

L'eau de gâchage

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

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

Heft 2

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146397>

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.

L'eau de gâchage

L'eau potable répond aux exigences auxquelles doit satisfaire l'eau de gâchage utilisée pour la fabrication du béton. Des eaux de moins bonne qualité, ou même des eaux usées provenant de la fabrication du béton ou de béton de recyclage excédentaire, servent cependant également d'eau de gâchage.

L'eau potable du réseau de distribution peut généralement être utilisée pour la fabrication du béton sans réserve et sans essais préliminaires complets. Mais dès que l'eau de gâchage a une autre origine, des essais qualitatifs et quantitatifs sont indispensables.

Définitions

L'eau ajoutée lors du malaxage du béton est généralement appelée *eau de gâchage*. C'est le terme utilisé dans les normes SIA 162 [1] et 162/1 [2], ainsi que dans les normes européennes dont l'importance ne cesse de croître en Suisse. Mais l'eau de gâchage n'est en fait pas seulement l'eau ajoutée, ainsi que le démontre la *figure 1*, déjà publiée dans un «Bulletin du ciment» paru précédemment [3]. Il faut donc, lors de la fabrication du béton, distinguer entre les sortes d'eau suivantes:

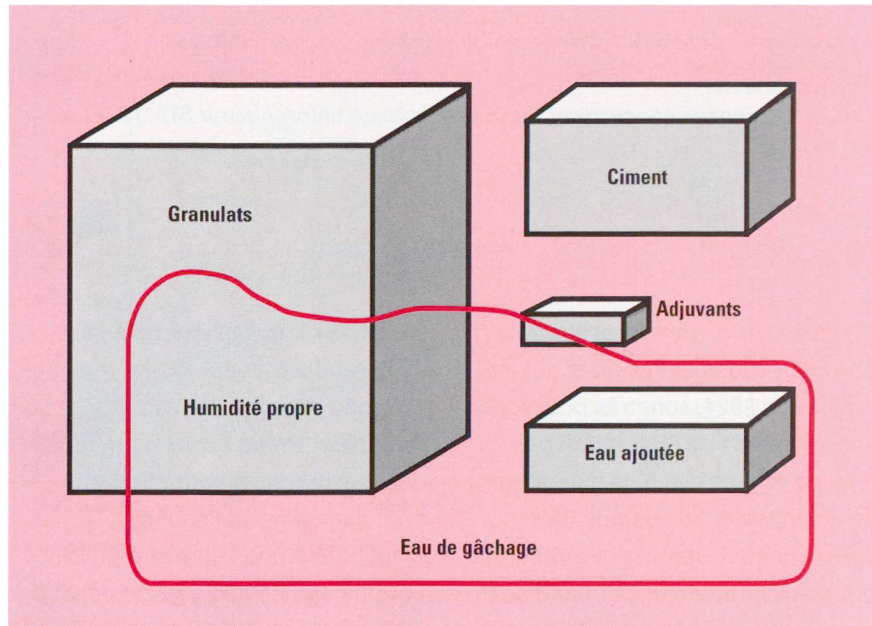


Fig. 1 L'eau ajoutée est une partie de l'eau de gâchage, laquelle se compose également de l'humidité propre des granulats et de l'eau contenue dans les adjuvants et ajouts.

Dessin: TFB [3] / S. Einfalt, ZSD

- *L'eau de gâchage* est le total de la quantité d'eau active lors de la fabrication du béton. Elle se compose de l'eau se trouvant à la surface des granulats, de l'eau contenue dans les adjuvants et ajouts, ainsi que de l'eau ajoutée. Lors du calcul du rapport eau/ciment d'un béton, il faut utiliser la quantité d'eau de gâchage. Celle-ci se situe en général entre 120 et 200 l/m³, selon le béton.
- *L'humidité propre* est l'eau contenue dans les granulats. Elle se compose de l'humidité interne, le plus souvent négligeable (sauf pour les granulats très poreux), et de l'humidité superficielle. C'est particulièrement le sable qui amène beaucoup d'eau. La quantité d'eau due à l'humidité propre se situe entre 30 et 150 l/m³, selon le traitement des granulats.
- *L'eau ajoutée* est dosée lors du malaxage du béton. La quantité d'eau ajoutée résulte de la différence entre la quantité d'eau de gâchage et celle d'humidité propre des granulats, ainsi que de la quantité d'eau introduite dans le béton par les adjuvants et ajouts; elle varie généralement entre 50 et 170 l/m³ de béton.

