

Comparaison des résistances des bétons déterminées par écrasement et par scléromètre : influence de la composition

Abdelhalim BENOUIS*, Nacera KHALDI, et Yacine CHERAIT

Laboratoire de génie civil et d'hydraulique (LGCH), Université de Guelma (24000) Guelma, Algérie

(Reçu le 15 Novembre 2006, accepté le 22 Août 2007)

* Correspondance, courriel : benouis_h@yahoo.fr

Résumé

L'utilisation d'essais d'auscultation au scléromètre sur les matériaux de construction, en particulier sur le béton, date de plusieurs décennies. Le scléromètre, appliqué sur une face de la partie à ausculter, permet d'évaluer l'homogénéité du béton in situ, pour déterminer des zones de faible qualité du béton. On prospecte dans ce travail l'influence qu'a la différence des compositions de béton sur l'estimation de la résistance du béton par les essais sclérométriques. Six compositions de béton ont été utilisées pour confectionner les éprouvettes (16/32) à tester en faisant varier les rapports eau/ciment (E/C) et les rapports granulats fins/granulats (S/S+G).

Les essais ont concerné la détermination de la résistance par le scléromètre (essais non destructifs) et par écrasement (essais destructifs) à différents âges (7, 14 et 28 jours). L'écrasement des éprouvettes étant les essais usuels pour déterminer la résistance des bétons, Il ressort de l'ensemble des résultats que les essais sclérométriques conviennent mieux aux bétons relativement âgés plutôt qu'aux bétons jeunes. L'augmentation du rapport S/S+G contribuent à diminuer la différence entre les deux résistances pour l'ensemble des âges des bétons testés et au delà d'une certaine valeur de ce rapport la granulométrie n'a que très peu d'influence sur le rapport des deux résistances. Quant à la variation du rapport E/C, elle n'a pas d'influence sur la relation entre les deux résistances.

Mots-clés : *Béton, compositions, résistance, compression, scléromètre, corrélation.*

Abstract

Comparison of the concrete strength determined by compression and sclerometer : effects of the composition

The use of the sclerometer auscultation tests in construction materials, particularly on concrete, is ducally old. The sclerometer, applied over a side of an area to be characterised, allows evaluating the homogeneity of the in situ concrete, determining zones of poor quality. We prospects in this work the influence of the compositions to estimate concrete strength by sclerometric tests. In this study, we are interested to the influence that the difference of concrete composition will have on this relationship. Six concrete compositions have been used in order to realise (16/32) specimen that were to be tested by varying the ratio water/cement W/C and fine aggregates/aggregates (S/S+G). We carried out the non destructive (by sclerometer) and destructive (compression) tests in order to determine the strength at 7, 14 and 28 days.

The crushing of the samples are the usual tests to determine the concrete strength, it arises from the whole of the results that the sclerometric tests are appropriate better for the relatively old concretes rather than with for the early concretes. The increase in ratio S/S+G contributes to decrease the difference between two strengths for all ages. Beyond a certain value of this ratio, granulometry has only very small influence on the difference of the two strengths. The variation of ratio E/C does not have an influence on the relation between two resistances.

Keywords : *Concrete, compositions, strength, compression, sclerometer, correlation.*

1. Introduction

Les méthodes d'essai non destructives des ouvrages en béton simple, en béton armé ou en béton précontraint sont particulièrement intéressantes tant pour la proportion élevée de ces constructions dans l'ensemble des ouvrages, que pour l'importance que représente le contrôle de la qualité directement sur la construction. Les avantages de ces essais par rapport aux autres peuvent être résumés dans le caractère non destructif. On peut obtenir des informations dans des domaines inaccessibles aux méthodes classiques, économiser des matériaux, du temps et des outils d'essai, par la possibilité de faire les essais sur le matériau dans l'ouvrage même ou sur une seule éprouvette un nombre pratiquement infini de fois, due à la rapidité de l'exécution de ce type d'essais.

Le principal désavantage des méthodes d'essais non destructives réside dans le fait qu'au stade actuel, elles ne peuvent pas fournir au constructeur des données

suffisamment précises pour remplacer totalement les méthodes destructives ou, au moins, dans les principaux domaines d'application. Certaines méthodes non destructives sont basées sur le fait que quelques propriétés physiques du béton peuvent être reliées à la résistance [1-3]. Ces propriétés physiques comprennent la porosité, la dureté, la résistance à la pénétration des projectiles, la capacité de rebondissement et de transmission des impulsions ultrasoniques et des rayons X et gamma. La dureté superficielle déterminée par le rebondissement d'une masse peut être nettement reliée à la résistance [4-6]. Cette étude s'intéresse à l'influence de la composition sur la relation entre les résistances déterminées par les essais sclérométriques et celles par les essais d'écrasement pour différents âges du béton.

