

**Zeitschrift:** Bulletin du ciment  
**Herausgeber:** Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)  
**Band:** 60-61 (1992-1993)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Le béton dans les stations d'épuration des eaux usées  
**Autor:** Hermann, Kurt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-146318>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN DU CIMENT

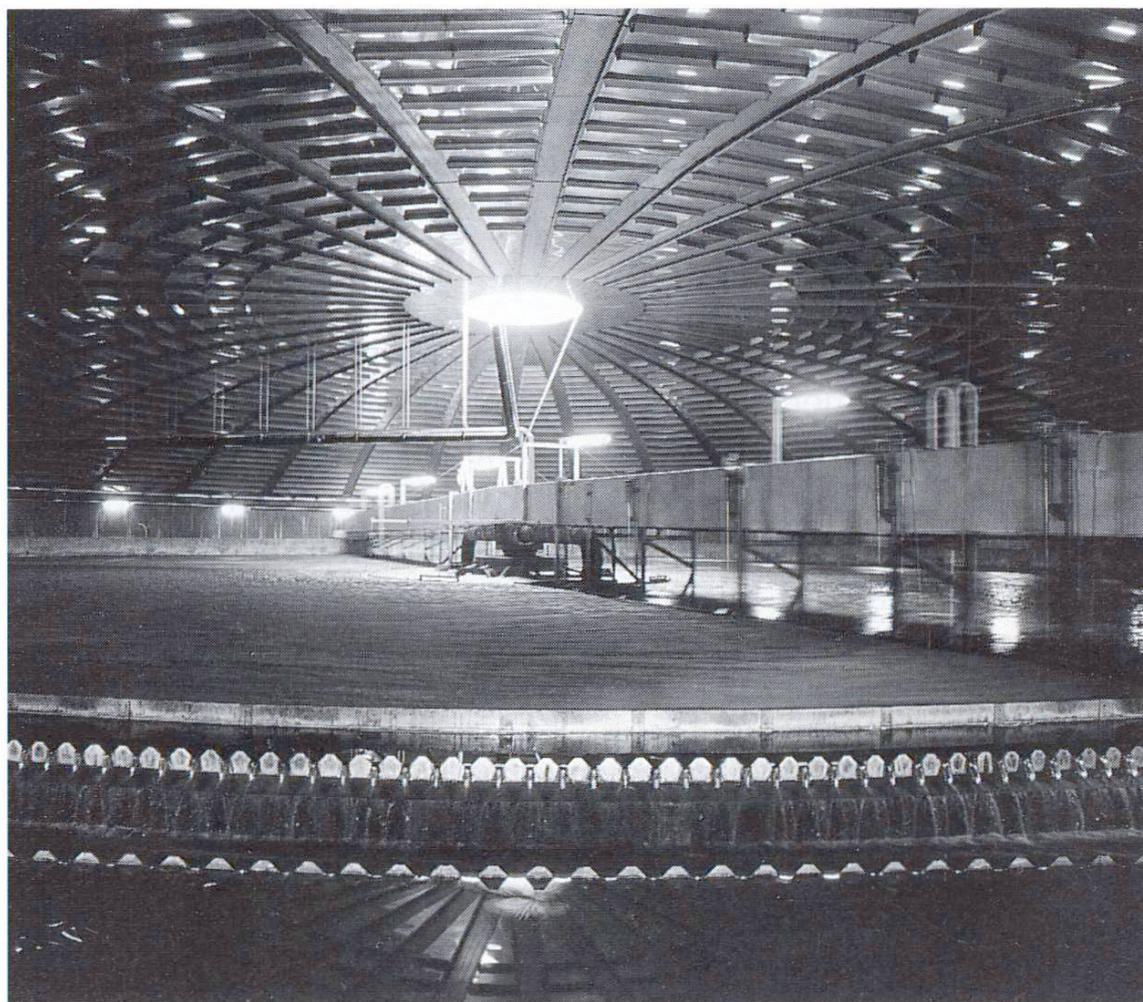
NOVEMBRE 1993

61e ANNEE

NUMERO 23

## Le béton dans les stations d'épuration des eaux usées

Le béton dans les stations d'épuration: un matériau auquel on ne peut renoncer, mais qui, dans ce milieu chimiquement agressif, témoigne de faiblesses, surtout si sa composition et sa mise en œuvre ne sont pas ce qu'elles doivent être.



