

## Effet des paramètres de formulation sur les caractéristiques physico-mécaniques des bétons incorporés des fibres de polypropylène

Sami ZIANE<sup>1,2</sup>, Mohammed-Rissel KHELIFA<sup>3</sup>, Samy MEZHOUD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Génie Civil, Faculté des Sciences de la Technologie, Université Constantine 1– Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire de la Mécanique des Sols et des Structures (L.M.S.S), Université Constantine 1- Algérie.

<sup>3</sup> Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Université Batna 2- Algérie.

Auteur correspondant : [ziane.sami89@gmail.com](mailto:ziane.sami89@gmail.com)

### RESUME

Les fibres de polypropylène sont actuellement les fibres artificielles plus utilisées grâce à leurs bonnes propriétés mécaniques. Cette étude s'intéresse à l'effet des paramètres de formulation sur les performances mécaniques et physiques du béton incorporé de fibres de polypropylène.

A cet effet, nous avons formulé, confectionné et caractérisé à l'état frais et à l'état durci cinq types de bétons, dont quatre bétons incorporés de fibres de polypropylène avec deux longueurs différentes ;  $L_1=2\text{cm}$  et  $L_2=3\text{cm}$  et deux différents dosages ; 0.22% et 0.33%, ainsi qu'un béton ordinaire pris comme béton témoin.

Les résultats des essais ont montré que la longueur et le dosage des fibres influent d'une manière significative sur les performances mécaniques du béton à l'état frais, comme à l'état durci.

Les meilleurs résultats ont été donnés par le béton renforcé de 0.22 % de fibres de polypropylène de longueur de 20 mm.

**Mots-clés** fibres, polypropylène, longueur, taux, bétons et performances mécaniques.

### I. INTRODUCTION

Le béton incorporé de fibres a acquis une importance croissante au cours des dernières années, tant dans la recherche que dans l'industrie de la construction. La plupart des fibres ajoutées au béton sont artificielles et peuvent être classées en deux catégories principales: métalliques ou synthétiques (Marta K et al ,16). Ces fibres sont incorporées dans le béton pour améliorer sa résistance à la traction et la limitation des fissurations, ce qui conduit à une augmentation de la ténacité (A.Badr, 06 ; T. Simões et al ,17). Bien que les fibres d'acier dominant dans le domaine des FRC, l'incorporation des fibres de polypropylène dans les bétons est de plus en plus utilisée en raison de leur faible coût, leur ductilité, leur facilité de dispersion, ne se corrodent pas, thermiquement stables et n'interfère pas dans la réaction d'hydratation du béton (T.A. Soylev et al ,12 ; M. Angel et al ,13). Plusieurs caractéristiques de fibres de polypropylène peuvent influencer sur les performances du béton comme la longueur et le dosage.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la longueur et le dosage des fibres de polypropylène sur les performances mécaniques et physiques du béton fibré.

Nous avons formulé, confectionné et caractérisé à l'état frais, ainsi qu'à l'état durci cinq bétons, dont quatre bétons incorporés de fibres de polypropylène avec deux différentes longueurs ;  $L_1=2\text{cm}$  et  $L_2=3\text{cm}$  et deux différents dosages ;  $d_1=0.22\%$  et  $d_2=0.33\%$ , ainsi qu'un béton ordinaire pris comme béton témoin. Une étude comparative a été menée sur les différents bétons confectionnés pour évaluer l'influence de ces fibres sur les caractéristiques mécaniques du béton à l'état frais et à l'état durci pour déterminer les caractéristiques optimales.

### II. PROCÉDURE EXPERIMENTALE

#### II.1. Matériaux utilisés

##### II.1.1. Ciment, granulats et superplastifiant

Le ciment utilisé dans cette étude est de classe CEM II/A 42,5. Les granulats utilisés sont concassés a de fraction (0/3 pour le sable ; 3/8 et 8/16 pour les graviers). L'adjuvant utilisé est le SUPERIOR RM 34, c'est superplastifiant haut réducteur d'eau destiné à la confection des bétons de très haute qualité. Il est commercialisé par l'entreprise TEKNACHEM.

