

# Bétonnage à de hautes températures

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **67 (1999)**

Heft 4

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146490>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Bétonnage à de hautes températures

Il est possible de bétonner également à de hautes températures si l'on prend les mesures nécessaires.

Ce qu'on appelle «trou de l'été» [1] se rapporte à des phénomènes qui se produisent fréquemment en été, et font que pendant la période la plus chaude, les résistances à la compression à 28 jours des éprouvettes de béton sont plus basses que les autres mois. Les variations des résistances à la compression de bétons B 35/25 provenant de cinq centrales à béton suisses, enregistrées durant les années 1993–1995, sont représentées graphiquement à la *figure 1*. On en connaît d'autres exemples [1, 2]. Lors de la construction d'un

pont en Allemagne, on a par exemple effectué de nombreux contrôles du béton frais et analysé l'influence de la température sur les résistances à la compression à 28 jours [2].

Les caractéristiques du béton utilisé étaient les suivantes:

granulat	diamètre maximum 32 mm
ciment	350 kg CP 45 F/m <sup>3</sup> (un CP 45 F correspond à peu près à un CEM I 42,5)
retardateur de prise	0,2-0,4 % de la masse de ciment

rapport e/c 0,48 en moyenne étalement 36-40 cm  
Quelques-uns des résultats de ces analyses sont donnés à la *figure 2*. La chute de la résistance à la compression en été est nette. Il ressort également de cette figure que la température de l'air exerce sur le développement de la résistance à la compression une influence plus grande que la température du béton frais. Les analyses révèlent en outre que l'influence de la résistance à la compression et de la finesse de broyage du ciment, ainsi que celle de

