

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 66 (1998)
Heft: 1

Artikel: Bétonnage à de basses températures
Autor: Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146452>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bétonnage à de basses températures



Bétonnage en hiver.
Photos: K. Hermann, TFB

En prenant les mesures nécessaires, il est possible de bétonner également à de basses températures.

«En observant les mesures de précaution décrites ci-dessus, il est possible de bétonner à des températures atteignant jusqu'à -20 °C sans que la qualité du béton ait à en souffrir. Des recherches expérimentales approfondies et l'exécution de nombreuses constructions en hiver ont

prouvé que, malgré la nécessité d'observer certaines mesures de précaution, les travaux en ciment exécutés en hiver sont cependant économiques. Ils permettent d'effacer le caractère saisonnier des travaux de chantier en offrant des avantages indiscutables à l'entrepreneur, au maître de l'ouvrage et aux ouvriers.»

Telle est la conclusion de l'auteur de l'article «La construction d'ouvrage en ciment pendant l'hiver», paru en 1933 dans le premier «Bulletin du ciment», voici donc exactement 65 ans [1]. Presque tout ce qu'il y est dit est encore valable aujourd'hui.

Durcissement à de basses températures

Diverses réactions – que l'on désigne globalement par hydratation – s'amorcent entre l'eau et les constituants du ciment immédiatement après le malaxage des composants du béton. Ces réactions chimiques, dont certaines durent plusieurs années, dégagent de la chaleur, et cette chaleur interne échauffe continuellement le béton. Le degré d'échauffement dépend entre autres de la sorte et du dosage de ciment, de la rapidité du dégagement de chaleur (isolation) et de la quantité de chaleur cédée à l'environnement.



Préparation de l'isolation d'une dalle de fond fraîchement bétonnée.

La rapidité des réactions chimiques dépend de la température: plus la température est basse, plus une réaction est lente. Cela vaut également pour l'hydratation. Pour des raisons pratiques, on admet que l'hydratation cesse à partir d'environ -5 à -10 °C, car il ne reste alors que peu d'eau non gelée (< 5 %) à disposition pour les réactions chimiques. L'hydratation reprend lorsque la température augmente.

Le béton dans lequel de la glace s'est formée au stade initial du développement de la résistance n'atteint qu'environ la moitié de la résistance finale prévue. Cela est dû à l'augmentation de quelque 9 % du volume de l'eau interstitielle en train de geler. Il en résulte des contraintes qui endommagent le béton jeune, car elles excèdent sa résistance à la traction.

Un béton avec un rapport $e/c \leq 0,60$ et un dosage en ciment d'au moins

270 kg/m^3 ne doit geler que lorsque sa résistance à la compression a atteint 5 N/mm^2 ou, lors de l'utilisation d'un ciment à durcissement rapide (CEM I 52,5), lorsque la température ne descend pas au-dessous de 10 °C pendant trois jours au moins [3]. Pour un béton résistant à la congélation, l'Association des producteurs de béton prêt à l'emploi se base sur une résistance à la compression d'au moins 10 N/mm^2 [4].

La résistance finale d'un béton mis en place à de basses températures, mais n'ayant pas gelé, est supérieure à celle d'un béton ayant durci dans des conditions «normales» [5].

Béton pour de basses températures

Lorsque l'on bétonne à de basses températures, le problème principal est donc d'empêcher le béton de geler jusqu'à ce qu'il ait atteint une résistance suffisante. En dehors de

chauffer le béton frais ainsi que de protéger béton frais et béton jeune contre les pertes de chaleur, d'autres mesures sont possibles, comme par exemple:

- Augmenter le dosage en ciment sans changer la teneur en eau (= rapport e/c plus bas) provoque un plus fort dégagement de chaleur, et donc un développement plus rapide de la résistance. Le cas échéant, il faut en outre ajouter un plastifiant (BV) ou un superfluidifiant (HBV), afin que le béton puisse encore être mis en œuvre.
- Un béton avec CEM I 52,5 durcit plus vite les premiers jours qu'un béton avec CEM I 42,5.
- Les accélérateurs (BE) augmentent la vitesse d'hydratation du ciment; le temps de prise s'en trouve réduit, et le développement de la résistance initiale accéléré [6].
- Théoriquement, le ciment s'hydrate encore à -20 °C. Cette propriété

est utilisée pour les antigels (FS), lesquels d'une part abaissent le point de congélation de l'eau, et d'autre part accélèrent l'hydratation du ciment, échauffant ainsi le béton [6]. Il est également possible de combiner différentes mesures.

