

Effect of fillers Granulated slag on the durability of HPC in marine environment

Effet de fillers de Laitier Granulé sur La Durabilité Des Bétons à Haute Performance En Milieu Marin

Nadia Tebbal¹ Zine El abidine Rahmouni² et Zoubir Djendi²

¹Université de M'sila , Institut de la gestion des techniques urbaines, Algérie

²Université de M'sila, Department de Genie Civil , Algérie

Abstract. The combined effect of fillers of silica fume and blast furnace slag on the durability of high performance concretes was studied. The storage media are: seawater and tap water as reference. This work focuses on the effect of the incorporation of different amounts of milk more silica fume on the mechanical strength of concretes with limestone cements and its influence on sustainability with respect to marine. The results show that the addition of quantity 10%slag and 5% silica fume offers the best protection in marine waters. One of the indicators of sustainability are selected and monitored from 1 day to 28 days are variations of unconfined compressive strengths. The PH of the solution, especially related to the frequency of renewal baths, appears as an important parameter of aggressiveness.

Key-words. HPC, Marine environment, Silica fume, Granulated slag, Durability, Compressive strengths.

Résumé. L'effet conjugué des fillers de fumée silice et de laitier de haut fourneau sur la durabilité des bétons à hautes performances a été étudié. Les milieux de conservation sont : l'eau de mer et l'eau de robinet servant de référence. Le présent travail porte sur l'effet de l'incorporation de différentes quantités de laitier plus la fumée silice sur les résistances mécaniques des bétons formulés avec des ciments à base du calcaire et son influence sur la durabilité vis-à-vis des milieux marins. Les résultats montrent que l'ajout d'une quantité (10% de laitier et 5% de la fumée de silice présente la meilleure protection dans les eaux marines. L'un des indicateurs de durabilités choisis et suivis de 1jour à 28j sont les variations des résistances mécaniques en compression simple. Le PH des milieux, liés notamment à la fréquence de renouvellement des bains, apparaît comme un paramètre important d'agressivité.

Mots clés. BHP, Milieu marin, Fumée silice, Laitier granulé, Durabilité, Résistance mécanique

1 Introduction

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose ainsi que le dosage en ciment et en eau afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la construction de l'ouvrage.

Le béton à haute résistance, ou plus généralement le béton à hautes performances, se compose de granulats, d'eau, de ciment, de superplastifiants, et éventuellement d'une addition (souvent, des fumées de silice et de laitier). L'utilisation des ajouts minéraux en remplacement du ciment est très importante, car en plus faire des économies d'énergie et la diminution de l'émission du CO₂, tout en améliorant les propriétés du béton.

Le laitier des hauts fourneaux est l'ajout le plus connu et le plus fiable pour sa qualité. Cette étude consiste à formuler des bétons à hautes performances (BHP) à base de fillers de laitier granulé.

La méthodologie de notre étude est basée sur l'optimisation des paramètres suivants : Le taux de fine d'addition et la formulation des BHP c.-à-d. La substitution d'additifs minéraux (fumé de silice) par des déchets industriels (laitier granulé des hauts fourneaux) provenant du complexe métallurgique (El-hadjar) d'Annaba. Le béton ainsi formulé est testé à l'état frais et à l'état durci.

2 Matériaux utilisés et mode opératoire

Le ciment : c'est un ciment Portland artificiel, CPA-CEM I 42,5 (CRS) de la cimenterie de ACC (M'sila). Il a une surface spécifique Blaine de 3200cm²/g et une densité de (3,1).

Le laitier granulé du haut fourneau : provient du complexe métallurgique (El-hadjar) d'Annaba,

Le sable : c'est un sable fin provenant de la région de Boussaâda (M'sila).

Tableau1. La composition chimique du ciment et du laitier utilisé dans cette étude est donnée au tableau 1.

	Compositions (%)	Laitier granulé	Ciment
Composition chimiques	SiO ₂	38.9	21.66
	CaO	39.21	63.7
	Al ₂ O ₃	8.98	4.09
	FeO ₃	0.95	4.54
	MgO	8.59	1.6
	SO ₃	0.07	1.9
	MnO	1.17	///
Compositions minéralogiques	C3S	55	
	C2S	17	
	C3A	2.8	
	C4AF	13	

Le super plastifiant utilisé est le MEDAFLOW (40HR) (produit GRANITEX) présentant une densité de 1.1,

Les granulats : pour la confection des bétons dans cette recherche sont : un gravier (G1) de classe granulaire 3/8 mm, un gravier (G2) de classe granulaire 8/15, un sable siliceux naturel (0/5) avec un module de finesse MF1=2.12. On n'a pas pris en considération la nature et les propriétés mécaniques des granulats utilisés.

