
Soumis le : 10 Mai 2011

Forme révisée acceptée le : 02 Mars 2012

Email de l'auteur correspondant :

hassen_ouahhabi@yahoo.fr

Influence de la granularité du béton hydraulique sur le ressuage

Hassen Ouahhabi^a, Adda Hadj Mostfa^b

^aLaboratoire de Matériaux et Hydrologie, Université Djillali Liabès, 22000

^bLaboratoire de Matériaux et Hydrologie, Université Djillali Liabès, 22000

Résumé

Le béton hydraulique est le matériau de construction le plus usité en ce centenaire, cet engouement du monde de la construction résulte de ses avantages indéniables, tel que son coût réduit relativement à la charpente métallique ou au bois, sa maniabilité en exécution et sa remarquable résistance. Sauf que, d'autres paramètres rhéologiques et mécaniques, restent méconnues ou exceptés, et qui influence négativement sur son comportement. Ainsi l'intérêt de tous chercheurs est d'essayer d'apprivoiser ou de comprendre la physique qui explique justement les sources de ses aléas rhéologiques et mécaniques. Parmi ces phénomènes parasitaires, on peut citer le ressuage que cet article traite et qui se résume par une remontée d'eau de gâchage sur la surface du béton après le coulage. Notre travail expérimental s'est penché sur l'influence de la granularité sur le taux de ressuage.

Mots clés : Ressuage, béton hydraulique, granularité, affaissement, rapport E/L, maniabilité.

1. Introduction

Le ressuage est caractérisé par une remontée d'eau de gâchage sur la surface du béton hydraulique après son coulage. Cette particularité n'est pas entièrement néfaste. En effet, elle permet d'isoler par sa fine couche d'eau le béton des agents atmosphériques lors de son durcissement, et ainsi ne pas perturber la cinétique de sa prise. Cependant, ses inconvénients restent prépondérants, comme la réduction de la hauteur du béton après durcissement qui peut atteindre jusqu'à 5%, l'impossibilité d'utilisation de la pompe pour les bétons ressuants dont lequel le risque d'endommager l'engin est inévitable.

Ainsi, nous sommes intéressés dans notre étude expérimentale sur la manière d'amoindrir le taux de ressuage des bétons, en trouvant la granularité idéale qui assure une résistance acceptable et un taux de ressuage réduit. Nous avons, donc, fixé le rapport E/L(eau/ liant) constant et en variant les pourcentages volumiques des fractions granulaires.

2. Matériaux utilisés

2.1. Ciment

Le ciment utilisé dans notre confection du béton, est le ciment Portland de type CPJ, de la cimenterie de

ZAHANA, wilaya de Mascara. Sa résistance vraie à 28 jours est de 44MPa.

2.2. Sable

Le sable utilisé dans notre étude est le sable de mer de TERGHA, dont la granulométrie est non uniforme, de nature quartzreuse et fine (module de finesse est de valeur grande) et d'un équivalent de sable de l'ordre de 98% c'est-à-dire très propre. Sa fraction granulaire est de 0/5. Mais, vu que ce sable est en voie d'interdiction dans la conception des bétons hydrauliques, nous avons opté pour l'écritelement de ce sable, afin de rendre sa granulométrie plus fine et cela pour s'approcher de la granulométrie des sables des dunes. Ainsi, ce sable est devenu après écrêtage d'une fraction 0/2,5.

2.3. Gravier

Les agrégats utilisés dans notre travail sont ceux de la carrière de concassage HASNAOUI, dont les deux fractions sont de 3/8 et 8/15.

3. Formulation du béton témoin

Pour permettre à notre étude d'être claire et précise, nous avons jugé nécessaire d'utiliser un béton de référence qui restera un repère à notre compagnie d'essai. Ce béton a été formulé par la méthode de DREUX-GORISSE, qui a l'avantage de donner au squelette granulaire une granularité

continue. Avec une résistance voulue à 30Mpa et un affaissement de 8cm. Dans notre étude, nous avons calculé le rapport E/L :

$$E/L = 0,55$$

$$\text{Avec : } L = 390 \text{ Kg/m}^3, E = 215 \text{ l.}$$

Table.1

Composants du béton de références selon la méthode de Dreux-Gorisse.

