Substances chimiques exerçant une action sur le béton

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

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **63 (1995)**

Heft 12

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-146378

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Substances chimiques exerçant une action sur le béton

Le béton résiste dans une large mesure à de nombreuses substances chimiques, mais pas à toutes.

Les réactions chimiques sont pour une fois le thème central d'un «Bulletin du ciment». Dans le présent bulletin, il est traité du comportement des bétons face à des composés chimiques de tout genre. Des informations ont déjà été données à ce sujet dans le numéro précédent, mais uniquement sous forme de tableaux [1].

Avec un bon béton, c'est à moitié gagné

Un béton fabriqué dans les règles de l'art résiste en principe dans une large mesure à de nombreuses substances chimiques, denrées alimentaires et produits technico-chimiques. Dans certaines situations, le béton n'est toutefois pas indiqué comme matériau de construction, ou doit être protégé par des moyens additionnels (p. ex. un revêtement).

Les principaux mécanismes provoquant des dégâts du béton sont présentés schématiquement à la *figure 1*, laquelle a paru sous une forme presque semblable dans le précédent «Bulletin du ciment» [1]. Nous allons ci-après traiter plus en détail de ces mécanismes, en ne considérant toutefois que les réactions ou modifications qui concernent la pâte de ciment durcie. Nous ne parlerons pas ici des modifications de composants noyés dans la pâte de ciment durcie, c'est-à-dire de la corrosion de l'armature ou des réactions chimiques des granulats.

Un béton résistant aux agents chimiques doit en premier lieu être aussi compact que possible, et présenter peu (ou mieux encore, pas) de fissures. Il doit de manière générale être de haute qualité. Il faut donc observer les points suivants:

- utilisation d'un ciment approprié (ciment à résistance élevée aux sulfates s'il y a risque d'agression par des sulfates; ciment avec ajouts tels que fumées de silice [4] ou cendres volantes [5] dans d'autres cas);
- bas rapport e/c ou e/b;
- év. incorporation de bulles d'air produites artificiellement;
- mise en œuvre soignée, dans les règles de l'art, du béton frais, entre autres bon compactage sans ségrégation;
- traitement de cure suffisamment long et efficace.

Agressions provoquant une dissolution ou un gonflement

La pâte de ciment durcie étant d'une composition complexe, elle peut engendrer de multiples réactions. Rappelons que la pâte de ciment durcie résulte de la réaction du ciment Portland avec l'eau. Au cours de cette réaction, les composants principaux, le silicate tricalcique (C_3S) et le disilicate de calcium (C_2S), se transforment en silicate de calcium hydraté (CSH) et en hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$). Une partie de l'hydroxyde de calcium est nécessaire pour l'hydratation de l'aluminate tricalcique (C_3A) et du ferroaluminate tétracalcique (C_4AF), le reste se trouvant en solution dans l'eau interstitielle, ou sous forme solide dans la pâte de ciment durcie. Comme nous allons le voir, l'hydroxyde de calcium est associé à de nombreuses réactions de la pâte de ciment durcie, et il est souvent responsable de dégâts du béton.

Les dégâts se produisant le plus fréquemment sont résumés à la *figure 1*. On peut en principe distinguer entre:

- *l'agression provoquant une dissolution* (processus A et processus B), lors de laquelle la pâte de ciment durcie est éliminée du béton, progressivement de l'extérieur à l'intérieur, et
- *l'agression provoquant un gonflement* (processus C), déclenchée le plus souvent par des ions de sulfate qui pénètrent dans le béton et y provoquent la formation de composés expansifs, lesquels détruisent la structure de la pâte de ciment durcie.

On trouve comme agents typiques de chacune de ces formes d'agression

- les acides forts tels que l'acide chlorhydrique pour le processus A_1,
- l'acide oxalique et l'acide tartrique pour le processus A_2,
- l'eau de mer pour le processus A_3,
- l'eau pure ou l'eau douce pour le processus B,
- les eaux ou les sols contenant des ions de sulfate pour le processus C.