Fumée de silice (MEDAPLAST HP) de densité égale à 2.2.

L'eau de gâchage utilisée c'est du robinet.

3 Programme expérimental

Le laitier est ajouté à raison de 8% et 25 % de la masse du ciment, la fumée de silice 2%, 5% et 8%. Les fillers utilisés sont broyés à une finesse de mouture mesurée sur tamis 80 % égale à zéro, leurs dosages en sont ajustés de façon à obtenir une résistance en compression à 28 jours maximale pour une ouvrabilité acceptable.

pour obtenir un BHP on utilisant la méthode de formulation de l'université de Sherbrooke, qui permet de formuler des BHP sans air entraîné conformément à la norme ACI 211-1[Aitcin 2001].

Les compositions des bétons avec et sans pouzzolane retenues pour le programme expérimental sont reportées dans le tableau 2.

Tableau 2. Composition des bétons

kg /m ³	B (2F)	B (5F)	B (10F)	B (2F 25L)	B (5F 10L)
Sable de dune SD	711.6	707.1	501	695.6	700.8
Graviers 3/8	157.5				
Graviers 8/15	892.5				
Ciment C	460.6	446.5	432.4	343.1	400
Fumé de silice	9.212	23.03	46.06	9.21	23.03
Laitier	///	///	////	115	46.06
E/L	0.3				
Superpla	4.41				

Dans tout ce qui suit la légende suivante a été adoptée :

- B (2F), B (5F), B (10F) : Béton de fumée de silice à des dosages (2%,5%,8%).

- B (2F, 25L) : Béton dosé à 2% de fumée de silice et 25% de laitier

- B (5F, 10L) : Béton dosé à 5% de fumée de silice et 10% de laitier.

Les différentes éprouvettes de béton ainsi préparées sont conservées en salle humide (20°C, m 5°C) pendant 24 h. Elles sont ensuite mises dans les différents bains de conservation [un milieu marin et un à eau potable] jusqu'à la réalisation des essais.

4 Résultats et interprétations

Pour toutes les gâchées des bétons réalisés, la maniabilité a été mesurée par l'affaissement au cône

d'ABRAMS conformément à la norme NF EN 12350-2. La résistance en compression axiale testée après 28 jours de conservation dans les deux milieux a été réalisée sur 3 éprouvettes cylindriques 110x220 mm selon la norme NF EN 12390-4.

Les essais de traction par flexion pour tous les bétons ont été réalisés sur des éprouvettes prismatiques de dimension 100x100x400 mm après 28 jours de conservation selon la norme NF EN 12390-5. L'ensemble

des valeurs moyennes des résistances en compression axiale et en traction par flexion sont représentées dans les figures ci-après.

- Le nombre d'éprouvettes testés pour chaque essais de compression et traction : 6 éprouvettes pour chaque formulation .

4.1 Optimisation du squelette granulaire (les ajouts cimentaires)

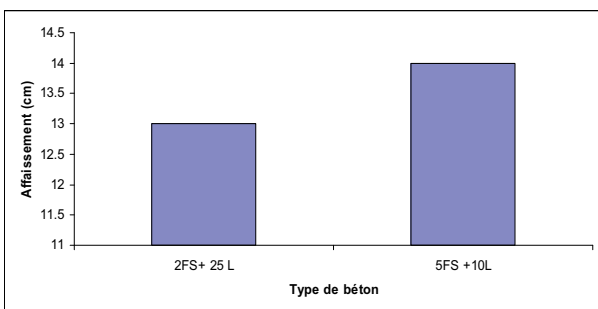
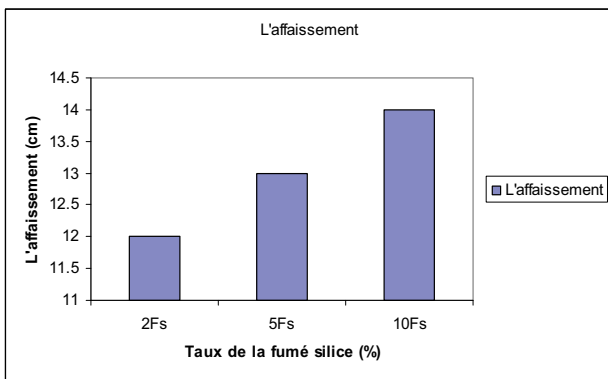


Fig 1. Affaissement au cône d'Abrams

On remarque d'après la figure 1, un grand affaissement au cône d'Abrams qui augmente à chaque fois qu'on ajoute de l'ajout cimentaire.