En cas de bétonnage par temps froid, il faut naturellement tenir compte des indications données à ce sujet dans la norme SIA 162 [2]. Les plus importantes figurent dans l'encadré «Ce qu'il est dit dans les normes SIA».

Dans les centrales à béton équipées pour l'exploitation hivernale, on élève la température du béton frais, par exemple en chauffant l'eau de gâchage ou les granulats; il ne vaut pas la peine de chauffer le ciment. Cela ressort de règles empiriques qui ont fait leurs preuves en pratique [7]:

- hausse de la température du ciment de 10 °C → la température du béton frais augmente de 1 °C
- hausse de la température de l'eau de gâchage de 10 °C → la température du béton frais augmente de 3 °C
- hausse de la température des granulats de 10 °C → la température du béton frais augmente de 6 °C

En général, il suffit de chauffer l'eau de gâchage. Sa température peut dépasser 70 °C si cette eau n'entre pas en contact direct avec le ciment;

Ce qu'il est dit dans les normes SIA

Des indications concernant le bétonnage à de basses températures figurent aux paragraphes 6 07 et 6 08 de la norme SIA 162 [2]. Elle sont toutefois pour la plupart de nature très générale. Il est dit par exemple sous le 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.» A défaut de mesures particulières lors de la mise en œuvre, la température du béton frais ne sera ni inférieure à +5 °C, ni supérieure à +30 °C.

On ne tolérera aucun élément gelé au sein des granulats. Si la température des aciers d'armature est inférieure à 0 °C, on s'efforcera, au moyen d'une source de chaleur appropriée, d'empêcher la formation d'une couche de glace à leur surface pendant le bétonnage.

Il est inadmissible de bétonner en contact avec un béton gelé. Avant de poursuivre le bétonnage, on éliminera les parties de béton endommagées par le gel.

Les responsabilités sont réglementées: les professionnels responsables de la direction des travaux doivent assurer «le contrôle de la convenance des mesures de protection contre le gel et des mesures de cure» ([2], chiffre 7 41 1). Et les professionnels responsables de l'exécution doivent se charger entre autres des tâches suivantes: organisation préalable des mesures à prendre en cas de gel ainsi que des traitements de cure; contrôle de l'efficacité des procédés de cure et des moyens d'accélérer le durcissement ([2], chiffre 7 51 1).

La norme VSS 640 461 a pour les revêtements en béton [11] ne comprend pas de prescriptions plus spécifiques pour le bétonnage à de basses températures.

les granulats et l'eau de gâchage doivent donc être mélangés avant l'adjonction de ciment [3].

Quel que soit le degré de température auquel on porte le béton frais, celui-ci perd de la chaleur pendant les opérations de mise en œuvre qui suivent. Il faut par exemple compter avec une baisse de température d'environ 5 °C pour le refroidissement pendant le transport. De

hautes températures du béton frais ne sont toutefois pas judicieuses non plus, car plus la différence de température avec l'environnement est grande, plus le béton cède de sa chaleur.

Travaux préparatoires sur le chantier

Les gens de métier participant à une construction doivent être informés

des particularités du bétonnage en hiver. Il est en outre important d'établir un horaire précis pour les travaux de bétonnage. Les prévisions météorologiques de plus en plus exactes aident à fixer à l'avance le moment de la journée le plus favorable; c'est en général l'après-midi, surtout si le support ainsi que l'armature et le coffrage peuvent être chauffés par le soleil.

Le béton ne doit pas être mis en place sur un support gelé [1]. Il faut prendre les mesures nécessaires pour que le support ne gèle pas ou, au besoin, pour le faire dégeler. Pour la mise en place, l'idéal est que le support et le béton frais aient la même température. Et naturellement, le coffrage et l'armature doivent être

exempts de glace ou de neige; au besoin, il faut les en débarrasser, en les chauffant par exemple au moyen de radiateurs à infrarouge. Les brouettes et autres engins de transport doivent être protégés contre les intempéries lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Afin d'éviter de grosses pertes de chaleur, il ne faut utiliser ni goulottes ni bandes transporteuses pour la mise en place du béton, et pour le transport du béton pompé, il faudrait disposer de conduites isolées.

Mise en place et traitement de cure

Dans la norme DIN 1045, les températures du béton spécifiées pour la mise en place sont les suivantes [3]:

Température	
air	béton
+5 °C à -3 °C	≥ +5 °C
≤ -3 °C	≥ +10 °C

Il va de soi que le béton doit être mis en place et compacté rapidement, et qu'il doit être protégé contre d'autres pertes de chaleur. C'est pourquoi les entrepreneurs prévoyants tiennent par exemple toujours à disposition des vibrateurs supplémentaires; il peut également être nécessaire d'employer plus de main-d'œuvre qu'habituellement. Des trous maintenus ouverts au moyen de barres d'acier permettent de mesurer régulièrement la température du béton [4].