4

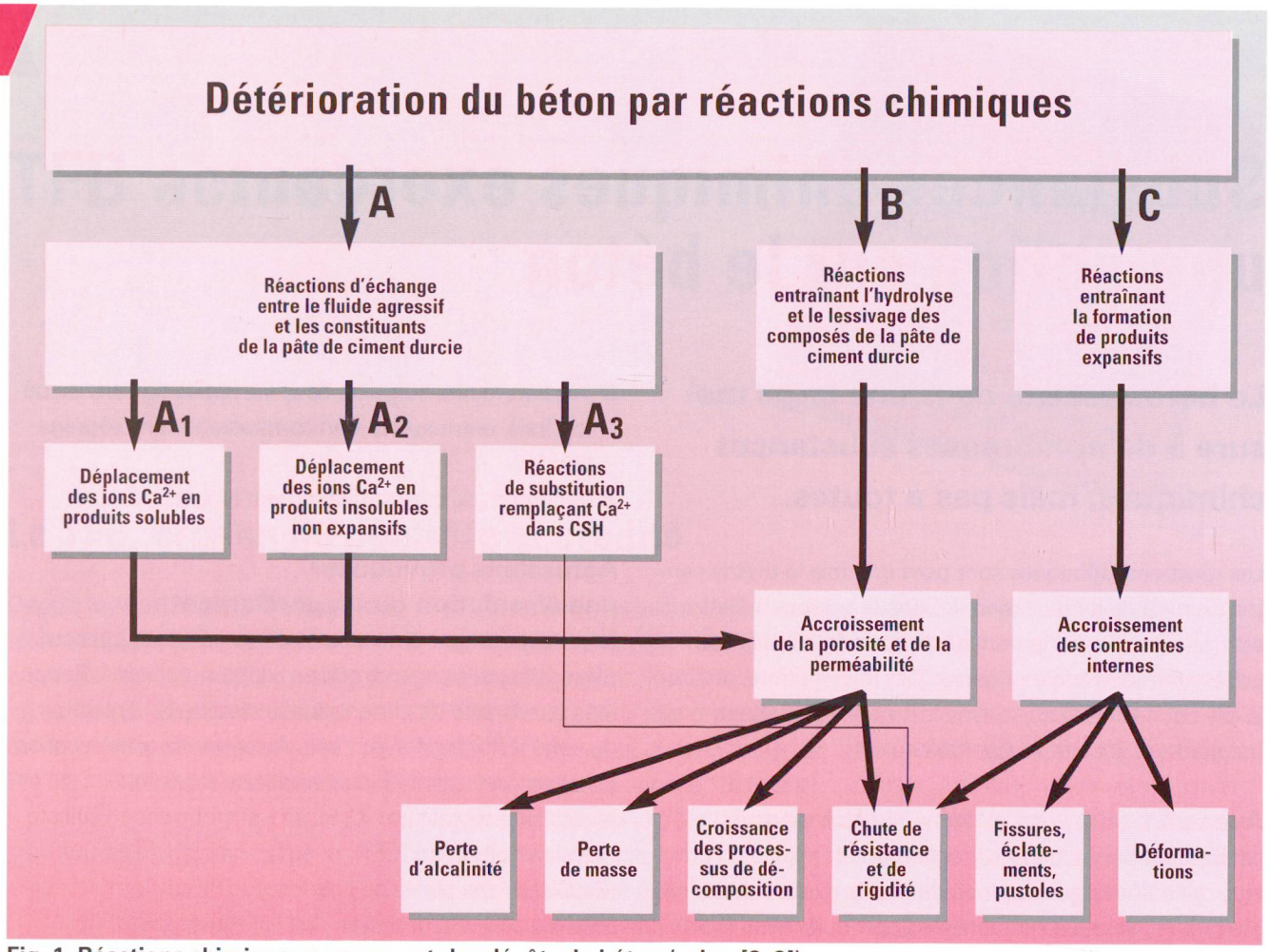


Fig. 1 Réactions chimiques provoquant des dégâts du béton (selon [2, 3]). Graphique: TFB/ZSD

Il nous faut établir ici déjà que l'action exercée sur le béton par une substance chimique dépend beaucoup de la concentration de cette substance, mais également d'autres conditions, telles que la durée de l'action, la température, et la présence d'autres substances. Souvent aussi, on se trouve en présence de mélanges de substances chimiques qui peuvent renforcer ou affaiblir l'action de chacune des substances, ou d'une combinaison qui réagit avec différents composants de la pâte de ciment durcie.