Type de béton	Eau de gâchage (L)	Liant (Kg)	Sable (%)	Gravillon (%)	Gravier (%)
B-TM	215	390	31,19	11,62	57,19

3.1. Granularité des bétons testés

Dans notre approche expérimentale, nous avons choisi six types de béton dont la granularité diffère suivant deux rapport, baptisés « Indice de courbure du squelette granulaire » I_c , et « indice de déflexion du squelette granulaire » I_d , et qui se calculent comme suit :

$$I_c = \frac{V_g}{V_s + V_g} \quad (1)$$

$$I_d = \frac{V_{g'}}{V_g} \quad (2)$$

$$\text{Avec : } V_g = V_{g'} + V_{g''}$$

V_g : Volume de la fraction granulaire des gravillons (3/15),

V_s : Volume de la fraction granulaire (0/3).

$V_{g'}$: Volume de la fraction granulaire (8/15).

Tel que : $V_{g''}$ est le Volume de la fraction granulaire (3/8).

Et nous avons obtenu le tableau ci-dessous :

Table.2

Composants des sept bétons conçus pour la campagne d'essai en fonction de I_c et I_d .

Type de béton	I_c	I_d	Sable (%)	Gravillon (%)	Gravier (%)
B-TM	0,7	0,83	31,19	11,62	57,19
B-1	0,6	0,9	40	6	54
B-2	0,6	0,6	40	24	36
B-3	0,5	0,9	50	5	45
B-4	0,5	0,6	50	20	30
B-5	0,7	0,9	30	7	63
B-6	0,7	0,6	30	28	42

4. Procédé de mesure du ressuage

Nous avons usiné une plaque métallique dont sa dimension est (20cm.20cm), à son centre une faille en forme d'une lentille de largeur au milieu de 10mm et d'une longueur de 16cm. Cette plaque est destinée à être posé sur l'éprouvette pour permettre d'assurer la même forme de

fente pour toutes les éprouvettes de la campagne d'essai, et une réduction de la profondeur de la fente du centre au bord afin de faciliter la collecte de l'eau ressué. La fente est réalisée à l'aide de la spatule spéciale de la boîte de Casagrande pour les essais de limite de liquidité. La collecte est faite à l'aide d'une seringue médicale.

5. Résultats expérimentaux

5.1. Augmentation du volume d'eau ressué en fonction du temps

Nous avons utilisé dans notre campagne d'essai des intervalles de temps de collecte variable comme suit, 0 min, 4 min, 8min, 16 min, 32 min, 64 min, 101 min, 128 min, 188 min. le volume d'eau ressué est cumulé lors du déroulement de l'essai. Et les résultats sont représentés ci-dessous :

Table.3

Evolution du volume d'eau ressué pour chaque béton en fonction du temps.

Temps (min)	Ressuage (ml)						
	B-TM	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6
0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,43	0,37	0,6	0,40	0,42	0,43	0,3
8	0,83	0,7	1,6	0,6	1,2	0,8	0,85
16	2,5	1,2	4	1,6	3	2,8	2,05
32	7	3,5	12	7,3	6,8	7,6	5,15
64	16,7	8,7	15,2	11,4	11,6	19,1	14,15
101	22,2	11,30	15,3	11,4	11,7	21,7	20,15
128	22,2	12,30	15,3	11,4	11,7	21,7	23,05
188	22,2	12,30	15,3	11,4	11,7	21,7	23,65

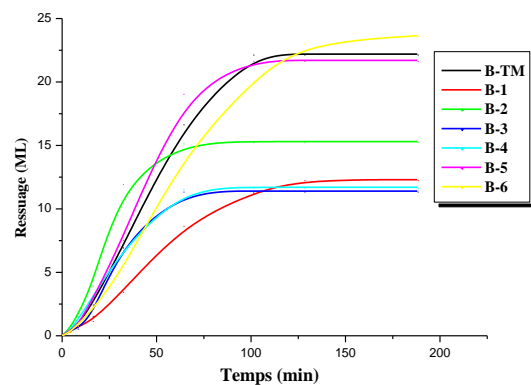


Fig.1 : Evolution du volume d'eau ressué pour chaque béton en fonction du temps.

L'augmentation de l'indice de courbure I_c conduit à une augmentation du taux de ressuage du béton, comme montré dans la (figure.1).

En second lieu, plus l'indice de courbure diminue, plus le temps de ressuage diminue. Ainsi, le temps de ressuage évolue proportionnellement par rapport à l'indice de courbure.

