

BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD
ET PAR TEMPS FROID

TOUZANI (LPEE - CTR / NORD)

INTRODUCTION

Dans un ensemble de chantier de bâtiment et de construction nous avons constaté une chute de résistance à jeune âge et à long terme lors des chutes de températures souvent imprévisibles, surtout après des périodes de grand beau temps.

Et pour des températures élevées en plus des perturbations qui affectent les résistances mécaniques du béton durci, le béton frais perd de consistance et devient difficile à le transporter et à le mettre en place .

En effet il n'est pas rare de s'apercevoir pratiquer une même formule de béton et les même conditions de mise en oeuvre pour les quatre saisons de l'année, et le béton d'été utilisant un plastifiant ou un super plastifiant pour prolonger le délais de maniabilité, se trouve-en chute de température-en retard de durcissement .

Ces problèmes affectent mêmes les entreprises plus spécialisés dans la matière et surtout lorsque elles se trouvent dans un autre pays avec un climat très différent .

Le présent exposé traite les dispositions et le précautions à prendre en considération lors de la préparation du dossier béton afin de tenir le délais de construction des ouvrages et d'éviter tout sur coût des prix de production en minimisant la grande fréquence des arrêts due aux conditions climatiques .

CARACTÉRISTIQUES DU CLIMAT A PRENDRE EN COMPTE

• Température de l'air :

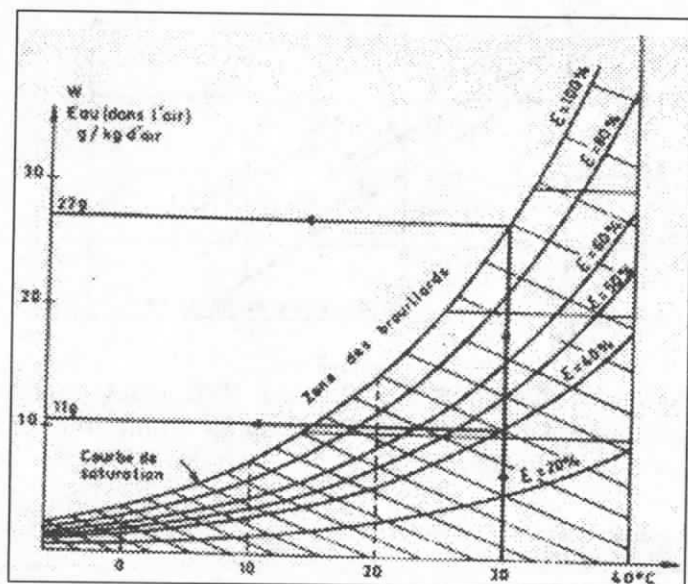
Les températures élevées favorisent l'évaporation de l'eau du béton et sa dessiccation . Elles accélèrent la prise et le durcissement, sans pour autant augmenter la résistance à long terme du béton .

Les températures basses perturbent les réactions d'hydratation des liants hydrauliques, au dessous de 2° C sont pratiquement interrompues .

• Humidité de l'air :

L'évaporation est d'autant plus forte que l'humidité relative de l'air est faible. Elle est liée à la quantité d'eau que l'air peut absorber pour atteindre sa saturation.

Le diagramme de carrier ci-dessous permet l'estimation de la quantité d'eau évaporable pour une température et une hygrométrie donnée.



• Rayonnement solaire et précipitation :

En l'absence de pluie ou de nébulosité, la température est directement liée au rayonnement solaire .

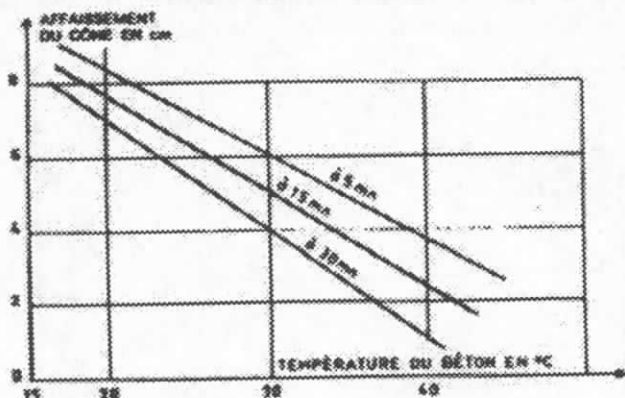
La nébulosité et la pluie en absorbant une partie du rayonnement font baisser la température et augmenter l'humidité atmosphérique .