Exigences concernant l'eau de gâchage

Les exigences concernant l'eau de gâchage ont été fixées dans différentes directives, prénormes et normes, et nous allons en traiter. Mais il est également intéressant et utile d'en savoir un peu plus sur l'influence que les impuretés contenues dans l'eau de gâchage exercent sur la qualité du produit final, c'est-à-dire le béton. Nous en savons en fait beaucoup à ce sujet.

Critère	Exécution	Exigence
Aspect	inspection visuelle	limpide, incolore
Odeur		inodore
Teneur en détergents	agiter	pas de formation de mousse persistante
Teneur en chlorures	analyse chimique	< 100 mg/l pour béton armé et béton précontraint
Teneur en sulfates	analyse chimique	≤ 1000 mg/l
Teneur en impuretés organiques (en particulier acides humiques et dérivés de sucre)	titrage avec solution de permanganate de potassium	consommation en permanganate de potassium: ≤ 100 mg/l

Tab. 1 Exigences concernant l'eau de gâchage selon norme SIA 162/1, essai no 16 [2].

Les analyses d'Abrams et ses collaborateurs, dont les résultats ont été publiés en 1924, sont très poussées [4]: pas moins de 68 échantillons d'eau d'origine des plus diverses ont été analysés dans quelque 6000 échantillons de béton et mortier quant à leur aptitude à être utilisés comme eau de gâchage. On a constaté que le temps de prise n'est pas une grandeur fiable pour juger de l'aptitude d'une eau à être utilisée comme eau de gâchage. La couleur et l'odeur de l'eau se sont également révélées inadéquates comme critères de qualité. Les comparaisons de résistance d'échantillons de béton ou mortier fabriqués avec de l'eau à analyser et de l'eau distillée ont été beaucoup plus significatives. On a classé comme appropriées les eaux avec lesquelles, après 28 jours, au moins 85 % de la résistance à la compression des échantillons de référence avaient été atteints. Partant de ce critère, les eaux acides ainsi que les eaux contenant du glucose ou des composés organiques similaires, ne peuvent, entre autres, être utilisées pour la fabrication du béton. D'autres analyses ont démontré qu'une eau de gâchage contenant des algues augmentait fortement la teneur en air du béton, et diminuait nettement la résistance à la compression [4].