C'est pourquoi les différentes réactions chimiques mentionnées ci-après représentent souvent des simplifications, dont on a retenu la réaction principale.

Agression par l'eau douce

L'eau douce, qui contient moins de 30 mg de CaO par litre, peut lentement éliminer l'hydroxyde de calcium de la pâte de ciment durcie [6]. Dans les eaux stagnantes, ce processus se poursuit jusqu'à ce qu'un état stationnaire, c'est-à-dire l'équilibre, soit atteint. Si l'eau se renouvelle continuellement, comme c'est le cas pour les eaux courantes, l'hydroxyde de calcium est également éliminé continuellement. Un point est finalement atteint, auquel les autres composants de la pâte de ciment durcie deviennent instables, et le béton perd de sa résistance [7].

L'eau douce peut théoriquement causer de très gros dégâts au béton. Heureusement, elle n'attaque pratiquement pas un béton étanche à l'eau avec un rapport e/c < 0,60. Les eaux douces qui contiennent d'autres substances attaquant le béton ou de l'acide carbonique dissolvant le calcaire (voir plus loin) font cependant exception [6].

Agression par des acides provoquant une dissolution

Les acides peuvent être divisés en acides organiques et en acides inorganiques. L'acide chlorhydrique, l'acide nitrique et l'acide sulfurique par exemple sont des acides inorganiques, et l'acide formique, l'acide acétique et l'acide oléique des acides organiques.

Il ressort du tableau publié dans le précédent numéro du «Bulletin du ciment», qu'à quelques exceptions près, les acides inorganiques sont plus nuisibles pour le béton que les acides organiques.

De nombreux acides inorganiques forment avec le $Ca(OH)_2$ (hydroxyde de calcium) contenu dans la pâte de ciment durcie des composés facilement solubles dans l'eau, par exemple:

$$Ca(OH)_2 + 2\,HCl \Rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O$$

hydroxyde de calcium — acide chlorhydrique — chlorure de calcium — eau

$$Ca(OH)_2 + 2\,HNO_3 \Rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,H_2O$$

hydroxyde de calcium — acide nitrique — nitrate de calcium — eau

En simplifiant quelque peu, on peut établir qu'un acide est d'autant plus nuisible que les sels de calcium formés sont plus facilement solubles. Selon les indications données dans le *tableau 1*, l'acide perchlorique, l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique font donc partie des substances très agressives, car les sels correspondants (perchlorate, nitrate et chlorure de calcium) sont très facilement solubles dans l'eau. Les phosphates de calcium, engendrés par l'acide phosphorique, ne le sont en revanche que difficilement. Ils forment à la surface du béton une couche qui empêche de nouvelles agressions par l'acide phosphorique.

Si l'on se fonde sur les considérations qui précèdent, l'acide sulfurique devrait être relativement inoffensif, car selon le *tableau 1*, les sulfates de calcium sont difficilement solubles dans l'eau. Mais les ions de sulfate jouent en l'occurrence un rôle nuisible pour le béton (gonflement dû aux sulfates), dont nous traiterons plus loin.

Les acides inorganiques forts ne réagissent pas uniquement avec l'hydroxyde de calcium. Ils attaquent également les autres composants de la pâte de ciment durcie, en formant des sels calciques, aluminiques ou ferriques, ainsi que des acides siliciques colloïdaux (gels de silice) [7].

L'acide carbonique, H_2CO_3, occupe une place particulière parmi les substances nuisibles au béton. On le trouve dans de nombreuses eaux, car il se forme, entre autres, lorsque du CO_2 (dioxyde de carbone) contenu dans l'air se dissout dans l'eau, ou que des matières animales ou végétales pourrissent. L'acide carbonique peut se trouver dans l'eau sous deux formes, dont une seulement attaque la pâte de ciment durcie. Les spécialistes distinguent entre l'acide carbonique fixé, stabilisant, et l'acide carbonique agressif ou excédentaire. Celui qui est dangereux pour la pâte de ciment durcie, est l'acide carbonique excédentaire, également appelé acide carbonique dissolvant le calcaire, qui, par réaction primaire avec l'hydroxyde de calcium, se transforme en carbonate de calcium [7, 9].