Les précipitations peuvent par ailleurs compenser les pertes d'eau par évaporation .

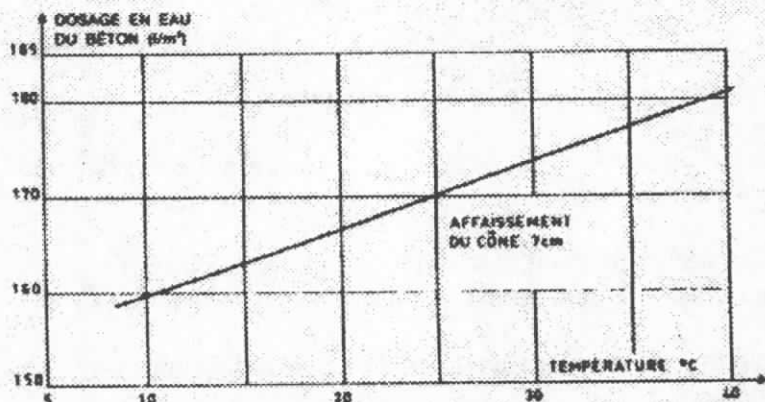
EFFETS DU CLIMAT SUR LE BÉTON FRAIS ET LE BÉTON EN COURS DE DURCISSEMENT

• Ouvrabilité du béton frais :

Pour un dosage en eau donné, l'ouvrabilité varie avec la température du béton, (une température élevée fait chuter la consistance). La figure 2 présente l'évolution de la consistance du béton en fonction de la température.

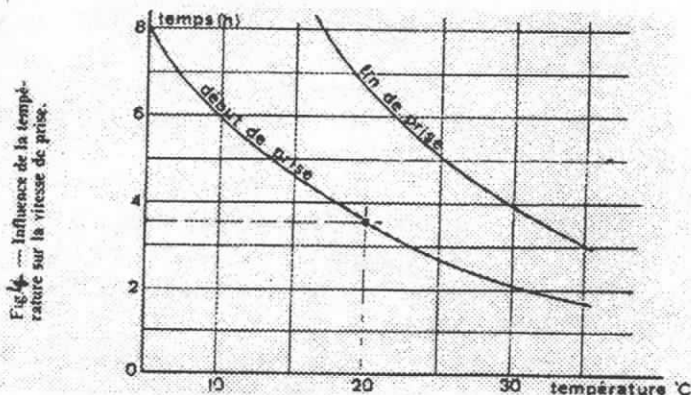


Pour avoir le même affaissement à 10°C et à 40°C il faut augmenter de 20° l'eau de gâchage initiale de 10°C et après trente minutes le perte d'Affaissement n'est plus la même.



• Temps de prise :

Comme toute réaction chimique, la chaleur accélère la vitesse de prise le froid peut la retarder. la fig 4 illustre une variation de temps de prise en fonction de la température .



Cette variation dépend aussi de la nature de ciment et d'adjuvant .

L'accélération de la prise doit être particulièrement étudiée dans le cas des bétons prêts à l'emploi ou dans les opérations demandant une mise en oeuvre de longue durée, de même le retardement de la prise n'est pas bénéfique pour les opérations à décoffrage rapide .

• Le retrait du béton en cours de prise et de durcissement:

D'une façon générale , on admet que les bétons coulés en climat très chaud et sec sont sujet à un retrait important et présentent une forte tendance à la fissuration due à un taux d'évaporation d'eau important .

Des expériences réalisés par des chercheurs (D. RAVINA et R. SHALON) sur des chantiers dans le désert ont montré que des dalles coulées et exposées à l'ombre présentait plus de fissures que celles coulées et exposées au soleil .