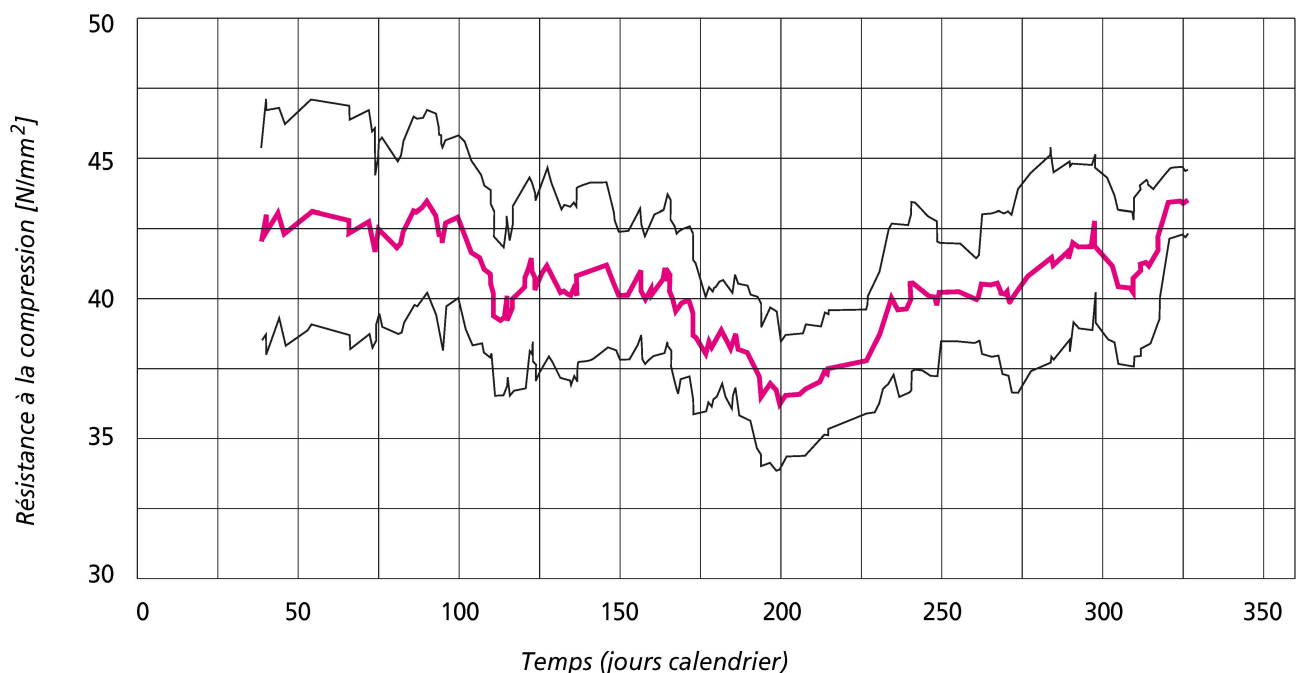


Fig. 1 Année de la résistance à 28 jours (valeur moyenne et variations standard) de bétons B 35/25 provenant de cinq centrales à béton suisses (1993–1995). Source: Kies und Beton AG, Maiefeld; interprétation: TFB.

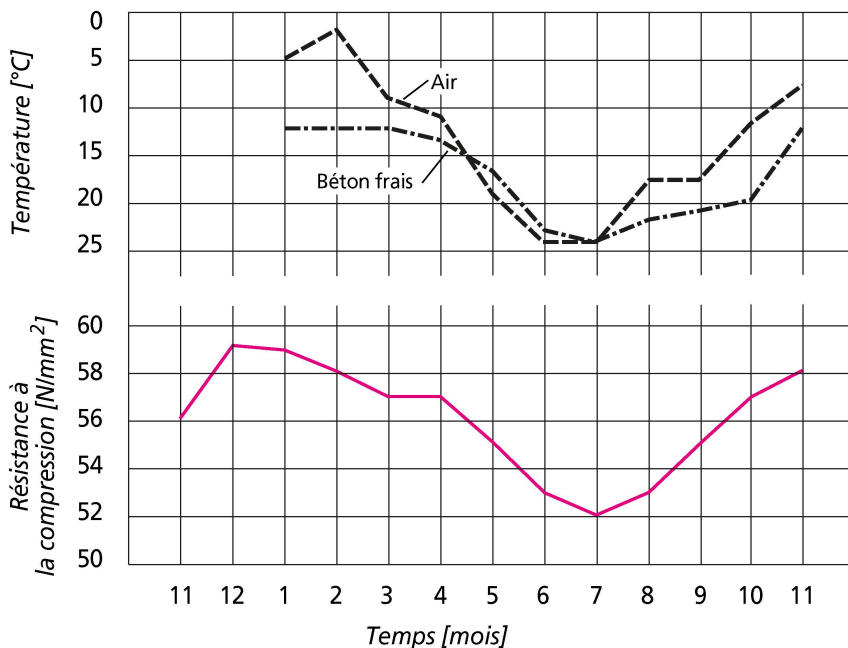


Fig. 2 Moyenne mensuelle des résistances à la compression du béton pour une partie de la superstructure du pont d'Aichtal en Allemagne, ainsi que températures de l'air et du béton frais (selon [2], mod.).

Graphique: TFB

la quantité d'eau exigée par le ciment, étaient faibles.

La résistance à la compression de cubes provenant des mêmes gâchées, confectionnés soit directement sur le chantier ou dans un laboratoire proche, diffèrent relativement beaucoup: les différences saisonnières étaient nettement plus grandes pour les cubes confectionnés sur le chantier (figure 3).

### Ce que l'on trouve dans les normes

La norme SIA 162 [3] consacre davantage de place au bétonnage à de basses températures qu'à celui à de hautes températures. Les mesures de protection à prendre sont en partie les mêmes dans les deux cas (chiffre 6 07 4): «En cas de gel ou de forte chaleur, le bétonnage sera subordonné à des mesures de protection

appropriées. Ces mesures s'étendent du début de la préparation du béton à l'achèvement de sa cure. La nature et l'importance des mesures de protection nécessaires dépendent de la température et de l'humidité de l'air ambiant, du vent, de la température du béton frais, du dégagement de chaleur d'hydratation du ciment, de la dissipation de chaleur ainsi que des dimensions de l'élément d'ouvrage.»

