Prévention contre les phénomènes d'alcali-réaction

Avril 2018

Le phénomène d'alcali-réaction résulte de l'action des alcalins solubles (oxyde de sodium Na2O et oxyde de potassium K2O) du béton sur une certaine forme de silice réactive, en présence d'eau

Il correspond à un ensemble de réactions chimiques complexes qui peuvent se déclencher entre certaines phases minérales contenues dans les granulats et la solution interstitielle fortement basique du béton, lorsque plusieurs conditions sont réunies simultanément : présence d'une forme de silice des granulats dite « potentiellement réactive », des alcalins du béton et de l'eau en quantité suffisante.

Il s'agit de réactions internes au béton mettant en jeu essentiellement les éléments présents à l'origine dans le béton et un apport d'eau externe. En l'absence de précaution, cette pathologie peut apparaître dans les parties d'ouvrages les plus sévèrement exposées à l'humidité, en général au bout de quelques années (voire plusieurs dizaines d'années). On observe la formation d'un gel gonflant qui peut provoquer, en particulier, au cœur du béton, des déformations et une microfissuration du matériau. Les contraintes expansives génèrent, si elles dépassent la résistance en traction du béton, un décollement à l'interface pâte-granulats et la formation de microfissures à l'interface béton/armatures qui se matérialisent en surface par une fissuration orientée selon la direction des aciers.

Trois conditions simultanées sont nécessaires pour amorcer et entretenir les réactions de ce phénomène exceptionnel :

- Un environnement fortement humide,
- une teneur en alcalins solubles dans la solution interstitielle élevée et dépassant un seuil critique,
- la présence dans le béton de silice réactive en quantité suffisante (apportée par des granulats potentiellement réactifs).

Le rôle fondamental de l'humidité (80 à 85 % d'humidité relative moyenne) a été mis en évidence par de nombreux essais en laboratoire et par des constatations sur des ouvrages.

Des travaux de recherche importants ont été engagés en France dès le début des années 70 associant les experts du réseau du ministère de l'Équipement et de l'Industrie Cimentière afin de trouver une explication à cette réaction et de mettre au point des essais d'analyse. Ces travaux ont abouti à l'établissement de recommandations de préventions, provisoires en 1991 puis définitives en 1994.

Quelques ouvrages conçus en France dans les années 1970 à 1980 ont présenté des pathologies générées par l'alcali-réaction, sans mettre en cause leur capacité structurelle et sans affecter les propriétés mécaniques du béton. Les recherches menées entre les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, suite aux analyses des données d'observation sur des ouvrages, et des expériences en laboratoires ont permis de mettre en œuvre des mesures préventives qui se sont avérées efficaces. La mise en place d'un ensemble cohérent de recommandations de prévention a enrayé depuis plus de dix ans toute manifestation du phénomène. Le phénomène d'alcali-réaction est depuis plusieurs années parfaitement maîtrisé, il est maintenant possible de prévenir tout risque d'alcaliréaction dans les bétons et éviter tout désordre.

Recommandations pour la prévention contre les phénomènes d'alcali-réaction

Les recommandations relatives à la prévention contre les phénomènes d'alcali-réaction font l'objet d'un fascicule édité par le LCPC en juin 1994 intitulé : "Recommandations pour les préventions des désordres dus à l'alcali-réaction".

Elles seront prochainement remplacées par le Fascicule de Documentation FD P 18-464 (le texte ci-dessous intègre les évolutions de ce nouveau Fascicule de Documentation).

Le principe de la démarche préventive consiste à ne pas se retrouver dans une situation dans laquelle sont présentes simultanément les trois conditions nécessaires à l'amorçage de la réaction.

Il convient donc d'éviter la conjonction des trois facteurs : eau (condition d'humidité relative supérieure à 80-85 %) / quantité d'alcalins dans le béton importante (concentration en alcalis solubles élevée dans la solution interstitielle) / silice réactive (présence de granulats réactifs).

