

45 0441



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة المسيلة
UNIVERSITÉ DE M'SILA

كلية التكنولوجيا
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

قسم الهندسة المدنية والري
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL ET L'HYDRAULIQUE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT

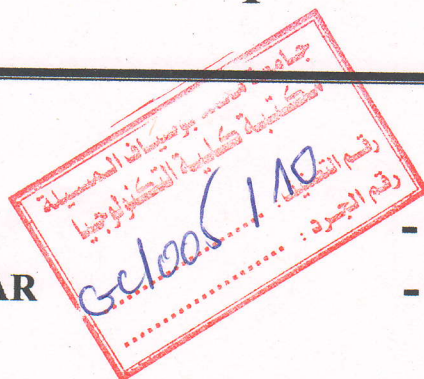
OPTION : MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Thème :

*L'influence du verre broyé sur les
caractéristiques physico-mécanique
du ciment blanc et du ciment
composé*

Dirigé par :

- M^m.L.ZEGHICHI
- Mr. NOUI AMMAR



Présenté par :

- GHARBI MOURAD
- BABOUCHE ABDNNOUR

Promotion : Juin 2010

SOMMAIRE

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
INTRODUCTION GENERALE.....	1

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

PREMIER CHAPITRE LES CIMENTS

I.1. LE CIMENT PORTLAND.....	4
I.1.1. HISTORIQUE.....	4
I.1.2. FABRICATION DU CIMENT.....	4
I.1.3. MATIERE PREMIERE.....	5
I.1.3.1. Composants principaux.....	5
I.1.3.2. Composants secondaires.....	6
I.1.4. PREPARATION DU CRU.....	8
I.1.5. CUISSON ou CALCINATION.....	10
I.1.6. BROyage DU CIMENT.....	12
I.1.7. LE CLINKER.....	15
I.1.7.1. Composition chimique du clinker.....	15
I.1.7.2. Les Principaux minéraux du Clinker.....	16
I.1.7.3. Calcul de la composition minéralogique du clinker.....	16
I.1.7.4. Les Modules.....	18
I.1.8. HYDRATATION.....	21
I.1.8.1. Réactions d'hydratation.....	21
I.1.8.2. Mécanisme de prise et du durcissement.....	21
I.1.8.3. Cinétique et chaleur d'hydratation.....	22
I.1.8.4. Facteurs influents sur la cinétique d'hydratation.....	24
I.1.8.5. La réactivité hydraulique des différents constituants.....	25
I.1.8.6. Les hydrates nature et morphologie.....	26
I.1.8.6.1. L'hydroxyde de calcium.....	26
I.1.8.6.2. L'Ettringite (AFt) et le monosulfate (AFm).....	26
I.1.8.6.3. Le gel CSH.....	27
I.1.9. PROPRIETES TECHNIQUES DU CIMENT PORTLAND.....	28
I.1.9.1. La résistance mécanique.....	28
I.1.9.2. La consistance normale.....	29
I.1.9.3. La prise du ciment.....	29
I.1.9.4. L'uniformité de la variation volumique.....	29
I.1.9.5. La chaleur d'hydratation.....	30
I.1.9.6. Le retrait et le gonflement.....	30
I.2. LES AJOUTS CIMENTAIRES.....	32
I.2.1. GEBERALITES.....	32
I.2.2. CLASSIFICATION DES AJOUTS.....	32
I.2.3. BENEFICES DE L'UTILISATION DES AJOUTS MINERAUX.....	33
I.2.4. LES DIFFERENTS TYPES D'AJOUTS.....	34
I.2.4.1. Les cendres volantes (V).....	34

I.2.4.1.1. Les cendres volantes de classe F	35
I.2.4.1.2. Les cendres volantes de classe C	35
I.2.4.1.3. Effet des cendres volantes	35
I.2.4.2. Le laitier de haut fourneau	36
I.2.4.2.1. Effet du laitier de haut fourneau	37
I.2.4.2.2. Types de laitier	37
I.2.4.2.3. Caractéristiques des laitiers	37
I.2.4.2.4. Composition chimique	38
I.2.4.2.5. Composition minéralogique	38
I.2.4.3. Les fumées de silice	39
I.2.4.3.1. Effet de la fumée de silice	40
I.2.4.4. La pouzzolane	41
I.2.4.4.1. Définition	41
I.2.4.4.2. Type de pouzzolane	41
I.2.4.4.3. Effet de La pouzzolane	42
I.2.4.5. Les Fillers	42
I.2.4.5.1. Définition	42
I.2.4.5.2. Effet des fillers	43
I.2.4.6. le Gypse	43
I.3. CLASSIFICATION DES CEMENTS	44
I.3.1. D'après leur composition	44
I.3.2. En fonction de leur résistance normale	44

