

1. INTRODUCTION

L'écaillage est un phénomène de désagrégation des surfaces de béton provoqué par leur exposition au gel-dégel en présence d'humidité ou de sels déglacants. Généralement, son apparition commence par de petites zones localisées, qui par la suite peuvent se rejoindre, s'étendre et affecter de grandes surfaces. Lors d'un écaillage léger, les gros granulats demeurent enrobés dans la pâte. Pour l'écaillage modéré, la perte d'épaisseur du mortier de surface peut aller de 10 à 15 mm et engendrer la dénudation des granulats. Dans le cas d'un écaillage important, la surface est détruite sur une grande épaisseur et elle est caractérisée par une dénudation et occasionnellement par un arrachement des granulats.

2. CAUSES

2.1 SÉLECTION INAPPROPRIÉE DE LA CLASSE D'EXPOSITION DU BÉTON

La sélection d'une classe du béton inappropriée aux conditions d'exposition de l'ouvrage peut provoquer de l'écaillage. Un rapport eau/liants trop élevé augmente la porosité et la perméabilité du béton favorisant ainsi la pénétration des sels déglacants et la corrosion des armatures. Un béton non armé exposé aux chlorures et soumis au gel-dégel (classe C-2) doit avoir un rapport eau/liants inférieur à 0,45. Un béton armé exposé aux chlorures, soumis ou non au gel-dégel (classe C-1), doit avoir un rapport eau/liants inférieur à 0,40 avec une résistance minimale à la compression de 35 MPa et un enrobage minimal de l'acier d'armature minimal de 60 mm¹.

Il est à noter que tout ajout d'eau en chantier est déconseillé; si des ajustements mineurs doivent être faits, il est nécessaire de malaxer suffisamment longtemps le mélange de béton afin de l'homogénéiser.

L'utilisation d'un superplastifiant est à privilégier pour augmenter l'affaissement d'un béton.

2.2 ABSENCE OU INSUFFISANCE D'AIR ENTRAÎNÉ

L'écaillage peut être causé par l'utilisation d'un béton sans air entraîné, avec une teneur en air insuffisante, avec un réseau de bulles d'air inadéquat. La quantité d'air entraîné est fonction de la classe de béton spécifiée et de la grosseur nominale maximale du granulat. Généralement, la teneur en air d'un béton exposé se situe entre 5 et 8 %².

2.3 FINITION PRÉMATURÉE, EXCESSIVE OU EN PRÉSENCE D'UN SURPLUS D'EAU

Toute opération de finition effectuée lorsqu'il y a de l'eau de ressuage en surface peut provoquer l'écaillage. L'ajout d'eau en surface lors de la finition a le même effet. Un surplus d'eau incorporé dans la partie supérieure de la dalle augmente le rapport eau/liants et diminue la résistance à la compression de la surface du béton. Pour ce qui est de la finition excessive, elle réduit la quantité d'air entraîné de la surface.

2.4 UTILISATION DE TRUELLE

Généralement, l'utilisation d'une truelle est déconseillée pour un béton extérieur, car elle altère la qualité du réseau de bulles d'air de la surface de l'ouvrage. Lorsque son utilisation est inévitable, il est recommandé d'utiliser une truelle en magnésium, en bois ou en alliage d'aluminium au lieu d'une truelle d'acier. Il faut également attendre que le ressuage soit complètement terminé avant de commencer le truillage.

2.5 INEXISTENCE OU INSUFFISANCE DE LA CURE

Omettre la cure ou effectuer une cure insuffisante peut provoquer de l'écaillage³. Les bétons avec ajouts cimentaires sont particulièrement sensibles à l'écaillage lorsque la cure est insuffisante.

1 Pour obtenir plus de détails sur l'enrobage de l'acier d'armature, se référer au tableau 17 de la référence 6-2

2 Pour obtenir de plus amples renseignements sur la teneur en air des bétons, se référer aux tableaux 2 et 4 de la référence 6-2.