Vue intérieure d'un bassin de décantation secondaire couvert.

(Photo: Gruner AG Ingenieurunternehmung, Reinach BL)

2 En Suisse, les premières stations d'épuration ont été construites au début de ce siècle. On en compte actuellement plus de 900, de grandeurs les plus diverses. Notre pays fait ainsi partie de ceux dans lesquels le pourcentage de producteurs d'eaux usées raccordés à des stations d'épuration est le plus élevé.

Une station d'épuration type se compose généralement d'un niveau mécanique, d'un niveau biologique et d'un niveau chimique, ainsi que d'une installation de digestion des boues. Souvent s'y ajoutent des installations pour une épuration plus poussée des eaux usées et des boues. Les principaux éléments des installations, avec leur fonction et les matériaux dont ils se composent pour l'essentiel, sont résumés dans le *tableau 1*. Il en ressort que le béton est un matériau dont on ne peut se passer dans les stations d'épuration, même pour les éléments en contact avec les eaux usées.

Dans les stations d'épuration, le béton est exposé à des sollicitations variées: les actions exercées peuvent être de nature statique, mécanique ou chimique, selon le lieu de la station et la composition des eaux usées. Il serait naïf d'espérer que des dégâts ne se produisent pas dans de telles conditions. Plusieurs de ces dégâts pourraient toutefois être évités si l'on observait les règles élémentaires de l'art de construire, et l'on peut en réduire d'autres considérablement en prenant des mesures appropriées.

Dans le présent «Bulletin du ciment», nous nous occupons des dégâts apparaissant dans les stations d'épuration, qui sont dus à l'agression chimique du béton par les eaux usées. Nous traiterons ultérieurement en détail de certains points concernant la réparation de dégâts de ce genre.

### **Les dégâts du béton dans les stations d'épuration**

Voici quelques années, différents éléments des installations de 17 des quelque 65 stations d'épuration centrales du canton des Grisons ont été examinés [1]. Des dégâts et défauts ne dépendant pas du contact entre béton et eaux usées ont été constatés en nombres très variables. En dehors de dégâts résultant directement d'une mauvaise exécution, on a également observé des dégâts dus à des contraintes mécaniques:

- fissures dues à des tassements;
- fissures dues à l'action exercée par la température (particulièrement avec des couronnements de mur chauffés);
- fissures de rupture dues à des éléments de construction avec sections de dimensions très différentes (dégâts dus au système);
- fissures dues à une configuration inadéquate des éléments de construction;
- bandes couvre-joints détruites.

Nature de l'eau		Degré d'agressivité		
		faiblement agressive	fortement agressive	très fortement agressive
valeur pH		6,5–5,5	5,5–4,5	< 4,5
gaz carbonique dissolvant la chaux	(mg CO <sub>2</sub> /l)	15–40	40–100	> 100
teneur en ammonium <sup>1)</sup>	(mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	15–30	30–60	> 60
teneur en magnésium	(mg Mg <sup>2+</sup> /l)	300–1000	1000–3000	> 3000
teneur en sulfates	(mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)	200–600	600–3000	> 3000

<sup>1)</sup> Sur la base de nouvelles analyses, il a été proposé de classer dans la catégorie «faiblement agressive» les concentrations d'ammonium allant jusqu'à 100 mg/l [15]!

Tab. 2 Valeurs limites pour l'évaluation du degré d'agressivité des eaux, selon DIN 4030 [5].

Dans les anciennes installations, et souvent même plus marqués dans les nouvelles, les principaux dégâts spécifiques des stations d'épuration se manifestaient ainsi:

- structure des surfaces de béton ressemblant, dans les bassins de décantation, à celle du béton lavé;
- nombreuses plaques de rouille d'importantes dimensions;
- quelques rares éclatements du béton dus à des attaques provoquant un gonflement.

Les bassins d'aération étaient le plus fortement atteints. Ils présentaient deux à trois fois plus de dégâts que les bassins de décantation secondaire. A l'exception de dégâts localisés du béton dans les zones de transition air–eau, on n'a en revanche constaté que de très, très rares dégâts dans les éléments situés en amont des bassins d'aération (voir *tableau 1*).

