

009



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Ministère de l'enseignement supérieure  
et de la recherche scientifique

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté de technologie



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Département de GENIE CIVIL

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de  
MASTER

FILIERE : Génie Civil

SPECIALITE : Matériaux

THEME

Effet de l'ajout laitier et la cure sur les  
propriétés physico mécanique du béton.

Dirigé par :  
Mlle. Boualeg Saaida



Présenté par :  
Yagoubi Abderraouf

Promotion 2014/2015

1.6. Propriétés des bétons.....	12
1.6.1. Le béton frais.....	13
<b>Sommaire</b>	
Dédicace.....	14
Remerciement.....	14
Résumé.....	15
Liste des figures.....	15
Liste des tableaux.....	16
Introduction générale.....	16
Chapitre 1 : Le béton	
1.1. Bref historique.....	3
1.2. Définition :.....	3
1.3. Types de bétons.....	4
1.4. Les constituants de béton :.....	4
1.4.1. Le ciment.....	4
1.4.1.1 Dosage en ciment :.....	5
1.4.1.2 Dosage en ciment et résistances mécaniques.....	5
1.4.2 L'eau.....	5
1.4.3. Les granulats.....	5
1.4.3.1. Classes granulaires.....	6
1.4.3.2. Module de finesse.....	6
1.4.3.3. Coefficient d'aplatissement.....	7
1.4.3.4. Les caractéristiques physico-chimiques.....	7
1.4.3.5. Les caractéristiques mécaniques.....	7
1.4.3.6. Les différents types de granulats.....	8
1.4.4. Les adjuvants.....	10
1.4.4.1. Le rôle des adjuvants.....	10
1.4.4.2. La classification.....	10
1.5. Formulation.....	11

1.6. Propriétés des bétons.....	12
1.6.1. Le béton frais.....	13
1.6.2. Le béton durci.....	14
1.6.2.2. Les résistances mécaniques.....	14
1.6.3. Variations volumiques.....	15
1.6.3.1. Le retrait hydraulique avant prise et en cours de prise.....	15
1.6.3.2. Le retrait hydraulique à long terme.....	16
1.6.3.3. Le retrait thermique.....	16
Chapitre 2: Le ciment	
2.1 Introduction.....	16
2.2 Définition du ciment.....	16
2.3 Les Constituants du ciment.....	16
2.3.1 Le Clinker:.....	16
2.3.2 Le gypse( $\text{CaSO}_4$ ).....	18
2.3.3 Les ajouts minéraux.....	18
2.4 Hydratation du ciment.....	18
2.4.1 Introduction.....	18
2.4.2 Hydratation des composants du ciment Portland.....	19
2.4.2.1 Hydratation du silicate tricalcique C3S.....	19
2.4.2.2 Hydratation du silicate bi calcique C2S.....	20
2.4.2.3 Hydratation de l'aluminate tricalcique C3A.....	20
2.4.2.4 Hydratation de l'alumino ferritetétracalcique $\text{C}_4\text{AF}$ .....	21
2.4.3 Conclusion.....	22
Chapitre 3: les ajouts minéraux	
Introduction.....	23
3.1 Classification des ajouts minéraux.....	23
3.1.1 Principaux ajouts minéraux inertes.....	23
3.1.1.1 Fillers calcaires.....	24

3.1.1.2 La poussière.....	24
3.1.2 Les ajouts minéraux actifs.....	24
3.1.2.1 La pouzzolane.....	24
3.1.2.2 la fumée de silice.....	24
3.1.2.3 Le laitier de haut fourneau.....	25
3.1.2.4 Les cendres volantes.....	26
3.2 Action des additions minérales sur les matériaux cimentaires.....	26
3.3 L'intérêt de l'utilisation des ajouts minéraux dans le génie civil.....	26
3.3.1 Intérêt du point de vue économique.....	26
3.3.2 Intérêt du point de vue technique.....	27
3.3.3 L'utilisation des ajouts en Algérie.....	27
3.4 Hydratation des liants composés avec laitiers.....	28
3.4.1 Fabrication du laitier de haut fourneau.....	28
3.4.2.Hydratation du laitier pur.....	30
Caractéristiques des hydrates formés en présence de clinker .....	32
3.5. Influence sur les caractéristiques des bétons frais.....	33
3.6. Comportement mécanique des ciments au laitier.....	34
3.7. Influence de la composition chimique .....	34
3.8.Influence de la porosité de la pâte du ciment .....	34
3.9. Influence de la finesse de mouture (surface spécifique) .....	35
3.10. Influence de la concentration de l'activant .....	35
3.11. Influence de la température de cure.....	35
Chapitre 4: la Cure du béton .....	62
4.1Cure du béton .....	36
4.2Importance de la cure .....	37
4.3Amélioration de la cure .....	37
4.4LA CURE DU BETON : une prévention contre la fissuration précoce.....	37
4.5 Définition .....	38