Ils expliquent cela par le fait qu'au soleil, la résistance en traction augmente plus vite que la contrainte de retrait .

Le choix du type et du dosage d'adjuvant avec la protection du béton contre l'évaporation peuvent réduire la tendance à fissuration du béton .

• Le Gel du béton frais - mécanisme et comportement :

Lorsque le béton, après sa mise en place dans un coffrage à une température inférieure à 0°C, le refroidissement commence en surface, il apparaît une différence de température et l'eau tend à se déplacer de la partie plus chaude vers la partie plus froide (vers le parement) et il y a formation de la glace.

Il en résulte une augmentation de volume des lentilles de glace et la création de pression hydraulique dans les capillaires .

En fonction de la durée d'hydratation et l'état de cohésion dû au début de prise il y ' aura soit contraction soit expansion, dans le cas d'expansion et du gonflement des microfissures et des discontinuités naissent et affectent d'une façon générale la durabilité du béton .

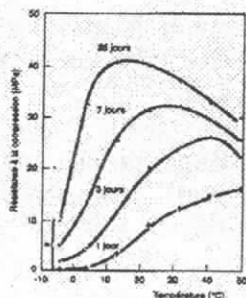
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR L'ÉVOLUTION DE LA RÉSISTANCE DU BÉTON DANS LE TEMPS

Indépendamment des dégradation irréversibles résultant du gel ou de la dessiccation du béton frais, les basses températures retardent la prise et le durcissement de la matrice du béton, la chaleur accélère et provoquent la dessiccation, Les résistances mécaniques au jeune âge et à 28 jours se trouvent influencées.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à ce sujet, les résultats obtenus ont montré que plus la température de fabrication et de mûrissement du béton est élevée plus la résistance à court terme est élevée.

Alors qu'à long terme l'influence de la température est inversée c'est - à dire que plus la température initiale est élevée, moins bonnes sont les résistances (Voir fig. 5) .

Pour bétonner dans les meilleurs conditions par temps chaud ou par temps froid, quatre facteurs essentiels sont à prendre en considération :



BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD ET PAR TEMPS FROID RECOMMANDATIONS

• *Les conditions climatiques locales définie en terme de :*

- Température de l'air
- hygrométrie de l'air
- vitesse du vent
- rayonnement solaire

• *Les constituants :*

- Le matériel de fabrication et de mise en oeuvre .
- Les dimensions des pièces .

Ces facteurs auront une influence direct sur deux paramètres essentiels du béton à savoir : La consistance du béton frais et la résistance mécanique à la compression.

La technologie actuelle a développé plusieurs techniques dont le choix des solutions à adopter nécessite une étude technico - économique, en résumé nous proposons les solutions et recommandations suivantes :

• *Bétonnage par temps chaud :*

Prise en compte du climat et préparation du dossier météorologique de la

région, pour les chantiers importants il est judicieux, pour l'entreprise d'effectuer ses propres relevés météorologiques, température, humidité, vent et surtout l'évaporation .

A défaut de pouvoir utiliser l'évaporation potentielle comme indicateur climatique limiter à 40° C voire 30° C la fabrication du béton et contrôler la température de l'ensemble des constituants .

Les granulats :

- Les stocker si possible à l'ombre .
- Utiliser de préférence des granulats calcaires .
- Humidifier les granulats poreux avant usage .

Les ciments :

- Utiliser les ciments à faible chaleur d'hydratation .
- Réduire le dosage en ciment au minimum compatible avec la résistance et la durabilité .

L'eau de gâchage :

- Utiliser de l'eau froide et propre .

Fabrication et mise en oeuvre :

- Limiter la température des matériels en peignant en blanc ou en aluminium la centrale à béton, les silos à ciment, trémies à granulats, les camions toupies et les canalisations de pompes à béton.
- Par temps très chaud, remplacer partiellement, l'eau de gâchage par de la glace et le matériel doit être en permanence humide.
- Limiter le bétonnage au petit jour, voire la nuit.
- Exécuter rapidement la finition de surface .
- Définir la quantité d'eau en relation avec la résistance et la durabilité.
- Limiter le dosage en eau par l'emploi d'adjuvants.

