

Les bétons pompés

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **64 (1996)**

Heft 10

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146404>

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.

Les bétons pompés

Pour construire en béton, le pompage est une méthode avantageuse, permettant d'accroître la production.

3

Bétonnage de la dalle de fond d'une patinoire artificielle.

Photo: Willi Ingold, Soleure

Sur les chantiers, le béton doit passer aussi rapidement que possible du malaxeur ou du véhicule de transport à l'endroit de sa mise en place, en ne subissant que le moins possible de changement. Il ne doit ni entrer en ségrégation, ni sécher, ni être trop fortement échauffé ou refroidi, ce que l'on obtient généralement d'une des manières suivantes:

- mise en place directement à partir du camion bétonnière
- transport en récipients tels que bennes pour grues, bennes de transporteurs aériens ou bennes à béton équilibrées. Tous les bétons se prêtent à ce genre de transport.
- transport dans des conduites par pompage

On peut utiliser du béton pompé pour diverses raisons: manque de place sur le chantier, parties de construction difficilement accessibles, grue faisant défaut, franchissement d'un terrain impraticable, protection de pelouses, plantes et arbres, ou tout simplement réduction des coûts grâce au rendement élevé à la mise en place. En dehors de l'emploi ordinaire, la construction de maisons tours, la mise en place de béton sous l'eau et le transport de béton dans la construction de tunnels et de galeries comptent parmi les principales utilisations. Le cas échéant, le pompage du béton permet d'augmenter le rendement par rapport au transport avec grue, égale-

ment dans les usines d'éléments préfabriqués. Une sélection des utilisations du béton pompé figure dans le *tableau 1*.

En ce qui concerne les considérations qui suivent, il faut tenir compte que le pompage du béton exige, non seulement des appareils appropriés, mais également beaucoup de savoir-faire. C'est pourquoi le présent article ne peut traiter que d'une petite partie de ce sujet complexe.

Pompes à béton et accessoires

La première pompe à béton a été utilisée en 1913 déjà, aux USA. Mais ce n'est que dans les années 50, avec la mise au point de pompes à entraînement hydraulique, que l'usage s'en est imposé. Aujourd'hui, on utilise principalement des pompes à piston ou à rotor [1]. En Suisse, on voit à peu près exclusivement des pompes à piston, qui sont plus robustes, et donc plus performantes que les pompes à rotor. Les pompes peuvent être stationnaires, montées sur des camions spéciaux, ou combinées avec des camions bétonnières. Les flèches de distribution proposées actuellement permettent des portées horizontales et verticales allant jusqu'à quelque 60 m. Un résumé de données concernant les pompes et flèches de distribution en vente dans le commerce figure dans le *tableau 2*.

Les distances supérieures sont franchies au moyen de conduites. Dans ce domaine, les tuyaux en acier de 100 à 125 mm de diamètre et de 3 m de longueur ont fait leurs preuves. Les tuyaux flexibles en caoutchouc renforcé témoignent en général d'une plus grande résistance aux mouvements du béton que les tuyaux en acier correspondants. Ils sont utilisés surtout lors de travaux de transformation et de rénovation, pour les courbes, les zones à fond délicat et les liaisons à des grues en mouvement.

Bétons à pomper

Le béton à transporter par conduite doit être composé et fabriqué de telle façon que, sous l'influence des forces s'exerçant sur lui, il soit pressé à travers la conduite comme un cylindre ou un tampon, sans entrer en ségrégation. Il est surtout important qu'il contienne suffisamment de mortier pour que tous les gros granulats en soient enrobés, et qu'une couche lubrifiante se forme contre les parois des tuyaux. Le béton contenant trop peu de mortier résiste fortement au transport et ne peut pas être pompé, ou ne l'est que difficilement. Les bétons pauvres en mortier avec forte teneur en eau ont tendance à obstruer les conduites.

