

INFLUENCE DES PARAMETRES DE CURE SUR LA RESISTANCE DE BETON EN CLIMAT CHAUD

L. AZZOUZ
M. BOUCHICHA
K. BENDJILLALI
Université de Laghouat

RÉSUMÉ

Comme tout matériau naturel ou créé par l'homme, le béton subit l'épreuve du temps, ce qui rend ses propriétés mécaniques instables, elles évoluent avec l'âge et elles sont très sensibles aux conditions ambiantes de température et d'hygrométrie. Afin d'améliorer la qualité du béton et de prolonger sa durée de vie, on fait appel à sa cure durant son jeune âge c'est à dire les premiers jours de durcissement. Dans cette étude, on étudie l'influence de la cure sur la résistance à la compression du béton dans le climat réel de la ville de Laghouat. Afin d'étudier l'effet de l'environnement sur la résistance à la compression du béton, une comparaison est faite entre l'évolution de la résistance du béton immergé continuellement dans l'eau et du béton maintenu sans cure à l'air libre.

MOTS CLÉS

Béton • cure • climat chaud • température • humidité relative • résistance • compression • évaporation • hydratation.

1. Introduction

Le béton est un matériau en perpétuelle évolution et cependant, on le considère à tort comme un solide à partir de la prise du liant. Il est réceptif de l'ambiance qui l'entour et toute modification physique ou mécanique lui laisse une empreinte qui interviendra sur son comportement ultérieur et sur sa durabilité. Le ciment est le principal agent de cette réceptivité puisque dans le temps, l'hydratation des particules s'effectue à une vitesse plus ou moins grande et la quantité de grains hydratés est plus ou moins importante, selon les conditions thermo-hygrométriques de conservation.

Puisque le béton est très vulnérable surtout au début du durcissement, dans les premiers jours qui suivent sa fabrication et sa mise en œuvre, il est recommandé aux utilisateurs de ce matériau de s'enquérir des caractéristiques climatiques propres à la région et d'établir un dossier de renseignements météorologiques : température, humidité relative, vent et évaporation surtout pour les projets les plus importants, afin de procéder à sa protection par un moyen adéquat de cure [1]. A travers ce travail, on a étudié les différents procédés de cure, leurs influences sur la résistance à la compression du béton en climat chaud.

2. Caractérisation du climat de Laghouat

Laghouat est classée comme étant une région présaharienne à caractère aride [2]. Le climat caractérisant cette région est un climat de type semi-continentale avec un été très chaud et des températures dépassant les 36°C et un hiver rigoureux où la température diminue jusqu'à 3,12°C, avec des périodes de fortes gelées qui se prolongent de décembre à mars. Les précipitations sont irrégulières avec un taux moyen de 180 mm/année, l'humidité relative passe de 24% en août à 80% en décembre. Le vent Sirocco est le vent caractérisant cette région, c'est un vent chaud et sec fréquent en été avec 6,3 jours par an avec un maximum au mois de juillet, il accroît la température et diminue fortement l'humidité en favorisant l'évaporation [3].

Au cours des essais, on a eu l'occasion d'avoir les valeurs des différents facteurs de climat grâce à la station météorologique située au sein du centre universitaire de Laghouat, les valeurs sont présentées dans le tableau 1 :

Paramètre	Valeur maximale	Valeur minimale
Température	41,10°C	5,20°C
Humidité relative	91%	7%
Ensoleillement	145 mm	00
Evaporation	267 mm	19mm
Précipitation mensuelle	13,10mm	00

Tableau 1 : Données climatiques

3. Cure du béton

La cure est la procédure qui consiste à assurer une quantité d'humidité, et une température favorable dans le béton au cours de l'hydratation du ciment. La meilleure des cures est le maintien en place des coffrages, cependant pour des raisons économiques, le coffrage sera généralement retiré dès que le béton aura atteint une résistance mécanique suffisante pour être autosable. Dès lors un autre système doit assurer la relève pour protéger les surfaces nues contre le départ excessif de l'eau surtout par temps chaud ensoleillé et sec, et c'est l'objet principal de la cure qui peut être réalisée par différents procédés parmi lesquels :

- Humidification de la surface externe du béton : par immersion, pulvérisation d'eau ou par toile de jute humide.
- Prévention de la perte d'eau : Par film plastique ou par un produit de cure à base de résine, cire ou de paraffine.