5.2. Augmentation du volume d'eau ressué en fonction de I_c et I_d

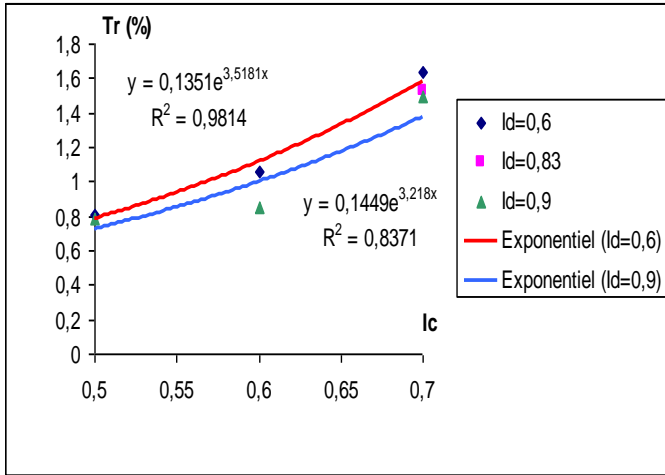


Fig.2 : Evolution du taux de ressuage en fonction de I_c et I_d .

L'évolution du taux de ressuage (T_r) en pourcentage en fonction de l'indice de courbure est de la forme d'une fonction exponentielle, tel que :

$$T_r = A e^{B \cdot I_c} \tag{3}$$

Où A est constante et presque égale à 0.135 et B varie inversement à I_d :

$$B = 3 + \frac{0,32}{I_d} \tag{4}$$

Nous obtenons :

$$T_r = 0,135 e^{\left(3 + \frac{0,32}{I_d}\right) \cdot I_c} \tag{5}$$

Et puisque le taux de ressuage est proportionnel au rapport E/L , donc :

$$A = \alpha(E/L) \tag{6}$$

Ainsi :

$$\alpha = A \cdot L/E = (0.135)1,818 = 0,25$$

Donc la formule empirique générale est de la forme :

$$T_r = 0,25 \left(\frac{E}{L}\right) e^{\left(3 + \frac{0,32}{I_d}\right) \cdot I_c} \tag{7}$$

Table.4

Comparaison entre le taux de ressuage mesuré en laboratoire et le taux de ressuage calculé par la formule (9).

Type de béton	I_c	I_d	T_r mesuré (%)	T_r calculé (%)	Erreur relative	$ \varepsilon $ (%)
B-6	0,7	0,6	1,631	1,6310141	0,0053	0,00
B-TM	0,7	0,83	1,531	1,47071423	0,0979	3,93
B-5	0,7	0,9	1,496	1,44016476	0,1209	3,73
B-2	0,6	0,6	1,055	1,1455314	-0,0836	8,58
B-1	0,6	0,9	0,848	1,02963253	-0,1261	21,41
B-4	0,5	0,6	0,806	0,80455601	0,0004	0,18
B-3	0,5	0,9	0,786	0,73612629	0,1177	6,34
					Erreur relative moyenne	6,31

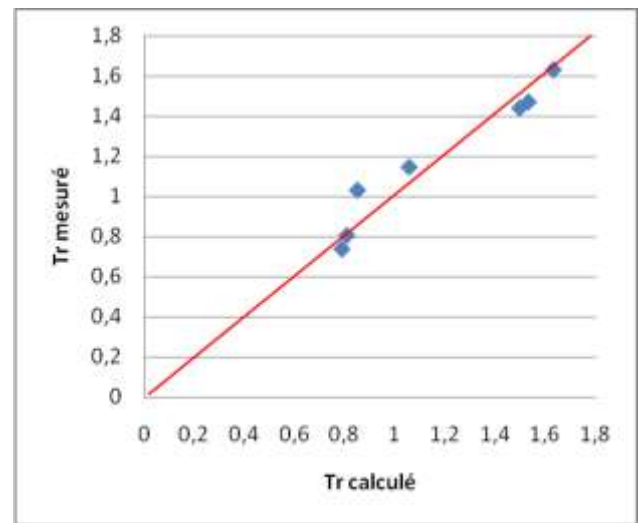


Fig3 : Comparaison entre les résultats mesurés expérimentalement et les résultats calculés du taux de ressuage

5.3. Augmentation de l'affaissement en fonction de I_c

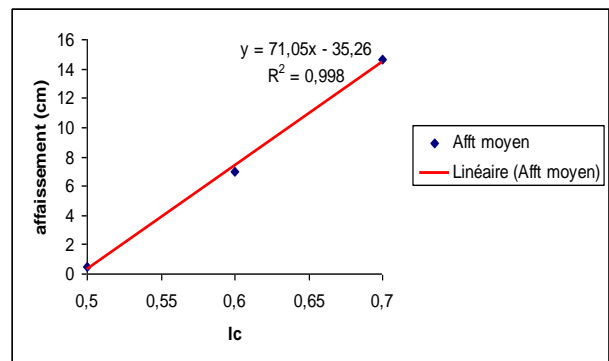


Fig.4 : Evolution de l'affaissement moyen en fonction de I_c .

