

Effet de la nature des fillers sur les propriétés de transfert des bétons de sable renforcés de fibre de polypropylène

Fatma Zohra MELAIS*¹, Djamel ACHOURA¹, Sihem KAMALI-BERNARD²

¹Laboratoire Matériaux, Géo-matériaux et Environnement (LMGE), Faculté de Technologie, Département de Génie Civil, Université Badji Mokhtar, BP 12, 23000, Annaba, Algérie

²Laboratoire de Génie Civil et Génie mécanique LGCGM, INSA de Rennes, 20 avenue Buttes de coësmes, France

RESUME : L'amélioration des performances et de la durabilité des matériaux de construction sont les objectifs les plus recherchés dans le secteur du bâtiment. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'influence de la nature des fillers ou les fines d'ajouts sur les indicateurs principaux de la durabilité des bétons de sable fibrés (les propriétés de transfert) : porosité, absorption, perméabilité et diffusion des ions clore. Deux fillers artificiels sont utilisés, obtenus par broyage des sous-produits de l'usine sidérurgiques d'El-Hadjar (Algérie) (laitier cristallisé et laitier granulé) ; le calcaire broyé présente le filler naturel utilisé pour le béton de référence.

Les résultats obtenus montrent que la nature des fillers affecte les propriétés de transfert étudiées, l'utilisation du laitier granulé comme filler pour les bétons de sable est bénéfique pour l'amélioration la durabilité de ces bétons par la réduction de la porosité du béton qui se traduit bien par la réduction du coefficient de l'absorption d'eau, la perméabilité au gaz et le coefficient de diffusion des ions chlorure.

Mots-clefs : Béton de sable, laitier granulé, laitier cristallisé, propriétés de transfert, perméabilité au gaz, diffusion des ions chlorure.

I INTRODUCTION

L'Algérie en plus de sa richesse en sable, possède un complexe sidérurgique « El-Hadjar » qui produit chaque année des quantités énormes de déchets et de sous-produits en particulier les laitiers. Ces laitiers peuvent être exploités dans la fabrication des bétons et mortiers sous forme de sable, gravillon et fines d'ajout. Le laitier granulé comme addition minérale, fines d'ajout est très utilisé dans la formulation des différents types de mortiers, bétons et bétons innovants. Il présente des qualités intéressantes : composition chimique proche de celle du ciment, régularité de composition pour une même source de production, activité ou réactivité chimique.

Pour assurer la durabilité des matériaux cimentaire, il faut non seulement s'intéresser aux méthodes de formulation, de fabrication et de mise en œuvre, mais aussi aux conditions d'environnement. Tous les milieux extérieurs sont considérés comme agressifs pour les matériaux à matrice cimentaire. [Achoura, 2005]. L'utilisation des additions minérales réactives dans le béton offre beaucoup d'avantages en matière de performances mécaniques et propriétés de transfert. [Petr et al., 2023].

L'utilisation du laitier granulé améliore la porosité et la pénétration des chlorures, à 90 jours une amélioration de 50% a été enregistrée par rapport au béton ordinaire (sans laitier) [Chong et al., 2023]

Cet article vise à analyser et à évaluer l'influence de la nature des fines d'ajout (laitier cristallisé ou granulé) sur les principaux indicateurs de la durabilité par évaluation de la porosité, de l'absorption, de la perméabilité et la diffusion des ions chlorure .

II. MATERIAUX ET PROCEDURE EXPERIMENTALE

A. Matériaux

Le ciment utilisé est un CEM I 42,5 MPa, obtenu par un broyage du clinker avec 5 % du gypse. Les additions minérales utilisées sont des fillers de calcaire, de laitier granulé et de laitier cristallisé obtenus par broyage au laboratoire de la roche de calcaire et des sous-produits de l'industrie sidérurgique du haut fourneau d'El-Hadjar. Les caractéristiques physiques sont représentées au tableau1. Deux sables naturels sont utilisés dans cette étude, sable siliceux fin de la région de Annaba et un sable de calcaire concassé inerte de fraction 0/5mm. L'adjuvant utilisé est un superplastifiant hautement réducteur d'eau commercialisé par la société Algérienne Granitex sous l'appellation 'MEDAPLAST SP 40'.