Certains auteurs et les documents technique unifiés insistent sur l'application de la cure du béton dès les premiers âges [4][5].

Une cure efficace permet une hydratation uniforme du ciment, une réduction de la tendance du béton à se fissurer et elle lui offre une surface résistante aux intempéries et à l'abrasion.

Shax [6] en se basant sur les résultats de Malinowsky effectués sur un béton avec CPA 325 et une vitesse de vent de 10 m/s propose (Figure 1) les conditions d'application de la cure.

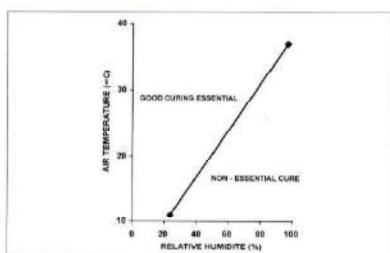


Figure 1 : Conditions d'application de la cure [6]

Granulats	Masses volumique apparente g/cm ³	Masses volumique absolue g/cm ³	Porosité %	Teneur en eau %
Sable	1,68	2,63	37	0,071
Gravier 8/15	1,28	2,68	52	0,081
Gravier 15/25	1,26	2,66	53	0,053
Ciment	1,28	3,10	-	-

Tableau 2 : Différentes propriétés de granulats utilisés.

La durée de cure dépend de la nature de la pièce, des caractéristiques du béton et de l'ambiance de conservation. Des différents textes officiels normatifs : Prénorme européenne ENV206, le fascicule 65A [7] et le code britannique de la pratique des structures de béton CP110 : 1972 ont donné des indications sur la durée minimale de cure suivant les conditions de conservation et le type de ciment. J.D.N Shaw [6] a fixé cette durée à 7 jours, la même durée a été préconisée par Neville [8] mais pour les ciments CPO seulement et pour les ciments à durcissement lent il a recommandé une longue période de cure.

4. Etude expérimentale

4.1 Matériaux utilisés

Les granulats utilisés proviennent de la région de Laghouat :

- Le sable d'oued M'Zi Esp = Esv = 98,8%
- Les graviers calcaires 8/15 et 15/25 de la station de concassage Ouazane.
- Le liant utilisé est le ciment CPA325.

Les principales propriétés des différents granulats sont regroupées dans le tableau 2.

La durée de prise de ciment est comprise entre 50 mn à chaud et 2h 40mn à froid et sa résistance à la compression est 46 MPA.

4.2 Composition du béton

Pour la détermination de la composition optimale nous avons utilisé la méthode de Dreux Gorisse [9]. Les dosages obtenus pour 1m³ de béton, sont :

673 kg de sable, 43 kg de gravier 8/15, 675 kg du gravier 15/25, 400 kg de ciment et 200 l d'eau avec les rapports : E/C = 0.5 et G/S = 1.64.

4.3 Confection des éprouvettes

Les éprouvettes utilisées pour les essais mécaniques sont :

- Des éprouvettes cylindriques 16x32cm pour l'essai de la résistance à la compression.
- Des éprouvettes prismatiques 7x7x28cm pour l'essai de la résistance à la flexion.

La préparation des éprouvettes est effectuée sous abris à une température comprise entre

23°C et 31°C, les éprouvettes sont maintenues dans ce milieu jusqu'au démoulage qui se fera 24 h après le coulage, ensuite elles sont affectées directement, au milieu de conservation souhaité et la valeur retenue était la moyenne des résultats de 03 essais.

4.4 Paramètre de cure

Afin de suivre l'influence des paramètres de cure sur le comportement du béton, nous avons adopté deux environnements et six types de cure :

- environnements adoptés :

- 1 - Sous l'eau T = 20°C et 100%HR
- 2 - A l'extérieur à l'air libre T = 28°C - 45°C et HR n'excède pas 20%.

- types de cure choisis :

- 1 - Immersion dans l'eau.
- 2 - Arrosage avec l'eau.
- 3 - Toile de jute mouillée.
- 4 - Film plastique blanc.
- 5 - Produit de cure «Contact curing».
- 6 - Hydrofuge de masse «Medafugel».