### Eaux usées agressives

Les eaux usées peuvent être de compositions très diverses, et leur degré d'agressivité envers le béton peut varier en rapport. En Allemagne, on estime que les eaux usées ménagères et communales n'attaquent pas le béton. C'est pourquoi un béton dont la composition, la mise en œuvre et le traitement de cure sont corrects, est considéré comme suffisamment résistant sans protection extérieure [3].

Les eaux usées industrielles peuvent en revanche contenir de nombreuses impuretés, qui peuvent être inoffensives ou fortement agressives. Un tableau publié en 1982 par le TFB donne une idée de l'action de diverses substances sur le béton [4]. Les professionnels de l'épuration des eaux se réfèrent souvent à la norme DIN 4030 – de laquelle est tiré le *tableau 2* –, qui sert à évaluer l'agressivité des eaux [5]. Les composés organiques dissous dans les eaux usées peuvent également attaquer le béton [6].

4 L'agressivité des eaux usées envers le béton ne dépend toutefois pas uniquement de la nature et de la concentration des matières qu'elles contiennent. La valeur pH (*tableau 2*), la température, l'apport d'oxygène et d'autres facteurs exercent aussi une grande influence, comme par exemple les sollicitations mécaniques supplémentaires dues à l'eau agitée ou coulant à flots.

### **Corrosion de l'armature**

Les éclatements résultant de la corrosion de l'armature font partie des dégâts du béton armé se répétant sans cesse. Les causes en sont connues: dans le béton, une mince couche d'oxydes de fer se forme spontanément à la surface de l'armature, qui protège contre la corrosion. Si par suite de carbonatation (ou sous l'action d'acides), la valeur pH descend au-dessous de 9,5 autour de l'armature, cette couche protectrice est détruite et, s'il y a suffisamment d'oxygène et d'humidité, la corrosion peut commencer son œuvre [7]. Les ions de chlorure peuvent percer la couche passivante de l'armature même en cas de valeurs pH élevées ( $> 12,0$ ), et induire la corrosion [8].

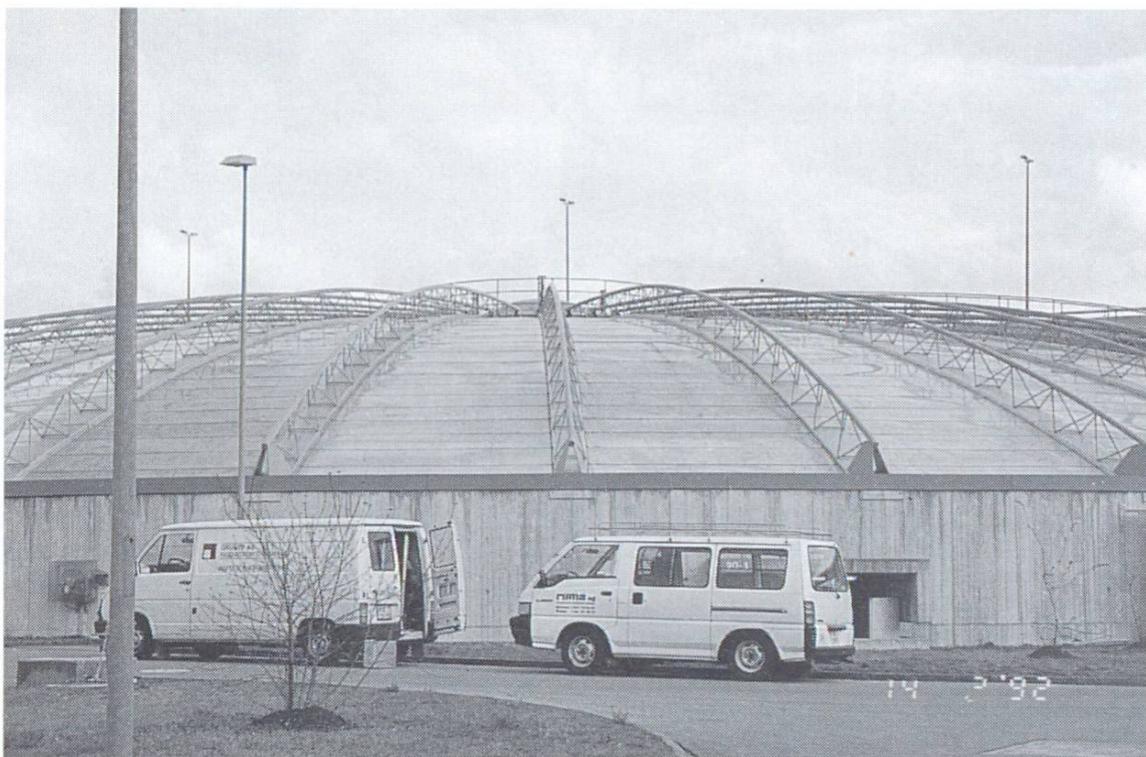
Une couverture de béton insuffisante, telle que l'on en trouve malheureusement toujours dans les stations d'épuration également [2], favorise la corrosion, qui se manifeste sous forme de plaques de rouille et d'éclatements du béton (le volume de la rouille est beaucoup plus grand que celui de l'acier dont elle est issue). Une contre-mesure efficace consiste en premier lieu à fabriquer un béton compact, avec une armature suffisamment recouverte. D'autres mesures sont par exemple l'utilisation d'acier d'armature revêtu de résine époxy [9] ou le revêtement du béton dans les zones menacées.

