

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

Document de référence QUALIROUTES – K – 17

Le bétonnage en période hivernale

Édition du 01/07/2020

LE BÉTONNAGE EN PÉRIODE HIVERNALE

Protéger le béton frais du gel

Le froid ralentissant, voire même empêchant le durcissement du béton, des mesures de protection doivent être prévues par temps froid et ce, plus particulièrement si la température est inférieure à 5 °C au moment du bétonnage ou durant les 72 heures qui suivent. Il nous semble d'ailleurs opportun de signaler qu'un bétonnage effectué contre des parois dont la température est inférieure à 3 °C est considéré comme un bétonnage par temps froid.

1 Influence du froid sur le béton frais et le béton jeune

L'eau de gâchage présente dans le béton frais ne se comporte pas différemment de l'eau habituelle et gèle en dessous de 0 °C. L'eau qui gèle se dilate; ce faisant, son volume peut augmenter d'environ 9 %. Tout comme les conduites d'eau éclatent sous l'effet du gel, le béton peut être détruit par le gonflement de l'eau qu'il contient.

Il convient toutefois d'établir une distinction entre le gel du béton frais (encore plastique) et le gel du béton jeune qui a fait prise.

Quand l'eau gèle dans du béton frais, la dilatation peut être facilement reprise par le béton encore plastique. Toutefois, cela a pour effet que le béton s'élève hors du coffrage. Par conséquent, la qualité du béton durci est très mauvaise en raison d'une porosité plus élevée et d'une hydratation insuffisante du ciment.

Dans le béton jeune, des contraintes de traction apparaissent en surface suite au gradient thermique présent dans le béton. La surface du béton est en effet beaucoup plus froide que son cœur. Ces contraintes de traction combinées avec la dilatation (gel) de l'eau dans le béton vont désolidariser le béton (fissuration) et conduire à un écaillage de la surface.

Evidemment, la vulnérabilité vis-à-vis du gel dépend fortement de la forme de la construction. Ainsi, une dalle de sol présentant une grande surface est plus sensible au gel qu'une poutre coffrée des trois côtés.

2 Précautions à prendre en hiver

La meilleure manière de se prémunir de dégâts dus au gel est de protéger le plus longtemps possible le béton jusqu'à ce qu'il ait atteint une résistance au gel suffisante. La protection contre le gel peut être prise en compte au moyen des critères de maturité du béton. On admet qu'une protection du béton n'est plus nécessaire dès que sa résistance en compression a atteint 5 N/mm².

En pratique, la règle d'or pour éviter les dégâts du gel est la suivante : la température de la surface

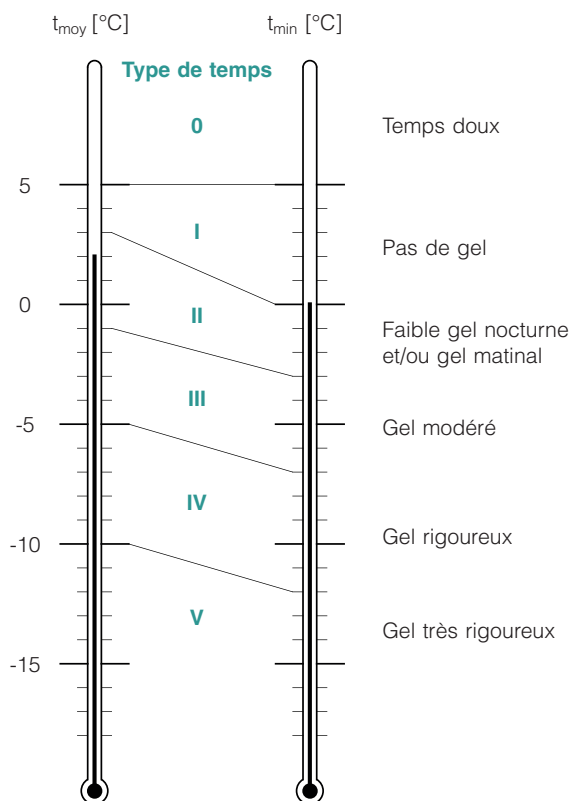


Fig. 1 Les six types de temps.

La figure 1 illustre les six types de temps en fonction de la température minimale et de la température moyenne de l'air sur 24 heures. A chaque type de temps correspond une série de mesures de protection que nous aborderons plus loin. Ces mesures sont prises à titre préventif en fonction des prévisions météorologiques à court terme (24 heures ou 2 à 3 jours). Elles ont trait :

- au choix de la composition du béton
- à la limitation de la durée du transport du béton
- à la mise en œuvre et à la protection du béton sur chantier
- à la cure du béton.

2.1 COMPOSITION DU BÉTON

La composition doit être étudiée de sorte que la température du béton soit d'autant plus élevée que la température extérieure est faible (cf. tableau 1) et que la valeur seuil de résistance en compression (5 N/mm²) soit atteinte le plus rapidement possible.

