

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 58-59 (1990-1991)
Heft: 1

Artikel: Prévention de la dégradation du béton par l'eau de mer
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146230>

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: 14.03.2025

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

BULLETIN DU CIMENT

JANVIER 1990

58e ANNEE

NUMERO 1

Prévention de la dégradation du béton par l'eau de mer

Principaux facteurs d'influence. Mesures préventives pour protéger le béton.

De façon générale, le béton est un matériau qui a fait ses preuves pour les constructions offshore. Il est utilisé pour des ouvrages aussi importants qu'aménagements portuaires, digues, plates-formes de forage, ponts, etc., et sa durabilité fait par conséquent l'objet d'une surveillance intensive. Il en est résulté des règles qui sont présentées ci-après. On ne réalise bien sûr pas d'ouvrages offshore en Suisse, mais il arrive tout de même que des constructions en béton y soient en contact avec une eau qui n'a pas la qualité de l'eau potable. On exige alors du béton une résistance à des agressions chimiques qu'on ne connaît toutefois pas à priori. Pour pouvoir prendre des mesures préventives, il faut d'abord déceler et cerner de plus près les facteurs d'influence possibles. Une des caractéristiques des problèmes de ce genre est que les agressions chimiques dépendent aussi de la qualité du béton, ainsi que le révèle l'action de l'eau de mer.

Sur la base d'études à long terme ayant pour sujet des constructions offshore réalisées ces 70 dernières années, le Comité technique 32-RCA de la Rilem a publié voici quelque temps l'état des connaissances permettant la fabrication d'un béton durable. Il y est tenu compte de l'action de l'eau de mer ainsi que du niveau actuel des connaissances sur la pénétration de chlorure de sodium. D'autres influences spécifiques, telles celles de la graisse de poisson, des huiles, des produits de dégivrage, etc. ne sont pas prises en considération. Rilem signifie Réunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux et les constructions.

2 La dégradation par l'eau de mer

1. Ions corrosifs de l'eau de mer. Normalement, la composition de l'eau de toutes les mers ouvertes ne varie que dans des limites relativement étroites (voir tableau 1). Les valeurs pH se situent aux environs de 8, et c'est sur cette sorte d'eau que sont fondées les expériences faites avec l'eau de mer. Des réactions autres que celles décrites ci-après peuvent toutefois se produire en présence de concentrations de sels beaucoup plus fortes ou plus faibles (par exemple dans la mer Morte ou dans les estuaires).

Les *ions de chlorure* peuvent pénétrer dans le béton et accélérer la corrosion de l'armature. Avec la pâte de ciment durcie, ils ne réagissent généralement que faiblement, même avec une forte teneur en Cl de l'eau de mer, et ne sont pas en l'occurrence une cause primaire de danger.

Les *ions de sulfate* sont connus pour attaquer la pâte de ciment durcie. Mais en dépit de la forte concentration de SO_4^{--} , leur action n'est que faible ou modérée, en raison de la très forte concentration de Cl^- dans l'eau de mer.

Les *ions de magnésium* affaiblissent la pâte de ciment durcie, par l'échange d'ions $\text{Ca}^{++} \rightleftharpoons \text{Mg}^{++}$.

Les *ions de sodium et de potassium* peuvent réagir avec les granulats (réaction alcalis-granulats), si l'on n'utilise pas des granulats inertes.

2. Température de l'eau de mer. A de basses températures, l'attaque des sulfates s'intensifie. Elle faiblit à des températures plus élevées, mais celle de tous les autres agents augmente alors d'intensité. Dans l'ensemble, la dégradation du béton armé par l'eau de mer est beaucoup plus forte dans les zones climatiques chaudes.

3. Éléments de construction soumis à des efforts. L'eau de mer n'exerce qu'une faible action sur le béton ou les éléments en béton totalement immergés. Le béton qui n'est pas en contact direct avec l'eau de mer, mais qui est exposé par intermittence au brouillard qui s'en dégage, peut aussi subir une légère dégradation. Le béton et l'armature des éléments de construction soumis aux efforts alternés provoqués par les marées ou à l'action de l'eau projetée sont en revanche très fortement attaqués.

4. Conditions climatiques pendant la construction. Mis à part la qualité et la composition du béton frais, les conditions climatiques régnant pendant sa construction exercent également une grande influence sur le comportement à long terme d'un ouvrage. Il faut

3 Tableau 1 Eau de mer: teneur en ions corrosifs, en g/l

	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
Atlantique Nord	17,8	2,5	0,4	1,5	11,0	0,3
Atlantique Sud	20,5	2,9	0,4	1,3	11,4	0,5
Océans (moyenne)	19,8	2,7	0,4	1,3	10,9	0,4

prendre en considération toute la période allant du bétonnage à la première immersion des éléments de construction. Les principaux facteurs d'influence sont la température et l'humidité de l'air relative pendant la mise en place, le serrage et la cure du béton.