### **Attaques du béton provoquant une dissolution**

En simplifiant à l'extrême, on peut dire que le béton armé se compose des granulats minéraux, de la pâte de ciment durcie et de l'armature. Son point faible est la pâte de ciment durcie poreuse, qui se compose pour l'essentiel d'hydrates de silicate de calcium et d'hydrates d'aluminate de calcium, ainsi que pour un tiers environ, d'hydroxyde de calcium. Au contact de l'air ou d'une eau à teneur modérée en dioxyde de carbone, l'hydroxyde de calcium se transforme en carbonate de calcium (carbonatation), qui peut être redissous par des acides ou par une eau douce ou fortement carbonatée. Il reste une couche de type gel, cohérente à l'état humide, composée de silicates insolubles dans l'acide, qui retarde la poursuite de l'attaque par les acides. Cette couche est toutefois détruite lors du séchage ou du nettoyage de la surface du béton [1, 2]. La répétition de ces processus entraîne une érosion progressive du béton, lequel revêt alors l'aspect du béton lavé.

5 Les eaux usées acides sont particulièrement nocives ( $\text{pH} < 4,5$ ), car les acides qu'elles contiennent forment le plus souvent, avec les composants de la pâte de ciment durcie, des sels facilement solubles dans l'eau, et la pâte de ciment est ainsi dégradée. Les acides organiques (acide formique, acide acétique, etc.) n'apparaissent souvent qu'au cours de la fermentation microbienne de déchets organiques, ou lors de la saponification d'esters, graisses et huiles. L'attaque par les acides organiques est généralement plus faible que celle par les acides anorganiques. Certains acides organiques forment même des couches protectrices (exemple: acide oxalique) [6]. Les zones de transformation des eaux usées sont particulièrement menacées. Si ces zones ne sont pas spécialement revêtues d'un enduit de protection (par exemple à base d'époxy-goudron), le béton peut y être détruit, même avec des eaux usées relativement peu acides. Sans cette protection, de petites quantités d'eau pénètrent dans le système capillaire de la pâte de ciment durcie. Lorsque le niveau des eaux usées baisse, cette eau s'évapore, et il reste les composants acides qui détruisent lentement le béton. Ces points faibles sont en outre souvent menacés par le gel.

Les ions d'ammonium et de magnésium, mentionnés dans le *tableau 2*, entraînent également une dégradation de la pâte de ciment durcie. Ils réagissent comme les acides avec l'hydroxyde de calcium, ce qui se traduit par une perte de résistance [2].