Les acides organiques attaquent également le béton, en transformant le $Ca(OH)_2$ en sels facilement à difficilement solubles. Un exemple:

$$Ca(OH)_2 + HO_2CCH_3 \Rightarrow Ca(O_2CCH_3)_2 + 2\,H_2O$$

hydroxyde de calcium — acide acétique — acétate de calcium — eau

Composé	Solubilité en g/100 ml H_2O à basse température		à haute temp.	
Oxalate de calcium (sel calcique de l'acide oxalique)	0,00067	(13 °C)	0,0014	(95 °C)
Carbonate de calcium (calcite)	0,0014	(25 °C)	0,0018	(75 °C)
Carbonate de calcium (aragonite)	0,00153	(25 °C)	0,0019	(75 °C)
Fluorure de calcium	0,0016	(18 °C)	0,0017	(26 °C)
Sulfite de calcium	0,0043	(18 °C)	0,0011	(100 °C)
Sulfure de calcium	0,021	(15 °C), déc.	0,048	(60 °C), déc.
Tartrate de calcium (sel calcique de l'acide tartrique)	0,0266	(0 °C)	0,0689	(37,5 °C)
Phosphate de calcium	≤ 0,03	(38 °C)	≤ 0,08	(100 °C)
Oléate de calcium (sel calcique de l'acide oléique)	0,04	(25 °C)	0,03	(50 °C)
Hydroxyde de calcium	0,185	(0 °C)	0,077	(100 °C)
Sulfate de calcium hémihydraté (gypse)	0,241		0,22	(100 °C)
Citrate de calcium (sel calcique de l'acide citrique)	0,85	(18 °C)	0,96	(23 °C)
Lactate de calcium (sel calcique de l'acide lactique)	3,1	(0 °C)	7,9	(30 °C)
Formate de calcium (sel calcique de l'acide formique)	16,2	(0 °C)	18,4	(100 °C)
Chromate de calcium	16,3	(20 °C)	18,2	(45 °C)
Acétate de calcium (sel calcique de l'acide acétique)	37,4	(0 °C)	29,7	(100 °C)
Chlorure de calcium dihydrate	74,5	(20 °C)	159	(100 °C)
Thiosulfate de calcium	100	(3 °C)	déc.	
Nitrate de calcium	121,2	(18 °C)	376	(100 °C)
Bromure de calcium	142	(20 °C)	312	(106 °C)
Chlorate de calcium	177,7	(8 °C)	très soluble	
Perchlorate de calcium	188,6	(25 °C)	très soluble	

Tab. 1 Solubilité dans l'eau de sels calciques sélectionnés [8].

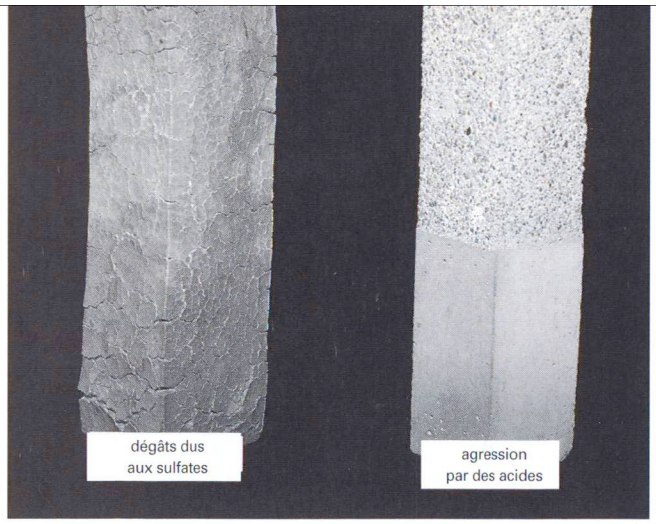
L'acide acétique, ainsi que l'acide formique et l'acide lactique, font partie des acides organiques plus forts, qui forment des sels calciques très facilement solubles dans l'eau, et nuisent donc au béton. L'acide oxalique et l'acide tartrique engendrent en revanche des produits réactionnels difficilement solubles, qui conviennent même comme couches protectrices pour le béton [3].

