

Caractérisation mécanique des bétons fibrés à ultra-hautes performances

Farida AIT MEDJBER^{1*}, Mohammed SAIDI¹

¹ Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement
Département de Génie des Matériaux, Faculté des Sciences de l'Ingénieur. Université M'Hamed Bougara.
Cité Frantz Fanon, 35000 Boumerdès, Algérie
* auteur correspondant : farida.pcmc@gmail.com

Résumé - Les Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances, couvre aujourd'hui une large gamme de matériaux pour des applications structurales et/ou décoratives. Les BFUHP sont toujours définis dans un premier temps par le niveau de résistance mécanique atteint, généralement supérieur à 150 MPa à la compression à 28 jours. Les BFHUP disposent de formulations élaborées où la sélection des matières premières est essentielle pour l'atteinte des performances souhaitées. Le coût élevé du matériau provient du dosage important en fibres, en ultrafines, en liant et en adjuvants. Les fibres sont introduites pour augmenter la ductilité du matériau, et accroître la résistance. Les ultrafines permettent de réduire la porosité et d'accroître la résistance à la compression et la durabilité. Les adjuvants permettent d'obtenir une rhéologie adéquate pour la mise en œuvre tout en ayant un rapport Eau/Liant (E/L) très faible et peuvent participer à l'accélération du durcissement.

Mots Clés : BFUHP, béton fibré à ultra-hautes performances, ultrafines, Matières premières.

Nomenclature

E/C rapport Eau/Ciment.

E/L rapport Eau/Liant.

SSB surface spécifique, $cm^2 g^{-1}$

R résistance mécanique, *MPa*

L longueur de la fibre, mm

D diamètre de la fibre, mm

T temps de prise, mn

Symboles grecs

ρ masse volumique, g/cm^3

1. Introduction

Les bétons fibrés à ultra hautes performances (BFUHP), derniers nés de cette génération de bétons, sont des matériaux à matrice cimentaire, renforcés par des fibres. Leurs formulations font appel à des adjuvants superplastifiants et des compositions granulaires spécifiques ainsi qu'à des fibres (fibres métalliques, polymères ou minérales). La présence de fibres, les performances en traction et leur comportement ductile permettent de s'affranchir dans certains cas des armatures passives [1].

Par définition, un matériau est dit cimentaire dès lors que le liant est un ciment. Le béton et le mortier sont des matériaux cimentaires très utilisés dans la construction. Le béton est composé de ciment, d'eau et de granulats, et le mortier est composé de sables, de ciment et d'eau. Les granulats et les sables ont des comportements généralement stables dans le temps. Par conséquent, c'est de la pâte de ciment que va dépendre le comportement d'un béton ou d'un mortier. Dans un premier temps, nous allons nous intéresser à la pâte de ciment [2].

Compte tenu de leurs bonnes propriétés mécaniques et leurs avantages de mise en œuvre, les matériaux cimentaires sont largement utilisés dans les travaux modernes. Dès lors que les structures sont mises en œuvre, ils subissent des sollicitations d'origines diverses, par exemple, les forces externes, les effets thermiques, les effets chimiques, etc. [3].

Généralement les fines utilisées dans la composition des BFUHP sont le sable siliceux broyé et la fumée de silice, la rareté de cette dernière et leur indisponibilité dans toutes les régions de l'Algérie nous a imposé, de faire notre étude sur la possibilité d'utilisation d'un autre type de fines telles que la pouzzolane de Sour El Ghozlane ajoutée en substitution au ciment selon des pourcentages de 10 à 40% [4] et le sable de dunes finement broyé [5,6] le choix de ces matières a été effectué d'après deux critères :

- La valorisation des argiles pouzzolaniques en les substituant dans les ciments.
- La disponibilité du sable de dunes dans la région sud de l'Algérie.

L'ajout des fibres métalliques assure le comportement ductile des BFUHP. Dans cette étude, nous avons utilisé des fibres métalliques SIKA METAL FIBERS RL-45/50-BN de diamètre 1,05 mm et longueur 50mm [7]. La caractéristique essentielle de ce type de fibres est sa résistance à la traction [8]. Le contexte final de cette étude est de déterminer l'influence de la pouzzolane et du sable de dunes broyé sur le ciment, ainsi celle des fibres et des adjuvants sur les caractéristiques des BFUHP.

2. Méthodes expérimentales

Nous avons suivi différentes étapes pour réaliser ce travail. Les mélanges des bétons ont été effectués selon les normes et les essais sur béton frais et durci. Afin d'améliorer les propriétés mécaniques des bétons, nous nous sommes intéressés à l'élaboration des BFUHP à base des matières premières locales et à bon marché (Ciment, Sable fin, Sable siliceux de Oued Souf, fibres métalliques et un adjuvant de SIKA).