Adjuvant :

- Utiliser des adjuvants retardateurs de prise

- Effectuer des essais de convenance pour s'assurer, notamment, de leur compatibilité avec les ciments utilisés et les conditions prévues pour le bétonnage .

Cure :

- En cas d'évaporation intense effectuer une cure .
- Suivre des prescriptions du tableau donné en annexe du fascicule 65 A.

Contrôle :

- Établir sur chantier un contrôle de qualité strict, de l'ensemble des opérations citées et des propriétés des bétons .

• Bétonnage par temps froid :

En plus des dispositions de qualité des constituants cités ci-contre les recommandations ci-après sont applicables.

- Placer des thermomètres à proximité des ouvrages et noter l'évolution de la température .
- Pour une température $> + 5^{\circ}\text{C}$, il n'est pas nécessaire de prendre des précautions particulières .
- Si la température est comprise entre 5 et 0°C :
- S'assurer que les granulats ne sont pas gelés .
- Utiliser des ciments exothermiques .
- Rapport E/C $< 0,55$
- Utiliser un accélérateur de prise .
- Protéger la surface .

Si $t^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$:

- Stocker les granulats sous abris .
- Utiliser des ciments exothermiques à durcissement rapide .
- Dégel granulats et coffrage .
- Eau chaude .
- Granulats chauds .
- Béton chaud .
- Accélérateur de prise + entraîneur d'air .

- Moules calorifugés .
- $E/C < 0,50$

Si t° entre -5° et -10° C (Forte gelée)

- Il est prudent d'arrêter le bétonnage sinon :
- Disposition ci-dessus appliquées .
- Réducteur d'eau + accélérateur de prise + entraîneur d'air .
- Forte protection en surface .

Si $t^{\circ} < -10^{\circ}$ C

- Arrêt de bétonnage sauf ouvrage massif avec toutes précautions ci-dessus ou sous structures gonflables chauffées

A N N E X E S

Annexe 1 : Bibliographie

- Les bétons bases et données pour leur formulation édition Eyrolles - Association technique de l'industrie des liants hydrauliques .
- Annales de l'ITBTP n° 474 .
- Annales de l'ITBTP n° 477 .
- Fascicule n° 65 A :
- Exécution des ouvrages en béton Armé , ou en béton Précontraint.

Annexe 2 : Durée minimale de la cure

CONDITIONS AMBIANTES (1)		CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III		
Béton à durcissement (2)		Rapide	Moyen	Lent	Rapide	Moyen	Lent	Rapide	Moyen	Lent
Durée minimale de la cure en jours	Température $> 10^{\circ}\text{C}$ (3)	0	1	1	1	2	4	1	4	5
	$5^{\circ}\text{C} \leq t \leq 10^{\circ}\text{C}$	1	2	2	2	4	8	2	8	10
	$t < 5^{\circ}\text{C}$	A défaut de protection isotherme, la cure est maintenue tant que la température reste inférieure à $+ 5^{\circ}\text{C}$ (ensuite, se reporter aux cases correspondantes du tableau).								
(1) Conditions ambiantes. — Classe I. Béton à l'abri du soleil et du vent avec une humidité relative de l'air au moins égale à 80 %. — Classe II. Tous les cas autres que ceux visés dans les classes I et III. — Classe III. Humidité relative de l'air inférieure à 50 % et soit un fort ensoleillement, soit un vent fort (*). (2) Durcissement des bétons. Le durcissement d'un béton est lié à la classe de résistance du ciment utilisé pour sa fabrication.										
BÉTON A DURCISSEMENT		RAPIDE			MOYEN			LENT		
Classes de résistance des ciments		45 R, 55 et 55R H.P. et H.P.R. (résistance minimale à la compression garantie à 2 jours).			35 et 45			C.H.F. et C.L.K.		
(3) Température. Conventionnellement, la température à prendre en compte est la moyenne sur deux jours de la température à midi sous abri, et le degré hydrométrique retenu est le plus faible de ceux correspondant à ces deux moments.										