Agression par des sels provoquant une dissolution

De très nombreux sels attaquent la pâte de ciment durcie en formant des sels solubles dans l'eau, lesquels sont lessivés. Tous les sels de magnésium, à l'exception du sulfate de magnésium très difficilement soluble dans l'eau, sont ainsi à même de remplacer les ions de calcium dans la pâte de ciment durcie. Il se forme à la surface du béton de l'hydroxyde de magnésium et des silicates de magnésium, qui empêchent une autre attaque. L'hydroxyde de magnésium se présente toutefois sous forme de masse molle, gélatineuse, qui est emportée par l'eau coulant rapidement [7]. Les sels d'ammonium dissolvent surtout le $Ca(OH)_2$ de la pâte de ciment durcie, ce qui engendre de l'ammoniac. Pour le chlorure d'ammonium, la réaction est par exemple:

$$Ca(OH)_2 + 2\,(NH_4)Cl \Rightarrow CaCl_2 + 2\,NH_3$$

hydroxyde de calcium — chlorure d'ammonium — chlorure de calcium — ammoniac



Prismes de mortier ayant subi des dégâts dus aux sulfates (à gauche), et après une agression par des acides.
Photo: archives TFB

L'ammoniac libéré, une base, se dissout dans l'eau. Il n'attaque pas le béton. Le carbonate d'ammonium et le fluorure d'ammonium, qui engendreraient du carbonate de calcium et du fluorure de calcium, des composés difficilement solubles, ne sont pas dangereux pour la pâte de ciment durcie [7].
Contrairement à l'armature, la pâte de ciment durcie n'est altérée par les ions de chlorure que s'ils sont fortement concentrés. (Dans l'eau de gâchage, les chlorures accélèrent l'hydratation du clinker Portland encore existant.) Par réaction avec les aluminates hydratés, les ions de chlorure se transforment en chloroaluminates difficilement solubles, par exemple $3\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot H_2O$, partiellement fixés dans le béton. Comme nous le mentionnons plus loin, ils ont dans l'eau de mer un effet positif quant à de possibles dégâts dus aux sulfates [3].

Action des bases

Les bases sont en général peu nuisibles pour le béton. Les bases fortes, telles que l'hydroxyde de sodium ou de potassium, réagissent toutefois avec les composés d'aluminate hydratés, en particulier avec l'aluminium tricalcique hydraté. Le ciment Portland ne contenant que peu d'aluminates, ces réactions sont d'importance secondaire. Avec l'hydroxyde de sodium, on a observé que des solutions à 10 % avaient pour effet d'augmenter la résistance; ce n'est qu'à partir de concentrations à 25 % que les bases entraînent d'importantes pertes de résistance [10].

Gonflement dû aux sulfates

Les dégâts par gonflement dû aux sulfates comptent parmi les dégâts du béton les plus connus. En dépit de longues années de recherche, les causes de ce gonflement ne sont pas encore complètement élucidées. On peut cependant tenir pour certain que la formation d'ettringite est la cause principale des dégâts dus aux sulfates. L'ettringite est engendrée par la transformation des hydrates qui résultent de l'hydratation du C_3A (aluminate tricalcique, $3\,CaO \cdot Al_2O_3$). L'agression par le gypse dissous dans l'eau peut être formulée comme suit [11]:

$$\underset{\text{aluminate tétracalcique hydraté}}{4\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13\,H_2O} + \underset{\text{gypse}}{3\,CaSO_4 \cdot 2\,H_2O} + \underset{\text{eau}}{14\,H_2O}$$

$$\Rightarrow \underset{\text{ettringite}}{3\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3\,CaSO_4 \cdot 32\,H_2O} + \underset{\text{hydroxyde de calcium}}{Ca(OH)_2}$$