2.1. Matériaux utilisés

Le ciment utilisé est un ciment préparé au laboratoire à partir des matières premières provenant de la Cimenterie de Sour El Ghozlane à leur état naturel puis concassés et broyés finement: Le clinker et le gypse entre 3000-4000 cm²/g et la pouzzolane à une finesse de 6000cm²/g. Le sable siliceux d'Oued Souf broyé finement jusqu'à une finesse de 4000cm²/g est utilisé comme fines ajoutées dans la formulation des bétons.

Pour le sable, il a été opté pour un sable lavé de rivière de la région d'Azazga tamisé sur un tamis de 2 mm.

Afin de réduire le rapport E/L et augmenter la fluidité des bétons pour une facilité de mise en œuvre tout en maintenant un niveau de performance, il a été utilisé un superplastifiant haut réducteur d'eau polyvalent pour béton prêt à l'emploi (Tempo 12) de nouvelle génération non chloré à base de copolymère acrylique conforme à la norme EN 934-2 [9], fabriqué par SIKA. Les fibres métalliques sont ensuite ajoutées pour avoir des meilleures résistances et un comportement ductile dans nos bétons.

2.2. Formulations des bétons

Composer un béton revient à choisir des constituants, puis à déterminer les proportions afin que le matériau satisfasse à certains critères.

Tableau 1: Constituants de béton dans un mètre cube

Constituants	Dosage dans 1 m ³
Ciment (Kg)	1000
Sable fin (Kg)	1030
Sable de dunes broyé (Kg)	222.6
Adjuvant Extrait sec (Kg)	25
Fibres métalliques (Kg)	2.6
L'eau (L)	313.5
E/C	0.25

3. Résultats et discussions

Les résultats des essais mécaniques effectués sur les éprouvettes des différentes compositions sont répertoriés dans les tableaux et figures suivants.

Tableau 2: Résistances à la traction par flexion (MPa) des différents types des bétons.

Béton	Traction par flexion (MPa) / Age (jours)		
	07	14	28
Composition A	7,12	8,44	9,81
Composition B	7,46	8,91	10,54
Composition C	6,97	8,33	10,08
Composition D	6,26	7,29	9,68
Composition E	5,52	6,88	8,36

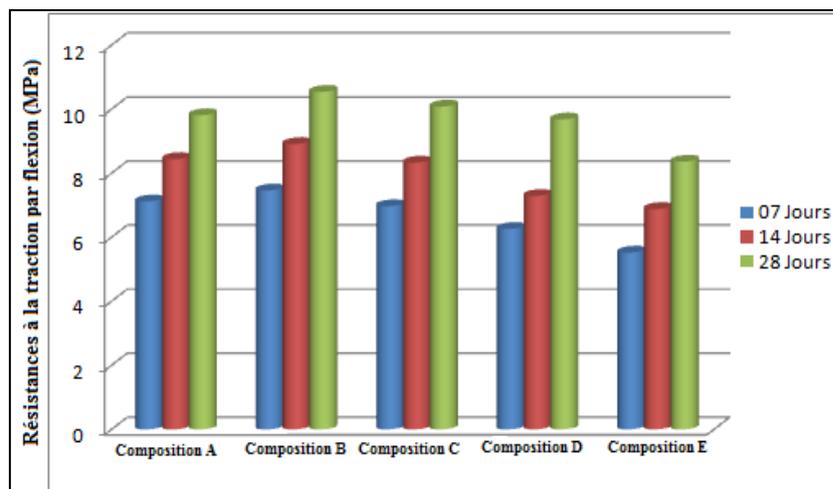


Figure 1: Résistances à la traction par flexion

Tableau 3 : Résistances en compression(MPa) des différents types des bétons.

Béton \ Résistances	Compression (MPa) / Age (jours)		
	07	14	28
Composition A	77,14	89,05	99,02
Composition B	75,52	90,33	103,23
Composition C	69,94	86,39	92,35
Composition D	69,07	87,15	90,12
Composition E	67,26	86,24	89,01