A cet effet, il convient :

- d'utiliser des granulats non gelés
- de doser l'eau au minimum, tout en veillant à rester compatible avec l'ouvrabilité recherchée
- d'utiliser un ciment à durcissement rapide (CEM I 42,5R, CEM I 52,5N ou CEM I 52,5R, p. ex.)
- d'augmenter la teneur en ciment
- d'utiliser un accélérateur de prise ou de durcissement qui sera non chloré en cas de béton armé ou précontraint

Tableau 1 Température minimale du béton lors de sa mise en place [°C].

| Type de protection | Type de temps | | | | |
|---------------------|---------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V |
| Simple recouvrement | > 7 | > 10 | > 12 | > 15 | > 15 |
| Protection isolante | > 5 | > 5 | > 10 | > 10 | > 10 |

la plus exposée du béton doit être au moins supérieure à 5 °C pendant les 72 heures (trois jours) qui suivent sa mise en place. Il est possible de déroger à ce principe et d'adopter des délais plus courts, mais seulement après avoir effectué une série d'essais préalables.

Afin de pouvoir définir les mesures à prendre en fonction des conditions atmosphériques, six types de temps ont été établis conjointement par le CSTC et le bureau SECO [1].

Chaque jour, les températures de l'air maximales et minimales sont relevées sur chantier au moyen d'un thermomètre à minimum et maximum situé à 1,5 m du sol, exposé au N-NO et abrité de la pluie et du soleil par un auvent. Par convention, la température moyenne t_{moy} correspond à la moyenne arithmétique des températures relevées à l'extérieur à 7h00 (minimum) et à 14h30 (maximum).

En pratique, on se basera avant tout sur les prévisions météorologiques, mais le relevé des températures permettra de conforter ces prévisions.

Tableau 2 Mesures de protection des surfaces exposées du béton.

| Mesure de protection | Type de temps | | | | |
|--|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | I | II | III | IV | V |
| Chauffer l'eau à 70 °C maximum (la température du béton ne peut pas dépasser 40 °C) | – | (X) | X | X | X |
| Utiliser de préférence des coffrages en bois assez isolants thermiquement (non perméables et assez épais) | X | X | X | X | X |
| Isoler thermiquement les coffrages métalliques | (X) | (X) | X | X | X |
| Prévoir une protection thermique moyennement isolante (panneau en bois ou bâche avec lame d'air de 2 à 5 cm) | X | X | – | – | – |
| Prévoir une protection thermique très isolante (matelas de laine minérale d'au moins 4 cm d'épaisseur dans une housse en feuille plastique, ...) | – | – | X | X | X |
| Poser une enceinte chauffée | – | – | – | (X) | (X) |

Légende :
 – : aucune mesure; X : mesure nécessaire; (X) : mesure souhaitée

- d'utiliser de l'eau préchauffée (à 70 °C maximum) à partir du type de temps III (gel modéré) afin d'obtenir une température du béton conforme à celles reprises dans le tableau 1 lors de sa mise en place
- de ne pas utiliser des quantités excessives d'additions ou d'adjuvants retardant la prise.

L'augmentation de la teneur en ciment et la limitation du facteur eau/ciment peuvent engendrer un béton répondant aux exigences d'une classe d'environnement plus élevée que celle initialement prévue.

2.2 TRANSPORT

Il convient de limiter la durée de transport et de planifier au mieux les déversements de béton de façon à limiter le temps entre la mise en contact de l'eau et du ciment et le déversement du béton.

2.3 MISE EN ŒUVRE ET PROTECTION DU BÉTON

Avant la mise en œuvre, il convient :

- d'ôter la neige et la glace présentes sur les coffrages, les armatures et les joints de reprise, et de les dégeler si nécessaire (à la vapeur, p. ex.)
- de contrôler la température du béton lors de sa mise en place (cf. tableau 1). A partir du type de temps III (gel modéré), celle-ci devrait être d'au moins 10 °C si une protection isolante a été prévue. Dans le cas contraire, elle devrait être d'au moins 12 ou 15 °C suivant qu'il s'agit d'un type de temps III (gel modéré) ou d'un type de temps IV (gel rigoureux).

Les mesures de protection à prendre en fonction du type de temps sont indiquées dans le tableau 2. Aucune mesure particulière n'est à prendre pour le type de temps 0 (temps doux).

A partir du type de temps I (pas de gel), et de façon progressive en fonction de l'intensité du froid, il convient :

- d'utiliser de préférence des coffrages en bois peu perméables à l'eau (car plus le bois est humide, plus son pouvoir isolant thermique diminue). Les coffrages métalliques devront être isolés dès les premières gelées
- d'isoler les surfaces nues du béton à la fin du bétonnage. A noter que les bâches et films plastiques posés directement sur le béton ne sont pratiquement pas isolants. La protection du béton peut être améliorée en prévoyant une lame d'air non ventilée ou en utilisant des panneaux en bois. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des matelas très isolants (comme ceux en laine minérale) dans une housse plastique ou avec des panneaux en polystyrène expansé ou extrudé. Dans tous les cas, il convient de choisir un matériau de protection résistant à l'humidité et thermiquement isolant.