Selon le chiffre 6 07 5, la température du béton frais ne doit pas être supérieure à +30 °C. Le cas échéant, l'eau de gâchage et les granulats doivent être refroidis. Jusqu'à ce qu'il ait atteint une résistance suffisante, le béton doit être protégé «le plus rapidement possible contre les risques de délavage, de dessèchement prématuré par suite du rayonnement

solaire ou du vent, de gel, de fortes variations de température et d'ébranlements» (chiffre 6 08 1). Est également importante la prescription selon laquelle des dispositions telles qu'une protection contre le dessèchement trop rapide doivent être prises pour retarder le commencement du retrait «jusqu'à ce que le béton ait atteint une résistance à la traction suffisante» (chiffre 6 08 2).

### Influences sur la résistance à la compression

Les normes sont basées sur des expériences faites dans la pratique. Et l'expérience nous apprend que lors de bétonnage en été, il faut tenir compte entre autres des influences suivantes:

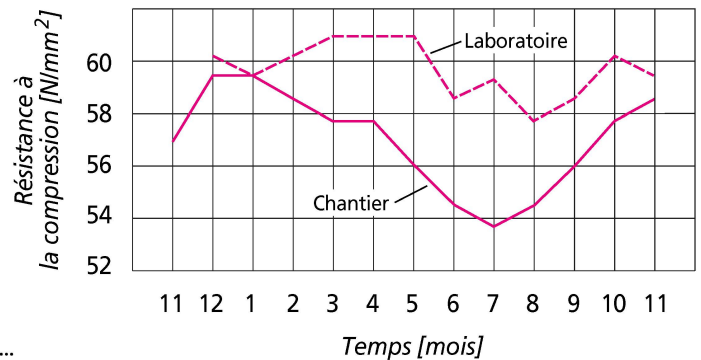
- température plus élevée des additifs du béton
- températures plus élevées du béton frais
- températures ambiantes plus élevées
- taux d'humidité de l'air relativement bas
- év. vent.

La combinaison de quelques-uns ou de tous ces facteurs a des effets négatifs sur la qualité du béton frais et du béton durci. Les conséquences en sont entre autres:

- besoin en eau plus élevé
- étalement réduit

**Fig. 3** Moyenne mensuelle des résistances à la compression à 28 jours d'éprouvettes confectionnées soit sur le chantier soit en laboratoire (températures d'entreposage plus basses durant les premières heures!) [2].

Graphique: TFB



- temps de prise plus court
- porosité plus élevée
- tendance plus grande à la formation de fissures de retrait
- plus faibles résistances à la compression à 28 jours et plus («trou de l'été»).

Pour pouvoir contrer ces phénomènes, il faut prendre en considération quelques faits concernant l'hydratation des ciments.

