
Effet du broyage sur l'amélioration des Propriétés mécaniques des mortiers

Didouche zahia¹, El-Hadj Kadri², Ezziane Karim³

¹ Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie , Z.didouche@univ-chlef.dz

² Université Cergy Pontoise, Neuville , France, el-hadj.kadri@u-cergy.fr.

³ Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie , ezzianek@yahoo.fr

RÉSUMÉ. La résistance à la compression du mortier dépend de la microstructure de la pâte de ciment. Le dégagement de la chaleur d'hydratation dans le béton au jeune âge est un facteur très important pour l'évaluation de certaines propriétés du matériau notamment la résistance mécanique. Cette dernière est très influencée par la surface spécifique du ciment utilisé. L'objectif de notre travail est d'analyser le comportement calorimétrique et mécanique d'un mortier en utilisant différentes finesses de ciment .

ABSTRACT. The compressive strength of the mortar depends on the microstructure of the cement paste. The release of the hydration heat in the concrete at early age is a very important factor for the evaluation of certain properties of the material, in particular the mechanical strength. The latter is very influenced by the specific surface of the cement used.

The purpose of our work is to evaluate the calorimetric and mechanical behaviour of a mortar using different fineness.

MOTS-CLÉS : mortier, finesse, chaleur d'hydratation, résistance mécanique.

KEYWORDS: mortar, fineness , hydration heat, mechanical strength.

1. Introduction

A l'état frais, la présence des additions minérales modifie la structure du squelette granulaire et les frictions entre les composants solides dans la phase liquide. Certaines additions peuvent réagir chimiquement en milieu cimentaires pour former de nouveaux produits hydratés qui présentent un caractère liant supplémentaire.

La petite taille des particules du filler calcaire comble les vides interstitiels et augmente la densité de la matière. Par conséquent, l'eau attrapée dans les pores granulaires est libérée ce qui augmente la compacité de la pâte, améliore l'ouvrabilité et diminue la demande en eau [Yahia et al., Bonavetti et al, Menendez et al.]. D'autre part une augmentation de la finesse offre une ouvrabilité satisfaisante car le clincker adhère mieux au calcaire et la demande en eau diminue par rapport à celle d'un ciment portland pure [Tsivilis et al.]. Aussi la composition chimique d'un ciment est le facteur le plus important qui influence l'hydratation [Lin et Meyer]. L'utilisation des fillers augmente le taux d'hydratation [Soroka et Stern]. Le calcaire favorise la cristallisation des monocarbonates plus que les monosulfates et stabilise indirectement l'ettringite [Lothenbach et al.]. Il intervient lors de l'hydratation des C3A pour former carboaluminate et retarde la transformation d'ettringite en monosulfoaluminate, il constitue des sites de nucléation pour les cristaux de l'hydroxyde de calcium au jeune âge de l'hydratation [Mounanga et al, Menendez et al.].

En outre un ciment fin possède une grande surface spécifique avec une large surface de contact avec l'eau ce qui augmente le taux d'hydratation, ainsi les produits hydratés seront de faible épaisseur autour des particules de ciment anhydre et causent une élévation du degré d'hydratation [Lin et Meyer].

Il est connu que les résistances mécaniques d'un ciment sont le résultat de la réaction d'hydratation entre les grains de ciment et l'eau.

Le ciment fin s'hydrate plus rapidement et génère beaucoup de chaleur. Ce dernier possède une large surface de contact avec l'eau ce qui augmente le taux d'hydratation [Regourd], ainsi les produits hydratés seront de faible épaisseur autour des particules de ciment anhydre et causent une élévation du degré

d'hydratation [Lin et Meyer]. D'après Mccurdy et Erno, la vitesse d'hydratation des silicates tricalciques est proportionnelle à la surface du solide dans l'étape initiale de l'hydratation. Cependant l'accélération de l'hydratation des C_3S contribue au développement de la résistance au jeune âge [Menendez et al.]. La formation des cristaux de silicate monocalcique hydratés C-S-H, et leur fixation entre eux et aux granulats, confèrent au béton sa résistance [Regourd].

L'objectif de ce travail est d'analyser l'effet du broyage sur le dégagement de chaleur et le développement des résistances mécaniques des mortiers à base de ciment composé au calcaire à deux finesses différentes.

2. Méthode expérimentale

2.1. Matériaux utilisés

Le ciment utilisé dans ce travail est un ciment portland composé (CEM II/42.5) contenant 12% de calcaire d'une finesse 3500 (cm^2/g) broyé pour obtenir un ciment de finesse égale à 4000 (cm^2/g).

Le flux de chaleur et la résistance mécanique des mortiers confectionnés avec deux types de finesse ont été enregistrés.

3. Présentation et Discussion des résultats

3.1. Flux de chaleur

En augmentant la finesse de 3500 à 4000 cm^2/g accélère l'apparition du second pic exothermique du flux de chaleur de 3 heures, ce pic est enregistré à 7h avec une magnitude qui croit jusqu'à 21.07 $j/g.h$. Par conséquent le temps de la période dormante est nettement raccourci (figure 1).