Ciment

Les ciments avec des valeurs Blaine entre 3000 et 5000 cm²/g ont fait leurs

Chantier	Distance de transport	Béton	Diamètre de grain	m³/h	Adjuvant
Eléments de construction	Diamètre de tuyau	Dosage en ciment			
bâtiment industriel	125 m	B 40/30	0–32 mm	35–80	1,0% HBV
dalles de fond, planchers, murs, piliers	125 mm	330 kg CEM I/m³			
bâtiment industriel	180 m	B 35/25 étanche, B 35/25	0–32 mm	40–80	0,8–1,2% HBV
dalles de fond, planchers, murs, piliers	125 mm	300 kg CEM I/m³			
transformation, rénovation hôpital	20–80 m	B 35/25 étanche	0–16 mm	10–20	retardateur de prise
dalles de fond, planchers	100 mm	250 kg CEM I/m³, 50 kg cendres volantes/m³			
transformation	55 m	B 35/25	0–16 mm	26	
changement d'affectation d'une salle d'archives	100 mm	330 kg CEM I/m³			
pilonnages pour terrassements en fouille sous dalle	70 m	10 N/mm²	0–16 mm	5–13	retardateur de prise
	100 mm	150 kg CEM I/m³, 175 kg cendres volantes/m³			
construction de galeries	130 m	B 35/25	0–16 mm	20–30	
dalle de roulement pour équipement de forage	100 mm	330 kg CEM I/m³			
construction de galeries	280 m	B 35/25	0–16 mm	25	
cavité de galerie d'amenée d'eau fraîche, tuyau d'amenée d'eau fraîche	100 mm	250 kg CEM I/m³, 150 kg cendres volantes/m³			
réfection de routes nationales	50 m	B 45/35	0–32 mm	5–10	1,2% HBV 0,2% VZ 0,2% agent de pompage
piliers, fondations	100 mm	330 kg CEM I/m³			
réfection de routes nationales	90 m	B 35/25	0–4 mm (45%) 4–8 mm (55%)	5	1,5% HBV 0,2% VZ 0,2% LP
intérieur de corps creux, dalle de fond	100 mm	330 kg CEM I/m³, 50 kg cendres volantes/m³			
correction de torrents	170 m	B 35/25	0–32 mm	18–20	0,5% HBV
	125 mm	325 kg CEM I/m³			

Tab. 1 Exemples d'utilisation de béton pompé [8].

preuves dans la pratique. Les ciments plus fins augmentent la pression de refoulement [2, 3]. Augmenter la quantité de ciment en cas de problèmes de pompage est rarement une solution. On obtient généralement de bien meilleurs résultats en améliorant la composition granulométrique [4].

Granulats

Le diamètre maximum des granulats ne devrait pas être supérieur à $\frac{1}{3}$ du diamètre nominal de la conduite. De très bonnes expériences ont été faites avec des granulats d'un diamètre maximum de 16 ou 32 mm, mais des bétons avec granulats d'un diamètre maximum allant jusqu'à 51 mm ont également pu être pompés facilement; c'est le choix de la bonne granulométrie qui est déterminant, et non le diamètre des granulats [4].

Teneur en fines et en sable très fin

La teneur en fines (tous les constituants d'un diamètre de grain < 0,125 mm, donc également le ci-

ment) et en sable très fin (diamètre de grain < 0,25 mm) exerce une grande influence sur la cohésion et la déformabilité du béton pompé. Pour le béton qui exsude de l'eau ou pour les granulats concassés, cette teneur devrait être augmentée, par exemple au moyen d'ajouts minéraux. Une trop forte teneur en fines et en sable très fin se répercute défavorablement sur le retrait, la résistance au gel et à l'usure, ainsi que sur d'autres propriétés du béton durci. C'est pourquoi en Allemagne, on recommande pour les bétons destinés à des éléments de construction extérieurs, et pour les bétons à résistance élevée au gel et aux fondants chimiques ainsi qu'à l'usure, une teneur en fines et en sable très fin de 450 kg/m³ (diamètre de grain maximum 16 mm) ou 400 kg/m³ (diamètre de grain maximum 32 mm) [2].

Composition granulométrique

Des études récentes ont démontré que l'éventail des bétons qui, dans

des conditions non extrêmes, peuvent être pompés, est relativement large [5]. Mais il est difficile de dire à l'avance si un béton se prête au pompage. Des essais préalables dans des conditions réelles sont indispensables. Quelques indications supplémentaires sont toutefois encore données ci-après [3]:

- Avec des courbes granulométriques constantes, il faut s'efforcer d'obtenir:
 - 37–45 % de tamisat à 4 mm d'ouverture avec grain maximum de 32 mm
 - 44–56 % de tamisat à 4 mm d'ouverture avec grain maximum de 16 mm
- Avec des granulométries discontinues, la fraction 0–4 mm doit être d'au moins 37 % de la masse.
- Avec des granulométries discontinues, on a avantage à supprimer la fraction 4–8 mm.