II.1.2. Les fibres : ce sont des fibres de polypropylène de la marque canadienne TUF-STRAND MAXTEN. Elles sont conformes à la norme ASTM C 1116. Leur densité est de 0.91, leur rapport

d'éclatement est de 39,79, avec une résistance la traction de 650 MPa et un point de fusion de 165°C



**FIGURE 1.** Les fibres polypropylènes utilisées  $L_1=2\text{cm}$  et  $L_2=3\text{cm}$

## II.2. Formulation des bétons

Notre objectif est d'obtenir un béton de structure de classe de résistance à la compression C25/30 avec un rapport E/C égal 0.5. Pour cela les formulations du béton ont été faites selon la méthode de Dreux-Goriss. Deux longueurs de fibres de polypropylènes (PP)  $L_1=2\text{cm}$  et  $L_2=3\text{cm}$  et deux dosages en volume total  $d_1=0.22\%$  et  $d_2=0.33\%$ , ont été utilisées dans la confection de nos bétons fibrés (BP2-1, BP2-2, BP3-1 et BP3-2). Un béton ordinaire a été également confectionné et pris comme béton témoins (BO). Les proportions des mélanges des bétons confectionnées sont données dans le tableau 1 : **TABLEAU 1. Proportions du mélange pour  $1\text{m}^3$  des différents bétons.**

Béton	Ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Sable (kg/m <sup>3</sup> )	Gravier 3/8 (kg/m <sup>3</sup> )	Gravier 8/16 (kg/m <sup>3</sup> )	Eau (kg/m <sup>3</sup> )	Super plastifiant (kg/m <sup>3</sup> )	Fibres de PP (kg/m <sup>3</sup> )
OC	350	727	109	897	140	2.31	-
P2-1	350	727	109	897	140	2.31	1.80
P2-2	350	727	109	897	140	3,47	3.00
P3-1	350	727	109	897	140	3,47	1.80
P3-2	350	727	109	897	140	4 .10	3.00

## II.3. Confection des mélanges et méthodes expérimentales :

L'affaissement des mélanges a été déterminé selon la norme NF EN 12350-2 (2012) en utilisant un cône d'Abrams. L'essai de compression simple a été fait sur des échantillons cylindriques 10x20cm et l'essai de traction par flexion sur des échantillons prismatique 7x7x28cm selon la norme NF P15-471. Les essais de la porosité accessible à l'eau et l'absorption capillaire ont été effectués sur des échantillons de dimensions 7x7x7 cm, selon la norme AFPC-AFREM (1997).

## III. RESULTATS ET DISCUSSION

### III.1. A l'état frais

Les résultats de l'essai de l'affaissement au cône d'Abrams des bétons confectionnés sont représentés dans la figure 2.

D'après les résultats obtenus et en application de la norme citée ci-dessus, deux classes du béton peuvent être distinguées, la classe S3 pour BO, BP2-1 et BP3-1 et la classe S2 pour BP2-2cm et BP3-2cm. L'utilisation du superplastifiant a pour but d'avoir une ouvrabilité équivalente entre les différents bétons.

Nous avons remarqué que l'incorporation de fibres de polypropylènes affecte directement le comportement rhéologique du béton à l'état frais. Elle est due à l'augmentation de l'apport de fibres, de 0.22% à 0.33%, qui empêche le composite de se mélanger et de s'écouler dans les éprouvettes. De plus, pour un volume de fibre constant, la longueur des fibres de polypropylènes influe sur l'ouvrabilité du béton, plus la longueur est grande, plus le béton est moins ouvrable, ce qui diminue l'affaissement du béton (T.A. Soylev et al, 12 ; P.S. Song et al ,05 et Z. Bayasi et al, 93).

### III.2. A l'état durci

#### III.2.1. Les propriétés mécaniques

La figure 3 représente la résistance à la compression des bétons étudiés à court et à long terme. On remarque une légère diminution de la résistance à la compression du béton après l'incorporation des fibres de polypropylène avec le dosage de 0.22% de volume. La chute de résistance à la compression du BP2-1 avoisine les 9% et celle du BP2-2 est de l'ordre de 19% comparé au BO. Ceci est dû à la mauvaise distribution des fibres ce qui augmente le nombre de défauts dans la matrice et la porosité du mélange, et diminue la cohésion entre le béton les fibres,

ce qui conduit à une chute de la résistance à la compression simple, comme le confirme la bibliographie (M. Nili et al, 10 ; L. Akand et al ,18 ; M. Kun Yew et al, 15).

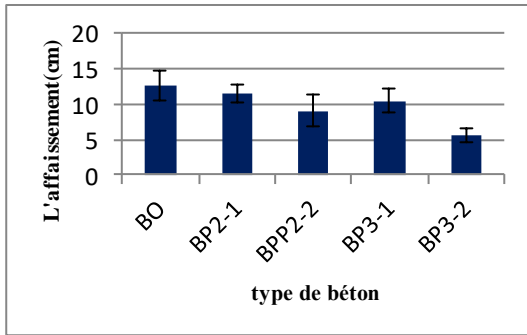


FIGURE 2. Les résultats de l'affaissement des différents composites confectionnés