2. Méthodes expérimentales

2-1. Matériaux

Du ciment CPJ classe 32.5, masse volumique absolue : 3.1 g/cm³

Du sable de mer de masse spécifique absolue : 2.67 g/cm³.

Deux graviers concassés de carrière (5/15 et 15/25) de masses spécifiques absolues, respectivement : 2.63 g/cm³ et 2.70 g/cm³.

La granulométrie des granulats (sable et graviers) utilisés [7] est mentionnée dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Analyse granulométrique des granulats

Sable		Gravier 5/15		Gravier 15/25	
Maille	Refus cumulé (%)	Maille	Refus cumulé (%)	Maille	Refus cumulé (%)
1.18 mm	0.013	20 mm	9.37	37.5 mm	-
600 µm	0.553	14 mm	55.89	28 mm	39.80
425 µm	24.85	11.20 mm	67.94	20 mm	83.61
300 µm	77.47	10 mm	75.32	14 mm	99.20
212 µm	95.40	8 mm	89.40	11.20 mm	99.86
150 µm	99.16	6.30 mm	95.97	10 mm	99.88
75 µm	99.46	5.00 mm	98.51	Fond	99.96
63 µm	99.49	2 mm	99.43		
Fond	99.55	Fond	99.96		

2-2. Compositions des bétons

Les différentes compositions utilisées dans cette étude ont été déterminées par la méthode de Dreux-Gorisse [8,9]. Les variables dans ces compositions des bétons sont les rapports eau/ciment (E/C) et les rapports granulats fins sur granulats (S/S+G).

Le **Tableau 2** résume l'ensemble des six compositions testées, à savoir les bétons B1 à B6. Six éprouvettes (16/32) ont été préparées pour chaque composition et âge de mûrissement. Les éprouvettes ont été démoulées 24 heures après le coulage et testées à 7, 14 et 28 jours d'âge.

Tableau 2 : Compositions des différents bétons

Bétons	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Composition : matériaux [Kg/m ³]						
Sable	500	750	1000	618	539	614
Gravier 5/ 15	928	613	520	898	525	629
Gravier 15/25	232	307	130	275	509	610
Ciment	440	440	440	350	350	350
Eau	220	220	220	212	222	197
S/S+G	0.30	0.45	0.60	0.35	0.34	0.33
E/C	0.50	0.50	0.50	0.60	0.63	0.56

2-3. dispositifs expérimentaux

Pour la détermination de la résistance en compression par l'essai non destructif (au scléromètre) et par l'essai destructif (écrasement à la presse), les essais ont été réalisés sur des éprouvettes cylindriques (16/32) selon les normes en vigueur [10,11].

La mesure de la résistance par scléromètre est une moyenne de dix valeurs obtenues dans un quadrillage de la section de l'éprouvette. La résistance par écrasement est obtenue par une presse en appliquant un chargement progressif avec une vitesse de 0.5 MPa/s jusqu'à la rupture. Les photos des **Figures 1 et 2** montrent les appareils utilisés pour réaliser ces deux types d'essais.



Figure 1 : *Photo de l'essai sclérométrique*



Figure 2 : *Photo de l'essai d'écrasement à la presse*

3. Résultats et discussion

Les *Figures 3 à 5* montrent l'ensemble des correspondances des résultats des essais destructifs et non destructifs aux différents âges. Si pour l'ensemble des compositions, les résistances aux deux premières semaines déterminées par écrasement sont supérieures à celles déterminées par le scléromètre avec une différence maximale de 27 % à 7 jours et 36 % à 14 jours pour le béton B1, cette relation s'inverse pour les bétons plus âgés (28 jours) où la diminution peut atteindre les 17 % pour le béton B5. Toutefois les valeurs moyennes des variations des résistances déterminées par ces deux méthodes sont de 17 %, 24 % et 7 % respectivement à 7, 14 et 28 jours. On note une augmentation pour les deux premiers âges et une diminution à 28 jours, toutefois ces variations diminuent avec le mûrissement du béton.

