

# D'utilisation multiple : le béton prêt à l'emploi

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **66 (1998)**

Heft 4

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146455>

## **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.



## D'utilisation multiple – le béton prêt à l'emploi

**Les deux tiers du ciment utilisé en Suisse le sont dans la production de béton prêt à l'emploi.**

En 1903, Jürgen Hinrich Magens (1857–1925), maître d'œuvre d'Etat de Hambourg en retraite, a fait transporter un mètre cube de béton fabriqué dans une installation stationnaire jusqu'à un chantier éloigné de 11 km. Ce béton prêt à l'emploi, le premier dont témoigne un écrit, a été transporté au moyen d'un véhicule spécial tiré par un cheval. Afin qu'il ne durcisse pas pendant le transport, le béton avait été refroidi jusqu'à la température de congélation [1].

Bien que Magens ait fait breveter ce procédé, il a commencé par tomber dans l'oubli en Europe, et ce n'est qu'après un détour par les États-Unis qu'il est revenu sur notre continent. En Suisse, la première centrale à béton a été mise en service en 1933. Actuellement,

quelque 90 % du béton prêt à l'emploi de Suisse sont fabriqués dans les centrales à béton des membres de l'Association suisse des producteurs de béton prêt à l'emploi (ASPB), où, en 1966, on a mis en œuvre plus de 67 % du ciment utilisé en Suisse. Environ 8,3 millions de m<sup>3</sup> de béton prêt à l'emploi ont été produits, ce qui correspond à une consommation de 1,18 m<sup>3</sup> par habitant. Des chiffres concernant la production de béton prêt à l'emploi dans différents pays figurent dans le *tableau 1*. En Suisse, mais également en France, en Allemagne et en Autriche, le béton prêt à l'emploi est fabriqué à 100 % selon le procédé de mélange en centrale: une fois prêt, le béton frais malaxé dans des installations stationnaires est chargé sur des

véhicules appropriés (camion basculant, camion-benne ou bétonnière sur camion), lesquels le transportent sur le chantier. Dans les pays chauds surtout, par exemple en Italie, le béton prêt à l'emploi est malaxé pendant le transport ou directement sur le chantier, dans des bétonnières sur camion équipées à cet effet. Les indications qui suivent concernent le béton prêt à l'emploi malaxé en centrale.

### Conditions pour la réussite

Grâce à des équipements modernes, les centrales à béton sont en mesure de fabriquer de nombreux bétons de différentes sortes et de répondre ainsi également à des demandes de clients sortant du commun. Mais la réalisation d'ouvrages durables exige

Sur de courtes distances, il est également possible d'utiliser des camions basculants pour le transport du béton.



Photo: Willi Ingold, Soleure

une collaboration entre divers spécialistes. Les responsabilités et les tâches de ceux-ci sont fixées dans la norme SIA 162 «Ouvrages en béton» [3]. Il en a été traité dans un des numéros du «Bulletin du ciment» [4]. Les contrôles du béton frais, un élément très important pour la durabilité des ouvrages, ont également déjà été l'objet d'un article dans le «Bulletin du ciment» [5].

Les bétons qui ne doivent pas répondre à des exigences particulières, par exemple un béton B 35/25, ne posent généralement pas de problèmes, ni pour la fabrication, ni pour le transport, ni pour la mise en place. Mais pour les bétons prêts à l'emploi avec propriétés particulières, il est fort probable que l'on rencontrera des difficultés. Les paramètres importants sont par exemple la distance et la durée du transport, la température du béton, la teneur en air et la consistance ou ouvrabilité.

#### Rapidement produit – rapidement mis en œuvre

Quant à savoir combien de temps après le malaxage des matières de base le béton prêt à l'emploi peut encore être transporté et utilisé, les avis divergent, et cela non seulement chez les producteurs et les utilisateurs. Les prescriptions et normes des différents pays sont également loin