Il peut être opportun de prévoir une enceinte de protection recouvrant l'ouvrage en béton, stable au vent et chauffée. Celle-ci devrait, par exemple, être constituée de bâches reposant sur une ossature et être chauffée par des canons à air chaud. On évitera toutefois le séchage trop rapide du béton en veillant de plus à ce que la température de celui-ci ne dépasse pas 65 °C.

2.4 CURE DU BÉTON

Même en période hivernale, il y a lieu d'éviter que le béton ne se dessèche avant l'hydratation. Dans la majorité des cas, la protection utilisée contre le gel constitue une très bonne technique de cure. On veillera à prévoir une cure dont la durée dépend des conditions d'environnement ultérieures de l'ouvrage (température, vent, humidité relative), mais aussi de l'évolution de la résistance du béton.

En cas d'environnements intérieurs, la norme NBN EN 13670 [2] et son annexe nationale belge prNBN B 15-400 [3] requièrent une durée de cure minimale de 12 heures, sauf pour les sols industriels et pour les bétons soumis à des exigences élevées en termes d'apparence esthétique. En ce qui concerne les autres environnements et les exceptions reprises ci-avant, la cure devrait durer de 2 à 15 jours au moins.

3 Développement de la résistance du béton

Le développement de la résistance du béton peut être évaluée au moyen d'un contrôle sur des cubes réalisés et conservés sur le chantier ou, de façon moins précise, en déterminant l'âge fictif du béton, lequel est inférieur ou proche de l'âge réel. Cet âge fictif peut être utilisé pour estimer le délai de décoffrage selon le projet de norme prNBN B 15-400 [3].

Tableau 3 Coefficient de maturité *k* en fonction de la température moyenne du béton.

| Température moyenne du béton sur 24 heures [°C] | Coefficient de maturité <i>k</i> (*) |
|---|--------------------------------------|
| ≥ 20 | 1 |
| 15 | 0,8 |
| 10 | 0,6 |
| 5 | 0,45 |
| 0 | 0,3 |
| -5 | 0,15 |

(*) Avec interpolation linéaire de *k* pour les températures intermédiaires.

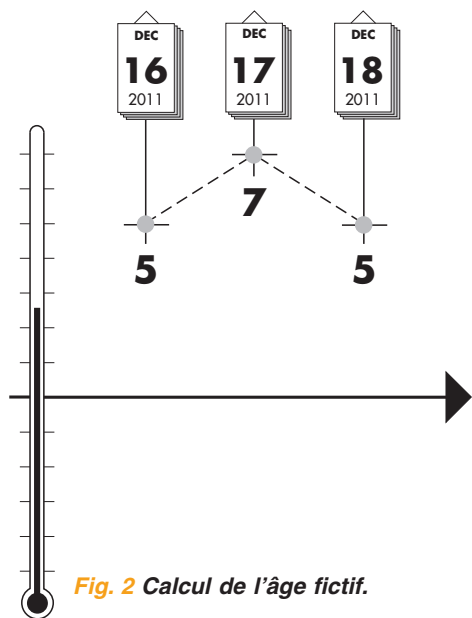


Fig. 2 Calcul de l'âge fictif.

Le calcul s'effectue en multipliant chaque jour du calendrier par le coefficient de maturité *k* (cf. tableau 3) en fonction de la température moyenne du béton au cours de la journée considérée. Vu qu'il s'agit d'une estimation, on peut considérer que la température du béton est égale à celle de l'air. Ce calcul n'a de valeur que si la température du béton atteint au moins 5 °C au cours des 72 heures qui suivent le bétonnage.

Exemple : voici les températures relevées les trois jours qui ont suivi le bétonnage :

- jour 1 : 5 °C
- jour 2 : 7 °C
- jour 3 : 5 °C.

L'âge fictif est égal à (1 jour x 0,45) + (1 jour x 0,51) + (1 jour x 0,45) = 1,41 jour à comparer avec l'âge réel de 3 jours. ■

Ce CSTC-Digest a été réalisé par V. Pollet, ir., et B. Dooms, ir., dans le cadre de l'Antenne Normes 'Béton, mortier, granulats' subsidiée par le SPF Economie.

Bibliographie

- 1. Ammar C., Dutron P., Motteu H. et Dubois J.**
Travail en période hivernale. Synthèse des recherches entreprises durant la période 1964-1970 et recommandations pratiques à l'usage des chantiers. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC-Revue, n° 4, 1972.
- 2. Bureau de normalisation**
NBN EN 13670 Exécution des structures en béton. Bruxelles, NBN, 2010.
- 3. Bureau de normalisation**
prNBN B 15-400 Exécution des structures en béton. Supplément nationale à la NBN EN 13670. Bruxelles, NBN, 2012.
- 4. Dierick V., Pollet, V., Parmentier B. et Denoël J.-F.**
Classes d'exécution, décoffrage et cure des bétons : nouvelles règles. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Les Dossiers du CSTC, n° 2, Cahier 4, 2011.