Par temps chaud, le principal danger est que le béton perde très vite énormément d'eau. A des températures plus basses (jusque vers 5 °C), ce processus n'est pas aussi rapide, mais l'eau a plus de temps pour s'évaporer, car l'hydratation du ciment ne se fait alors que lentement. C'est pourquoi dans les deux cas un traitement de cure insuffisant a des répercussions absolument néfastes sur la perméabilité, la résistance et la durabilité du béton, et cela pendant toute sa durée de vie.

5. Autres facteurs d'influence extérieurs. La dégradation peut aussi être provoquée par le gel dans les zones froides, par l'action mécanique des vagues (érosion par cavitation ou par frottement) ou par des organismes. Les agressions de ce genre altèrent généralement le béton à partir de la surface.

6. Projet et exécution. La durabilité de tout ouvrage en béton situé en milieu marin dépend des performances requises du béton et de l'exécution de la construction. Qualité élevée signifie faible porosité et faible conductivité hydraulique. Un travail dans les règles de l'art suppose une armature intégralement enrobée et suffisamment recouverte. La durabilité est déterminée non seulement par les exigences quant à la composition, la mise en œuvre et la cure du béton, mais également par la façon dont il est tenu compte de ces exigences sur le chantier avant que le béton soit exposé à l'action de l'eau de mer.

7. Composition du béton. Chacun des constituants du béton armé peut se dégrader si certaines règles ne sont pas observées pour les constructions offshore.

La *pâte de ciment durcie* peut être altérée par réaction chimique avec les sels dissous dans l'eau de mer, si son rapport CaO/SiO₂ et sa teneur en C₃A sont trop élevés. *L'armature* peut se corroder dans

4 la pâte de ciment même avec un pH supérieur à 12, si son recouvrement ne lui offre pas une protection suffisante contre la pénétration de chlorures et d'oxygène. Une teneur suffisante en C_3A ou autres aluminates et des composés siliceux actifs dans la pâte de ciment favorisent cette protection.

Si la pâte de ciment durcie n'offre pas une protection suffisante contre la pénétration de NaCl et contre l'alcali-réaction, la diffusion de ions Na^+ peut entraîner l'expansion de *certaines minéraux des granulats* et provoquer ainsi des dégâts, particulièrement où le béton passe alternativement de l'état sec à l'état mouillé. Des composés siliceux réactifs appropriés dans la pâte de ciment durcie peuvent empêcher ce type de dégradation.

La résistance à toutes ces formes de destruction possibles peut être nettement améliorée par la réduction du rapport eau/ciment et par un travail avec un dosage en ciment suffisamment élevé.

Mesures préventives

1. Règles générales. Les éléments en béton situés dans des zones de marées ou d'eau projetée sont particulièrement menacés. Pour de telles zones, la qualité du béton doit être telle qu'elle assure au béton et à son armature une protection suffisante contre la corrosion. Un béton de cette qualité n'est normalement pas menacé au-dessous du niveau des basses eaux.

Les angles aigus constituent des points faibles et doivent donc être évités lors de la construction de l'ouvrage. Il faut absolument veiller à ce que la qualité du béton exigée soit obtenue avant que le béton soit exposé à l'action de l'eau de mer. Si l'on utilise du ciment Portland (CP), il faut – après un traitement de cure approprié – attendre aussi longtemps que possible avant l'immersion. Un béton pour lequel on utilise du ciment pouzzolanique ou du ciment de haut fourneau contenant plus de 65% de laitier doit en revanche être exposé aussi rapidement que possible à l'action de l'eau de mer. Les fissures se formant pendant le traitement de cure doivent toutes être colmatées avant l'immersion.

Dans les zones climatiques froides, le béton doit également résister au gel. Dans les zones climatiques chaudes, où la diffusion de chlorures est plus élevée, le béton doit témoigner d'une protection supérieure contre l'agression rapide de chlorures et contre la corrosion de l'armature.

5 2. Données concernant le mélange du béton. Le dosage en ciment dépend de la composition granulométrique, mais doit être de 350 kg/m^3 au moins. Le rapport eau/ciment doit si possible être inférieur à 0,50 et, mieux encore, inférieur à 0,45. La teneur en fines (ciment et sable $< 0,125 \text{ mm}$) ne doit pas dépasser 450 kg/m^3 .