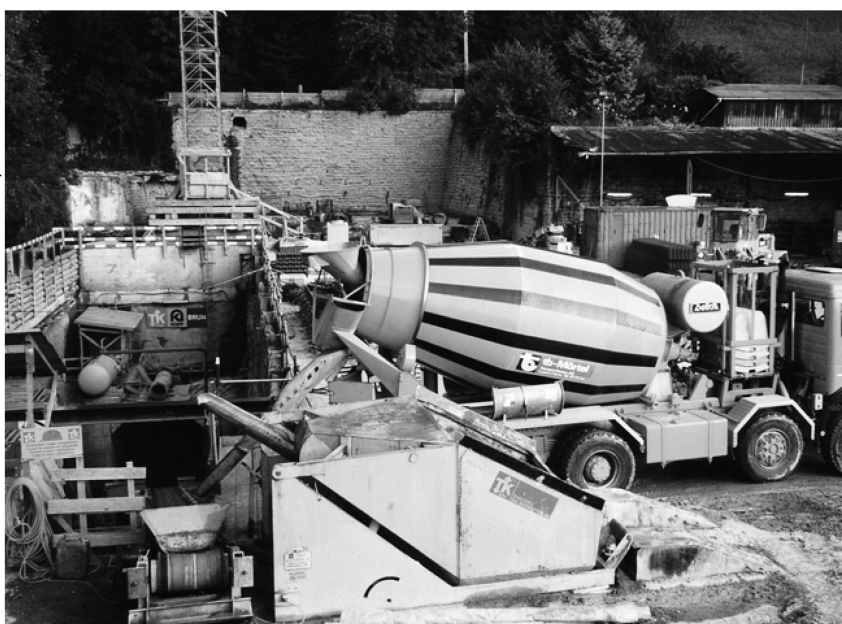


d'être uniformes à ce propos. Grâce à des mesures relevant de la technologie du béton, ce laps de temps peut être théoriquement assez long. Mais pour des raisons écologiques ou économiques, plus ce temps est long, plus l'on demande de renoncer autant que possible, ou même complètement, à l'utilisation d'ajouts et d'adjuvants. La chose est possible dans de nombreux cas, pour autant que le béton frais puisse être mis en œuvre le plus rapidement possible. L'ASPB a fait paraître récemment une brochure dans laquelle elle prône de placer l'utilisation d'ajouts

et d'adjuvants sous la devise «Juste le nécessaire, et aussi peu que possible».

Nous savons par expérience que le temps entre la fabrication et la mise en place du béton devrait être aussi court que possible, indépendamment de la composition du béton (les praticiens parlent d'un maximum de 60 minutes). Selon DIN 1045, ce temps est de 90 minutes en cas de transport par bétonnière sur camion, mais uniquement avec de bonnes conditions atmosphériques; il est nettement plus court en cas de transport en bennes ou en véhicules bas-

Photo: Transportbeton AG, Lucerne



Bétonnière sur camion moderne.

Photo: Kurt Hermann, TFB



Le béton prêt à l'emploi est utilisable en toute saison, également en hiver, si l'on prend les mesures nécessaires [18].

culants. Ce temps doit également être plus court en cas de températures élevées, mais peut être «raisonnablement prolongé» pour un béton avec retardateur de prise [7].

### Amélioration de la consistance

Il est difficile de régler avec précision la consistance du béton frais pour un temps prolongé. Lors de longs trajets surtout, il est souvent impossible de ne pas dépasser le temps prévu pour le transport. Et, en été, la chaleur peut également exercer une action négative sur la consistance. Il en résulte qu'à l'arrivée sur le chantier, le

béton prêt à l'emploi ne peut plus être mis en œuvre ou ne peut l'être que difficilement. La tentation est grande de résoudre ce problème en ajoutant de l'eau. Il y a en fait des pays – par exemple les USA et la France – où, dans cette situation, l'adjonction d'eau est admise à certaines conditions [8]. Mais elle est interdite en Suisse (et également en Allemagne et en Autriche), ce qui malheureusement ne veut pas dire que l'on n'y recourt jamais. Un procédé toléré pour améliorer l'ouvrabilité du béton prêt à l'emploi sur le chantier consiste à ajouter une

dose supplémentaire de plastifiant (BV) ou superfluidifiant (HBV), à condition d'avoir effectué des essais préalables. Pour certains produits, il est même conseillé de n'ajouter ces adjuvants dans la bétonnière sur camion qu'une fois arrivé sur le chantier. Dans tous les cas, après l'adjonction de BV ou de HBV, il faut malaxer pendant au moins 1 min par m<sup>3</sup> de béton frais (contrôler avec une montre!).

Cependant, dans le projet de norme européenne EN 206, la prEN 206 (version avril 1997) [10], il est prévu ce qui suit: «Si, au moment de la livraison, la consistance du béton est plus ferme que celle spécifiée et que le béton se trouve encore dans le camion malaxeur, la consistance peut être amenée à la valeur spécifiée par ajout d'eau et/ou d'adjuvants, par ex. des plastifiants ou des superplastifiants, à condition que les valeurs limites permises dans les spécifications et que le rapport eau/ciment maximal admissible spécifié ne soient pas dépassés. La quantité d'eau ou d'ad-

Pays	Début de la production	Installations	Production de béton prêt à l'emploi [mio. m <sup>3</sup> /a]	Consommation de béton [m <sup>3</sup> /habitant]	Part de l'industrie du béton prêt à l'emploi dans la consommation de ciment [%]	Mélange en centrale/Mélange en bétonnière sur camion <sup>1)</sup>	Distance de transport moyenne [km] <sup>1)</sup>
Allemagne	1903	2 630	64,4	0,79	55	100/0	15
France	1933	1 586	28,5	0,51	41	100/0	15
Grande-Bretagne	1930	1 150	20,9	0,40	50	20/80	5
Italie	1962	2 400	60,8	1,10	44	1/99	15
Pays-Bas	1948	185	8,0	0,50	52	70/30	32
Autriche	1961	331	9,1	1,20	44	100/0	19
Suède	1932	210	2,2	0,25	62	100/0	30
Suisse	1933	300	8,3	1,18	67	100/0	10
USA	1913	10 000	192	0,74			

<sup>1)</sup> Ces indications se rapportent uniquement aux membres de l'Ermco (association européenne des producteurs de béton prêt à l'emploi).