3 Pour obtenir de plus amples renseignements sur la cure, se référer au Technobéton n° 8.

2.6 APPLICATION DE PRODUITS DÉGLAÇANTS⁴

L'écaillage peut être causé par l'application à jeune âge de sels de déglacage, tels que du chlorure de calcium et de sodium. La surface est d'autant plus susceptible d'être altérée si les caractéristiques du béton sont inférieures aux exigences et si la cure est insuffisante. Les bétons ayant une cure de type 2 et 3 nécessitent une période de séchage à l'air libre de 30 jours avant l'application des sels déglacants (note 4 de l'article 7.7.1 de la référence 6.2).

Certains produits déglacants, tels les chlorures de magnésium et les sulfates et nitrates d'ammonium, sont à éviter car ils attaquent l'intégrité de la pâte même sur des bétons adéquatement formulés (références 6.5 et 6.6).

Il est à noter que l'utilisation de produits chimiques à vocation industrielle ou agricole peut provoquer l'écaillage et causer une dégradation chimique sévère de la surface du béton.

2.7 MAUVAIS DRAINAGE

L'eau accumulée dans les dépressions d'une surface de béton peut accroître considérablement l'écaillage, car la combinaison de l'exposition du béton à l'humidité, aux cycles de mouillage/séchage et de gel/dégel est ainsi accentuée.

3. ÉVALUATION DU DEGRÉ D'ÉCAILLAGE

La méthode d'essai d'écaillage est décrite à l'annexe B du programme de certification BNQ 2621-905/2018. La figure 1B présente différents échantillons de béton avec des niveaux d'écaillage évalués de 1 à 5. Différents niveaux d'écaillage sont démontrés par les figures 2a à 2c pour les dalles de béton et par les figures 3a à 3c pour les escaliers de résidences.

L'écaillage est évalué selon la profondeur de désagrégation et la répartition du phénomène sur les surfaces de béton. Le tableau 1 présente les cotes associées à la portion de la surface écaillée.

La proportion de cônes d'éclatement est également caractérisée lors de cet essai. On entend par cône d'éclatement (popout) une cavité en forme de cratère résultant de l'éclatement d'une granulat à la surface du béton. La dimension de ce cratère varie en fonction de la dimension des granulats. Une partie du granulat doit être observée au fond de ce cratère. Le tableau 2 présente les cotes associées pour différents niveaux de cônes d'éclatement.

4. RÉPARATION

Dans la majorité des cas, le phénomène d'écaillage affecte seulement la surface et il est possible d'effectuer une réparation, à moins qu'il ne soit démontré que tout le béton de l'ouvrage est de moindre qualité que les exigences spécifiées.

La qualité de réparation d'une surface de béton est directement reliée au substrat sur lequel elle repose. La surface à réparer doit être saine et nettoyée de toutes saletés ou impuretés qui pourraient nuire à l'adhérence. Pour restaurer une dalle, il faut enlever la partie détériorée jusqu'au béton sain. La surface ainsi dégagée et nettoyée peut être refaite à l'aide de :

- > béton de resurfaçage à base de ciment, ou;
- > béton de resurfaçage à base de ciment modifié au latex, ou;
- > mortier de réparation à base de ciment modifié aux polymères.