4.2 Résistance mécanique

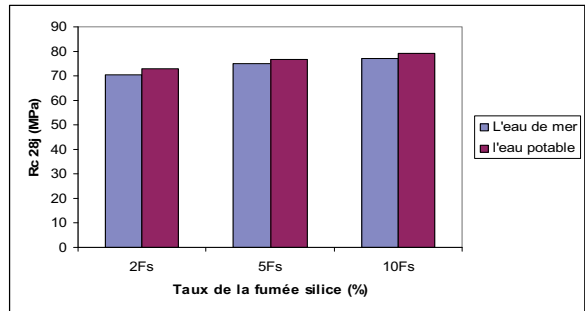
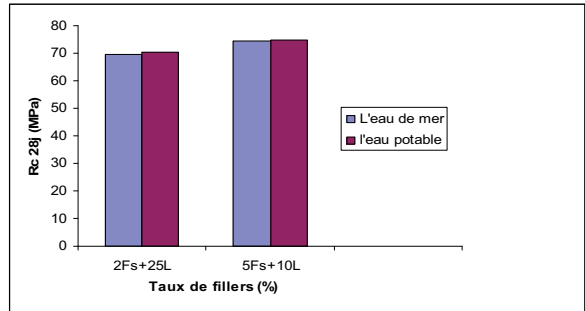


Fig 2 . Résistance à la compression des bétons

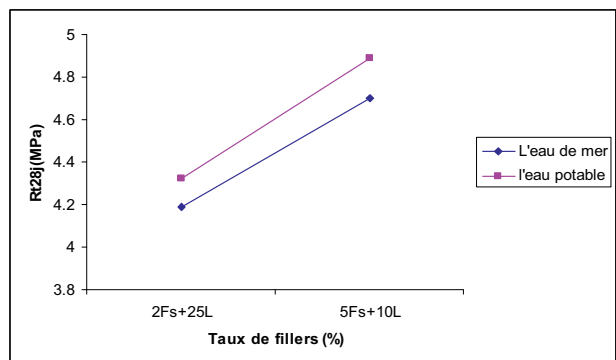
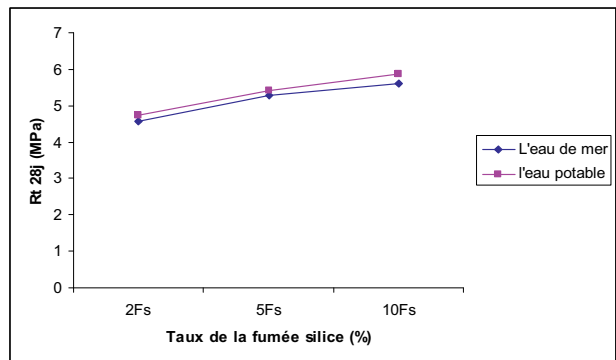


Fig 3 . Résistance à la traction des bétons

résistances très élevées et qui dépassent les 75MPa à l'âge de 28j.

- D'après les figures 2 et 3 présentant l'évolution des résistances mécaniques des bétons testés, on remarque une amélioration de la résistance à la compression et à la traction du béton de pouzzolane. A 28j de conservation, on constate un gain de résistance en compression de l'ordre de 8 % avec l'augmentation de taux de fumée de silice et un gain de 7% a celle de l'ajout laitier plus fumé de silice. Ce résultat était prévisible connaissant le rôle bénéfique de l'utilisation simultanée de la pouzzolane et d'un super plastifiant réducteur d'eau.