3. Granulats. Les granulats doivent témoigner d'une bonne courbe granulométrique (voir normes nationales). Ils doivent résister à des solutions fortes de chlorures et à la réaction alcalis-granulats. Dans les zones froides, ils doivent eux aussi résister au gel. Si l'utilisation de granulats sensibles aux alcalis ne peut pas être évitée, des mesures spéciales doivent être prises.¹

4. Recouvrement en béton de l'armature. Dans les zones climatiques normales, le recouvrement en béton ne doit en aucun point de l'armature être inférieur à 40 mm. En raison des inévitables irrégularités à la pose, cela signifie qu'il doit être de $45 \pm 5 \text{ mm}$ au moins. Dans les zones climatiques chaudes, l'épaisseur des recouvrements en béton doit parfois même être supérieure. Si un béton de haute qualité témoigne d'une résistance vraiment élevée à la diffusion de chlorures, on peut alors au besoin réduire l'épaisseur du recouvrement.

5. Ciments. Si l'on observe les points 1 à 4, tous les ciments conviennent en principe pour les constructions offshore, pour autant que leur résistance à la compression à 28 jours soit de $> 35 \text{ N/mm}^2$ (mesure selon ISO).² Il s'est toutefois révélé que certains ciments conviennent mieux que d'autres.³

Les ciments dont la résistance initiale est faible⁴ doivent être protégés plus longtemps contre le dessèchement pendant leur durcissement que ceux témoignant d'une résistance initiale élevée.

Remarques: du TFB

¹ Par exemple limitation de la teneur totale en alcalis dans le béton. Il faut alors procéder à des essais préliminaires et également tenir compte des expériences à long terme faites dans ce domaine.

² Selon les prénormes européennes pour le ciment (ENV 197) actuellement en préparation, des classes de résistance de 32,5 et 42,5 N/mm^2 sont prévues, les deux convenant pour les constructions offshore.

³ Certains pays ont édicté des prescriptions concernant le ciment utilisé pour les constructions offshore. Il n'est pas nécessaire d'utiliser un ciment à haute résistance aux sulfates CPHS.

⁴ Par exemple ciments de haut fourneau C.H.F. ou ciments pouzzolaniques.

⁵ En raison de la teneur en chlorures de l'eau de mer. Attention: l'eau de gâchage comprend l'eau ajoutée ainsi que l'humidité propre des granulats. L'humidité propre des granulats, telle celle résultant de leur lavage par exemple, doit donc également être exempte de chlorure. De plus, même sec, un granulat peut encore être chloruré, s'il n'a pas été lavé préalablement avec de l'eau propre.

6. Eau de gâchage. En raison de sa teneur en chlorures, l'eau de mer ne doit pas être utilisée comme eau de gâchage pour les constructions en béton armé. Il faut en outre observer les normes nationales, qui généralement prescrivent une limite à la teneur en chlorures et en sulfates.⁵

7. Ajouts. L'adjonction de matières latentes hydrauliques telles que pouzzolane, laitier, kieselguhr, silica-fume, cendres volantes, etc. permet d'augmenter l'étanchéité et de réduire le taux de chaux libérée. Il en résulte une augmentation des composants siliceux. Souvent aussi, ces ajouts diminuent le risque d'alcali-réaction et de diffusion de chlorures. Un surdosage pouvant toutefois modifier fortement les propriétés du béton et avoir ainsi des conséquences néfastes, il est indispensable de procéder à des essais préliminaires.

8. Adjuvants. On peut utiliser les adjuvants usuels du béton, si l'on se conforme aux normes nationales. Selon ces normes ou recommandations, les effets et la convenance des adjuvants doivent être contrôlés au moyen d'essais préliminaires.

9. Précautions particulières. S'il n'est pas possible d'exclure l'utilisation de granulats réactifs, il faut se conformer aux recommandations nationales pour la prévention de l'alcali-réaction. Il faut en outre prendre des mesures de protection contre la diffusion de chlorures. En cas de fort risque de gel, il faut non seulement limiter le rapport e/c, mais également utiliser si possible du béton aéré.

10. Protection contre la diffusion de chlorures. Si la résistance à la diffusion de chlorures et à la corrosion de l'armature doit être vraiment élevée, il est indiqué d'augmenter l'étanchéité du béton par des ajouts (voir 7), ou d'utiliser un ciment composé (par exemple ciment de haut fourneau avec > 60% de laitier ou ciment pouzzolanique), qui contribuera à une formation suffisante de composés siliceux. En choisissant avec soin les adjuvants et ajouts, en réduisant le rapport e/c et en veillant à une mise en œuvre parfaite, on peut fabriquer des bétons pratiquement imperméables aux chlorures et aux alcalis de l'eau de mer.

Source: Traduction du rapport «Seawater Attack on Concrete and Precautionary Measures» publié dans la revue «Matériaux et Constructions». Vol. 18 (1985), No 105, p. 223–226 (avec 35 notices bibliographiques).

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Téléphone 064 53 17 71
Téléfax 064 53 16 27