Adjuvants

L'utilisation d'adjuvants pour les bétons pompés ne diffère pas beau-

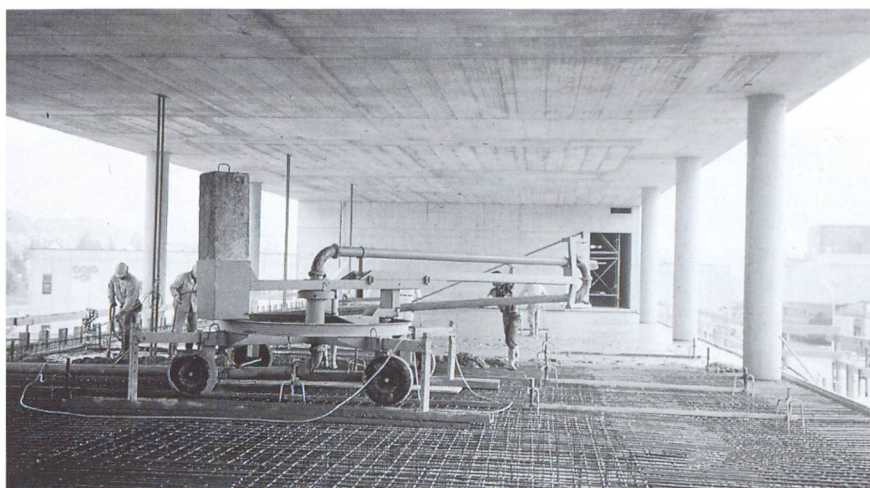


Photo: Werner Hauser, Betonpumpen AG,
Zürcher Unterland, Dällikon

Bétonnage d'une dalle de fond.

coup de celle pour les bétons non pompés. Avec des BV, et surtout des HBV, on obtient des consistances plus plastiques et, de ce fait, une pression de refoulement plus basse. Pour des distances de transport horizontales et verticales plus longues, des bétons avec HBV et étalement de 500 mm ont fait leurs preuves [3]. Les LP ne font pas qu'entraîner de l'air, ils améliorent également l'ouvrabilité du béton pompé, lequel tend moins à la ségrégation. Des teneurs en air supérieures à 4 % peuvent cependant agir comme des «amortisseurs» et diminuer la puissance de refoulement [2].

Consistance

La consistance d'un béton influe sur sa pompabilité. Les bétons fermes ne se laissent que difficilement aspirer et exigent des pressions plus hautes que les bétons plus mous. Ce sont les bétons à consistance plastique (étalement 380–420 mm) qui conviennent le mieux. Mais des bétons mous et des bétons fluides sont également pompables s'ils témoignent d'une bonne cohésion. Il sera traité du pompage du béton léger dans le prochain numéro du «Bulletin du ciment».

Conduites de transport

Si le béton pompé ne peut pas être mis en place directement au moyen des flèches de distribution, il faut poser des conduites de transport. Dans les revues spécialisées, on trouve sans cesse des communiqués concernant de nouveaux records en ce qui concerne les hauteurs et distances horizontales de transport. Mais ce qui



Photo: Werner Hauser, Betonpumpen AG,
Zürcher Unterland, Dällikon

Utilisation d'une pompe à béton à un endroit difficilement accessible.



Photo: Benedikt Schneider, BCU, Untervaz

Mise en place d'une couche de propreté (150 kg CEM I, haut pourcentage de sable et agent de pompage) au moyen d'une pompe à béton automotrice.

nous intéresse, ce sont les conditions «normales», ce qui pour les pompes en vente dans le commerce signifie un transport en hauteur allant jusqu'à quelque 120 m, et jusqu'à environ 450 m sur des distances horizontales. Avec les pompes à béton automotrices, les distances sont moindres (*tableau 2*). Les conduites doivent être

posées exemptes de tension, et être accessibles sur toute leur longueur. Il faut prêter une attention particulière aux conduites verticales, car les différents tuyaux ne peuvent être ici démontés que très difficilement. Il s'est révélé bon de monter des vannes d'arrêt au début des conduites montantes et à la fin des conduites de

