



Bétonnage par temps chaud

Les problèmes de bétonnage par temps chaud sont à prendre en compte car un nombre non négligeable de chantiers (génie civil, bâtiment) se déroule en période estivale. Lorsque la température extérieure dépasse 25°C (parfois, dès le mois de mai), des précautions sont à prendre pour bétonner. Ces précautions concernent le béton frais jusqu'à son durcissement. Elles dépendent non seulement de la température, mais aussi de l'hygrométrie, de la vitesse du vent (régime de renouvellement de l'air), de la dimension et de la destination des constructions. Les ouvrages les plus concernés par les conditions climatiques estivales sont principalement les planchers, dalles, routes et revêtements divers... Ce sont ceux qui présentent une grande surface libre non coffrée.

Dans cette fiche, vous trouverez :

- Une description des effets de la chaleur sur les propriétés du béton
- Des mesures simples et efficaces pour réduire les conséquences indésirables du bétonnage en ambiance chaude

Les risques liés au bétonnage par temps chaud

Le bétonnage par temps chaud nécessite un choix correct des matériaux et du matériel de mise en œuvre du béton, des contrôles renforcés ainsi qu'une mise en œuvre adaptée comme la protection des ouvrages, surtout aux jeunes âges.

Les effets de la chaleur sur les propriétés du béton sont nombreux. Ils se déclinent principalement en :

- Diminution de maniabilité du béton frais (perte de rhéologie)
- Fissuration des bétons
- Baisse des résistances mécaniques

La durabilité du béton se joue au tout premier âge puisque c'est à ce moment qu'il possède une vulnérabilité maximale.

Des moyens préventifs sont à prendre en compte, depuis la centrale BPE jusqu'à la mise en œuvre du béton, afin de garantir un produit fini conforme aux règles de l'art. L'ensemble de ces actions permettra d'éviter des réparations coûteuses ultérieures.

Quelles sont les conséquences de la chaleur ?

Sur le béton frais

La modification de la cinétique d'hydratation du ciment

Elle entraîne :

- Une **prise rapide** du béton : la température accélère les réactions chimiques
- Une **perte de rhéologie** : la maniabilité du béton se dégrade plus rapidement (perte importante de l'affaissement au cône ; difficultés de mise en place du béton)

L'évaporation de l'eau de gâchage

Elle provoque :

- Un **raidissement** plus rapide du béton
- Donc, un **risque de rajout d'eau** intempestif (ségrégation, ressuage, modification de la porosité et des caractéristiques mécaniques du béton durci, durabilité diminuée...)

INFO +

Pour une même formulation, l'affaissement au cône d'Abrams mesuré pour une température du béton frais de 20°C sera de l'ordre de 10 cm contre 4 à 5 cm environ si cette température passe à 35°C

Sur le béton jeune

L'accélération du processus de durcissement du béton

Elle induit :

- Une **formation rapide de cristaux**, ce qui augmente les résistances aux jeunes âges
- Une structure des cristaux peu ordonnée (porosité plus grande de la pâte) et des résistances à 28 jours plus faibles que celles obtenues avec un béton qui aurait durci dans des conditions d'ambiance normale

L'évaporation de l'eau

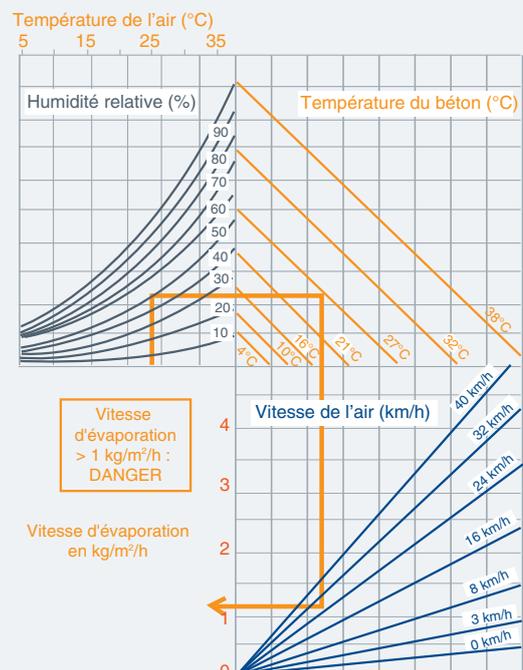
Elle entraîne :

- Une **augmentation** de la **porosité** et de la **perméabilité** de la couche superficielle du béton
- Une **détérioration** de l'**interface pâte-granulats**
- Une **moins protection** des armatures
- Un **affaiblissement** des propriétés mécaniques
- Une **dégradation de la peau** du béton et de son aspect
- Une **hydratation imparfaite** du ciment
- Des **fissures de retrait plastique** quelques heures après le coulage

Évolution du temps de prise en fonction de la température du béton



Abaque permettant le calcul de la vitesse d'évaporation de l'eau de la surface du béton en fonction des conditions climatiques et de la température du béton



Quelles mesures mettre en place pour bétonner par temps chaud ?