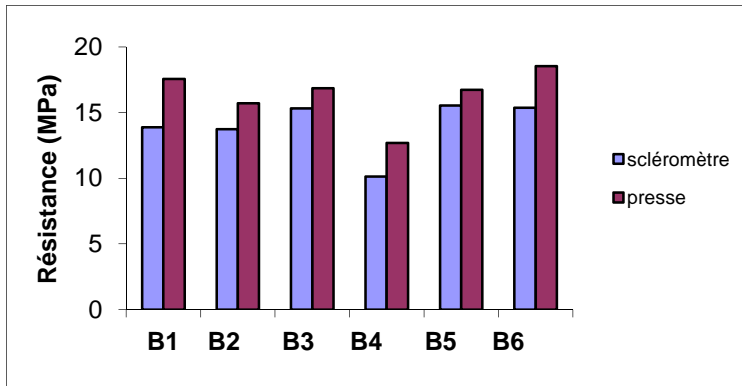


Figure 3 : *Resistances des bétons à 7 jours*

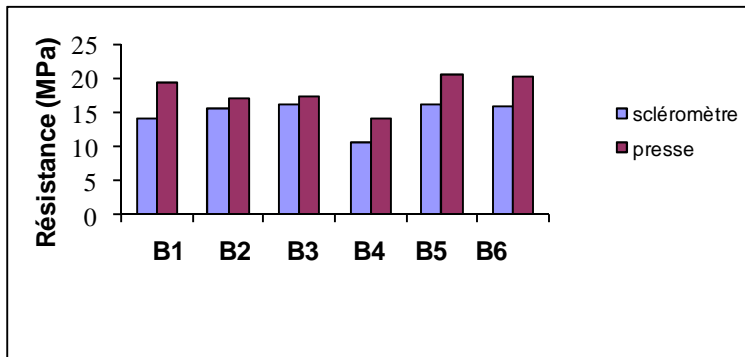


Figure 4 : *Resistances des bétons à 14 jours*

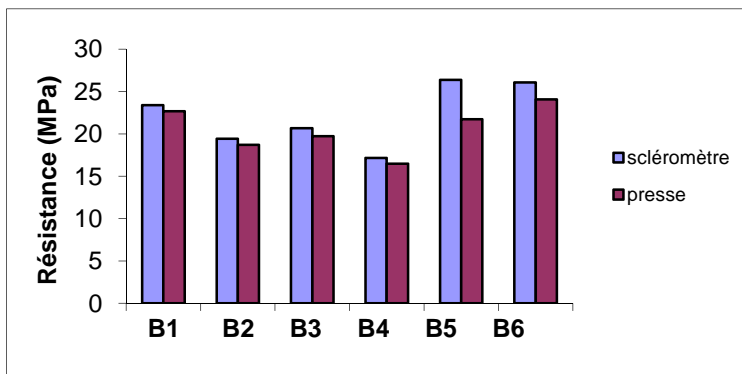


Figure 5 : *Resistances des bétons à 28 jours*

Tableau 3 : Rapports des résistances $R_{PRESSE} / R_{SCLEROMETRE}$

Béton Age	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Moyenne
07 jours	1.269	1.142	1.100	1.253	1.076	1.204	1.174 ± 0.080
14 jours	1.366	1.099	1.078	1.338	1.269	1.286	1.239 ± 0.122
28 jours	0.969	0.966	0.955	0.960	0.824	0.922	0.932 ± 0.056

La **Figure 6** montre les relations entre les deux résistances de l'ensemble des bétons aux différents âges. On note que pour les trois âges des bétons la relation est de type linéaire. Les fonctions de lissage des âges 7 et 14 jours sont assez proches tandis qu'à 28 jours on note une certaine différence. Cependant, on remarque qu'à 28 jours la fonction de lissage présente un coefficient de détermination R^2 proche de l'unité. Les essais sclérométriques ne peuvent se substituer aux essais pour la détermination de la résistance du béton à la compression [8] peuvent, cependant, fournir une meilleure estimation pour les bétons âgés plutôt que pour les bétons jeunes.