	Pompes	Flèches de distribution			Description
	Débits théoriques	Portées horizontales	Portées verticales	Nombre de bras	
Pompes à béton stationnaires	20–150 m ³ /h				
Pompes à béton automotrices	45–150 m ³ /h	13–58 m	13–62 m	3–5	Combinaison de camion, pompe à béton et flèche de distribution. D'utilisation universelle, et la plus courante.
Pompes à béton sur camion bétonnière	15–40 m ³ /h	13–24 m	16–28 m	2–4	La combinaison de camion bétonnière, pompe à béton et flèche de distribution fait ses preuves, principalement pour la distribution de petites quantités de béton, par exemple lors de rénovations dans des zones habitées.
Flèches de distribution séparées		10–50 m	ca. 13–50 m	2–5	Flexible de bout de 3–4 m de longueur

Tab. 2 Données typiques sur les pompes et flèches de distribution pour le transport de béton.

chute, afin qu'en cas d'engorgement, ou lors d'interruptions du bétonnage, l'on puisse empêcher que la conduite ne fonctionne à vide [3].

Il est également recommandé de procéder comme suit [2]:

- poser les 6 à 8 premiers mètres de façon aussi rectiligne et horizontale que possible;
- pour le pompage en hauteur, ne pas poser la conduite obliquement, mais horizontalement d'abord, et verticalement ensuite;
- poser la conduite de façon à ce que l'on commence par pomper sur la plus grande distance, car ainsi, il devient ensuite possible de raccourcir la conduite en enlevant des tuyaux;
- sur le lieu de mise en place, poser la conduite de façon à ce que le béton puisse être distribué sans qu'il soit nécessaire de fréquemment déplacer des conduites ou enlever des tuyaux;
- avant de commencer le pompage du béton, contrôler l'étanchéité du système de la conduite en pompant de l'eau se trouvant entre deux ballons qui adhèrent étroitement aux tuyaux.

Pompage du béton

Le béton pompé ne doit être transporté avec des bennes à béton que sur de courtes distances. Dans tous les autres cas, il faut utiliser des camions bétonnières, dans lesquels le béton peut être malaxé encore une fois avant le pom-

page, pendant 15 secondes au moins. Si des adjuvants doivent être ajoutés sur le chantier, la durée du malaxage doit être augmentée d'une minute par m³ de béton [3].

Juste avant le début du transport par pompage, l'intérieur de la conduite doit être doté d'un film lubrifiant. On utilise à cet effet un mélange lubrifiant, par exemple une pâte de ciment (ciment/eau 2/1 [3]) ou un mortier.

On peut ensuite passer au mélange prévu pour le chargement, la pompe devant alors fonctionner lentement jusqu'à ce que toute la conduite soit remplie de béton. Il faut si possible pomper continuellement, car après une interruption, il peut être difficile de remettre le béton en mouvement. Si l'on reprend le transport du béton après une courte pause, le pompage en sens inverse (trois à quatre coups de piston) aide à désagréger les dépôts [3]. En cas de pauses prévisiblement plus longues, la provision de béton devrait être épuisée aussi lentement que possible, cela en ne donnant que de temps à autre un coup de pompage [4]. Les étranglements sont plus faciles à éviter si l'on relie la trémie de chargement avec un bac de malaxage supplémentaire. Cela permet également de compenser le changement de consistance du béton frais des différentes livraisons [3].

Une fois le pompage terminé, ou lors

de longues interruptions, la conduite devrait être vidée, en se servant de ballons en caoutchouc mousse ou de tampons en papier avec de l'eau ou de l'air comprimé. Si l'on utilise de l'eau, la conduite n'exige généralement pas de nettoyage particulier. En cas de vidage à l'air comprimé, il ne doit pas y avoir un flexible de distribution ou un tuyau coudé raccordé à