TABLEAU 1. Caractéristiques physiques du ciment et des additions minérales

Caractéristiques	Unités	Valeurs			
		Ciment	Filler laitier cristallisé	Filler laitier granulé	Filler calcaire
Masse volumique apparent	g /cm ³	1.06	0.95	1.03	0.89
Masse volumique absolue	g /cm ³	3.10	2.70	2.80	2.62
Consistance normale	%	29	-	-	-
Début de prise	H /min	2/34	-	-	-
Surface spécifique de Blaine SSB	Cm ² /g	3480	3500	3650	4760

TABLEAU 2. Caractéristiques physiques des sables

Caractéristiques	Unités	Sable siliceux	Sable de carrière
Module de finesse	-	2.15	3.90
Masse volumique apparente	g/cm ³	1.42	1.45
Masse volumique absolue	g/cm ³	2.65	2.62
Porosité inter granulaire	%	46.57	35.13
Equivalent de sable	%	92.26	84.87

B. Procédure expérimentale

L'étude expérimentale est menée sur des éprouvettes cylindriques de diamètre $\phi = 11$ cm et hauteur $h = 22$ cm sont sciées pour obtenir trois disque dimensions de diamètre $\phi = 11$ cm et hauteur $h = 5$ cm. La préparation des éprouvettes est réalisée selon la norme NF EN 12390-1 [NF EN 12390-1, 2001]. Tous les essais ont été réalisés suivant la recommandation de l'AFPC-AFREM [AFPC-AFREM., 1997] (*Porosité accessible à l'eau, Absorption d'eau par capillarité, Perméabilité au gaz et diffusion des ions chlorure*)



A/ Porosité accessible à l'eau

B/Absorption capillaire

C/ Perméabilité au gaz



C/ Essai de diffusion des ions chlorure



D/ Cellule d'essai de la diffusion

FIGURE 1. Schémas des dispositifs expérimentaux des essais

III. **FORMULATION** : L'approche théorique de **SABLOCRETE** ajustée expérimentalement est utilisée pour la formulation des mélanges de bétons de sable d'étude.

TABLEAU 3. Composition des bétons d'étude

Dénomination des bétons de sable	Dosages en constituants (Kg/m ³)										
	Ciment	Eau	Sable siliceux	Sable carrière	Additions minérales			SP	fibre s	E/C	E/(C+F)
					LG	LCr	FCal				
BSFCal	370	214,8	749,95	741,46	-	-	293,60	13,27	0,6	0,58	0,32
BSFLG	370	211,0	746,7	741,0	200,56	-	-	11,42	0,6	0,57	0,37
BSFLCr	370	219,0	743,33	734,90	-	171,2	-	10,82	0,6	0,59	0,40