La formation d'ettringite est liée à une augmentation de huit fois le volume initial. Dès que les cristaux en aiguilles n'ont plus de place pour croître dans les pores, une pression de cristallisation se produit, qui entraîne l'expansion et, finalement, l'éclatement de la structure du béton [11].
Ce n'est que récemment que la formation de thaumasite (p. ex. dans la partie supérieure du tunnel du Hauenstein) a été reconnue comme un mécanisme entraînant des dégâts. La thaumasite est également un produit expansif, qui est dû à la réaction de la pâte de ciment durcie avec les ions de sulfate. Sa formule

$$CaO \cdot SiO_2 \cdot CaSO_4 \cdot CaCO_3 \cdot 14\,H_2O$$

indique qu'elle n'a pas besoin de C_3A hydraté pour se former. Il en résulte que dans des circonstances défavorables, même des bétons avec des ciments Portland résistant aux sulfates (CEM I 32,5 HS ou CEM I 42,5 HS), qui se caractérisent par une faible teneur en C_3A, peuvent être détruits par des ions de sulfate.
On trouve de plus amples informations sur le gonflement dû aux sulfates et sur le ciment Portland à haute résistance aux sulfates dans la littérature citée sous [11].

L'eau de mer

La teneur en sel de l'eau de la mer du Nord et de l'Atlantique est d'environ 36 g/l. Les composants qui attaquent

Bibliographie

[1] *Hermann, K.*, «Substances exerçant une action chimique sur le béton», Bulletin du ciment **63** [11], 3–11 (1995).
[2] *Lauer, K. R.*, «Classification of concrete damage caused by chemical attack», Materials and Structures **23**, 223–229 (1990).
[3] *Lachaud, R.*, et *Salomon, M.*, «Les altérations du béton», Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publiques» **428**, 21–63 (1984).
[4] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les fumées de silice», Bulletin du ciment **63** [7], 3–7 (1995).
[5] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les cendres volantes», Bulletin du ciment **63** [6], 3–7 (1995).
[6] DIN 4030, 1e partie: «Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Grundlagen und Grenzwerte» (Juni 1991).
[7] *Weigler, H.*, et *Karl, S.*, «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Verlag Ernst & Sohn, Berlin (1989), pages 383–404.
[8] «CRC Handbook of Chemistry and Physics», 63th ed. (1982–1983).
[9] *Kölliker, E.*, «Die Carbonatisierung von Stahlbeton – ein Überblick», Beton- und Stahlbetonbau **85** [6], 148–153 et [7], 186–189 (1990).
[10] *Krenkler, K.*, «Chemie des Bauwesens», tome 1: Anorganische Chemie, Springer-Verlag, Berlin (1980), pages 346–380.
[11] *Hermann, K.*, «Dégâts du béton dus à l'agression des ions de sulfate», Bulletin du ciment **60** [4], 1–8 (1992).
[12] *Schmid, L. R.*, «Tunnelbauten im Angriff aggressiver Bergwässer», Schweizer Ingenieur und Architekt [44], 8–14 (1995).
[13] *Hermann, K.*, «Le béton dans les stations d'épuration des eaux usées», Bulletin du ciment **61** (23), 1–10 (1993).

le béton sont principalement les ions de magnésium, de sulfate et de chlorure. Il est intéressant de constater que même avec un ciment Portland à haute teneur en C_3A, les dégâts dus aux ions de sulfate sont nettement moins importants que prévu. Il s'est bien formé beaucoup d'ettringite, mais celle-ci semble être moins expansive que dans d'autres conditions. Ce phénomène est dû pour beaucoup aux ions de chlorure également présents en forte concentration, car ils forment des chloroaluminates et sont adsorbés par des phases CSH [2, 3].

