

1. INTRODUCTION

Il est important de bien connaître les classes de béton et les caractéristiques de chacune lors de la commande ou de la spécification du béton. La détermination de la performance minimale du béton est basée sur les propriétés identifiées à chacune des classes.

2. EXIGENCES DE DURABILITÉ

Le béton qui, en service, sera exposé aux intempéries, à un environnement corrosif, aux attaques de sulfates ou à tout autre processus de détérioration, doit être conforme aux articles et tableaux en vigueur dans la norme CSA A23.1. Selon article 4.1.1.1.3 CSA A23.1, un béton destiné à plusieurs types de conditions doit être conçu de façon à respecter :

- > la résistance à la compression spécifiée à 28 jours la plus élevée;
- > le rapport eau/liants maximal le plus bas,
- > la plage de teneurs en air la plus élevée; et
- > l'exigence la plus rigoureuse relativement au type de ciment s'appliquant à toutes les conditions envisagées (article 4.1.1.1.3. de la référence 5.1).

Il est à noter que malgré les exigences de durabilité minimales spécifiées, la durabilité du béton dépend également de la qualité des constituants utilisés, d'un programme de contrôle de la qualité efficace¹ et d'une bonne exécution au chapitre de la fabrication, de la mise en place, de la finition et de la cure du béton.

3. CLASSES D'EXPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES

Le tableau 1 définit les classes d'exposition du béton et donne quelques exemples d'ouvrages correspondant à chaque classe.

Voici l'explication des lettres qui catégorisent chaque classe :

- > Les classes « C » se rapportent aux bétons exposés aux chlorures²
- > Les classes « A » se rapportent aux ouvrages exposés à des agressions telles que les matières résiduelles agricoles, les eaux d'égout et les effluents industriels.
- > Les classes « F » se rapportent aux bétons soumis au gel/dégel, mais non exposés aux chlorures.
- > La classe « N » se rapporte aux bétons qui ne sont exposés ni aux chlorures, ni au gel/dégel.
- > Toutes les classes de béton peuvent être assujetties aux exigences minimales de la classe « S » indiquées au tableau 3.

Le tableau 2 donne les exigences de rapport eau/liants, de résistance minimale à la compression, de catégorie de teneur en air, de régimes de cure admissibles et de perméabilité aux ions chlorures selon la classe d'exposition du béton sélectionné. Le tableau 3 présente les exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates. Le tableau 4 décrit les exigences de chaque régime de cure.

1 Au Québec, la majorité des usines de béton prêt à l'emploi appliquent un contrôle de qualité selon le protocole de certification BNQ 2621-905. Pour obtenir de plus amples renseignements sur la certification des usines, se référer au technobéton n° 13.

2 Il est à noter que le béton de classe C-1 et A-1 se conformant aux exigences relatives de perméabilité aux ions chlorures est confectionné à l'aide de liants contenant des ajouts cimentaires et possède donc une valeur ajoutée.

TABLEAU 1 - Exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates ³

CLASSES	DÉFINITIONS	EXEMPLES
C-XL	Béton armé exposé aux chlorures ou à d'autres milieux agressifs, soumis ou non au gel/dégel, pour lequel les attentes en matière de durabilité sont plus élevées que celles des classes C-1, A-1 ou S-1.	Pont de la Confédération
C-1	Béton armé exposé aux chlorures, soumis ou non au gel/dégel.	Tabliers de pont, planchers et rampes d'ouvrages de stationnement, parties d'ouvrages maritimes situées à l'intérieur des zones de marnage et d'éclaboussement, ouvrages en béton exposés aux éclaboussesments d'eau de mer et piscines d'eau salée
C-2	Béton non armé (c.-à-d. ordinaire) exposé aux chlorures et soumis au gel/dégel.	Planchers de garage (résidentiel), porches, marches, chaussées, trottoirs, bordures et caniveaux.
C-3	Béton constamment submergé, exposé aux chlorures, mais non soumis au gel/dégel.	Parties submergées d'ouvrages maritimes.
C-4	Béton non armé exposé aux chlorures, mais non soumis au gel/dégel.	Dalles sur le sol dans les ouvrages de stationnements intérieurs (commercial).
F-1	Béton soumis au gel/dégel, en condition saturée, mais non exposé aux chlorures.	Bords de piscine, patios, courts de tennis, piscines d'eau douce et installations de régulation des eaux douces.
F-2	Béton soumis au gel/dégel, en condition non saturée, mais non exposé aux chlorures	Murs et poteaux extérieurs.
N	Béton non exposé aux chlorures ni au gel/dégel.	Semelles et dalles, murs et poteaux intérieurs.
A-1	Béton armé exposé à des gaz des fumiers ou d'ensilage fortement agressifs, soumis ou non au gel/dégel. Béton exposé aux vapeurs s'échappant des eaux d'égout municipales ou des eaux industrielles résiduaires, où de l'hydrogène sulfuré peut se former.	Poutres armées, dalles, ouvertures d'accès et poteaux au dessus des fosses à lisier fermées et de silos, logements clos et conduits partiellement remplis d'eaux résiduaires.
A-2	Béton armé exposé à des gaz et liquides des fumiers et/ou d'ensilage moyennement à fortement agressifs, soumis ou non au gel/dégel.	Murs des structures à lisier, des silos et des réservoirs d'alimentation extérieurs et dalles extérieures pour le fumier égoutté.
A-3	Béton armé constamment submergé, exposé à des gaz et liquides des fumiers et/ou d'ensilage soumis ou non au gel/dégel. Béton constamment submergé dans des eaux municipales ou industrielles résiduaires.	Murs gouttereaux, poutres, dalles et poteaux intérieurs ; tuyaux d'eaux usées constamment pleins (p. ex., égouts sous pression) et parties submergées d'installations de traitement des eaux usées (ex : fosses septiques).
A-4	Béton non armé modérément exposé à des gaz et liquides des fumiers et/ou d'ensilage modérés, non soumis au gel/dégel.	Dalles intérieures.
S-1	Béton exposé à des sulfates très fortement agressifs (tableaux 2 et 3).	
S-2	Béton soumis à des sulfates fortement agressifs (tableaux 2 et 3)	
S-3	Béton exposé à des sulfates moyennement agressifs (tableaux 2 et 3).	