IV. RÉSULTAT ET DISCUSSION

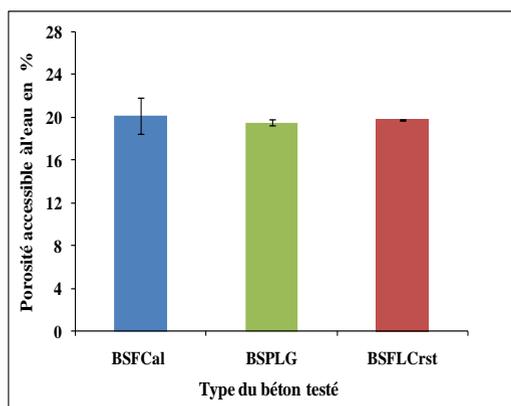


FIGURE 2. Porosité accessible à l'eau

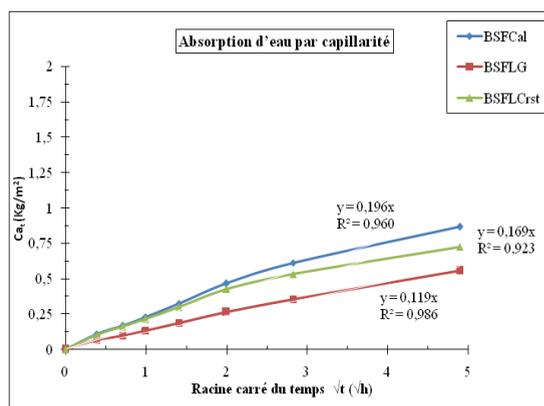


FIGURE 3. Absorption d'eau par capillarité

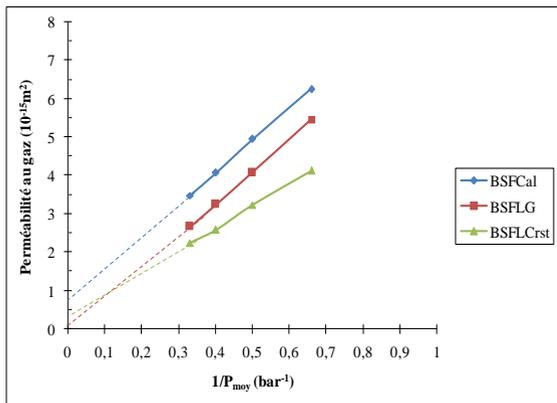


FIGURE 4. Perméabilité au gaz des BS

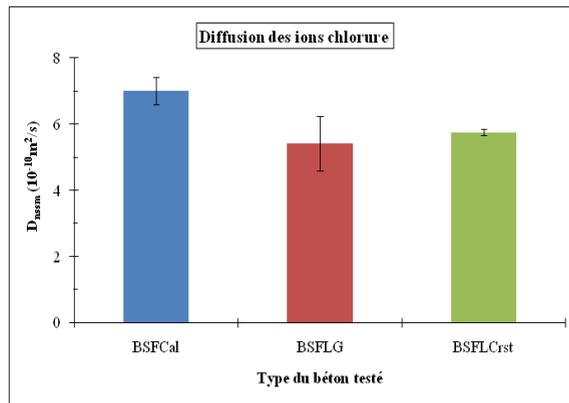


FIGURE 5. Coefficient de la diffusion des BS

Selon la figure 2 On peut nettement constater que la porosité accessible est légèrement affectée par la nature des fines d'ajout utilisées. Cette porosité est de l'ordre de 20.14, 19.75 et 19.5 % respectivement pour les BS avec filler calcaire, filler de laitier cristallisé et filler de laitier granulé. Cela est attribué à l'effet du remplissage et la formation des CSH secondaires obtenus grâce à la finesse et la réactivité du laitier granulé.

D'après la figure 3 On peut constater que le coefficient d'absorption d'eau des bétons de sable augmente avec l'augmentation de la racine carrée du temps. On constate que la pente de la droite de la courbe d'absorption du BSFLG est plus faible par rapport à celle des BSFCal et BSFLCr. Ceci est dû à la combinaison d'une partie de H₂O existant dans les pores et capillaires suite à la réaction de formation des CSH secondaires ce qui améliore la compacité.

La figure 4 montre que le béton de sable avec le laitier granulé est le moins perméable par rapport à ceux avec filler calcaire ou laitier cristallisé. Cela est attribué à l'effet de remplissage et à l'amélioration de la compacité par la formation des hydrates grâce à la finesse et à la réactivité du laitier granulé. Ces résultats justifient et confirment les résultats de la porosité accessible à l'eau.

Selon la figure 5 on peut constater que le béton de sable avec le laitier granulé est le moins perméable par rapport à ceux avec filler calcaire ou laitier cristallisé. Cela est attribué à l'effet du remplissage et à l'amélioration de la compacité par la formation des hydrates grâce à la finesse et à la réactivité du laitier granulé. Ces résultats justifient et confirment les résultats de la porosité accessible à l'eau.

V. Conclusion :

- ✓ Le coefficient d'absorption d'eau par capillarité des bétons de sable augmente avec l'augmentation de racine carré du temps, le béton avec laitier granulé donne le coefficient le plus faible, ceci est attribué à l'amélioration de la densité de la matrice cimentaire suite à la formation de nouveau CSH.
- ✓ Le béton de sable avec addition de laitier granulé donne la plus faible valeur soit pour la perméabilité au gaz ou bien le coefficient de diffusion des ions chlorure par rapport aux autres bétons à base de fillers de laitier cristallisé et filler calcaire. Ceci peut s'expliquer par l'activité hydraulique de laitier et l'amélioration de la structure cristalline de la matrice cimentaire, une bonne partie de laitier granulé participe aux réactions hydrauliques avec la portlandite pour former les CSH, et par conséquent l'amélioration du réseau poreux du béton.

VI. REFERENCES

[Achoura., 2005] Achoura, D. (2005). Contribution à l'étude de la formulation et de la caractérisation des bétons de sable à base de laitiers de hauts fourneaux d'El-Hadjar», thèse de doctorat, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, 175p.

[Chong et al., 2023] Chong, C., Caifeng, L., Chunhao, L., Shenghuai, W., Zongkai, G., Qingsong, Z., Wei, W. (2023). Synergetic effect of fly ash and ground-granulated blast slag on improving the chloride permeability and freeze–thaw resistance of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials* (365), 130015. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130015>

[Petr et al., 2023] Petr, L., Kristýna, H. (2023). Evaluation of degradation and mechanical parameters and sustainability indicators of zeolite concretes. *Construction and Building Materials* (371), 130791. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130791>

[NF EN 12390-1, 2001] NF EN12390-1. (2001). Essai pour béton durci, partie1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.

[AFPC-AFREM., 1997] AFPC-AFREM. (1997). Méthodes recommandées pour la mesure des grandeurs associées à la durabilité, Compte-rendu des journées techniques AFPC-AFREM «Durabilité des bétons », Toulouse.