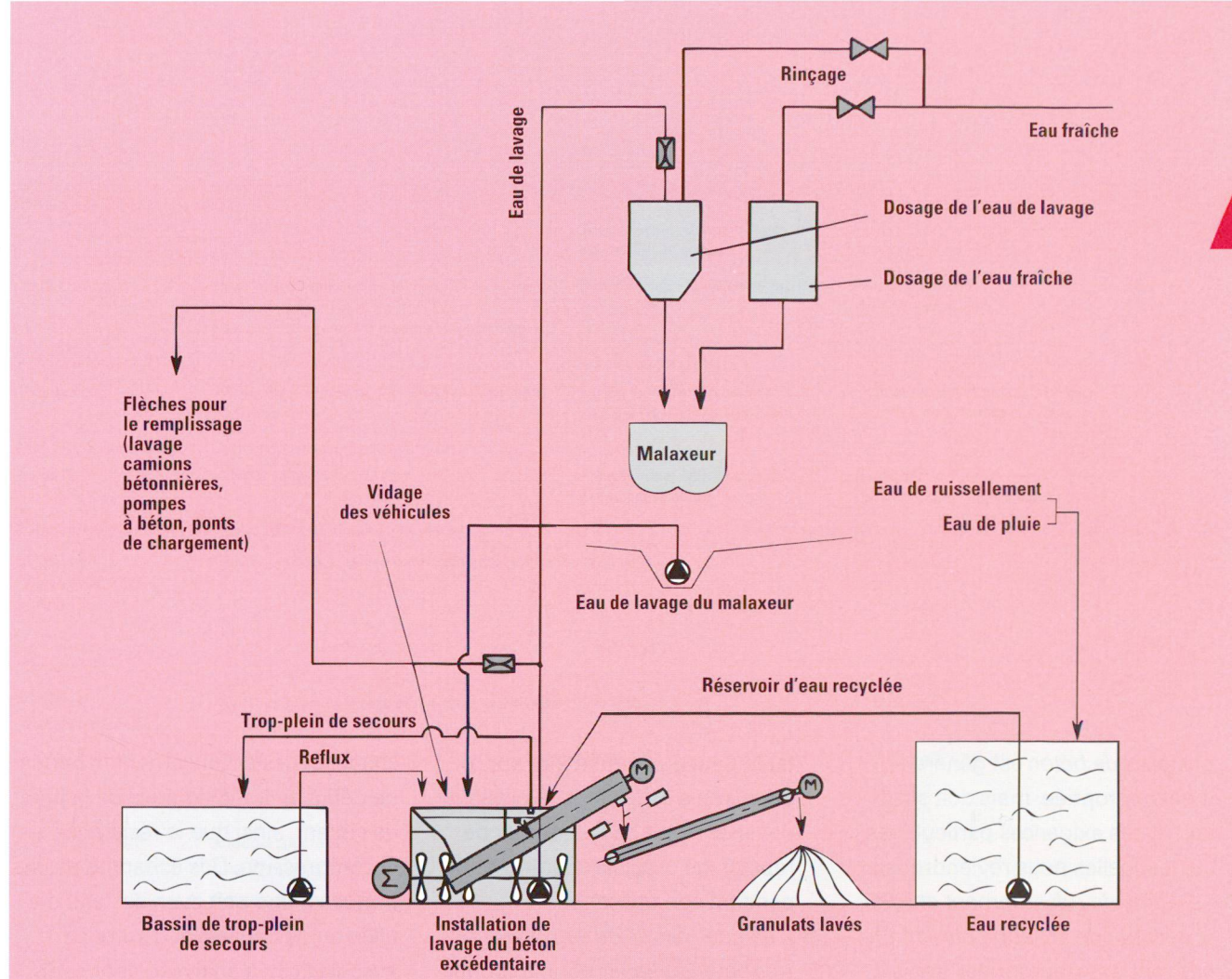
Selon Abrams, par exemple l'eau marécageuse, l'eau de mer (non appropriée pour le béton armé et le béton précontraint) ou les eaux usées des brasseries, savonneries, etc., sont par contre utilisables. L'aptitude d'une eau à être utilisée comme eau de gâchage ne dépend évidemment pas uniquement de sa nature, mais beaucoup également de la quantité d'impuretés qu'elle contient. Un autre point très important est signalé dans la norme SIA 162/1, sous chiffre 3 16 3 [2]: «Les spécifications concernant l'eau de gâchage n'ont aucun rapport avec l'agressivité de l'eau agissant de l'extérieur sur le béton durci. Celle-ci dépend en effet d'autres facteurs. Il est, par exemple, tout à fait possible qu'une eau qui se prête bien au gâchage puisse attaquer de l'extérieur le béton durci et par la suite, l'endommager ou même le détruire (par exemple une eau qui contient des sulfates ou du gaz carbonique).»

Normes SIA 162 et 162/1

Selon la norme SIA 162 [1], l'eau de gâchage doit être exempte de toute substance nocive, notamment de nature organique (chiffre 5 14 31). Si elle ne provient pas du réseau d'eau potable, elle doit être analysée par un laboratoire spécialisé. Les tests qui doivent être exécutés par ce laboratoire sont mentionnés dans la norme SIA 162/1, sous essai no 16 [2]. Ils sont résumés dans le *tableau 1*. La valeur pH de l'eau (> 4 selon le prEN 1008 encore à discuter) fait partie des importants critères d'aptitude d'une eau, en plus de ceux mentionnés dans la norme SIA 162/1.