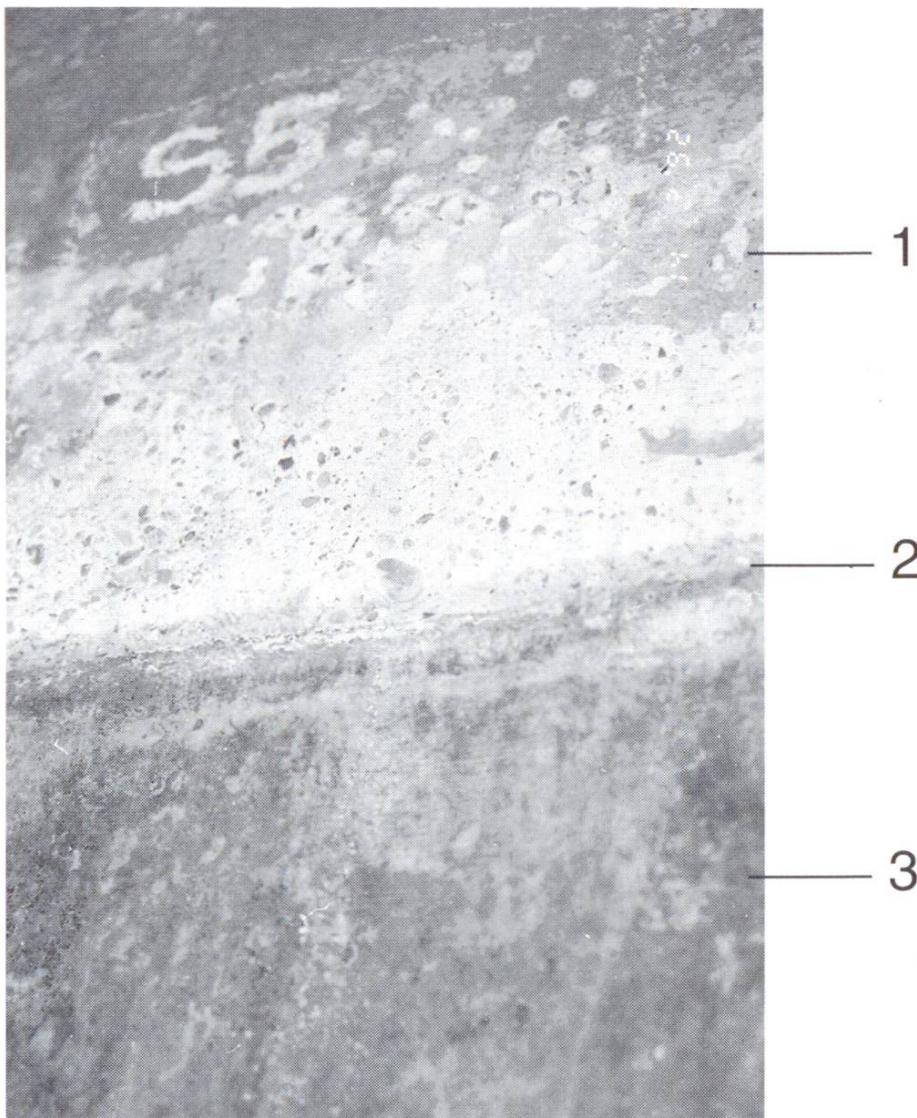


Vue extérieure d'un bassin de décantation secondaire couvert.

(Photo: Gruner AG Ingenieurunternehmung, Reinach BL)