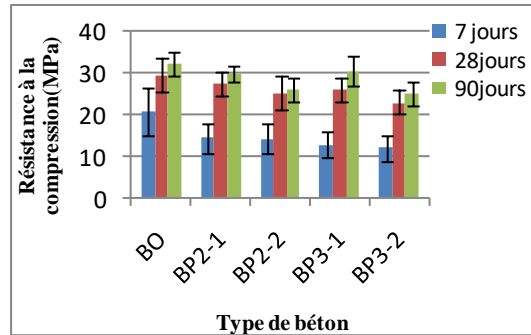


FIGURE 3. La résistance à la compression des bétons confectionnés

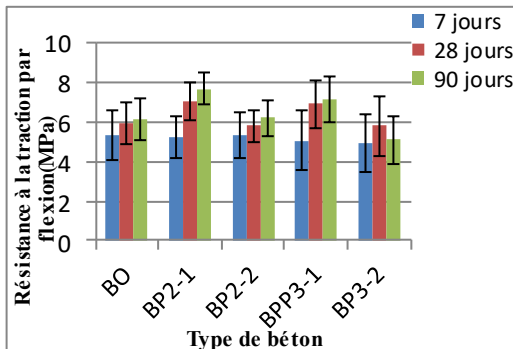


FIGURE 4. La résistance à la traction par flexion des bétons confectionnés

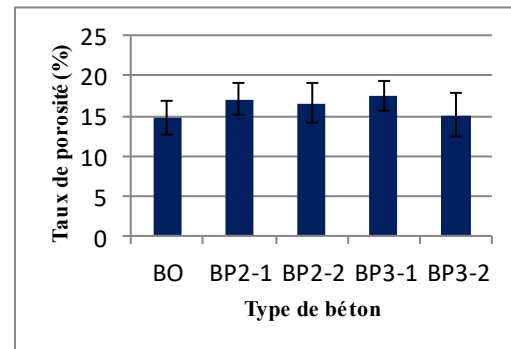


FIGURE 5. Porosité accessible à l'eau en fonction du dosage et de la longueur des fibres.

Nous remarquons l'existence d'une forte corrélation entre la longueur des fibres et la résistance à la compression. Plus la longueur des fibres augmente plus la résistance à la compression du béton diminue dans le temps. Cette diminution est évaluée à près de 5 MPa entre les bétons des deux différentes longueurs. Le béton optimal est celui dont L = 2cm et le taux = 0,22% de fibres.

La figure 4 représente l'évolution de la résistance à la traction par flexion des différents bétons testés à 7, 28 et 90 jours en fonction de la longueur et dosage des fibres de polypropylène. Les résultats montrent que la résistance à la traction par flexion augmente avec l'incorporation des fibres de polypropylène, particulièrement pour le BP2-1 comparé au BO. Cette augmentation est de l'ordre de 26%, et est due au rôle joué par les fibres qui limitent la propagation et la progression des fissures par effet de couture, ce qui augmente la résistance à la traction des bétons fibrés (T. Simões et al ,17 ; M. Angel et al ,13). Plus le taux et la longueur des fibres augmentent, plus la résistance à la traction par flexion diminue à court comme à long terme. Entre le BP2-1 et le BP3-1 on accuse une diminution de près de 7.80% à 90 jours. Ceci est dû probablement à une répartition inhomogène des fibres durant la phase de coulage des éprouvettes.

### III.2.2. Les propriétés physiques :

A. La porosité : Les mesures de la porosité accessible à l'eau des différents bétons confectionnés sont données par la figure 5. Nous remarquons que l'incorporation des fibres de polypropylène dans le béton entraîne une augmentation de la porosité de près de 3% pour le BP2-1. Plus le taux de fibres augmente, plus la porosité augmente. Elle est évaluée à 5% entre le BP2-1 et le BP2-2, par contre elle diminue de près de 2,5% entre le BP3-1 et le BP3-2. Elle est causée par l'air occlus présent dans le composite, qui est plus importante au niveau de la zone de transition interfaciale (ZTI), c'est-à-dire entre les fibres de polypropylène et la matrice cimentaire (B.Miloud et al ,05), (SHO et al 16). Cette porosité augmente proportionnellement avec la longueur et le taux de fibres, comparée à celle du BO, elle augmente de 2.74% pour un dosage de 0,22%, et de 3% pour celui de 0.33%.