**Tab. 1** Chiffres sélectionnés de l'année 1996 concernant l'industrie du béton prêt à l'emploi, compilés par l'Ermco, l'association européenne des producteurs de béton prêt à l'emploi [2].

juvants ajoutés dans le camion malaxeur doit être consignée sur le bon de livraison dans tous les cas.»

Relevons que le rapport e/c spécifié ne doit pas être dépassé, ce qui est facile à comprendre, car une adjonction d'eau de 10 l par m<sup>3</sup> de béton frais entraîne une réduction de 2–4 N/mm<sup>2</sup> de la résistance à la compression à 28 jours [11, 12].

### Bétons prêts à l'emploi pour exigences particulières

En dehors des bétons prêts à l'emploi pour utilisations routinières, il en est également couramment produits et mis en place d'autres qui témoignent de propriétés sortant de l'ordinaire. Premier exemple:

#### Les bétons selon canton

Dans différents cantons, les bétons prévus pour certains projets de construction doivent répondre à des exigences bien définies. Dans le canton de Lucerne par exemple, il est prescrit pour les ouvrages d'art un béton B 45/35 témoignant entre autres des propriétés suivantes:

- teneur en ciment: 350 kg CEM I par m<sup>3</sup>
- résistant au gel et étanche à l'eau
- facteur eau/ciment de maximum 0,45 lors de la mise en œuvre

- température maximale de 25 °C lors de la mise en œuvre
- consistance selon Walz à la remise sur le chantier entre 1,12 et 1,16 (béton mis en place avec grue) et entre 1,08 et 1,12 (béton pompé)
- teneur en air < 3 %

D'autres prescriptions concernent les granulats.

Sans plastifiant (BV) ou superfluidifiant (HBV) ainsi que sans entraîneur d'air (LP) il est impossible de fabriquer un béton de ce genre.

On a constaté que lors de temps de transport longs ou de températures extérieures élevées, ce sont surtout la teneur en air et la consistance au moment de la mise en œuvre qui posent des problèmes.

#### Béton frais refroidi

Extrêmement minces et d'une hauteur maximale de 32 m, les piliers en béton d'un pont d'autoroute franchissant la Saare, en Allemagne, devaient, dans toute la mesure du possible, être exempts de fissures de retrait. Il fallait en conséquence que la température du béton lors de la mise en place soit maintenue aussi basse que possible, afin que l'hydratation se produise au même moment pour les 750 m<sup>3</sup> de béton prêt à l'emploi nécessaires par séquence de travail.

Chacune des charges de la bétonnière sur camion a été à cet effet refroidie de 30 °C au maximum, pour arriver à 10–12 °C. On a utilisé comme agent refroidisseur de l'azote liquide que l'on a dosé avec précision et injecté dans le béton prêt à l'emploi au moyen d'une lance, dans le tambour tournant lentement. Le temps de refroidissement a été d'environ 10–15 minutes, selon la température de départ. Le malaxage a été poursuivi jusqu'à l'arrivée à la pompe à béton, afin d'obtenir un équilibre complet des températures [13].

#### Béton à haute résistance

La fabrication de béton prêt à l'emploi à haute résistance a été étudiée entre autres en Allemagne [14, 15]. Pour des pylônes autoporteurs fortement armés, on a choisi la composition du béton figurant dans le tableau 2. La distance de transport était de 7 km ou 30 min (trafic urbain). Pendant ce temps, l'étalement a diminué de 8 à 10 cm. On l'a ramené à 54 cm par l'adjonction de HBV sur le chantier. La résistance à la compression s'est développée comme suit: 56 N/mm<sup>2</sup> après 3 jours, 72 N/mm<sup>2</sup> après 7 jours, 87 N/mm<sup>2</sup> après 28 jours et 94 N/mm<sup>2</sup> après 56 jours.