Élément d'installation	Fonction	Matériaux
<i>Ouvrages extérieurs</i> Canalisation	Amenée des eaux usées dans des canaux	Béton, grès cérame vitrifié, béton de fibres, matières plastiques (PE/PVC/GKF), fonte, acier
Bassins d'eaux pluviales	Rétention/retenu et séparation des polluants lors des pluies, décharge des eaux usées diluées	Bassins en béton coulé sur place ou en éléments préfabriqués, installations en métal avec matières plastiques
Stations de pompage	Relevage des eaux usées	Ouvrage en béton coulé sur place ou en éléments préfabriqués, installations en métal avec matières plastiques
<i>Niveau mécanique</i> Grille	Élimination de substances volumineuses, papier et textiles	Métaux, matières plastiques
Séparation du sable et des graisses	Élimination du sable et des graisses, sédimentation de substances minérales, maintien en suspension de substances organiques	Béton, installations en métal, matières plastiques
Décanteur primaire	Élimination des substances flottantes et décantables dans les bassins de sédimentation	Béton, installations en métal, matières plastiques
<i>Niveau biologique-chimique</i> Bassin d'aération/disques biologiques/lit bactérien	Transformation des substances organiques dissoutes en biomasse et CO <sub>2</sub> par la création de conditions de vie favorables aux micro-organismes	Béton, métaux, matières plastiques, pierres, céramique
Décantation secondaire	Séparation des micro-organismes/eaux usées épurées par bassin de décantation ou tambour biologique	Béton, métaux, matières plastiques, textiles
Épuration poussée	Obtention de hauts niveaux de qualité à la sortie (précipitation du phosphore, nitrification et dénitrification, filtration-floculation, etc.)	Béton, métaux, matières plastiques, sable, charbon actif, etc.
<i>Traitement des boues</i> Pasteurisation/hygiénisation	Stérilisation partielle des boues d'égout primaire par traitement thermique (aérobie ou anaérobie)	Métaux, matières plastiques
Putréfaction ou aération des boues	Stabilisation par décomposition partielle des substances organiques décantables (aérobie ou anaérobie), épaississement des boues	Béton, installations en métal, matières plastiques
Gazomètre	Stockage du biogaz (méthane, CO <sub>2</sub> et H <sub>2</sub> S) dans un gazomètre à sec ou avec de l'eau, ou dans des réservoirs sous pression	Béton, métaux, matières plastiques
Installation de production de chaleur et d'électricité	Chauffage des boues, chauffage du bâtiment d'exploitation, production d'énergie électrique	Métaux
Traitement poussé des boues	Déshydratation, séchage et incinération des boues	Métaux, matières plastiques

Tab. 1. Structure d'une station d'épuration type [2].



Corrosion biogène due à l'acide sulfurique dans la zone de gaz d'un bassin de décantation secondaire (1: zone de gaz, 2: zone de transition, 3: zone d'eau avec béton de construction intact).

(Photo: Gruner AG Ingenieurunternehmung, Reinach BL)

### Corrosion biogène due à l'acide sulfurique

Dans des ouvrages couverts de stations d'épuration, on constate depuis quelques années des dégâts dus à la corrosion, que l'on ne connaissait pas encore en Suisse [10]. On les a trouvés par exemple dans les zones de gaz de bassins de décantation secondaire et dans leurs canaux de décharge. En l'espace de dix ans, des couches de béton allant jusqu'à 5 mm d'épaisseur ont été enlevées aux endroits exposés.

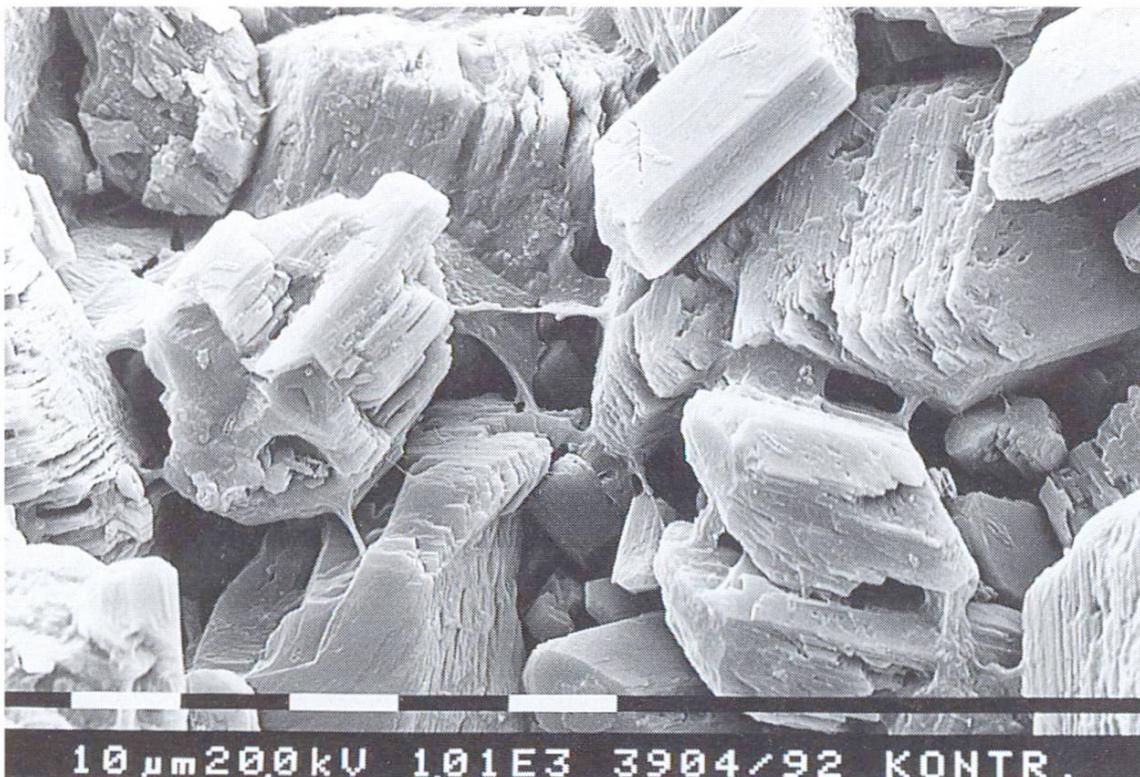
Les responsables de ces dégâts sont des bactéries appelées thiobacilles, qui, dans la zone de gaz, sur la surface humide de l'élément de construction, transforment l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) en acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ). L'hydrogène sulfuré arrive dans les eaux usées, soit directement introduit par des entreprises industrielles, soit par la dégradation microbienne de composés organiques sulfureux. L'acide sulfurique résultant de l'oxydation microbienne de l'hydrogène sulfuré par les bactéries réagit principalement avec l'hydroxyde