### Influences de la chaleur sur l'hydratation

Lors de l'hydratation du ciment, il se forme à la surface des grains de

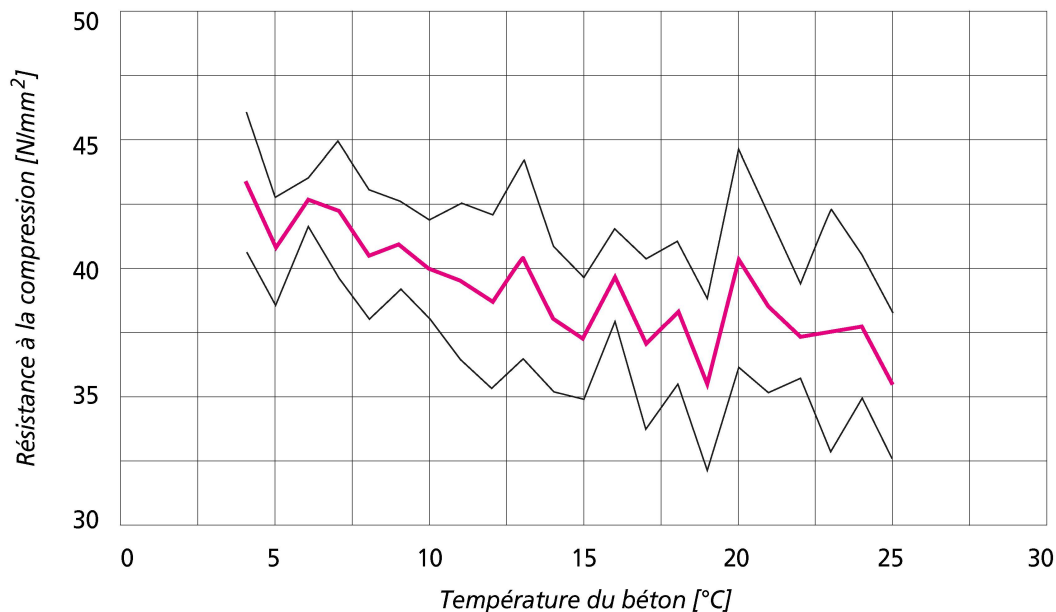
ciment des cristaux microscopiques, qui croissent en s'entrelaçant et s'engrènent ensuite comme les «dents» d'une fermeture éclair. Plus la réaction dure, plus il se forme de cristaux. Il en résulte la pâte de ciment durcie, laquelle enrobe les granulats.

Plus la température est élevée pendant ce processus de durcissement, plus la formation de cristaux se fait rapidement, ce qui est au début positif pour le développement de la résistance à la compression. Mais comme les produits réactionnels ont une structure peu ordonnée, la pâte

de ciment devient plus poreuse et la résistance à la compression à 28 jours et plus est plus faible qu'avec un béton frais qui durcit aux environs de 20 °C. C'est ainsi que la perte de résistance à 28 jours est de plus de 10 % lorsque la température du béton frais et la température de durcissement passent de 20 à 30 °C (figure 4).

### Mesures à prendre lors de la fabrication du béton

Le ciment est en été souvent relativement chaud. Mais son effet sur la



**Fig. 4** Influence de la température sur la résistance à la compression à 28 jours (valeur moyenne et variations standard). Source: Kies und Beton AG, Maienfeld; interprétation: TFB.

Graphique: TFB

température du béton frais est minime comparé à celui qu'exerce les beaucoup plus grandes quantités de granulats. C'est en utilisant des granulats refroidis que l'on peut abaisser notablement la température du béton frais. Pour refroidir les granulats, il faut les entreposer à l'ombre ou les asperger avec de l'eau. Abaisser la température du

béton frais en refroidissant les granulats est à première vue la méthode la plus sûre. Il est clair que l'on peut aussi utiliser des grains de glace ou de l'azote liquide [4]. Ces procédés ne sont malheureusement pas non marchés et, pour des raisons techniques, l'adjonction d'azote n'est pas possible partout.

Le processus plus rapide de l'hydratation du ciment et la plus grande tendance à l'évaporation de l'eau de gâchage entraînent un raidissement plus rapide du béton frais.

Le changement de consistance se fait bien dans le même laps de temps, mais un béton frais de 35 °C témoigne immédiatement après sa fabrication d'un étalement de 5 à 10 cm inférieur à celui d'un béton frais de même formule d'une température de 20 °C (figure 5) [5]. Ce problème