Prélèvement d'échantillons

Selon la norme SIA 162/1, chiffre 3 16 21, les échantillons à analyser doivent être prélevés à l'endroit prévu pour l'approvisionnement en eau. «Pour les eaux stagnantes, il faut effectuer au moins deux prélèvements suffisamment éloignés et procéder à des analyses séparées.» Les récipients bien nettoyés (en verre ou en plastique) doivent être rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, immédiatement avant le remplissage, puis remplis complètement, et fermés hermétiquement tout de suite après le remplissage. L'étiquette doit comporter au moins les indications suivantes:



Graphique: Ammann AG, Langenthal / S. Einfalt, ZSD

Fig. 2 Schéma de l'écoulement de l'eau d'une installation de lavage du béton excédentaire. Toutes les matières à recycler sont séparées en déchets solides et en eau de lavage, et réutilisées.

- commettant
- lieu du prélèvement
- date du prélèvement
- nom de la personne qui a effectué le prélèvement

Pour le contrôle visuel et les essais chimiques des substances nuisibles au béton, 1 l d'eau suffit. Pour d'éventuels essais de compatibilité avec le béton, il faut «une quantité d'eau plus importante» (chiffre 3 16 23).

Norme SIA 162.051

La norme SIA 162.051 [5] (correspond à l'ENV 206) contient les prescriptions relatives à la technologie du béton qui sont nécessaires pour l'utilisation de l'Eurocode 2 «Calculs des structures en béton». Elle peut donc être utilisée en Suisse à titre d'essai, conjointement avec le chapitre 1-1 de l'Eurocode 2 et le chapitre 1-1 de l'Eurocode 4 «Conception et dimensionnement des structures

mixtes acier-béton». Celles-ci ont été publiées comme prénormes ENV 1992-1-1 (SIA V 162.001) et ENV 1994-1-1 (SIA V 163.001). *Les normes SIA 162.051 et 162 ne doivent toutefois pas être utilisées conjointement.*

Dans la norme SIA 162.051 [5], il est dit expressément que l'eau de gâchage doit répondre aux exigences des normes nationales. Il est en outre précisé au paragraphe 4.3: «L'eau ne doit pas contenir d'éléments nuisibles en quantités telles qu'ils pourraient porter préjudice à la prise, au durcissement et à la durabilité du béton, ou provoquer une corrosion des armatures. De façon générale, en Europe, l'eau potable fournie par un réseau de distribution à l'usage du public convient à la confection du béton.»

Futures normes

L'ENV 206 (norme SIA 162.051 [5]) est actuellement remaniée. Dans le prEN 206 d'août 1995, en ce qui concerne l'eau de gâchage, il n'est plus renvoyé aux normes nationales, mais à l'EN 1008, intitulée «Eau de gâchage pour béton – Spécifications et essais». L'EN 1008 sera applicable à tous les types de bétons fabriqués avec des ciments conformes à ENV 197-1 (norme SIA 215.002). Les indications qui suivent proviennent toutefois encore du prEN 1008 [6], publié en février 1993; on ne sait pas encore quand l'EN 1008 entrera en vigueur.

L'aptitude de l'eau à la fabrication de béton dépend de son origine:

- L'eau qui, du point de vue chimique, peut être qualifiée d'eau potable, se prête à une utilisation sans essai.
- L'eau de lavage qui provient des installations de recyclage des pro-

ducteurs de béton est généralement appropriée, mais doit satisfaire à des exigences particulières, sur lesquelles nous reviendrons.

- *Les eaux de ruissellement et l'eau provenant de la nappe phréatique* peuvent être appropriées, mais il convient de pratiquer un essai avant leur première utilisation.
- *L'eau de rejet industrielle* non po-

table peut également être appropriée, mais il convient de pratiquer un essai avant de l'utiliser, et de répéter cet essai fréquemment pendant son utilisation.

- *L'eau de mer et les eaux saumâtres* peuvent servir pour la production du béton non armé, mais elles ne sont généralement pas appropriées pour le béton armé et le béton précontraint (facteur déterminant: teneur totale en chlorure du béton).
- *Les eaux usées* ne conviennent pas.