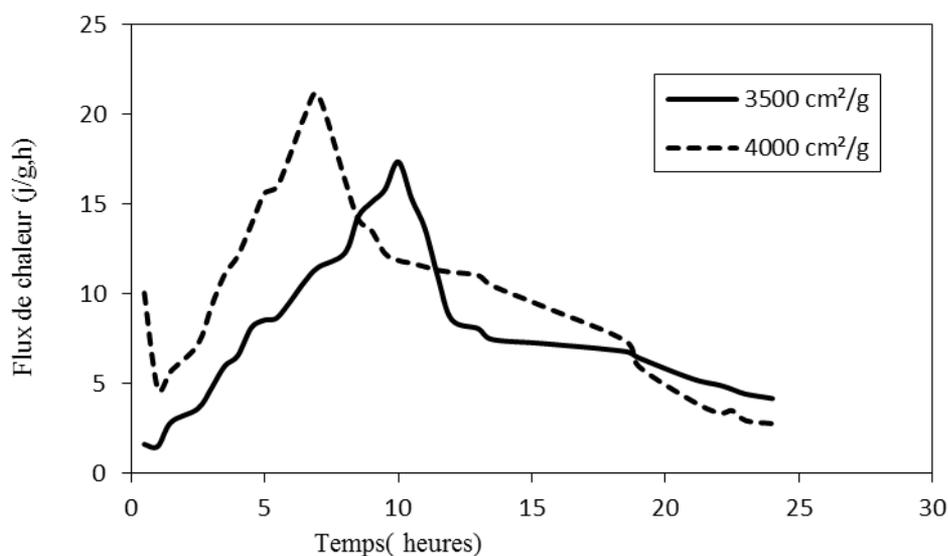


Figure I. Effet de la finesse sur le flux de chaleur d'un mortier à base de ciment composé au calcaire.

Cette modification de la cinétique est liée à la présence d'une grande surface libre à l'action de l'eau que offre le ciment fin ce qui augmente le degré d'hydratation et la quantité de chaleur dégagée et accélère la formation des hydrates. Ce résultat est similaire au résultat de recherche de [Hanifi et al. , Rahhal et Talero], qui ont déclaré que les ciments les plus fins s'hydratent rapidement et génèrent une grande quantité de chaleur dans un temps court.

3.2. Résistance mécanique

De la figures 2, On observe que dès le premier jour et jusqu'à 90 , le mortier à base de ciment fin développe une résistance à la compression meilleure que celle du mortier à base de ciment à gros grains.

A 7 jours, le ciment fin développe une résistance mécanique égale à 33.10 MPa similaire à celle développée à 28 jours pour le ciment de finesse 3500 cm²/g. Cette valeur croit pour atteindre 41 MPa à 90 jours pour le ciment le plus fin.

Cette amélioration des résistances est liée à l'hydratation rapide des ciments fins ce qui accélère la formation des hydrates qui offrent à la matrice cimentaire sa résistance mécanique à la compression.

D'autre part une augmentation de la finesse densifie la pâte cimentaire en diminuant sa porosité par conséquent les résistances mécaniques s'améliorent.

Le développement de la résistance au jeune âge justifie l'accélération de l'hydratation et le taux de chaleur élevé signalé au jeune âge. Ceci est compatible aux travaux de recherches de [Hanifi et Huseyin , SEMSI et HASAN], où l'augmentation de la finesse a amélioré les résistances à la compression.