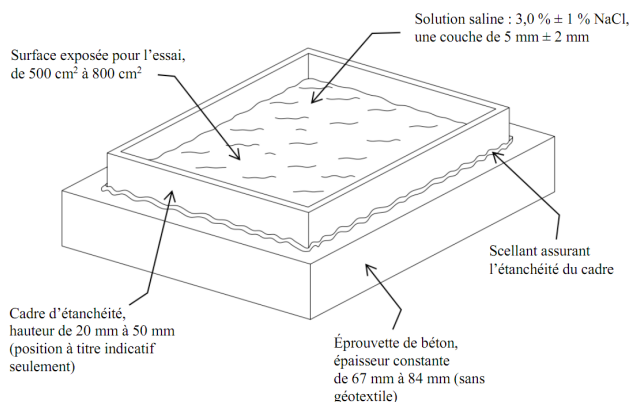


FIGURE 1A: Montage type pour l'essai de résistance à l'écaillage⁵

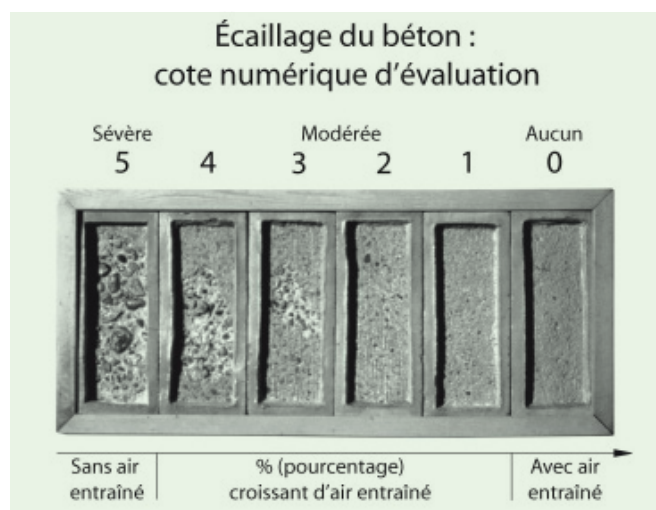


FIGURE 1B: Écaillage du béton : visuel de la portion écaillée - mortier de surface

⁴ Pour obtenir de plus amples renseignements sur l'effet des produits chimiques sur le béton, voir Tableau 2.5.2 de la référence 6.1.

⁵ Tirée de la référence 6.7



FIGURE 2A Écaillage léger d'une dalle de béton



FIGURE 3A Écaillage léger d'un escalier de résidence



FIGURE 2B Écaillage modéré d'une dalle de béton



FIGURE 3B Écaillage modéré d'un escalier de résidence



FIGURE 2C Écaillage sévère d'une dalle de béton



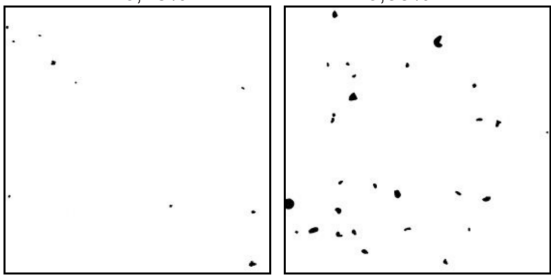
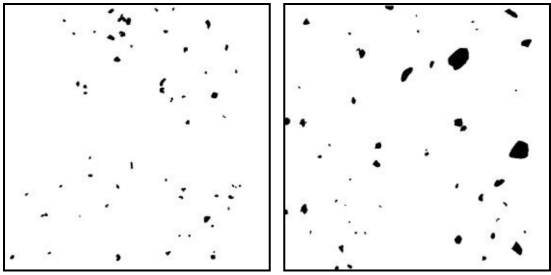
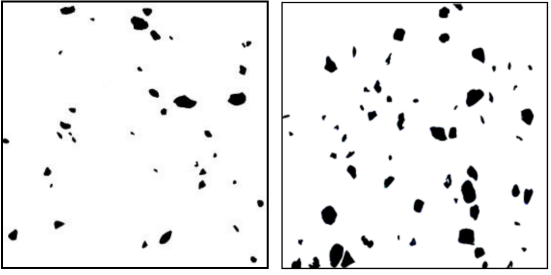
FIGURE 3C Écaillage sévère à très sévère d'un escalier de résidence

TABEAU 1 Caractéristiques d'une surface écaillée - cotes du mortier écaillé⁶

COTE	Portion de la surface écaillée - mortier de surface	État de la surface
0	$\leq 1\%$	Aucun écaillage du mortier de surface
1	$>1\%$ et $\leq 5\%$	Écaillage très léger du mortier de surface
2	$>5\%$ et $\leq 10\%$	Écaillage modéré du mortier de surface
3	$>10\%$ et $\leq 30\%$	Écaillage important du mortier de surface
4	$>30\%$ et $\leq 50\%$	Écaillage sévère du mortier de surface
5	$>50\%$	Écaillage très sévère du mortier de surface

