

Gâchage du béton à l'eau de mer

Autor(en): **Dauvergne, P. / Seguin, M. / Poitevin, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42723>

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.

Gâchage du béton à l'eau de mer

Meerwasser für die Betonherstellung

Sea Water for the Production of Concrete



P. DAUVERGNE
CEBTP
Paris, France



M. SEGUIN
CEBTP
Paris, France



P. POITEVIN
Spie Batignolles
Paris, France

RÉSUMÉ

L'eau de mer est encore quelquefois utilisée au voisinage du littoral français pour gâcher mortiers et bétons, mais outre-mer dans les régions côtières ou dans les îles, l'approvisionnement d'un chantier en eau douce est bien souvent fort coûteux et l'on peut se demander si l'interdiction d'utiliser l'eau de mer formulée par beaucoup de cahiers des charges est justifiée.

ZUSAMMENFASSUNG

Entlang der französischen Küsten wird manchmal noch Meerwasser für die Fertigung von Mörtel oder Beton verwendet. In Uebersee, wo das Süßwasser in Küstengebieten und auf den Inseln oft sehr kostspielig ist, scheint es fraglich, ob das Verbot, Meerwasser zu verwenden, gerechtfertigt ist.

SUMMARY

Sea water is still used, but not often, along the French coasts for mortar and concrete ; however, overseas near the coast or on the islands the supply of fresh water is often very costly and it is natural to question the prohibition of the use of sea water which many specifications impose.



1. INTRODUCTION

Depuis que l'on a confectionné du béton dans des chantiers ouverts en bordure du rivage, on a souvent gâché à l'eau de mer, au Laboratoire maritime de La Rochelle jusque tout récemment n'a-t-on pas gâché ainsi les éprouvettes destinées à éprouver les ciments dits "prise-mer" ?

La légitimité de cette pratique a été discutée et contestée dès qu'il s'est agi de réaliser des ouvrages armés et non plus des blocs ou des murs. Mais c'est surtout l'adjonction de chlorure de calcium en période hivernale ou en préfabrication qui a donné lieu à de nombreuses polémiques pas toujours étayées sur une expérimentation rigoureuse. De fait cet accélérateur efficace et économique a été progressivement abandonné, banni de la pratique par une succession de barrières réglementaires en France comme dans certains pays étrangers, bien que l'utilisation correcte de cet adjuvant n'ait donné lieu qu'à très peu de mécomptes.

A.W. Hill, directeur de la recherche à la CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION déclarait en 1963 au IV^{ème} Congrès du béton manufacturé qu'avec une composition bien étudiée et une pièce bien exécutée (enrobage suffisant des armatures) le risque de corrosion provoqué par l'introduction de 2 % en poids du ciment de chlorure de calcium en paillettes (soit environ 1 % d'ions chlorures) n'était pas significatif.

En se basant également sur l'expérience et sur les expérimentations effectuées par les industriels concernés, le DTU 21-4 d'octobre 1977 admettait à la suite de longues discussions, comme adjuvant du béton, l'utilisation d'adjuvants chlorés dans la mesure où la teneur globale du béton en poids du ciment ne dépasserait pas 1 % d'ions chlorures pour le béton non armé et 0,65 % pour le béton armé. Ce document réglementaire, toujours en vigueur, prescrivait un ensemble de précautions dans la mise en œuvre de cet adjuvant afin d'éviter son manque d'homogénéisation dans le béton, cause principale des sinistres qui avaient discrédité ce produit.

Comme nous allons le voir, si le gâchage à l'eau de mer introduit dans le mélange en fonction du rapport E/C des teneurs en ions chlorures pouvant varier de 0,7 à 1 % du poids du ciment, le risque de répartition inégal est nul et le malaxage peut être effectué sans précautions ou surveillance particulière.

2. ÉTUDE D'OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ A L'EAU DE MER (OCÉAN PACIFIQUE)

La collaboration entre la DIRCEN (Direction d'Expérimentations Nucléaires) et l'ARBEM (Association pour la Recherche du Béton en Mer) a permis la réalisation de cette étude par l'examen d'ouvrages réalisés depuis une vingtaine d'années. Ces constructions ont généralement nécessité l'emploi de granulats coralliens, de ciment "prise de mer" gâchés avec l'eau de l'Océan Pacifique ou des lagons.