Pour les eaux qui ne sont pas admises sans essai pour la fabrication du béton, il est prévu un vaste programme d'analyses chimiques, lesquelles sont résumées dans le *tableau 2*. Ce tableau s'inspire beaucoup d'un tableau figurant dans un aide-mémoire intitulé «Zugabewasser für Beton», publié en 1982 par le «Deutsche Beton-Verein E.V.» [7]. L'ensemble du prEN 1008 [6] correspond en fait dans une large mesure aux prescriptions allemandes. Ce qui frappe dans la norme européenne, ce sont les teneurs en chlorure et en sulfate beaucoup plus élevées tolérées par rapport à la norme SIA 162/1 (comparer *tab. 1* et *tab. 2*).

En dehors des analyses chimiques, le prEN 1008 prévoit également des analyses physiques de l'eau de gâ-

chage. Celles-ci concernent le temps de début et de fin de prise de la pâte de ciment, ainsi que la résistance à la compression. Des échantillons, fabriqués d'une part avec de l'eau distillée ou désionisée et d'autre part avec de l'eau à analyser, sont comparés. La résistance moyenne à la compression des échantillons de béton ou mortier (cubes, prismes ou cylindres) qui ont été fabriqués avec l'eau à analyser doit par exemple, après sept jours, atteindre au minimum 90 % de la résistance moyenne des échantillons correspondants fabriqués avec de l'eau distillée ou désionisée.

Eau de lavage utilisée comme eau de gâchage

Partout où l'on fabrique du béton, il se produit des eaux usées. Dans une centrale à béton, il s'agit par exemple d'*eau de lavage* contenant de fines particules solides minérales. Elle provient

- de l'eau utilisée pour le nettoyage des malaxeurs et des véhicules de transport, ou
- des eaux usées des installations de recyclage du béton (installations de récupération de déchets solides).

Il y a également l'*eau recyclée* provenant d'eaux pluviales tombées sur des bâtiments d'exploitation et des

Bibliographie

- [1] Norme SIA 162: «Ouvrages en béton», édition 1989 (rév. 1993).
- [2] Norme SIA 162/1: «Ouvrages en béton – Essais des matériaux», édition 1989.
- [3] Meyer, B., «Exigences à l'égard de l'eau de gâchage», Bulletin du ciment 55 [24], 1–8 (1987).
- [4] McCoy, W. J., «Mixing and curing water for concrete» in «Significance of tests and properties of concrete-making materials», ASTM Special Publication 169B, pages 765–773 (1989).
- [5] Norme SIA V 162.051 (ENV 206): «Béton: Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité», édition 1995.
- [6] prEN 1008: «Eau de gâchage pour béton – Spécifications et essais» (février 1993).
- [7] «Zugabewasser für Beton – Merkblatt für die Vorabprüfung und Beurteilung vor Baubeginn sowie die Prüfungswiederholung während der Bauausführung» (version janvier 1982), Beton- und Stahlbetonbau 77 [5], 137–140 (1982).
- [8] «Richtlinie für Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser und Restmörtel», édité par le «Deutsche Ausschuss für Stahlbeton» (septembre 1991).
- [9] Dahlhoff, U., Budnik, J., et Scholl, E., «Frischbetonrecycling im Transportbetonwerk», Beton 45 [11], 792–796 (1995).