Bibliographie

- [1] Bender, H., «Betonpumpsysteme und Unterhalt während Baustelleneinsatz», documentation écrite destinée au séminaire «Pumpbetone» qui a eu lieu le 6 juin 1996 au centre de formation continue du TFB, à Wildegg.
- [2] Weigler, H., et Karl, S., «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Ernst & Sohn, Berlin (1989), pages 150–154.
- [3] Schneider, B., «Pumpbeton», documentation écrite destinée au cours de Wildegg «Beton mit besonderen Eigenschaften» qui a eu lieu le 18 février 1994 au centre de formation continue du TFB, à Wildegg.
- [4] «Placing concrete by pumping methods», reported by ACI Committee 304 in «ACI Manual of Concrete Practice», part 2, pages 304.2R-1 to 304.2R-17 (1996).
- [5] Olbrecht, H., «Materialtechnologische Anforderungen an pumpbare Betone», documentation écrite destinée au séminaire «Pumpbetone» qui a eu lieu le 6 juin 1996 au centre de formation continue du TFB, à Wildegg.
- [6] Klemm, R. E., «Clearing pump line blockages», Concrete Construction 39 [8], 632–634 (1994).
- [7] Fisher, T. S., «Pump line safety», Concrete Construction 39 [8], 615–616 (1994).
- [8] Hauser, W., «Wann ist der Einsatz von Pumpbeton sinnvoll?», documentation écrite destinée au séminaire «Pumpbetone» qui a eu lieu le 6 juin 1996 au centre de formation continue du TFB, à Wildegg.



Correction d'un torrent: transport de béton pompé dans un terrain impraticable.

la fin de la conduite. Un dispositif d'arrêt doit empêcher que le ballon ou le tampon soit projeté à l'extérieur. Après le vidage, on nettoie la conduite en y faisant passer de l'eau sous pression, laquelle se trouve entre deux ballons en caoutchouc mousse [2]. Le béton résiduaire ou l'eau de nettoyage doivent être éliminés de façon appropriée.

Engorgements

Les engorgements peuvent avoir différentes causes, mais les principales sont un béton pompé de mauvaise composition ou en train de raidir, ainsi que des conduites et vannes d'arrêt non étanches. Mais des résidus de béton dans des tuyaux insuffisamment nettoyés ou des erreurs de manipulation peuvent également conduire à ce que le béton ne soit plus pompable. Les engorgements ne sont pas une mince affaire. Les éliminer exige une très grande expérience, et il faut agir avec prudence; seuls des professionnels expérimentés doivent s'en occuper. C'est pourquoi nous nous contenterons de donner ici deux brèves indications issues d'une publication détaillée consacrée à la détection et à l'élimination des engorgements [6]:

- Les engorgements peu importants peuvent souvent être éliminés en faisant fonctionner quelque fois la pompe, alternativement dans un sens et dans l'autre.
- Il ne faut en aucun cas essayer d'éliminer les engorgements avec de l'air comprimé. Ce procédé est dangereux, et en outre inapproprié. Il est également expressément déconseillé de faire passer de l'eau sous pression avant l'essai.

Mesures de sécurité

Normalement, le pompage du béton est efficace, et également sûr. Mais comme pour tous les travaux exigeant un équipement lourd, il y a danger en cas de négligence et de comportement déraisonnable. Les modes d'emploi des fabricants de pompes contiennent des informations détaillées sur les mesures de sécurité nécessaires.

Les appareils ne doivent en principe être manœuvrés que par des spécialistes expérimentés. Il est important pour tous les travaux que ceux qui y participent soient informés quant au déroulement des opérations et à la manière de s'équiper; quiconque n'est pas équipé comme il se doit n'a pas sa place dans une équipe de pompage. L'équipement de protection que le personnel doit porter en

permanence comprend au minimum le casque de chantier, les lunettes, les bottes en caoutchouc avec renforcement métallique et les gants en caoutchouc. Les vêtements devraient en outre épouser le corps et le couvrir aussi complètement que possible [7]. Danger dû à des conduites électriques: lorsque la flèche d'une pompe entre en contact avec ces conduites, il y a danger de mort pour les membres du personnel en contact avec la pompe, la conduite de transport ou le camion. Les mesures de précaution impliquent également que personne ne s'arrête sous les flèches et les conduites de transport, car des tuyaux peuvent éclater, ou des brides de tuyaux s'ouvrir. Il ne faut jamais placer les mains, les pieds ou une quelconque partie du corps entre le tuyau de sortie et des objets solides.

Les travaux sur des conduites, tels que repérage d'engorgements ou ouverture de la conduite, ne doivent en principe être exécutés que lorsque la conduite n'est pas sous pression. Les conduites ne doivent pas être tenues entre les jambes. Il ne faut pas non plus regarder dans les conduites ou tuyaux bloqués, ni souffler dans les conduites ou tuyaux détachés de moins de 10 m de longueur.

Kurt Hermann, TFB