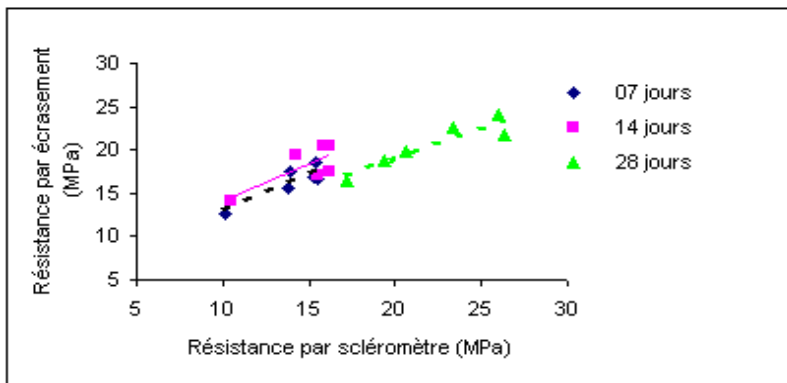


Figure 6 : Relations entre les résistances par scléromètre et par écrasement

3-1. Influence du rapport S/S+G

Nous allons étudier dans cette partie l'influence de la modification du rapport S/S+G sur la relation des résistances déterminées par les deux méthodes.

La **Figure 7** montre l'évolution des rapports des deux résistances pour différents rapports sable/granulats et ceci pour l'ensemble des âges du béton. On note une certaine dispersion des résultats pour les bétons contenant moins de sable ($S/S+G \leq 0.35$) tandis

que pour les bétons plus compacts la granulométrie n'a que peu d'influence sur la relation entre les deux résistances. On remarque aussi que pour les trois âges le rapport entre les deux résistances diminue avec l'augmentation du rapport S/S+G (bétons compacts). Ceci est dû à une meilleure homogénéité du matériau. La résistance au scléromètre étant une mesure superficielle, donc elle est mieux adaptée pour les bétons homogènes. Son utilisation pour les bétons poreux, par exemple, entraînerait des erreurs quant à leur mesure.

On constate aussi qu'à 28 jours la granulométrie n'a pas d'influence sur les rapports des résistances. L'écart type des rapports R_{presse}/R_{scléro} est inférieur à 6 %.

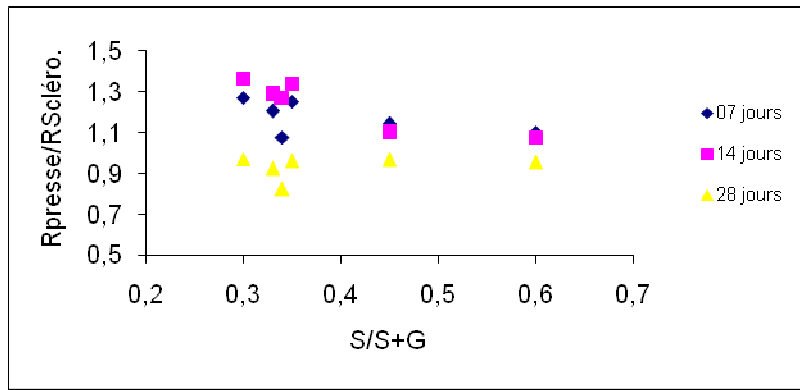


Figure 7 : Influence des rapports S/S+G sur les résistances

En éliminant les effets du rapport E/C, on présente sur **la Figure 8** les relations entre les résistances pour différents rapports S/S+G et le même rapport E/C = 0.5. L'évolution des résistances reste identique aux constatations précédentes. Au delà d'un rapport S/S+G = 0.3, la variation de ce rapport n'a que très peu d'influence sur la relation des résistances déterminées par les deux méthodes.

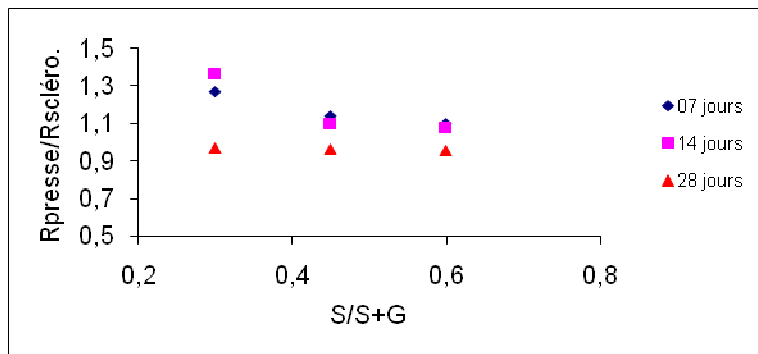


Figure 8 : Influence des rapports S/S+G sur les résistances pour E/C=0.5

3-2. Influence du rapport E/C

L'influence du rapport E/C est illustrée par *la Figure 9*. La relation entre les résistances, pour un rapport S/S+G=0.34 (rapport usuel des bétons ordinaires), est peu influencée par la variation du rapport E/C. Les valeurs moyennes des rapports R_{presse}/R_{scléro} pour les trois rapports E/C (0.5, 0.56, 0.63) à 07 j, 14 j et 28 j sont respectivement 1.183 ± 0.098 , 1.307 ± 0.052 et 0.905 ± 0.074 . La dispersion est donc inférieure à 10 %.