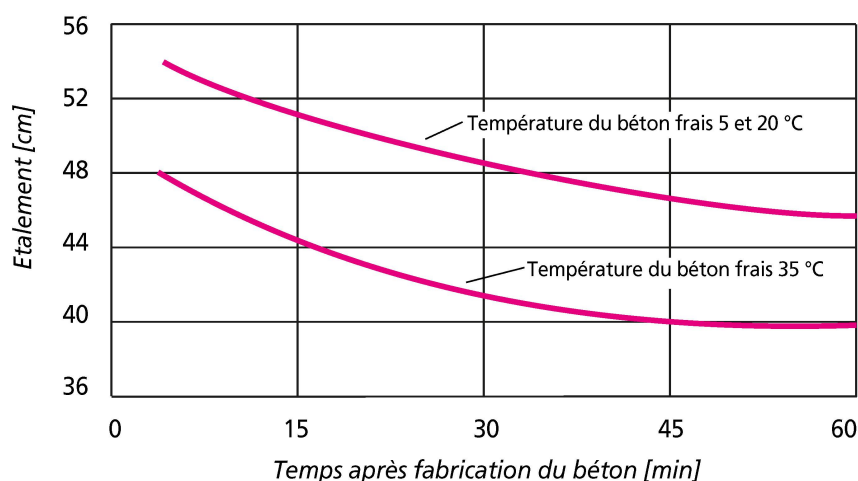


Fig. 5 Changement de consistance en fonction de la température du béton frais avec une composition du béton constante (300 kg CEM I/m<sup>3</sup>, rapport e/c 0,50) [5].

Graphique: TFB

est souvent résolu par l'adjonction d'une plus grande quantité d'eau.

Mais si cette mesure n'est pas accompagnée d'une augmentation correspondante du dosage en ciment, le rapport e/c augmente. Les conséquences en sont connues: résistances à 28 jours plus faibles, bétons poreux, etc. Il est plus judicieux soit d'utiliser un retardateur de prise, soit d'améliorer la consistance du béton frais au moyen d'un HBV.

### Souvent simple, mais efficace

Quelques mesures simples aident à réduire les conséquences indésirables du bétonnage à de hautes températures:

- bien planifier les opérations
- prévoir les travaux en plus petites étapes
- bétonner lorsque les températures extérieures baissent, c'est-à-dire tard dans la soirée
- adapter la formule du béton, p. ex. en utilisant un ciment moins réactif
- sur le chantier, placer les engins de transport à l'ombre
- ombrager toute la zone de mise en place et la protéger du vent
- réduire le plus possible les distances de transport
- ne pas attendre avant de décharger le béton sur le chantier
- bétonner sur un support aussi frais que possible
- employer sur le chantier davantage de gens pour la mise en place et le compactage du béton.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] «Betonieren bei heisser Witterung», VDB-Information 79 (1998).
- [2] Lütkehaus, M., «Beobachtungen von jahreszeitlichen Festigkeitsschwankungen beim B 45 des Überbaues der Aichtalbrücke, Betonwerk und Fertigteil-Technik 52 [7], 454–461 (1986).
- [3] Norme SIA 162: «Ouvrages en béton» (1993).
- [4] Goldstein, W, et Rühr, U., «1A-Beton durch Stickstoffkühlung», Strassen- und Tiefbau 44 [2], 24 (1996).
- [5] Krell, J., Dahlhoff, U., et Vissmann, H.-W., «Temperaturabhängigkeit von Betoneigenschaften», Beton 44 [11], 668–670 (1994).
- [6] van Egmond, B., et Hermann, K., «Le ressuage du béton», Bulletin du ciment 67 [2], 3–7 (1999).
- [7] Hover, K., «Keeping concrete cool in the heat of summer, Concrete Construction 38 [6], 433–436 (1993).
- [8] ACI Committee 305: «Hot weather concreting», ACI Materials Journal 88 [4], 419–436 (1991).

### Contrôles du béton frais

La confection des éprouvettes semble être un point particulièrement critique, ce qui a déjà été signalé. Il faut veiller à travailler dans toute la mesure du possible à l'ombre. Les échantillons de béton ne doivent en aucun cas rester en plein soleil. Les cubes fraîchement confectionnés doivent être recouverts et entreposés à un endroit aussi frais que possible. Une erreur fréquente lors de la détermination de la teneur en air est d'effectuer un contrôle le matin lorsque les températures sont encore relativement basses, ce qui fournit le résultat désiré. On renonce ensuite à d'autres contrôles pendant la période plus chaude de la journée, alors que ce serait justement particulièrement important pour garantir par une modification de la formule du béton la teneur en air voulue.