Type d'essai	Méthode d'essai	Évaluation		
		Apte à l'utilisation sans essai comparatif du béton	Apte à l'utilisation dans certains cas seulement ²⁾	Inutilisable
Couleur	Inspection visuelle dans un cylindre de mesure placé devant un arrière-plan blanc (laisse se décantent les matières en suspension)	Incolore, voire légèrement jaunâtre	Foncé ou coloré (rouge, vert, bleu...)	
Huiles ou matières grasses	Inspection visuelle	Traces uniquement	Pellicule d'huile, émulsion d'huile	
Détergents	Agiter vigoureusement l'échantillon d'eau dans un cylindre	légère formation de mousse; stabilité de la mousse: ≤ 2 min	formation importante de mousse; stabilité de la mousse: ≥ 2 min	
Matières en suspension	Cylindre de mesure de 80 cm ³	≤ 4 cm ³	> 4 cm ³	
Odeur	Ajouter acide chlorhydrique	Aucune odeur, voire pas plus d'une légère odeur	Forte odeur (p. ex. sulfure d'hydrogène)	
Valeur pH	Papier indicateur/Indicateur liquide	≥ 4	< 4	
Chlorures ¹⁾ Béton précontraint Coulis	Réactifs spéciaux, titrage avec oxyde mercurique ⁶⁾	≤ 600 mg/l		> 600 mg/l ³⁾
Chlorures ¹⁾ Béton armé	Réactifs spéciaux, titrage avec oxyde mercurique ⁶⁾	≤ 2000 mg/l		> 2000 mg/l ³⁾
Chlorures ¹⁾ Béton non armé	Réactifs spéciaux, titrage avec oxyde mercurique ⁶⁾	≤ 4500 mg/l	> 4500 mg/l	
Sulfates ¹⁾	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 2000 mg/l	> 2000 mg/l	
Glucose ¹⁾	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Saccharose	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Phosphate (P ₂ O ₅) ¹⁾	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Nitrate ¹⁾	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 500 mg/l	> 500 mg/l	
Zinc ¹⁾	Réactifs spéciaux ⁶⁾	≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Sulfures ⁴⁾		≤ 100 mg/l	> 100 mg/l	
Sodium ⁵⁾ Potassium		Au total ≤ 1000 mg/l		> 1000 mg/l
Substance humique	Dans une éprouvette, verser 5 ml de l'échantillon d'eau, et ajouter 5 ml de soude caustique à 3 ou 4 %. Agiter. Inspection visuelle après 3 min	Plus pâle que brun jaunâtre	Plus foncé que brun jaunâtre	

¹⁾ Procédure d'essai accélérée tolérée.

²⁾ L'évaluation définitive dépend d'une évaluation de chaque cas particulier et/ou d'un essai comparatif du béton.

³⁾ Évaluation favorable possible dans certains cas, si la teneur totale en chlorures de tous les éléments en béton ne dépasse pas les limites indiquées au paragraphe 5.5 de l'ENV 206.

⁴⁾ N'est exigé que pour le béton précontraint/coulis.

⁵⁾ N'est exigé qu'en cas de risque de réaction des granulats avec des éléments alcalins.

⁶⁾ Selon [7].

Tab. 2 Critères possibles pour l'évaluation de l'eau de gâchage selon prEN 1008 [6].

aires d'exploitation non utilisées. Ces eaux usées ont surtout une chose en commun: elles ne peuvent pas, ou seulement difficilement, être évacuées. La solution est alors de réutiliser ou recycler dans l'usine ces eaux collectées séparément. La figure 2 représente une installation de lavage, dans laquelle tout le béton excédentaire est traité pour séparer les déchets solides et l'eau (eau de lavage), lesquels sont réutilisés. Dans une certaine installation de production de béton prêt à l'emploi en Suisse, l'eau de lavage contient des quantités variables de particules solides (granularité ≤ 1 mm), représentant en général 5 à 15 % de la

masse. Indépendamment de la teneur en particules solides, on utilise toujours cette eau de lavage pour au maximum 70 % de l'eau de gâchage, et pour le reste, on ajoute de l'eau recyclée. Au dire des employés, cette façon de procéder permet facilement de respecter les grandeurs indicatives du béton frais et du béton durci, sauf pour les bétons résistant au gel et aux fondants chimiques, pour lesquels la haute teneur en particules solides de l'eau de lavage peut créer des difficultés. C'est pourquoi on utilise pour ces bétons exclusivement de l'eau recyclée. Le prEN 1008 contient aussi des recommandations concernant la réuti-

lisation de l'eau de lavage et des granulats provenant des installations de recyclage de l'industrie du béton. Le «Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)» a publié des directives similaires en 1991 déjà [8], et les a révisées en 1995 [9]. Les prescriptions figurant dans ces documents sont beaucoup plus sévères que celles appliquées actuellement en Suisse. Pour ne citer qu'un exemple, le pourcentage de particules solides dans l'eau de lavage doit être fortement réduit, et la granularité des particules solides doit être généralement inférieure à 0,2 mm.

Kurt Hermann, TFB