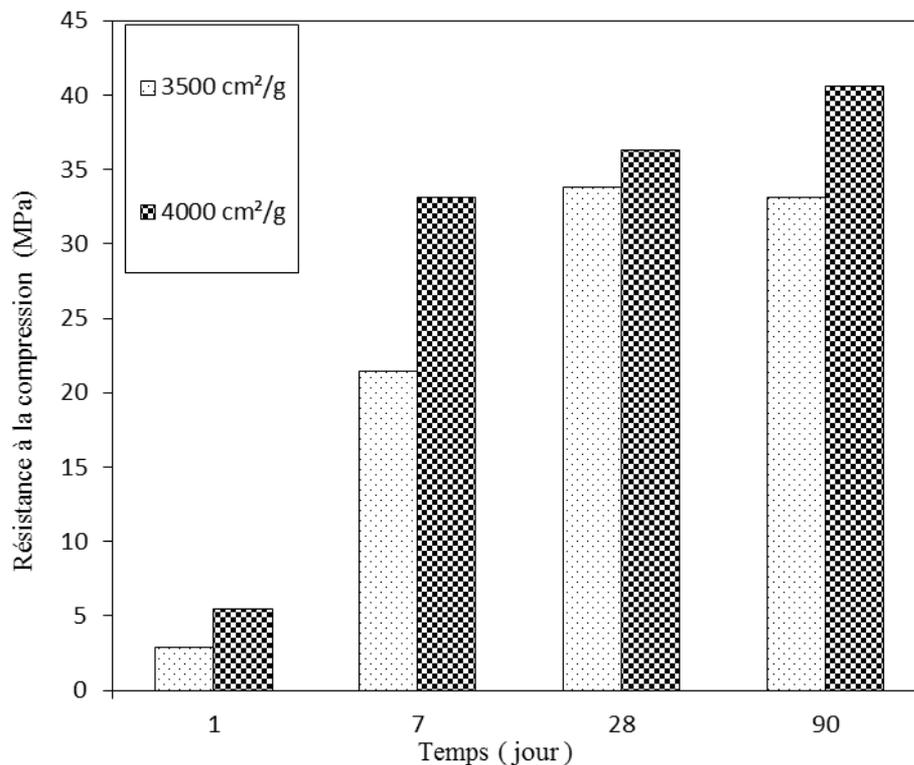


Figure II : Effet de la finesse du ciment sur la résistance mécanique des mortiers.

4. Conclusion

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que le broyage a un effet bénéfique sur l'amélioration des propriétés mécaniques du ciment. L'augmentation de la finesse améliore la réactivité du clinker par conséquent une meilleure résistance à la compression est obtenue.

Ainsi nous pouvons déduire que le flux de chaleur est d'une importance capitale pour évaluer l'efficacité du type de ciment et son effet sur le comportement mécanique.

Bibliographie

- [YAH 2005] Yahia A., Tanimura M., Shimoyama Y. , *Réological properties of highly flowable mortar containing limestone filler-effect of powder content and w/c ratio* ,cement and concrete research, vol 35 ,2005,pp. 532-539.
- [BON 2000] Bonavetti V., Donza H., Rahhal V., Irassar E., *Influence of initial curing on the properties of concrete containing limestone blended cement* ,cement and concrete research ,vol 30, 2000,pp. 703-708.
- [BIN 2007] Binici Hanifi, Aksogan Orhan; Ismail H; Cagatay; Tokyay Mustafa; Emsen Engin, *The effect of particle size distribution on the properties of blended cement incorporating GGBFS and natural pozzolan (NP)*, Powder Technology, vol 177 , 2007, 140–147.
- [BINIC 2007] Binici Hanifi, Huseyin Temiz, Mehmet M. Kose, *The effect of fineness on the properties of the blended cements incorporating ground granulated blast furnace slag and ground basaltic pumice*, Construction and Building Materials, 21 , 2007,1122–1128.
- [LIN 2009] Lin F., Meyer C., *Hydration kinetics modeling of Portland cement considering the effects of curing temperature and applied pressure*, cement and concrete research , vol 39 ,2009,pp. 255–265.
- [LOTH 2008] Lothenbach B., Le Saout G., Gallucci E., Scrivener K., *Influence of limestone on the hydration of Portland cements*, Cement and Concrete Research, vol 38, 2008, pp. 848–860.
- [MENE 2001] Menendez G., Bonavetti V., Irassar EF., *Strength development of ternary blended cement with limestone filler and blast-furnace slag*, Cement and Concrete Composition, vol 25, 2001,pp. 61–67.
- [MOUN 2011] Mounanga P. , Irfan M. , Khokhar A. , Elhachem Rana loukili A. , *Improvement of the early-age reactivity of fly ash and blast furnace slag cementations systems using limestone filler* ,materials and structures ,vol 44 ,2011,pp. 437 – 453.
- [MCCUR 1971] Mccurdy K. G, Erno B. P, *Influence of Surface Area Variation on the Kinetics of Hydration of tricalcium Silicate*, Department of Chemistry, University of Lerhbridge, Lerhbridge, Alberra , 7 June1971.
- [REG 1982] Regourd M, *Hydratation du ciment portland*, in, Le béton hydraulique, sous la direction de Jacques baron, Raymond Sauterey, Presse de l'ENPC, Paris, 1982, pp.193-221.
- [RAH 2011] Rahhal V. F, Irassar E. F, Trezza M. A, Bonavetti V. L, *Calorimetric characterization of Portland limestone cement produced by intergrinding* , J Therm Anal Calorim, 2011, pp. 1575-1583.
- [SOR1976] Soroka I., Stern N., *Calcareous fillers and the compressive strength of Portland cement*, cement and concrete research, vol 6,1976,pp. 367-376.
- [SEM 2012] SEMSI YAZICI et HASAN SAHAN AREL , *Effects of fly ash fineness on the mechanical properties of concrete* , Sadhana, Indian Academy of Sciences,Vol. 37, Part 3, June 2012, pp. 389–403.
- [TSIV 1999] Tsivilis S., Chaniotakis E., Badogiannis E., Pahoulasa G., Ilias A. , *A study on the parameters affecting the properties of Portland limestone cements*, Cement and Concrete Composites, vol 21,1999, pp.107–116.