4.6 Le rôle de la cure vis-à-vis du phénomène de dessiccation .....	39
4.6.1. Les besoins de la cure .....	39
4.6.2. Les différentes étapes du déroulement de la cure.....	41
4.6.3. Les différents procédés de cure du béton .....	42
4.7. Importance et nécessité de la cure.....	44
4.7.1. La fragilité du béton frais .....	44
4.7.2. Les problèmes de cure.....	46
 Chapitre 5:Influence de la température sur les caractéristiques des matériaux	
5.1. Introduction .....	48
5.2. Influence de la température sur la résistance en compression .....	48
5.4. Influence de la température sur le développement microstructural .....	49
5.4.1 Développement microstructural. ....	49
5.3.2 Degré d'hydratation.....	52
5.3.3.Porosité.....	53
5.4 Influence sur les produits d'hydratation.....	54
5.4.1 C-S-H.....	54
5.4.2 Ettringite et phases Afm.....	57
 Chapitre 6 : caractéristiques des matériaux techniques expérimentales	
6.1.Introduction:.....	59
6.1.3.L'adjuvant MEDAFLOW 30:.....	60
6.1.4 Le laitier.....	61
6.1.5 L'EAU DE GACHAGE : .....	62
6.1.5.1. Caractéristique chimique de l'eau utilisée : .....	62
6.1.6 SABLE D'OUED (BOUSAADA): .....	62
6.1.6.3 Les Caractéristiques chimiques du sable de Boussaâda : .....	69
6.1.7 GRAVIER : .....	70
6.1.7.1. Origine de gravier: .....	70
6.1.7.4 Les caractéristiques mécaniques des graviers utilisés: .....	74

6.1.7.5 Caractéristiques chimiques des graviers utilisés :.....	75
6.2 Technique expérimentale.....	76
6.2.1. Introduction .....	76
6.2.2. La formulation des bétons .....	76
6.2.2.1 Méthode de formulation de Dreux- Gorisse .....	76
6.2.1.1 Dosage en ciment et en eau :.....	77
6.2.1.2. Dosage en pourcentage des granulats :.....	79
6.2.1.3. Dosage en masse des granulats :.....	81
6.2.2. Détermination des compositions de béton utilisé (béton ordinaire).....	83
6.3. Préparation de mélange :.....	85
6.4. Confection des éprouvettes :.....	85
6.5. Conservation des éprouvettes :.....	86
6.6. Essai sur béton :.....	86
6.6.1. Contrôle du béton à l'état frais :.....	86
6.6.1.1. Définition :.....	86
6.6.1.2. essai d'affaissement au cône d'abrams "slump-test" :(NF P 18-451).....	86
6.6.1.3. La masse volumique du béton a l'état frais :.....	87
6.6.2. Contrôle du Béton à l'état durci :.....	87
6.6.2.1. La masse volumique a L'état durci :.....	87
6.6.2.2. Essai de compression .....	88
6.6.2.3. Essai pour évaluation de la porosité .....	88
Chapitre 7: Résultats et discussions .....	109
7-1- les résistances à la compression et à la flexion des bétons étudiés (BT, B 30% L) conservés à l'eau et à l'air :.....	106 90
7-1-1- Conservation à l'air :.....	90
7-1-1-1- Béton témoin (BT):.....	90
7-1-1-2- Béton 30% laitier (B30) : .....	91
7-1-1-3- comparaison de la résistance mécanique entre les deux types béton étudié :.....	92