La méthode de prévention se décline en deux étapes :

Elle consiste en fonction de l'environnement (classe d'exposition spécifiques à la l'alcali-réaction XAR1 à XAR3 - tableau 1) et de la catégorie d'ouvrage (catégorie I à III - tableau 2) à déterminer le niveau de prévention à atteindre (niveau A, B ou C- tableau 3), puis vérifier que la formulation prévue pour le béton est satisfaisante.

Elle permet donc de mettre en œuvre des recommandations de prévention adaptées à l'importance de l'ouvrage et à son environnement.

Nota :La norme NF EN 206/CN donne des recommandations relatives à la réaction alcali-silice (article NA 5.2.3.4) en précisant que le niveau de prévention à mettre en œuvre doit être adapté à l'importance stratégique de l'ouvrage, aux risques de désordres et à leurs conséquences, en fonction en particulier du type d'ouvrage, du niveau d'entretien (et des conditions d'accessibilité et d'intervention sur l'ouvrage) et de la durée d'utilisation de projet souhaitée.

Tableau 1 : Environnement

Classe d'exposition	Environnement
XAR1	Sec ou peu humide (hygrométrie inférieure à 80 %)
XAR2	Hygrométrie supérieure à 80 % ou en contact avec l'eau
XAR3	Hygrométrie supérieure à 80 % et avec gel et fondants Marin

Nota : les classes d'exposition relatives à la prévention contre les phénomènes d'alcali-réaction sont définies dans le fascicule de Documentation FD P 18-464.

Tableau 2 : Catégories d'ouvrages

Tableau 3 : Niveau de prévention

Types d'ouvrages	Classe d'exposition			
	XAR1	XAR2	XAR3	
I	A	A	A	
II	A	B	B	
III	C	C	C	

Le choix du niveau de prévention à appliquer est de la responsabilité du maitre d'ouvrage. Le niveau de prévention doit être spécifié dans le CCTP.

Recommandations à appliquer

Les recommandations à appliquer sont fonction du niveau de prévention :

Niveau A : pas de spécifications particulières

Niveau B : quatre possibilités d'acceptation de la formule béton

Niveau C : précautions exceptionnelles

Niveau B : La formule de béton doit satisfaire UNE des conditions suivantes:

1. Tous les Granulats NR
2. Bilan des alcalins actifs du béton < 3,5 kg/m^3
3. Essai de performance sur béton (NF P 18-454)
4. Granulats PRP avec conditions spécifiques

Nota : les 2 spécifications suivantes ont disparues par rapport aux recommandations de 1994.

- Références d'emploi
- Additions minérales inhibitrices en proportions suffisantes

Niveau C : précautions exceptionnelles

1. Granulats NR ou PRP avec conditions particulières satisfaisantes
2. Granulats PR avec détermination du seuil en alcalins déclenchant la RAG (NF P 18-454 et ciment à basse teneur en alcalins) et application d'une marge de sécurité (1 à 2 kg/m3 de moins en fonction du caractère critique de la structure et de la variabilité des constituants).

Qualification des granulats

On distingue 3 types de granulats (selon FD P 18-542 et XP P 18-594 (fév. 2004)

- **Granulats Non réactifs (NR)**

  Granulats pour bétons hydrauliques qui ne conduiront jamais à des désordres par alcali-réaction.

- **Granulats Potentiellement Réactifs (PR)**Granulats susceptibles, dans certaines conditions, de conduire à des désordres par alcali-réaction.

- **Granulats Potentiellement Réactifs à effet de Pessimum (PRP)**

  Granulats qui, bien que riches en silice réactive, peuvent être mis en oeuvre sans risque de désordres en respectant certaines conditions d'utilisation.

La mise en place d'un ensemble cohérent de recommandations de prévention a enrayé depuis plus de 20 ans toute manifestation du phénomène. Le phénomène d'alcali réaction est désormais parfaitement maitrisé. Il est donc maintenant possible de prévenir tout risque d'alcali-réaction dans les bétons et éviter ainsi tout désordre dans les structures.

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet

Article imprimé le 26/11/2026 © infociments.fr