CEM I 42,5 R	$c = 450 \text{ kg/m}^3$
Granulats:	
– sable 0/2	35 % de la masse
– gravier 2/8	20 % de la masse
– gravier 8/16	45 % de la masse
Fumée de silice (coulis, 50 % d'eau)	$s = 45 \text{ kg/m}^3$
Adjuvants:	
– BV	$2,7 \text{ l/m}^3$
– HBV	$10,8 \text{ l/m}^3$
– VZ	$1,8 \text{ l/m}^3$
Rapport eau/liant (e/c+s)	0,33

**Tab. 2 Composition d'un béton prêt à l'emploi à haute résistance (B 85 selon DIN) [15].**

### Béton à retardement de longue durée

Grâce aux progrès réalisés dans le domaine des adjuvants du béton, il est devenu possible, théoriquement et pratiquement, d'obtenir de très grands laps de temps entre la fabrication et la mise en œuvre du béton frais. Cela grâce à ce que l'on appelle les «stabilisateurs», qui interviennent au stade initial de l'hydratation du ciment beaucoup plus efficacement que les retardateurs de prise (VZ). Contrairement aux VZ traditionnels, dont l'action s'étend normalement sur 3 à 24 heures, les stabilisateurs permettent de stabiliser des mélanges de béton pendant plusieurs jours. La stabilisation peut être annihilée n'importe quand, au moyen d'un «activateur» et d'un bref malaxage [16].

Les bétons stabilisés s'utilisent principalement pour les bétons projetés. Pour le béton prêt à l'emploi, il s'agit surtout de bétons projetés par voie mouillée. Une application en Allemagne est par exemple décrite, pour laquelle on a utilisé un béton projeté à retardement de longue durée pour la sécurité lors du percement et pour la réalisation de la coque extérieure d'un tunnel près de Bonn [17]. Le béton a été malaxé dans une centrale située à 18 km. Lors de son arrivée sur le chantier, son étalement était

toujours de 38–42 cm. Pour l'utilisation du béton dans le tunnel, l'étalement a été amené à 45–50 cm par adjonction d'un plastifiant, puis le béton a été transporté à flux dense par une pompe à béton jusqu'à la buse de projection. L'activateur (accélérateur) a été ajouté dans la buse au moyen d'un dispositif de dosage à commande automatique. Indépen-

damment du fait qu'il y avait toujours du béton frais à disposition, on a également apprécié que les conduites et flexibles de l'unité de projection ne devaient être vidées et nettoyées que lors de longues interruptions. (Les bétons à retardement de longue durée joueront également un rôle lors de la réalisation du transit alpin.) *Kurt Hermann, TFB*

### Literatur

- [1] «Die Wiege stand in Hamburg – Jürgen Hinrich Magens erfand 1903 den Transportbeton», *Beton* **44** [3], 160–162 (1994).
- [2] «Report of members activities 1996–1997», European Ready Mixed Concrete Organization (Ermco).
- [3] Norme SIA 162: «Ouvrages en béton» (révision partielle 1993).
- [4] **Hermann, K.**, «Collaboration entre professionnels», *Bulletin du ciment* **62** [5], 3–7 (1994).
- [5] **Hermann, K.**, «Les contrôles du béton frais» *Bulletin du ciment* **61** [18], 1–8 (1993).
- [6] Brochure ASPB: «Beton: umweltfreundlicher Baustoff mit umweltschonender Herstellung».
- [7] DIN 1045: «Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung» (édition 1988).
- [8] **Takeyama, M.**, «Present technology of ready-mixed concrete and future prospects», *Magazine of Concrete Research* **48** [176], 199–209 (1996).
- [9] **Hermann, K.**, «Les adjuvants: BV et HBV», *Bulletin du ciment* **62** [10], 3–7 (1994).
- [10] prEN 206: «Béton: Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité» (projet avril 1997).
- [11] Norme SIA 162/1: «Ouvrages en béton – Essais des matériaux» (édition 1989).
- [12] **Krell, J., Dahlhoff, U., et Vissmann, H.-W.**, «Temperaturabhängigkeit von Betoneigenschaften – Anpassen der Betonzusammensetzung erforderlich», *Beton* **44** [11], 668–670 (1994).
- [13] **Goldstein, W., und Rühr, U.**, «1A-Beton durch Stickstoffkühlung», *Strassen- und Tiefbau* **44** [2], 24 (1996).
- [14] **Budnik, J., und Wassmann, K.**, «Hochfester Transportbeton B 85 – Technische Voraussetzungen, Beton-technologie und Qualitätssicherung», *Beton* **47** [4], 189–193 (1997).
- [15] **Chipczyńska, E., Ehrlich, N., und Lietzmann, M.**, «Praktischer Einsatz von Mikrosilika», *Beton* **46** [10], 604–605 (1996).
- [16] **Hermann, K.**, «Les adjuvants: VZ», *Bulletin du ciment* **62** [12], 3–7 (1994).
- [17] **Krüger, G.**, «Langzeitverzögerter Transportbeton für Spritzbeton», *Beton* **48** [1], 26–29 (1998).
- [18] **Hermann, K.**, «Bétonnage à de basses températures», *Bulletin du ciment* **66** [1], 3–7 (1998).