8 de calcium de la pâte de ciment durcie, pour se transformer en gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), lequel est érodé par l'eau de condensation qui ruisselle.

Les processus décrits présentement ainsi que leurs conséquences sont connus depuis longtemps, particulièrement dans le secteur des canalisations. On les constate surtout dans les pays plus chauds, car au-dessous de  $20^\circ\text{C}$ , les réactions microbiennes décrites ne se développent que lentement; la température optimale se situe aux environs de  $30^\circ\text{C}$  [3].

### Attaques provoquant un gonflement

L'eau sulfatée peut également endommager le béton. Dans ce cas, les ions de sulfate réagissent avec les hydrates d'aluminate de la pâte de ciment durcie, et forment de l'ettringite. Cette réaction est liée à une multiplication par huit du volume, ce qui entraîne finalement l'éclatement de la structure du béton [11]. Ainsi que le démontrent les examens faits dans le canton des Grisons, cette cause de dégâts ne semble toutefois pas être très répandue: on n'y a pas trouvé de fortes teneurs en sulfates, pas plus qu'en chlorures [1]. Si des concentrations de ions de sulfate supérieures à  $400 \text{ mg/l}$  sont prévisibles, il faut utiliser, pour les nouvelles constructions ou les travaux de réfection en béton projeté, un ciment Portland à haute résistance aux sulfates (CPHS) [11]. Il semble qu'en Allemagne, on utilise dans la construction de stations d'épuration presque exclusivement des ciments de haut fourneau, qui témoignent d'une haute résistance aux attaques par les sulfates [12, 13].



Pâte de ciment durcie corrodée avec cristaux de gypse; agrandissement environ 1000 fois.

(Photo: Laboratoire REM, Université de Bâle)

## 9 Béton pour stations d'épuration

Dans les stations d'épuration, le béton fait ses preuves en tant que matériau à très haute résistance. Sa durée d'utilisation de 40 à 50 ans [2] est nettement supérieure à celle des autres éléments composés d'autres matériaux (métaux, matières plastiques, bois), à condition toutefois que les constructions soient adaptées à ce matériau, que les matériaux et l'exécution soient de haute qualité, ainsi que choisis en fonction des sollicitations futures, et que les installations soient bien entretenues.

Dans le 7<sup>e</sup> projet concernant les «Recommandations pour la protection contre la corrosion dans les stations d'épuration des eaux usées et systèmes d'assainissement» [2], il est dit: «Un béton de bonne composition et bien mis en œuvre peut, sans protection, résister sans dommages aux influences du temps, de l'atmosphère et de la plupart des eaux pendant toute la durée d'utilisation.» On trouve également dans ces recommandations des indications sur l'aspect que doit avoir un béton de bonne composition et sur la façon dont il doit être mis en œuvre. Il est également recommandé d'utiliser de la microsilice pour que le béton fabriqué pour des installations de traitement des eaux usées soit aussi compact et aussi résistant aux agents chimiques que possible [14].