Absorption capillaire ; Les résultats des essais de l'absorption d'eau par capillarité ainsi que la cinétique d'absorption sont représentés dans les figures 6 et 7 :

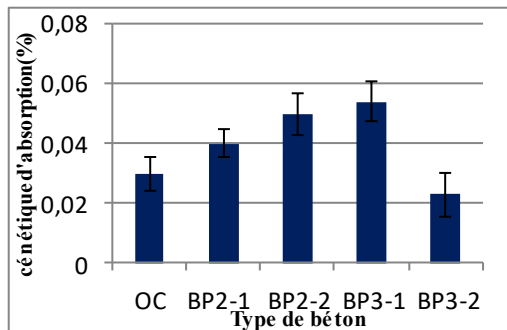


FIGURE 6. Cinétique d'absorption

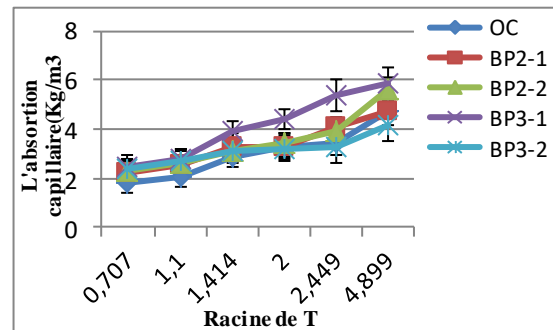


FIGURE 7. L'absorption capillaire des bétons.

On remarque que l'addition des fibres de polypropylène dans le béton contribue à augmenter son absorption. Même constat pour la cinétique d'absorption pour tous les bétons sauf pour le BP3-2, elle augmente de 5,73% pour le BP2-1 et 14,92% pour le BP3-1 comparée à celle du BO. Elle est proportionnelle à la longueur et au dosage des fibres. Ceci est probablement dû à la mauvaise répartition des fibres ainsi qu'à la porosité accessible et à la taille des capillaires. Plusieurs études de recherche confirment cette thèse, plus le réseau poreux du béton est fin, plus la cinétique d'absorption et le coefficient d'absorption sont faibles, ce qui implique une résistance à la compression plus importante (Miloud, B et al, 05).

#### IV .CONCLUSION

D'après cette étude, nous avons pu tirer les conclusions suivantes :

- 1- La maniabilité du béton diminue lors de l'incorporation des fibres de polypropylène au mélange. Elle est affectée par le dosage et la longueur des fibres.
- 2- La résistance à la traction par flexion du béton augmente avec l'incorporation des fibres de polypropylène ce qui n'est pas le cas de la résistance à la compression simple, qui reste pratiquement la même pour une longueur de fibre de 2cm et un taux de fibres de 0.22%.
- 3- L'utilisation des fibres de polypropylène augmente de la porosité et l'absorption capillaire des bétons.
- 4- Le mélange optimal est celui des bétons de fibres de polypropylène de longueur 2 cm et de dosage 0.22%, il a donné les meilleures performances physico-mécaniques.

#### REFERENCES

- Marta Kosior-Kazberuk, Piotr Berkowski, (2016). Fracture Mechanics Parameters of Fine Grained Concrete with Polypropylene Fibres, *Procedia Engineering* 161 157 – 162
- Atef Badr, Ashraf F. Ashour, Andrew K. Platten, (2006). Statistical variations in impact resistance of polypropylene fibre-reinforced concrete, *International Journal of Impact Engineering* 32 1907–1920
- T. Simões, H. Costa, D. Dias-da-Costa, E. Júlio, (2017). Influence of fibres on the mechanical behaviour of fibre reinforced concrete matrixes, *Construction and Building Materials* 137 548–556
- T.A. Soylev, T. Ozturan, Durability, physical and mechanical properties of fiber-reinforced concretes at low-volume fraction, *Construction and Building Materials* 27 (2012) 73–77
- Angel M. López-Buendía, María Dolores Romero-Sánchez, Verónica Climent, Celia Guillem, (2013). Surface treated polypropylene (PP) fibres for reinforced concrete, *Cement and Concrete Research* 54 29–35.
- P.S. Song, S. Hwang, B.C. Sheu, (2005). Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes, *Cement and Concrete Research* 35 1546– 1550.
- Z. Bayasi and J. Zeng. Properties of polypropylene fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*, 90(6):605–610, 1993
- Ming Kun Yew, Hilmi Bin Mahmud, Bee Chin Ang, Ming Chian Yew, (2015). Influence of different types of polypropylene fibre on the mechanical properties of high-strength oil palm shell lightweight concrete, *Construction and Building Materials* 90 36–43
- Francesco, N., I. B. Zakaria, et A. B. Hazeli. (2013). an experimental study on flexural strength enhancement of concrete by means of small steel fibers. *Frattura Ed Integrità Strutturale* 22–30.
- Miloud, B. (2005). Permeability and porosity characteristics of steel fiber reinforced concrete. *Asian Journal of Civil Engineering (Building & Housing)* 6, 317-330.
- Shoukry H., Kotkata M.F., Abo-EL-Enein S.A., Morsy M.S., Shebl S.S. (2016), Thermo-physical properties of nanostructured lightweight fiber reinforced cementitious composites". *Construction and Building Materials*, Vol. 102, pp.167-174.