2.1 Sélections des ouvrages

Une première reconnaissance a été réalisée par le responsable du Laboratoire des Travaux Publics de Polynésie, sis à Papeete, de manière à déterminer la faisabilité d'une telle étude sur les sites proposés.

Une sélection des ouvrages les plus représentatifs, eu égard à leur accessibilité et aux possibilités d'investigations, liées à des contraintes particulières dépendantes des activités sur les sites, a permis d'en retenir définitivement six sur l'Atoll A, datant de 1965 à 1970 et dix sur l'Atoll B, généralement plus récents, les dernières réalisations datant de 1983.

Ces ouvrages comprennent différents types de construction et sont constitués de murs, d'éléments de quai, de bollards, de digues, de massifs et de blockhaus.

Leur aspect et leurs taux apparents de dégradation sont très variables, allant pratiquement de la ruine à un comportement satisfaisant.

2.2 Investigations in situ

Les investigations réalisées sur le site ont été soit destructives, soit semi-destructives, la plupart des ouvrages étant encore en service. Elles se répartissent de la manière suivante :

2.2.1 Examens et essais non destructifs

- Aspect d'ensemble de l'ouvrage (dans la mesure du possible, photographie)
- Auscultation dynamique (en fonction de l'accessibilité)
- Mesure du potentiel électrochimique des armatures
- Mesure de l'épaisseur de recouvrement des aciers.

2.2.2 Essais semi-destructifs

- Prélèvement de poudre de béton en fonction de la profondeur
- Prélèvement de carottes de béton au droit des zones inspectées
- Prélèvement des matériaux de base (granulats, ciment, eau de gâchage)

2.3 Essais de laboratoire

Les prélèvements effectués sur chaque ouvrage sont destinés à déterminer en laboratoire, les caractéristiques des bétons et plus particulièrement, les suivantes :

- Sur poudre (prélevée à la perceuse à diverses profondeurs) :
Teneur en ciment, en chlorures et en sulfates.
- Sur carottes :
Résistance mécanique, chlorures en fonction de la profondeur, analyse chimique pour reconstitution du dosage, densité, compacité, porosité.

2.4 Conclusions provisoires

La synthèse de l'ensemble des résultats obtenus est actuellement en cours. Toutefois, il est déjà possible d'en tirer quelques renseignements qui seront très certainement confirmés lors de conclusions générales :

Le comportement des ouvrages est très variable, mais ne semble pas lié directement au fait que le béton ait été gâché à l'eau de mer. La composition du béton et, d'une manière plus générale, le recouvrement des aciers sont les critères prépondérants.

La comparaison de la tenue de constructions réalisées depuis 5 ans, l'une à l'eau de mer, l'autre à l'eau douce, et exposées dans les mêmes conditions, est à cet effet significative. Des désordres locaux se sont manifestés sur chacun de ces ouvrages et se matérialisent par des coulures de rouille et des fissurations, uniquement lorsque la couverture de béton est faible et inférieure à 2 cm.



Les teneurs en chlorures sont très élevées et comprises entre 2 % et 10 % par rapport au ciment et, conséquemment, ne résultent pas uniquement de l'eau de gâchage, mais également d'une pénétration consécutive au milieu ambiant.

Par contre, il est bien certain que lorsque l'examen des caractéristiques du béton met en évidence une qualité médiocre, parfois inadaptée au type d'ouvrage, la présence de chlorures est particulièrement défavorable et entraîne une accélération des désordres.

Les ouvrages les plus exposés au contact direct avec l'eau de mer et soumis aux embruns ont un comportement satisfaisant malgré des teneurs en chlorure très élevées même au niveau du 1er lit d'armatures.

Deux réalisations, l'une ayant plus de 20 ans (Bollard), l'autre ayant 10 ans (mur Océan) et dont les armatures ont un recouvrement supérieur à 4 cm ne présentent aucun désordre.

Dans tous les cas de dégradation consécutive à la corrosion des armatures, la carbonatation du béton atteint ces dernières quelle que soit leur profondeur.