Selon [2], le béton doit être protégé par des enductions appropriées dans la zone de gaz des digesteurs, dans les épaisseurs à boues, ainsi que dans les cuves contenant des eaux usées industrielles agressives. Les enductions suivantes sont par exemple proposées [1]:

- béton projeté,
- chapes en ciment à haute teneur en ciment avec adjonction de sable de quartz (avec ou sans émulsion d'accrochage),
- mortiers à base de ciment modifiés avec des matières plastiques,
- revêtements à base d'époxy-goudron.

*Kurt Hermann*

## 10 Bibliographie

- [1] *Brändli, W.*, «Betonschäden in Kläranlagen – Ursachen und Massnahmen», Rapport no 379 de l'Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux (1988).
- [2] «Recommandations pour la protection contre la corrosion dans les stations d'épuration des eaux usées et systèmes d'assainissement, c6 d, 7». Projet du 25 septembre 1990. Éditeur: Société suisse de protection contre la corrosion. (Publication de la version définitive prévue pour 1993 encore.)
- [3] *Bayer, E., Deichsel, T., Kampen, R., Klose, N. et Moritz, H.*, «Betonbauwerke in Abwasseranlagen», publié par le Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln, Beton-Verlag, Düsseldorf (1984).
- [4] «Action de diverses substances sur le béton», Bulletin du ciment **50** [2] (1982).
- [5] «Appréciation des eaux, gaz et sols attaquant le béton», DIN 4030, 1e partie (Bases et valeurs limites) et 2e partie (Prélèvements et analyses d'échantillons de sols et d'eaux), publié en juin 1991.
- [6] *Hermann, K.*, «Le béton étanche aux liquides», Bulletin du ciment **61** [17] (1993).
- [7] *Hermann, K.*, «Réalcalinisation et extraction des chlorures électrochimiques», Bulletin du ciment **61** [21] (1993).
- [8] *Hermann, K.*, «Protection cathodique contre la corrosion», Bulletin du ciment **61** [20] (1993).
- [9] *Hermann, K.*, «Armatures revêtues de résine époxy», Bulletin du ciment **60** [3] (1993).
- [10] *Jentzsch, K.*, «Biogene Schwefelsäurekorrosion – ein Angriff auf Abwasserreinigungsanlagen», Gruner-Info **1993** [2], 11–14.
- [11] *Hermann, K.*, «Dégâts du béton dus à l'agression des ions de sulfate», Bulletin du ciment **61** [21] (1993).
- [12] *Radcke, H. D.*, et *Vinkeloe, R.*, «Wirkung von Taumitteln auf Beton von Räumlaufbahnen in Kläranlagen», Beton-Informationen **29** [2], 15–21 (1989).
- [13] *Radcke, H. D.* et *Vinkeloe, R.*, «Bewährung von Betonbauteilen in Kläranlagen», Beton-Informationen **24** [6], 63–66, (1984).
- [14] *Schümperli, E.* «Chemisch resistenter Beton in der Abwassertechnik», Schweizer Baublatt **1992** [54], 33–36.
- [15] «Widerstand von Beton gegen Ammonium», Beton-Informationen **33** [2], 22–23 (1993).

**Traduction française:** Liliane Béguin

---

### Rédaction

Dr Kurt Hermann  
TFB, Lindenstrasse 10  
5103 Wildegg  
Téléphone 064 57 72 72  
Téléfax 064 53 16 27

### Le «Bulletin du Ciment»

paraît une fois par mois  
Abonnement annuel:  
Suisse: Fr. 25.–  
Europe: Fr. 50.–  
Autres pays: Fr. 80.–

### Expédition/Abonnements

Mme M. Winter  
Zürichsee Medien AG  
Seestrasse 86, 8712 Stäfa  
Téléphone 01 928 52 23  
Téléfax 01 928 52 00

### Editeur

TFB, Lindenstrasse 10  
5103 Wildegg  
Téléphone 064 57 72 72

### Impression

Zürichsee Druckereien AG  
Seestrasse 86  
8712 Stäfa

### Copyright

TFB  
Lindenstrasse 10  
5103 Wildegg