Note: Le pourcentage de surface écaillée associée au mortier de surface est à titre indicatif

TABEAU 2 Caractéristiques d'une surface écaillée - Cônes d'éclatement⁷

Cote	Charte visuelle	Portion de la surface écaillée - cônes d'éclatement	État de la surface
A	0,13% 	$\leq 1\%$	Aucun ou peu de cônes d'éclatement en surface
B	1,02% 	$>1\%$ et $\leq 2,5\%$	Présence faible à modérée de cônes d'éclatement en surface
C	2,54% 	$>2,5\%$	Présence importante et sévère de cônes d'éclatement en surface

Note: Le pourcentage de surface écaillée associée au mortier de surface est à titre indicatif

5. RECOMMANDATIONS

- > Utiliser un béton de classe appropriée selon le type d'exposition et d'ouvrage. Par exemple, les trottoirs doivent être fabriqués avec un béton de classe C-2 (E/L de 0,45 et résistance à la compression de 32 MPa) et les parapets armés doivent être de classe C-1 (E/L de 0,40 et résistance à la compression de 35 MPa).
- > Débuter les opérations de finition lorsque l'eau de ressuage est complètement disparue de la surface du béton.
- > Éviter tout apport d'eau lors de la finition.
- > Respecter les méthodes et les procédures normalisées pour réaliser adéquatement la cure. Par exemple, il faut effectuer la cure de type 2 (supplémentaire) pour un béton de classe C-1 ou C-2. Cette cure est d'une durée de 7 jours à une température supérieure ou égale à 10°C.
- > Effectuer le type de cure approprié (2 ou 3) pour les bétons à fort dosage d'ajouts cimentaires⁸.
- > Utiliser des abrasifs en remplacement des sels déglçants, particulièrement durant la période de séchage à l'air de 30 jours après la cure.

8 Pour obtenir de plus amples renseignements sur le type de cure des bétons à fort dosage d'ajouts cimentaires, voir le tableau 2 et les articles 8.7.5.1 et 8.7.5.2. de la référence 6.2

6. RÉFÉRENCES

- 6.1 ACI. *Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective, and Decorative Barrier Systems for Concrete*. American Concrete Institute, USA 1985, 41 p. (ACI 515.1R).
- 6.2 CSA. *Béton : Constituants et exécution des travaux / Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*. Canada. Association canadienne de normalisation, 2014, 720 p. (CSA A23.1-F14/A23.2-F14).
- 6.3 PCA. *Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments*. Concrete Information IS001.10. État-Unis, 2001. 35 p.
- 6.4 PCA. *Performance of Concrete Specimens in PCA Outdoor Test Facility*. Research and Development Bulletin RD124. États-Unis, 2002. 28 p.
- 6.5 Lee, H., Cody, R.D., Cody, A.M., and Spry, P.G., *Effects of Various Deicing Chemicals on Pavement Concrete Deterioration. Proceedings of the Mid-Continent Transportation Symposium, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, 2000*.
- 6.6 ACI. *Guide for concrete floor and slab construction* American Concrete Institute, USA, 2015, 76 p. (ACI 302.1R-15).
- 6.7 BNQ. *BNQ 2621-905/ 2018 Béton prêt à l'emploi - Programme de certification. (élaboré à partir de certaines exigences de la norme CSA A23.1/23.2)*, Bureau de normalisation du Québec, Québec, 77 p. (BNQ 2621-905/2018).

MISE EN GARDE : L'Association béton Québec publie ce document à titre consultatif seulement et ne peut être tenue responsable d'erreurs ou d'omissions reliées à l'information et à la consultation de ce document.



520, D'Avaugour, bureau 2200
Boucherville (Québec) J4B 0G6
Tél. : (450) 650-0930
Sans frais : (855) 650-0930
Télec. : (450) 650-0935
Courriel : info@betonabq.org

Pour plus d'information : betonabq.org