Cette carbonatation n'est pas fonction du temps de vieillissement, mais plus spécifiquement de la qualité du béton. Des bétons de plus de 20 ans ont une profondeur de carbonatation inférieure à 5 mm, d'autres du même âge ou beaucoup plus récents (moins de 5 ans), sont carbonatés sur 1 cm.

En règle générale, il semble ressortir de cette étude que le gâchage du béton à l'eau de mer dans cette région et avec les matériaux locaux, sable et granulats coralliens et ciment "prise mer", n'est pas préjudiciable à sa durabilité. Les paramètres les plus importants à prendre en compte sont, à notre avis, la qualité du béton et le recouvrement des aciers.

3. LE CAS DU PONT D'IDDO A LAGOS : BÉTON PRÉCONTRAIT

En 1957 a été construit, à LAGOS, un pont routier biais à 3 travées à poutres préfabriquées pour franchir un réseau de voies ferrées. Ces poutres précontraintes, par câbles, ont été coulées avec un béton dosé à 450 Kg/m³ de ciment Portland ordinaire adjuvanté avec 2 % en poids de ciment de chlorure de calcium en paillettes, soit environ $0,5 \times 0,02 \times 450 = 4,5$ Kg d'ions chlorures par m³ de béton.

Dans un article publié dans les Proceedings of the Institution of Civil Engineers (may 1959), Tom RIDLEY, résident engineer d'OVE ARUP & Partners, expose les raisons de cette utilisation ainsi que les résultats des essais qui montrent que le gain de résistance à 28 jours a été de 25 % (36,5 MPa sur cubes avec E/C = 0,40 température moyenne 27° C à l'ombre). Ce tablier visité en 1977, soit vingt ans après sa mise en service, à l'occasion de la démolition des travées en béton armé, afin d'élargir les routes bordant la voie ferrée, ne présentait pas de désordres.

4. GACHAGE A L'EAU DE MER ET RÉGLEMENTATION

Un état de la question a été préparé pour le projet ARBEM par C. Rousseau (C.E.B.T.P.) en 1984. Cette étude comporte une bibliographie exhaustive et la description de plusieurs cas concrets ; bornons-nous à examiner quelques applications caractéristiques de bétons comportant un dosage important de chlorures à la fabrication.



4.1 Bétons pour blocs de défense côtière (tétrapodes, accropodes)

La spécification de SOGREAH reste : dosage en ciment "prise-mer" 300 Kg/m^3 , rapport eau/ciment de 0,50. On voit qu'en utilisant des granulats marins non lavés apportant environ 50 l d'eau de mer par m^3 la totalité de l'eau d'apport peut être de l'eau de mer, soit 100 l/m^3 en négligeant les chlorures que pourrait apporter le ciment et en utilisant de l'eau de l'Atlantique à 20 g/l d'ions chlorures, on arrive à $(50 + 100) \times 20 = 3\,000 \text{ g/m}^3$ soit 1 % du poids du ciment.

4.2 Béton armé

Pour un ouvrage construit au voisinage de la mer mais non exposé directement à la mer : le dosage en ciment (environnement marin) sera, d'après une circulaire du Service des ports maritimes, de 700/D 1/5 soit de 385 Kg/m^3 pour $D = 20 \text{ mm}$, la teneur en ions chlorures du béton ne devrait pas dépasser $0,65 \times 385/100 = 2,275 \text{ Kg}$. Avec un rapport eau libre/ciment de 0,50 et une teneur des granulats en eau libre de 50 l/m^3 dans le cas le plus fréquent de granulats terrestres (concassés d'une carrière ouverte pour les besoins du chantier, par exemple) donc exempts de chlorures, on devrait apporter $385 \times 0,50 - 50 = 142,5 \text{ l}$ d'eau, donc ici $142,5 \times 20 = 2\,850 \text{ g}$ d'ions Cl, soit 0,74 % d'ions Cl, ce qui est supérieur à la limite du DTU 21.4, mais ne nécessite pas les précautions particulières imposées par ce règlement. Les résultats de l'enquête effectuée sur les atolls montrent que si l'on respecte par ailleurs les règles de l'art, on ne court pas grand risque...