L'évolution de l'affaissement en fonction de l'indice de courbure, montre clairement que cette variation suit une progression linéaire de la forme :

$$Afft = 65 I_c - 32 \tag{8}$$

Le tableau ci-dessous compare les mesures d'affaissement et les valeurs calculées des sept bétons :

Table.5

Comparaison entre l'affaissement mesuré en laboratoire et celui calculé par la formule (8).

Type de béton	I _c	Affaissement moyen mesuré (cm)	Affaissement moyen calculé (cm)	Erreur relative	ε %
(B-6, B-5, B-TM)	0,7	14,66	14,7	0,0654	0,27%
(B-2, B-1)	0,6	7	7,6	-0,0923076	8,57%
(B-4, B-3)	0,5	0,45	0,5	-0,11111111	11,11%
				Erreur relative moyenne	6,65%

5.4. Augmentation de l'affaissement en fonction du taux de ressuage

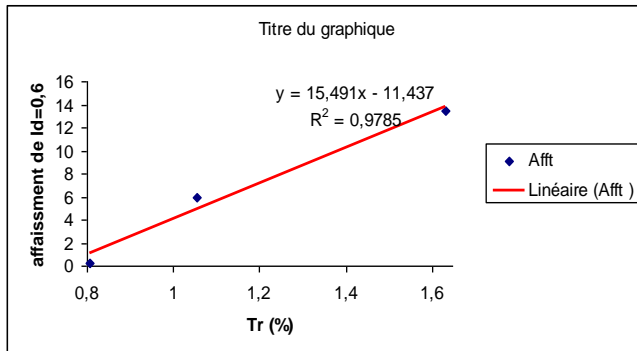


Fig.5 : Augmentation de l'affaissement en fonction du taux de ressuage.

En ce qui concerne l'augmentation de l'affaissement en fonction du taux de ressuage est presque linéaire de la forme :

$$Afft \cong 15,5 T_r - 11,5 \quad (9)$$

Ainsi finalement, nous fixons un affaissement du béton de 8 cm et nous tirons les valeurs de I_c et I_d, par les formules (7), (8) et (9).

De la formule (9), nous calculons le taux de ressuage :

$$T_r = (8+11,5)/15,5 \iff T_r = 1,258\%$$

De la formule (8), l'indice de courbure est: I_c = (8+32)/65

$$\iff I_c = 0,615$$

En remplaçant les valeurs tirées de (8) et (9) dans la formule (7), la valeur de I_d est : I_d = 0,53

Donc : V_s=39,5%, V_g=33,3% et V_{g'}= 27,2 %

6. Vérification des résultats

Pour confirmer les résultats tirés par les trois formules empiriques, nous avons procédé à l'élaboration de trois nouveaux bétons. Le tableau ci-dessous présente les résultats expérimentaux des trois bétons hydrauliques (E-1, E-2 et E-3):

Tab.6

Résultats de l'affaissement des trois bétons hydrauliques

Type de béton	I _c	I _d	E/L	Affaissement
E-1	0,605	0,476	0,55	7,5
E-2	0,61	0,55	0,55	6,5
E-3	0,615	0,6	0,55	6

Les résultats obtenus révèlent bien que les indices calculés correspond presque à l'affaissement du béton E-1, sachant que I_c est inférieur à celui de la formulation calculée mais avec aussi un I_d inférieur à celui du béton calculé.

7. Conclusion

Dans cet article on a conclu que l'augmentation de l'indice de courbure I_c conduit à une augmentation du taux de ressuage du béton, et le temps de ressuage varie proportionnellement par rapport à l'indice de courbure I_c.

Au terme de ce travail, les conclusions suivantes peuvent être dégagées :

- L'évolution de l'affaissement en fonction de l'indice de courbure est décrite par une droite de corrélation.
- L'affaissement varie linéairement par rapport au taux de ressuage.
- Les valeurs de I_c et I_d idéaux pour avoir un affaissement de 8cm est : I_c=0,615 et I_d = 0,53.

Bibliographie

- [1] A. LECOMPTE, F. DE LARRARD, J-M MECHELING, « Résistance à la compression de bétons hydrauliques au squelette granulaire non optimisé » Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, N° 234, Septembre-Octobre, 2001
- [2] D. PERRATON, P-C AITCIN, « Perméabilité du béton de peau » Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, N°232, Mai-Juin, 2001.
- [3] F. DE LARRARD, T. SEDRAN, « Une nouvelle approche de la formulation des bétons », Annales du BTP –version 19/12/2001.
- [4] L. JOSSERAND, « Ressuage des bétons hydrauliques », thèse de doctorat de l'école des ponts et chaussée, p194, soutenue le 11 octobre 2002.