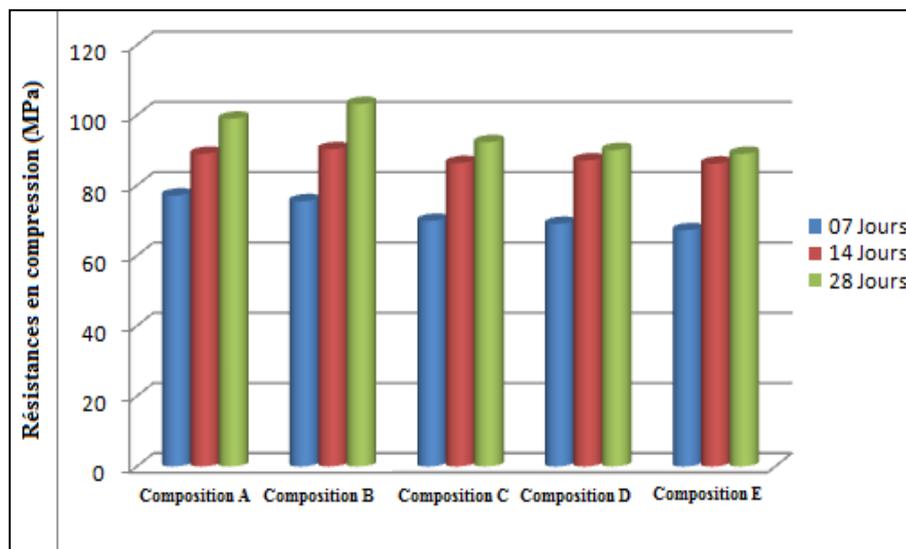


Figure 2: Résistances en compression

La figure 1, montre que la meilleure composition est celle de 10 % en pouzzolane à 07 et à 28 jours sur le plan de la résistance à la traction par flexion. On observe une réduction progressive des résistances des bétons au fur et à mesure que le pourcentage de la pouzzolane augmente quel que soit le type et l'âge de béton.

La figure 2, montre que la meilleure variante est celle du béton témoin (à 0% de pouzzolane) à 07 jours et pour l'âge de 28 jours la résistance est meilleure pour le béton élaboré avec 10 % d'ajout pouzzolanique et on observe une réduction progressive des résistances des bétons au fur et à mesure que le pourcentage de la pouzzolane augmente quel que soit le type et l'âge de béton.

4. Conclusions

Les résultats expérimentaux que nous avons obtenus montrent que les résistances augmentent progressivement à la traction par flexion et en compression de 07, 14 jusqu'à 28 jours pour les différents types de béton et la meilleure variante est celle dosée à 10%. En traction par flexion l'ajout de 10% de pouzzolane dans le ciment améliore la résistance et lui confère une certaine ductilité. En compression, l'incorporation de l'ajout entraîne une légère augmentation de la résistance pour le taux de 10%. L'effet de la pouzzolane ne se manifeste qu'après 28 jours [10]. Au vu de ces résultats, on peut dire que les ajouts pouzzolaniques en substitution dans le ciment et ceux du sable finement broyé, pourraient être valorisés et les utilisés dans la fabrication des bétons fibrés.

Dans le but d'atteindre les résistances caractéristiques des BFUHP, nous envisageons d'augmenter les dosages en fines et en fibres afin d'approcher les propriétés mécaniques des bétons fibrés à ultra-hautes performances.

Références

1. Association Française de Génie Civil, Bétons fibrés à ultra-hautes performances (2002) Recommandations provisoires.
2. H. Fares, Propriétés mécaniques et physico-chimiques de bétons autoplacants exposés à une température élevée, Thèse Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise (2009) Spécialité : Génie Civil.
3. D. Chen, Modélisation du comportement hydromécanique d'un mortier sous compression et dessiccation, Thèse Doctorat de L'Université des Sciences et Technologies de Lille (2005) Discipline: Génie Civil.
4. M. Saidi, M. Hamiane, B. Safi, and A. Benmounah, Development and Structural Study of Cements Containing Additions of Industrial Waste European. Journal of Scientific Research Vol.40 n°2, (2010) 297-306. A. Tafraoui, Contribution à la valorisation de sable de dune de l'erg occidental (Algérie), Thèse Doctorat de l'université de Toulouse, INSA de Toulouse (2009).
5. A. Tafraoui, Contribution à la valorisation de sable de dune de l'erg occidental (Algérie), Thèse Doctorat de l'université de Toulouse, INSA de Toulouse (2009).
6. F. De Larrard, Ultra fine particles for the making of very high strength concretes, Cement and concrete research, vol. 19, n°2, (1989) 161-172.
7. R.N. Swamy, and P.S. Mangat, Influence of fiber geometry on the properties of steel fibre reinforced concrete. Cement and Concrete Research, vol. 4, n°3, (1974) 307-313.
8. AFNOR, Composition, spécifications et critères de conformité. NF EN 197-1, Ciment - Part 1, (2001).
9. AFNOR, adjuvants pour béton- Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage. NF EN 934-2/A2, Adjuvants pour béton, mortier et coulis-Partie2, (2006).
10. F. Gabrysiak, Matériaux - Les Bétons - Chapitre 4,(2013).