7-1-2- Conservation à l'eau :	94
7-1-2-1-Béton témoin (BT):	94
7-1-2-2-Béton laitier (BL30):	95
7-1-2-3- comparaison de la résistance mécanique entre les deux types béton étudié :	96
7-1-3- Comparaison entre la résistance mécanique par rapport de mode de conservation :	97
7-2- La porosité des bétons étudiés (BT, B 30% L) conservés à l'eau et à l'air :	99
7-2-1- Conservation à l'air :	99
7-2-1-1-Béton témoin (BT):	99
7-2-1-2-Béton 30% laitier (B30) :	99
7-2-1-3- comparaison de la porosité entre les deux types béton étudié :	100
7-3-1- Conservation à l'eau :	101
7-3-1-1-Béton témoin (BT) :	101
7-3-1-2-Béton 30% laitier (B30) :	101
7-3-1-3- comparaison de la porosité entre les deux types béton étudié :	102
7-3-1-4 Comparaison la porosité par rapport de mode de conservation :	102
7-5- la résistance à la compression des bétons étudiés (BT, B 30% L) a l'étuvage:	103
7-5-1- Conservation 50 :	103
7-5-1-1-Béton 30% laitier (B30).....	103
7-5-1-2-Béton témoin (BT) :	104
7-5-1-3- comparaison de la résistance mécanique entre les deux types béton étudié :	104
7-5-2- Conservation 60 :	105
7-5-2-1-Béton témoin (BT):.....	105
7-5-2-2-Béton 30 laitier (BT):	106
7-5-2-3- comparaison de la résistance mécanique entre les deux types béton étudié :	107
7-5-2-4-Béton 30% laitier (B30).....	108
7-6- la porosité des bétons étudiés (BT, B 30% L) conservés à l'air	109
7-6-1- Conservation 50°C :	109
7-6-1-1-Béton témoin (BT).....	109

## Listes des figures

7-6-1-2-Béton 30% laitier (B30) .....	109
7-6-1-3- comparaison de porosité entre les deux types béton étudié .....	110
7-6-2- Conservation 60 .....	111
7-6-2-1-Béton témoin (BT).....	111
7-6-2-2-Béton 30 laitier (BT) .....	112
7-6-2-3- comparaison de la porosité entre les deux types béton étudié :.....	112
7-7-1- comparaison de la porosité de béton témoin étudié en fonction de mode de conservation a l'air -50°C-60°C :.....	113
7-7-2 comparaison de la porosité de béton laitier30% étudié en fonction de mode de conservation a l'air -50°C-60°C :.....	114
Conclusion générale.....	116
Les références.....	117

## Résumés

### Résumé :

Le laitier granulé de haut fourneau est largement utilisé comme substituant au ciment Portland en raison de ses propriétés avantageuses comme la réduction de la chaleur d'hydratation et l'amélioration de la durabilité du béton. Cependant, l'efficacité du laitier dépend de sa réactivité hydraulique. Dans cette étude, le laitier, qui est caractérisé par une faible réactivité, est utilisé dans des mortiers et des bétons. Les résistances mécaniques en compression et en flexion des bétons à base de ciment au laitier.

Les résultats de la résistance mécaniques obtenus avec l'activation thermique ont confirmé la faible réactivité hydraulique du laitier étudié. Cependant, il peut être utilisé avec satisfaction dans le béton, comme substituant au ciment.

### Mots clés :

Laitier, Température, résistance, flexion, ciment, la cure.

### ملخص

يتم استخدام حبيبات خبث الفرن العالي على نطاق واسع المستبدلة بلسمنت بورتلاند لما له من خصائص مفيدة في مثل خفض حرارة الماء وتحسين متانة الخرسانة. ومع ذلك، فإن فعالية الخبث تعتمد على التفاعل في الهيدروليكي. في هذه الدراسة، الخبث، والذي يتميز بظلة التفاعل، ويستخدم في الخرسانة. قوة الضغط الميكانيكية وقوة الجذب من الخرسانة في الخبث أسمنتي. وأكدت نتائج القوة الميكانيكية التي تم الحصول عليها مع التفعيل الحراري للتفاعل الهيدروليكي منخفض مع عند دراستها. ومع ذلك، فإنه يمكن استخدامها مع الاستعمال في الخرسانة، كما المستبدلة إلى الأسمنت.

### الكلمات المفتاحية

خبث الإفران، الحرارة، المقاومة، الإسمنت، المعالجة.

### Abstract :

The granulated blast furnace slag is widely used as a substituent for the Portland cement because of its advantageous properties such as reducing the heat of hydration and improving the durability of concrete. However, the effectiveness of the slag depends on its hydraulic reactivity. In this study, the slag, which is characterized by low reactivity, is used in mortars and concretes.

Mechanical compressive strength and flexural strength of the cementitious concretes slag. The results of the mechanical strength obtained with the thermal activation confirmed the low hydraulic reactivity of the slag studied. However, it can be used with satisfaction in the concrete, as a substituent to the cement.

### Key words :

Concrete, slag of blast, strength the curing