### Traitement de cure

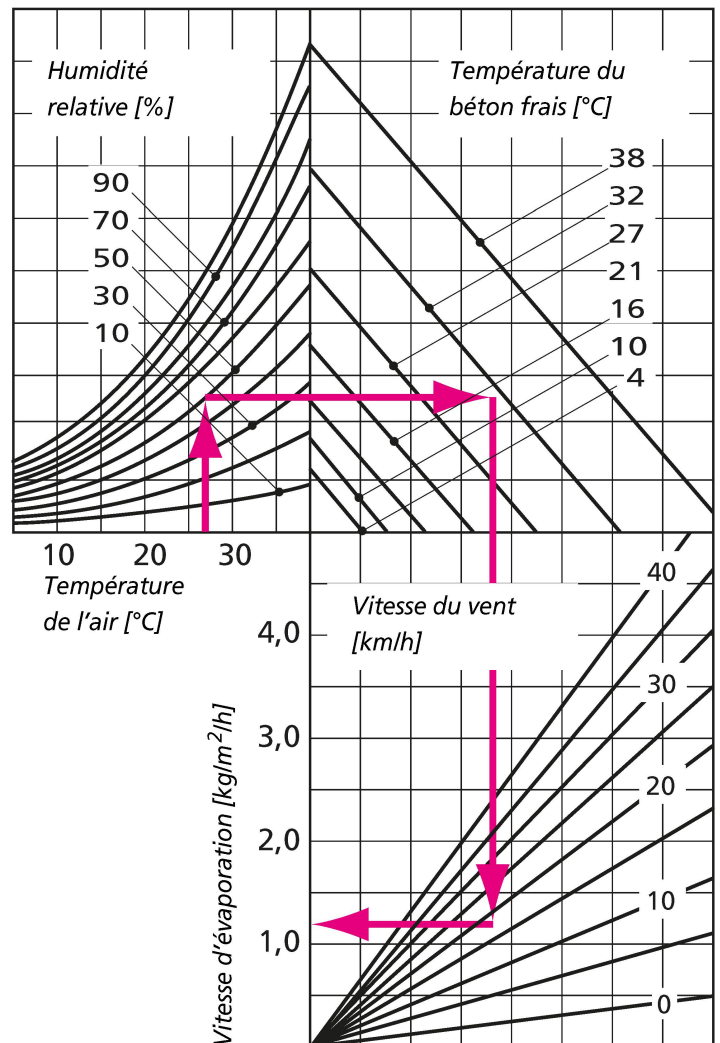
Le traitement de cure est important pour tous les travaux de bétonnage. Mais il faut y prêter une attention particulière en été. La protection contre le soleil et le vent fait entre autres partie de ce traitement, afin que la couche de béton proche de la surface ne se dessèche pas (voir figure 6).

Dès que l'eau de ressuage superficielle s'est évaporée [6], il faut maintenir

humide la surface du béton, sans que l'eau s'accumule sur la surface. Cela s'applique particulièrement aux bétons contenant de la fumée de silice [7]. La première nuit suivant la mise en place, il peut parfois être nécessaire de protéger le béton contre les pertes de chaleur: lors de températures nocturnes relativement basses, les éléments de construction minces refroidissent rapidement, ce qui peut provoquer de grands écarts de température en quelques heures, et de ce fait également des fissures.

### Pour conclure

Les connaissances en technologie du béton dont nous disposons aujourd'hui ainsi que le bon sens permettent de contrer plusieurs des conséquences négatives qu'entraînent les hautes températures en été. Il serait également certainement judicieux de faire preuve de plus de souplesse pour les formules du béton et de les définir en fonction des propriétés dont devra témoigner le béton.



**Fig. 6** Appréciation des influences de la température de l'air et du béton frais, de l'humidité relative ainsi que de la vitesse du vent sur la perte d'humidité d'une surface de béton non protégée. Avec une température de l'air de 27 °C, une humidité relative de 50 % et une vitesse du vent d'environ 20 km/h, un béton d'une température de 30 °C perd dans l'exemple donné environ 1,25 kg d'eau à l'heure par mètre carré. Source: [8], mod.

Graphique: TFB