- Pour cette étude nous avons choisi des cures de différentes durées : 7j, 14j, 28j et 90j.

5. Résultats et discussion

5.1 Effet de la durée de cure

Suite aux résultats obtenus, on constate que la prolongation de la durée de cure est un facteur bénéfique pour l'ensemble des cures (Figure 2), ceci concorde avec d'autres travaux [10, 11].

Avec l'arrosage on a constaté que la résistance à la compression du béton augmente jusqu'à 14j d'arrosage continu, puis elle diminue significativement même en continuant l'opération, cela peut être expliqué par le fait que l'arrosage est une opération intermittente et qui doit assurer au béton une surface toujours humide ce qui est difficile à réaliser en climat chaud ou la température dépasse les 45°C. Il a été remarqué aussi que l'eau arrosée s'évapore immédiatement, et qu'une grande différence existe entre la température de l'eau qui est de l'ordre de 20°C et celle à la surface de béton et qui peut atteindre les 40°C, ce qui peut causer un choc thermique important.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ACI comité 305 : "Recommended practice for hot weather concreting". ACI 305-82.
- [2] E. Gautier : "Structure de l'Algérie". Paris 1922.
- [3] Icosium forage et engineering services : "Etude hydroclimatologique du sous-bassin versant de l'oued M'Zi". 1997.
- [4] Waddell : "Concrete construction hand book". MC F.Graw, hill book company.
- [5] "La durabilité des bétons". Collection de l'association technique de l'industrie des liants hydrauliques sous la direction de Jacques Baron et Jean Ollivier 1992.
- [6] JDN Shax : "Curing concrete - curing membranes". Concrete august 1984.
- [7] G. Dreux et J. Festa : "Nouveau guide du béton" 7ed, 1995.
- [8] A.M Neville : "Properties of concrete". 3rd ed.
- [9] George Dreux : "Nouveau guide du béton". 5^e ed, 1986.
- [10] L. Lachemat : "Effets du type et de la durée de cure sur les propriétés mécaniques et durabilité du béton en climat chaud". Thèse de magister sept. 1994.
- [11] L. Lachemat & S. Kenai : "Effet du type et de la durée de cure sur les propriétés du béton en climat chaud". Séminaire international sur la qualité du béton en climat chaud, Ghardaia, 22-24 Mars 1994.

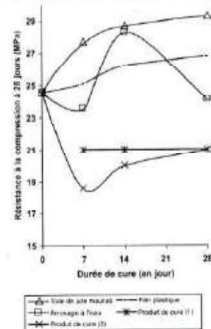


Figure 2:
Variation de la
résistance avec
la durée de cure

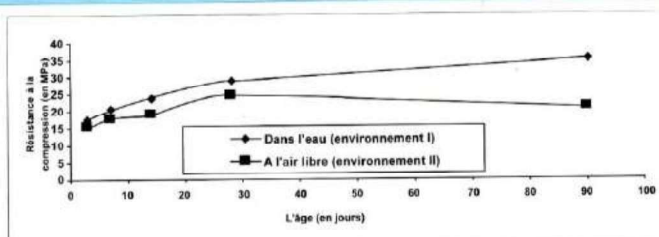


Figure 3 : Evolution de la résistance à la compression dans les deux milieux

●●●

[12] Al. Shaikh, A.H. & Al. Neghaimesh A.I. : "Effectiveness of different curing methods under very hot and dry conditions". *Proceeding of the international conference «concrete 2000»*. Dundee-scotland, vol.1. 7-9 sept. 1993.

[13] G.J. Verbeck & R.H. Hulmuth : "Structures and physical properties of cement paste". *Proceeding, 5th international symposium on the chemistry of cement, session III-1*. Tokyo 1968.

[14] A.F. Abbasi & M.S. Alam : "Compressive strength of concrete in hot weather". *Housing science*, vol 6, n°2 IAHS 1982.

[15] Tsui Leung-cho : "An investigation on the time-strength relation on the concrete in Hong-Kong". *Travaux du symposium de la RILEM sur le béton et le béton armé en pays chauds*, Haifa, Israël, vol II, 1971.