- L'introduction du laitier broyé augmente la maniabilité du béton mais donne des résistances à la compression et à la traction à court terme inférieures à celles du béton avec la même formulation et avec ajout du fumée de silice, par contre, donne une bonne résistance qui dépasse les 75MPa pour la formulation B(5F,10L) à 28jours, cette résistance diminue avec l'augmentation du dosage en laitier broyé ; donc le dosage optimal en laitiers granulés broyés est inférieur à 150 kg/m^3 ce qui confirme les résultats de R.Chaid (2009).

- Dans notre cas on va considérer le dosage optimal en laitier égale à 100 kg/m^3 parce que la détermination du dosage optimal exacte nécessite beaucoup de temps et plusieurs tentatives.

- Les bétons conservés dans le milieu non agressif présentent des résistances meilleures à celle des bétons conservés dans le milieu agressif marin.

- L'effet de milieu marin peut être caractérisé par la diminution relative de la résistance en compression à 28j entre toutes les séries des bétons confectionnés.

- L'introduction du laitier avec la fumée de silice conduit à une croissance appréciable des résistances, cela est dû évidemment à son double rôle :

1. Densification de la matrice par effet filler, grâce à la petitesse de ses particules ultrafines qui s'intercalent dans les pores créés par l'hydratation du ciment et entre le granulats et les produits d'hydratation (auréole de transition).

2. Précipitation des C-S-H de deuxième génération due à l'effet pouzzolanique, résultat de l'interaction de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ libéré lors des réactions d'hydratation et les composants actifs de l'ajout.

- Les résultats obtenus dans cette phase montrent qu'il ya une amélioration de la résistance du béton pour l'ajout de 5% de fumée de silice et de 10% de laitier granulés broyés, car on a pu atteindre des

5 Conclusions

Les résultats obtenus dans cette étude nous ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- L'analyse des matériaux locaux montre qu'ils répondent aux normes pour la fabrication d'un béton de qualité.

- Le laitier granulés de haut fourneau du complexe sidérurgique de l'usine d'EL HADJAR, broyé (sous forme de fillers) convient pour la confection des bétons à hautes performances. Laitier broyé et la fumée de silice offrent des maniabilités acceptables malgré la rétention d'eau par le laitier granulés qui est assez importante en raison de leur porosité .Cet résultats observé par Laurent molez ,I. Mesoudene (2012).

- Les résultats obtenus sur béton frais et durci prouvent que le type des ajouts et leurs pourcentages ont une influence. Pour le béton B (10F) la diminution de la résistance à la compression de l'ordre de 26% par rapport au même pourcentage de fumée de silice. Influence aussi bien la résistance en compression à 28j que l'ouvrabilité. Le choix s'est donc porté sur 5% de fumée de silice et 25% de laitier.

- Pour le béton B (2F, 25L) la diminution de la résistance à la compression à 28j atteint 8% à celle du béton B (5F, 10L). Le choix s'est donc porté sur 5% de fumée de silice et 10 % de laitier.

- Les bétons conservés dans un milieu non agressif présentent des résistances meilleures à celle des bétons conservés dans le milieu marin,

- La méthode de formulation des BHP de l'université de Sherbrooke est applicable pour la confection des BHP à base du laitier granulés broyés et donne de bons résultats.

6 Références bibliographiques

- [1] Benslafa F. et Kazi A., Influence des paramètres de compositions sur les caractéristiques mécaniques d'un BHP, 1st International Conférence on Sustainable Built Environnement Infrastructures in Developing Countries, ENSET Oran (Algeria) - Octobre 12-14, 2009
- [2] R. Chaid, Endommagement, déformations et microstructure des BHP de pouzzolane, 1st International Conférence on Sustainable Built

environnement Infrastructures in Developing Countries, ENSET Oran (Algeria) - Octobre 12-14, 2009

- [3] R. Lakhall, Elaboration des bétons a hautes performances a base de laitier granulé, 1st International Conference on Sustainable Built environment Infrastructures in Developing Countries, ENSET Oran (Algeria) - October 12-14, 2009
- [4] R. CHAID, Etude expérimentale de la durabilité des BHP aux ajouts cimentaires locaux Université Mentouri, Constantine, Algérie, 2008.
- [5] Aitcin CP. 1995, Development in the application of high – performance concretes, construction and building materials, vol.9, No: 1, pp.13-17
- [6] Laurent molez ,I. Mesoudene.2012 , Effet des fillers de laitier et marbre sur la durabilité des ciments Portland dans des environnements de sulfate ; XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 6 au 8 juin 2012