4.3 Béton armé exposé directement à la mer (immersion partielle permanente)

Il n'en serait pas de même pour un tel béton, puisque surtout dans la zone de marnage, l'enrobage des armatures (40 mm pour des granulats de 20 mm) serait rapidement saturé de chlorures, et en outre exposé à des alternances d'humidification/dessiccation désastreuses.

4.4 Utilisation de granulats marins non lavés

Leur teneur en chlorures est proportionnelle à leur teneur en eau libre c'est-à-dire en eau de mer. Pour un béton dosé à 350 Kg de ciment par m^3 et comportant 180 l d'eau libre et gâché à l'eau douce, pour 80 l d'eau de mer que peuvent apporter les granulats, on introduit 1 600 g d'ions chlorures, soit $1,6/350$ donc 0,46 % du poids du ciment, ce qui reste admissible dans la mesure où l'ouvrage en question n'est pas directement exposé à la mer.

5. CONCLUSION

En dehors d'une certaine réduction du temps de prise, l'utilisation d'eau de mer pour le gâchage des bétons ne présente d'inconvénients que pour les bétons armés et du seul point de vue – à vrai dire très important – de leur durabilité. Il est donc déconseillé d'utiliser l'eau de mer pour le gâchage sans une étude sérieuse de la composition (dosage, nature du ciment, E/C) et de l'environnement de l'ouvrage. Dans bien des cas, l'utilisation d'un ciment adapté (teneur en aluminat tricalcique comprise entre 7 et 10 %), d'un adjuvant réducteur d'eau, permettront de gâcher en totalité ou en partie (dilution) à l'eau saumâtre des lagunes côtières ou même à l'eau de mer.

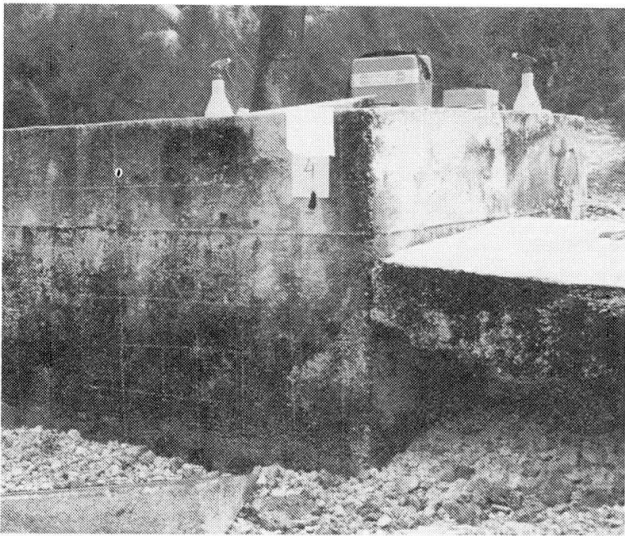


Fig. 1 Vue d'ensemble d'un bollard
Bordure Lagon (réalisation 1966)

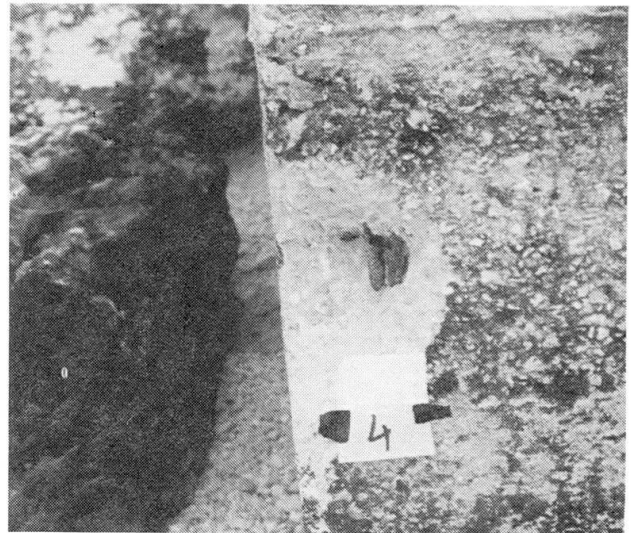


Fig. 2 Détail d'une armature
Recouvrement 4 cm – acier sain

Les auteurs remercient le directeur de la DIRCEN et P. Ozanne, chef du projet ARBEM, de les avoir autorisés à faire état de l'étude entreprise sur les ouvrages du Pacifique.