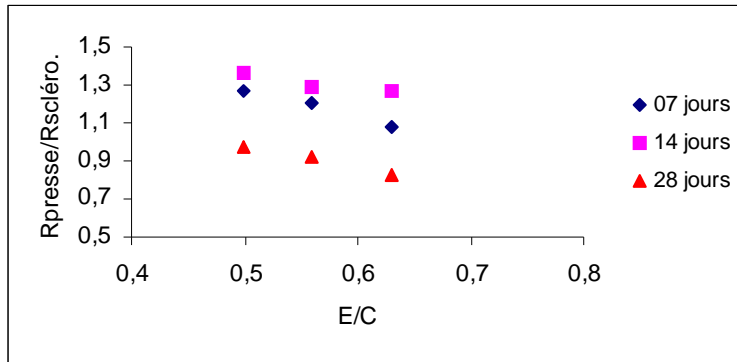


Figure 9 : Influence des rapports E/C sur les résistances pour S/S+G=0.34

4. Conclusion

Ce travail a consisté en l'étude de la relation entre les résistances des bétons déterminées par les essais d'écrasement et par les essais sclérométriques et l'influence de la variation des rapports de la composition (S/S+G et E/C) sur cette relation.

L'écrasement des éprouvettes étant les essais usuels pour déterminer la résistance des bétons, Il ressort de l'ensemble des résultats que les essais sclérométriques conviennent mieux aux bétons relativement âgés plutôt qu'aux bétons jeunes.

L'augmentation du rapport S/S+G contribue à diminuer la différence entre les deux résistances pour l'ensemble des âges des bétons testés et au delà d'une certaine valeur de ce rapport la granulométrie n'a que très peu d'influence sur le rapport des deux résistances. Quant à la variation du rapport E/C, elle n'a pas d'influence sur la relation entre les deux résistances. La dispersion reste inférieure à 10 % pour une variation du rapport E/C de 26 %.

Références

- [1] - A. Anderson and K. S. Roger, "Pulse Velocity as a predictor of 28 and 90-Day Strength", *ACI Materials Journal*, Vol. 78, N°2, (1981) pp. 117-122
- [2] - A. Nilsen, P. Aitcin, "Static modulus of elasticity of high strength concrete from pulse velocity tests", *Cem Concr Aggregates*, Vol.14, N°1 (1992) 64-66
- [3] - F. Sturup et al. "Pulse velocity as a mesure of concrete compressive strength", in situ/ non-destructive testing of concrete, ACI SP-82, Detroit, (1988) 201-227.
- [4] - S. Pessiki and M. R. Johnson, "Non-destructive Evaluation of Early-Age Concrete Strength Plate Structures by impact-Echo Method", *ACI Materials Journal*, Vol. 93, N°3, May-June (1996) pp. 260-271.
- [5] - H. Y. Qasrawi, "Concrete strength by combined non-destructive methods, simply and reliably predicted", *Cement and concrete research*, Vol. 30, (2000) 739-746.
- [6] - W. F. Price and J. P. Hynes, "In-Situ Strength Testing of High Strength Concrete", *Magazine of Concrete Research*, Vol. 48, N°176 (1996) pp. 260-271.
- [7] - Norme NF EN 933-1, "Détermination de la garnularité-Analyse granulométrique par tamisage", AFNOR (1997).
- [8] - G. Dreux, "Nouveau guide du béton", *Editions Eyrolles*, Paris (1981), France.
- [9] - F. Gorisse, "Essais et contrôle des bétons", Editions Eyrolles, Paris, (1978), France.
- [10] - Norme Européenne EN 12504-2, "Essais pour béton dans les structures-partie 2: Essais non destructifs-détermination de l'indice de rebondissement", CEN, juin 2001.
- [11] - Norme Européenne EN 12309-3, "Essais pour béton durci-partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes", CEN, février 2003.