Les graisses et huiles

Il faut distinguer ici entre les huiles minérales et les huiles et graisses végétales et animales. Les huiles minérales, qui sous forme de distillats du pétrole se composent à peu près exclusivement d'hydrocarbures, sont en elles-mêmes inoffensives, à moins qu'elles ne contiennent des acides. De plus, un béton imbibé d'huile minérale peut voir sa résistance diminuer temporairement ou définitivement, par suite d'une sorte de «lubrification interne» [7]. Les huiles végétales et animales sont des glycérines-esters d'acides gras. Cela signifie que dans des conditions fortement basiques, elles peuvent hydrolyser (saponifier) à la surface du ciment ou dans la pâte de ciment durcie. Les savons ainsi formés amoindrissent la résistance de la pâte de ciment durcie. Les graisses sont moins nuisibles que les huiles, car elles peuvent moins facilement pénétrer dans le béton.

Autres composés organiques

De nombreuses substances purement organiques pénètrent dans le béton, mais n'y provoquent pas de dégâts. Les hydrocarbures purs (p. ex. hexane, benzène), l'essence (mélanges d'hydrocarbures), les alcools (méthanol, éthanol) ou les hydrocarbures chlorés (tétrachloréthylène, tétrachlorure de carbone) en sont des exemples. Les esters, dont les graisses végétales et animales déjà mentionnées font partie, sont saponifiables, ainsi que cela est formulé ici à l'exemple de l'éther acétique (acétate d'éthyle) (d'autres esters réagissent de façon analogue):

$$\underset{\text{hydroxyde de calcium}}{Ca(OH)_2} + 2\,\underset{\text{acétate d'éthyle}}{C_2H_5O_2CCH_3} \Rightarrow \underset{\text{acétate de calcium}}{Ca(O_2CCH_3)_2} + 2\,\underset{\text{éthanol}}{C_2H_5OH}$$

L'acétate de calcium étant relativement facilement soluble dans l'eau, il se peut qu'il dégrade la pâte de ciment durcie.

Sommaire 1995

No 1	*Kurt Hermann*	**Les adjuvants: BE**
No 2	*Rolf Werner / Kurt Hermann*	**Recyclage de matériaux de démolition**
No 3	*Kurt Hermann*	**Compactage au moyen de pervibrateurs**
No 4	*Kurt Hermann*	**Les ajouts**
No 5	*Kurt Hermann*	**Les ajouts: la chaux hydraulique**
No 6	*Kurt Hermann*	**Les ajouts: les cendres volantes**
No 7	*Kurt Hermann*	**Les ajouts: les fumées de silice**
No 8	*Kurt Hermann*	**Les ajouts: les fillers**
No 9	*Kurt Hermann*	**Les ajouts: les pigments**
No 10	*Kurt Hermann*	**Les fissures dans le béton jeune**
No 11	*Kurt Hermann*	**Substances exerçant une action chimique sur le béton**
No 12	*Kurt Hermann*	**Substances chimiques exerçant une action sur le béton**

Gaz agressifs

Le CO_2 (dioxyde de carbone) contenu dans l'air ambiant peut en principe réagir avec tous les composants hydratés de la pâte de ciment durcie, mais surtout avec l'hydroxyde de calcium:

$$\underset{\text{hydroxyde de calcium}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{dioxyde de carbone}}{CO_2} + \underset{\text{eau}}{H_2O} \Rightarrow \underset{\text{carbonate de calcium}}{CaCO_3} + 2\,\underset{\text{eau}}{H_2O}$$

Le carbonate de calcium (calcaire) a un effet positif sur la résistance, la dureté et la stabilité dimensionnelle du béton. D'un autre côté, il abaisse la valeur pH des solutions interstitielles, favorisant ainsi la corrosion de l'armature. Il a été traité de ce phénomène, connu sous le nom de «carbonatation», dans de nombreuses publications. De plus amples informations sur ce sujet figurent par exemple dans la publication citée sous [9]. On compte parmi les composés gazeux nuisant au béton, le dioxyde de sulfure (SO_2) et l'acide sulfhydrique (H_2S), lorsqu'ils sont transformés en acide sulfurique par oxydation. On observe par exemple souvent de la corrosion dite biogène, due à l'acide sulfurique, dans les zones à gaz des stations d'épuration et des conduites d'évacuation des eaux usées. Les responsables en sont les bactéries se trouvant sur les surfaces humides des éléments de construction, lesquelles transforment l'acide sulfhydrique en acide sulfurique agressif lorsqu'il y a manque d'oxygène [13].

Kurt Hermann