Sur les différents constituants du béton

Ciment

- À **chaleur d'hydratation faible** (préférer les CEM II)
- **Pas trop résistant au jeune âge**
- Éviter de conserver trop longtemps le **ciment en silo acier surchauffé par le soleil**

Granulats

- **Propres** et protégés du soleil lors du stockage
- Légèrement humidifiés (mais tenir compte de leur teneur en eau dans la formulation du béton)
- **Éviter** les granulats à **porosité importante**

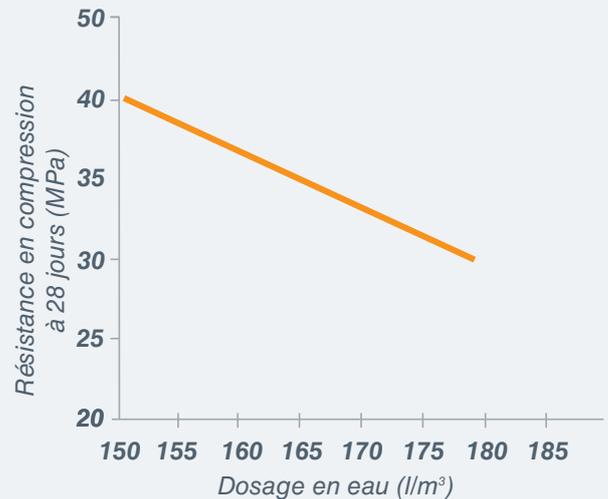
Eau de gâchage

- **Réduire** la quantité d'**eau** (adjuvanter)
- La plus **fraîche** possible (glâce pilée dans certains cas extrêmes)

Adjuvants

- **Retardateur** de prise
- **Plastifiant** ou **super plastifiant réducteur d'eau** (limite la dessiccation, améliore la rhéologie)

Évolution des résistances d'un béton en fonction de l'augmentation de sa teneur en eau



INFO +

On peut retenir qu'une augmentation de 10°C :

- du ciment élève la température du béton de 1°C environ
- de l'eau élève la température du béton de l'ordre de 2 à 3°C
- des granulats élève la température du béton de 7°C environ

Sur le béton et sa mise en œuvre

Béton

- **Limiter la température du béton frais** au départ de la centrale

Transport

- **Rapide**
- **Réduire le temps d'attente** sur les chantiers
- **Limiter la température** du matériel de transport

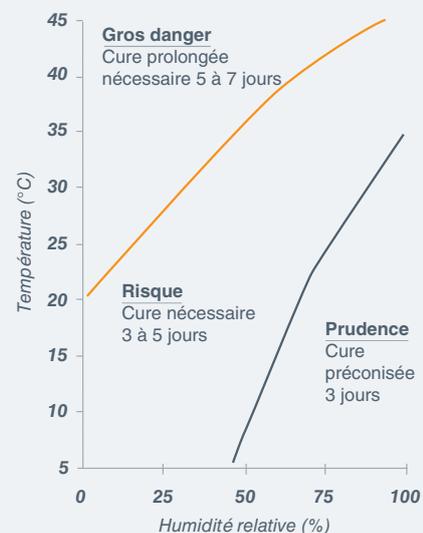
Mise en œuvre

- **Pré-humidifier** les supports
- **Bétonnage** pendant les heures les plus fraîches
- **Refroidir les coffrages** par aspersion d'eau fraîche (cas extrêmes)
- **Éviter les coffrages en bois secs**, qui peuvent absorber l'eau du béton (ou les traiter)
- **Ne jamais rajouter d'eau** pour améliorer la maniabilité du béton

Protection du béton

- Produit de **cure**, géotextile humide, bâches plastiques permettant **d'éviter la dessiccation**. **Obligation de la cure** (cf. norme NF EN 13 670/CN)

Importance de la cure en fonction de la température et de l'humidité relative



Ce graphique est établi pour des conditions d'air calme. En cas de vent, il est recommandé de prendre en considération les risques et précautions de la zone du graphique immédiatement supérieure.

Pour en savoir plus ...

La baisse de résistance à 28 jours des bétons en été

Elle peut être reliée à plusieurs causes :

- **La température initiale élevée du béton** qui engendre un taux de cristallisation des constituants hydratés moindre. L'arrangement de ces hydrates est peu ordonné. Par conséquent, la structure de la pâte est plus poreuse.
- Une détérioration de **l'interface pâte-granulats** par modification de la structure de la pâte au contact de granulats trop chauds. Il s'en suit une baisse de résistances en compression et surtout en traction. Un retardateur atténue fortement cet effet en améliorant les conditions de cristallisation de l'interface.
- **L'augmentation de la teneur en eau** du béton (rajout d'eau intempestif pour maintenir la maniabilité) qui provoque un accroissement de la porosité.

Il peut être rappelé à cet effet la formule de BOLOMEY qui estime la résistance en compression du béton en fonction de celle du ciment et du rapport C/E (ciment/eau) :

$$R_c \text{ 28 jours béton} = K \times R_c \text{ 28 jours ciment} \times (C/E - 0,5)$$

Rc 28 jours béton	Résistance à 28 jours du béton (MPa)
Rc 28 jours ciment	Résistance à 28 jours du ciment (MPa)
K	Coefficient granulaire (fonction de la dimension D des granulats et du serrage du béton – varie entre 0,35 et 0,60 - par défaut, prendre 0,5)
C	Dosage en ciment (kg/m ³)
E	Dosage en eau (kg/m ³)

Exemple :

Si Rc 28 jours ciment = 60 MPa

E/C = 0,6

K = 0,5

alors Rc 28 jours du béton = 35 MPa

- Il convient également de signaler que certaines baisses de résistance annoncées sont à relier à un mauvais mode de conservation des éprouvettes sur les chantiers (conservation en plein soleil pendant les premières 24 heures, utilisation du caisson semi-adiabatique employé en hiver (caisse permettant de maintenir la chaleur dans les éprouvettes)). Les résistances obtenues ne sont alors pas représentatives de la qualité du béton constitutif de l'ouvrage, car les éprouvettes n'ont pas été conservées initialement suivant les règles de l'art.

Les difficultés du bétonnage par temps chaud sont réelles. Il conviendra d'étudier spécifiquement chaque chantier afin d'adopter des mesures pertinentes lors de la fabrication du béton et de sa mise en œuvre.

Nos Directions régionales commerciales sont à votre disposition pour vous apporter des conseils pour vos projets.