DEUSIEME CHAPITRE LES DECHETS

II.1-INTRODUCTION.....	48
II.2-LAITIERS	49
II.2.1-Laitier de haut fourneau.....	49
II.2.1.1-Le laitier refroidi à l'air	49
II.2.1.2-Laitier expansé.....	49
II.2.2-Laitier d'acier.....	50
II.2.3-Autres laitiers métallurgiques	50
II.3 –SOUS-PRODUITS PROVENANT DES CENTRALES THERMIQUES.....	50
II.3.1-Mâchefer	50
II.3.2-Scories de sole	51
II.3.3-Cendres volantes	51
II.4 –DECHETS PROVENANT DE L'EXPLOITATION DE MINES ET DE CARRIERES.....	52
II.5 – DECHETS DIVERS.....	52
II.5.1-Déchets de mines de charbon.....	52
II.5.2-Verre de récupération	53
II.5.3-Résidus d'incinérateurs	53
II.5.4-Boues rouges	54
II.5.5-Argile cuite	54
II.5.6-Sciure de bois.....	54
II.6- PRODUITS DE RECYCLAGE.....	55
II.7- DECHETS PROVENANT DES DEMOLITIONS.....	55
II.8- EXEMPLES PRATIQUES DE RECUPERATION.....	56
II.8.1 Recyclage du béton en BELGIQUE.....	56
II.8.2. Recyclage du verre à QUEBEC.....	56

TROISIEME CHAPITRE LE VERRE

III.1.INTRODUCTION	58
III.2.L'ETAT PHYSIQUE DU VERRE.....	58
III.2.1.Définition du verre.....	58
III.2.2.Description de la molécule de silice.....	58
III.2.3.L'état vitreux.....	59
III.2.4.Le passage de l'état vitreux à l'état cristallisé.....	59
III.2.5.La viscosité.....	59
III.3.LES PROPRIETES DU VERRE.....	60
III.3.1.Propriétés physiques.....	60
III.3.2.Propriétés thermiques.....	60
III.3.3.Propriétés chimiques.....	60
III.4.LA COMPOSITION DU VERRE.....	61
III.4.1.Les oxydes formateurs (les vitrifiants).....	61
III.4.2.Les oxydes modificateurs.....	62
III.4.3.Les stabilisants	62
III.4.4.Les colorants	63
III.5.LA FABRICATION DU VERRE.....	63
III.5.1.Les différents procédés de mise en forme du verre	63
III.6.UTILISATION DU VERRE DANS LE CIMENT PORTLAND.....	64
III.7.LE VERRE EN GRANULAT AU BETON OU EN POUDRE DANS LE CIMENT.....	64
III.8.LA POUDRE DE VERRE.....	65
III.8.1.Broyage du verre.....	65
III.8.2.Analyse chimique par ICP.....	66
III.8.3.Observation de la poudre de verre.....	66
III.9 EXIGENCES POUR UNE POUDRE DE VERRE.....	67
III.9.1 Finesse	67
III.9.2 Heure réglage initial	67
III.9.3 Bien-fondé	67
III.9.4 la teneur en chlorures	67
III.9.5 teneur en alcalis	67
III.9.6 Teneur en eau	68

PARTIE PRATIQUE

QUATRIEME CHAPITRE METHODES D'ESSAI

IV.1.PROCEDURE EXPERIMENTALE.....	70
IV.1.1.Préparation des ciments étudiés.....	70
IV.1.2. Les essais réalisés.....	70
IV.2. METHODES D'ESSAIS ET NORMES.....	71
IV.3.DESCRPTION ET MODE OPERATOIRE DES ESSAIS	72
IV.3.1. ESSAIS SUR CEMENTS.....	72
IV.3.1.1 : Ciments anhydres	72
IV.3.1.1.1.Masse volumique absolue.....	72
IV.3.1.1.2. Mesure de la finesse.....	74

IV.3.1.2 : Pâtes de Ciment	76
IV.3.1.2.1. Mesure de la consistance de la pâte.....	76
IV.3.1.2.2. Mesure des temps de début et fin de prise.....	78
IV.3.3. ESSAIS SUR MORTIER	80
IV.3.3.1. Mesure des résistances à la compression et à la traction.....	80
IV.3.3.2. Mesure du retrait et gonflement sur éprouvettes de mortier.....	84

CINQUIEME CHAPITRE RESULTATS ET INTERPRETATION

I.PRESENTATION DU MATERIAU.....	88
V.1.ESSAIS REALISES.....	89
V.1.1.Sur ciment anhydre.....	89
V.1.2.Sur la pâte de ciment.....	89
V.1.3.Sur le mortier normal (1/3).....	89
V.1.4.L'action du milieu agressif.....	89
V.2.RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS.....	90
V.2.1.La masse volumique apparente	90
V.2.2.La masse volumique absolue	90
V.2.3.la surface spécifique de Blaine.....	91
V.2.4.Fluorescence aux rayons X.....	92
V.3.ESSAIS SUR LA PATE	94
V.3.1.la consistance normale	94
V.3.2.Le délai de prise (début).....	96
V.3.3.La résistance mécanique.....	97
V.4.ESSAI SUR LE MORTIER.....	101
V.4.1.Essai de la maniabilité.....	101
V.4.2.Essai de compression	102
V.4.3.Essai de la résistance à la flexion.....	105
V.4.4.mesure du retrait.....	107
V.5.L'ACTION DU MILIEU AGRESSIF.....	109
V.5.1.La perte de poids.....	109
V.5.2.la résistance a la compression.....	111
CONCLUSION GENERALE.....	112
REFERENCES.....	113

INDEXE

INDEXE DES TABLEAUX.....	113
INDEXE DES FIGURES.....	115