[16] CEBTP : "Recherches sur les règles de constructions en béton armé dans les pays tropicaux et équatoriaux". *Rapports CEBTP* : 41005 d'août 1982 et 412.9.151 de Octobre 84.

5.2 Effet des types de cure

Parmi les types de cure choisis dans cette étude, la toile de jute paraît la cure la plus efficace dans ces conditions, cette conclusion est aussi confirmée par [10, 11, 12], après 7 jours seulement de protection avec la toile de jute la résistance est déjà très élevée par rapport aux autres moyens de cure, après 28 jours de cure, l'immersion dans l'eau peut donner une résistance à la compression à 28 jours comparable à celle offerte par la toile de jute. Quant au film plastique durant les trois premières semaines, il offre des résultats meilleurs que ceux de l'immersion dans l'eau. Le produit de cure et même l'adjuvant n'ont pas amélioré la résistance à la compression d'une façon appréciable par rapport aux autres cures, cela peut être à cause de la non maîtrise de l'utilisation de ces agents dans des conditions climatiques assez sévères, donc il est préférable d'élaborer une étude propre à notre région et notre climat afin de déterminer leurs conditions d'emploi.

5.3 Effet de l'environnement

On constate que la résistance à la compression du béton immergé dans l'eau augmente rapidement avec l'âge (Figure 3), ceci peut être expliqué par le fait que dans l'eau la réaction d'hydratation aura tout son temps pour se compléter. Tandis qu'à l'air libre, la résistance augmente considérablement durant les trois premiers jours, elle est très proche de celle obtenue avec l'immersion, cela est dû à la température très élevée qui active l'hydratation du ciment.

Mais après 28 jours d'exposition à l'air libre sans protection, les effets de la température se controversent et conduisent à un départ excessif de l'eau de gâchage ce qui arrête complètement la réaction d'hydratation et la résistance à la compression est nettement plus faible [13].

5.4 Effet de l'âge

D'après les résultats trouvés, on observe que jusqu'à 28j, la résistance évolue progressivement dans les deux milieux (Figure 3), cette évolution continue dans l'eau jusqu'à long terme, tandis qu'à l'air libre la résistance à 90j chute considérablement. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Verbeck et Hulmuth [13].

Dans l'environnement I (dans l'eau), le rapport d'âge des résistances R_{c3j}/R_{c28j} est tel que : $R_{c3j}/R_{c28j} = 60.35\%$ et $R_{c7j}/R_{c28j} = 70.68\%$, ces résultats sont proches à d'autres travaux [11].

Dans l'environnement II (à l'air), on remarque que la résistance à 3 jours présente 62.45% de celle à 28 jours. Tandis que la résistance à 7j présente 72.65% de la résistance à 28j. Ces résultats coïncident à d'autres travaux déjà effectués [14, 15, 16].

6. Conclusion

De cette étude, on constate que le climat a une grande influence sur la résistance à la compression du béton surtout à long terme, et puisque la réaction d'hydratation dépend comme toute réaction chimique de la température et de l'humidité relative de l'ambiance de conservation, il ressort que le climat chaud et sec joue un rôle primordial sur la durabilité du béton qui dépend largement de cette réaction. Au départ, l'hydratation est une réaction thermo-activée, elle conduit à une évolution rapide de la résistance à la compression, mais à long terme les hydrates formés lorsque la température augmente sont plus faible mécaniquement et la résistance chute considérablement. Afin de préparer un béton durable et qui garde ses propriétés mécaniques le plus longtemps possible dans des conditions climatiques aussi sévères, il est nécessaire d'assurer sa cure dès les premières heures de sa mise en œuvre.

D'après les résultats présentés dans ce travail, la protection du béton par la toile de jute mouillée a donné des résultats très satisfaisants par rapport aux autres types de cure, la seule condition est de la maintenir toujours humide. La valeur maximale de la résistance obtenue est de l'ordre de 35 MPa. Pour assurer l'efficacité du film plastique, on doit utiliser des feuilles de couleur claire de préférence blanches et en bon état.

La durée minimale de cure dans un climat pareil est 14j, et la prolongation de cette période améliore la résistance à la compression pour toutes les cures ■