Une fois le compactage terminé, le béton doit, dans toute la mesure du possible, être protégé immédiatement contre le refroidissement, jusqu'à ce qu'il soit résistant au gel. Selon les conditions ambiantes, cette protection peut être réalisée avec ou sans apport de chaleur.

Traitement de cure sans échauffement

Lorsque la température extérieure ne baisse pas trop (léger gel seulement pendant la nuit), on peut renoncer aux sources de chauffage externes. On protège alors les parties exposées du béton en les recouvrant

Bibliographie

- [1] «La construction d'ouvrage en ciment pendant l'hiver», Bulletin du ciment **1** [1], 2-4 (1933).
- [2] Norme SIA 162 (révision partielle 1993): «Ouvrages en béton».
- [3] DIN 1045 (1988): «Beton und Stahlbeton».
- [4] «Béton de qualité – même par temps froid», édité par l'Association suisse des producteurs de béton prêt à l'emploi (ASPB).
- [5] Scanlon, J.M., «Controlling concrete during hot and cold weather», Concrete International **19** [6], 52-58 (1997).
- [6] Hermann, K., «Les adjuvants: BE», Bulletin du ciment **63** [1], 3-7 (1995).
- [7] «Winter beton», Betoniek **10** [30], 1-7 (1997).
- [8] Kosmatka, S.H., et Panarese, W.C., «Design and control of concrete mixtures», 13th edition (1988), édité par la Portland Cement Association, Skokie, Illinois.
- [9] Krell, J., Dahlhoff, U., et Vissmann, H.-W., «Temperaturabhängigkeit von Betoneigenschaften», Beton **44** [11], 668-670 (1994).
- [10] Beton-Kalender 1997, Teil 1, pages 68-69, Verlag Ernst & Sohn, Berlin (1997).
- [11] Norme SN 640 461 a: «Betonbeläge» (Mai 1994).



Dalle de fond fraîchement bétonnée protégée contre le froid et les courants d'air.

de nattes isolantes. Contrairement aux coffrages en acier, les coffrages en bois ont un coefficient de transfert de chaleur k relativement bas, et c'est pourquoi ils ne doivent pas toujours être isolés. Lorsque le béton est coffré ou recouvert d'un matériau isolant [8], et que des mesures ont été prises pour que les surfaces de béton ne soient pas exposées aux courants d'air, un apport d'humidité n'est pas nécessaire lorsque les températures ambiantes sont inférieures à 15 °C. Pendant le traitement de cure, la température du béton doit être régulièrement contrôlée, car avec une bonne isolation et un temps pas trop froid, cette température peut dans certains cas s'élever fortement: Lorsque la température du béton dépasse 25 °C, il faut enlever une partie de l'isolation [8].

Traitement de cure avec échauffement

On peut éviter de nombreux problèmes en dotant toute la zone des

travaux d'un dispositif de protection contre les intempéries, pouvant au besoin être chauffé. En cas de chauffage avec des lampes à infrarouge ou avec de l'air sec, le béton doit être protégé contre le dessèchement. Cela n'est pas nécessaire si l'on utilise de la vapeur chaude.

Si l'on emploie des chauffages à base de combustion, il faut veiller à ce que le CO₂ qu'ils dégagent n'entre pas en contact avec le béton, lequel pourrait sinon carbonater fortement. Cette carbonatation entraîne la formation en surface d'une couche de calcaire crayeux et tendre (souvent appelé «chaux»).

Décoffrage

La règle générale est de laisser le coffrage en place aussi longtemps que possible, car en raison du durcissement plus lent du béton, les éléments d'ouvrage doivent de toute façon rester coffrés plus longtemps. Contrôler si les résistances à la compression permettant le décoffrage

sont atteintes peut être effectué de façon non destructive au moyen du scléromètre de Schmidt. Une autre solution est de contrôler la résistance à la compression sur des cubes de béton ayant été entreposés à la même température que celle de l'élément d'ouvrage [9].

La durée nécessaire de la cure peut très bien être estimée à l'aide de ce qu'on appelle les fonctions liées au degré de maturation (voir [10]). Cela est particulièrement utile lorsqu'il faut décoffrer aussi rapidement que possible. Cette estimation exige toutefois que la température du béton soit mesurée régulièrement.

En cas de basses températures, il est également important de veiller à ce que le béton ne subisse pas de choc thermique après le décoffrage. On peut l'éviter en recouvrant de nouveau les éléments décoffrés avec un matériau isolant.