TABLEAU 2 (tableaux 2 et 4 de la référence 5.1)

EXIGENCES RELATIVES AUX CLASSES D'EXPOSITIONS C,F,N,A et S

Classe d'exposition	Rapport eau/liants ⁽¹⁾ maximal	Résistance minimale spécifiée à la compression ⁽¹⁾ (MPa)	Catégorie de teneur en air				Type de cure selon les régimes admissibles			Exigences relatives à l'essai de perméabilité aux ions chlorures et âge au moment de l'essai (4)
			Plage des teneurs en air ⁽²⁾ des bétons selon la dimension nominale maximale du gros granulat (%)				Béton ordinaire	BFDAC-1	BFDAC-2	
			10 mm	14-20 mm	28-40 mm					
C-XL	0,40	50 (à 56 jours)	Soumis au gel/dégel	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	3	3	3	<1000 coulombs dans l'espace de 56 jours
			Non soumis au gel/dégel	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6				
C-1 ou A-1	0,40	35 (à 28 jours)	Soumis au gel/dégel	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	2	3	2	< 1500 coulombs dans l'espace de 56 jours
			Non soumis au gel/dégel	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6				
C-2 ou A-2	0,45	32 (à 28 jours)		de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	2	2	2	
C-3 ou A-3	0,50	30 (à 28 jours)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	
C-4 ⁽⁵⁾ ou A-4	0,55	25 (à 28 jours)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	
F-1	0,50	30 (à 28 jours)		de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	2	3	2	
F-2	0,55	25 (à 28 jours)	⁽⁷⁾	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	
N ⁽⁶⁾	Aux fins du calcul structural	Aux fins du calcul structural	Aucune	-	-	-	1	2	2	
S-1	0,40	35 (à 56 jours)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	2	3	2	
S-2	0,45	32 (à 56 jours)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	2	3	2	
S-3	0,50	30 (à 56 jours)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	

NOTES :

- (1) Il est possible d'ajuster la résistance minimale spécifiée à la compression pour tenir compte de la relation éprouvée entre la résistance et le rapport eau/liants. Il faut éviter de dépasser le rapport eau/liants recommandé pour une classe d'exposition donnée.
- (2) Au point de déchargement du matériel de livraison, à moins d'indications contraires. Les écarts entre les teneurs en air sont fondés sur la différence en volume requis de mortier pour des dimensions particulières de gros granulat. Les teneurs en air mesurées après le pompage ou mises en place par coffrage glissant peuvent être considérablement inférieures à celles mesurées à l'extrémité de la goulotte.
- (3) Bétons à fort dosage en ajouts cimentaires. Pour la différenciation des classes 1 et 2 d'ajouts cimentaires, voir l'article 8.7.1. de la référence 5-1.
- (4) Selon la ASTM C1202. Le maître d'ouvrage peut spécifier un âge différent de l'âge indiqué. Lors de l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion comme le nitrate de calcium, il faut évaluer au préalable le mélange de béton exempt de nitrure de calcium afin de s'assurer qu'il satisfait aux exigences relatives à la perméabilité aux ions chlorures exigés dans ce tableau.
- (5) Dans le cas d'une classe d'exposition C-4, l'exigence relative à l'entraînement d'air devrait être supprimée lorsqu'un lissage à la truelle est demandé. S'il y a lieu, utiliser des ajouts cimentaires pour réduire la perméabilité à long terme.
- (6) Les planchers intérieurs en béton, lissés à la truelle en acier outre que ceux traités à l'article 8.13.3, doivent être conçus avec un rapport eau/liant maximum de 0,55 et une résistance à la compression minimale de 25 MPa à 28 jours, et également en fonction des méthodes de mise en place, de la facilité de finissage, du temps de prise et de l'appétit au service, conformément aux exigences de l'usage prévu (voir article 8.12 de la CSA A23.1).
- (7) Il a été constaté que les dalles des patinoires intérieures et des chambres froides, lissées à la truelle mécanique donnaient une performance satisfaisante sans air entraîné.
- (8) Le tableau 4 présente les différents régimes de cure admissibles.

TABLEAU 3- Exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates (1) (tableau 1 de la référence 5.1)

Classes d'exposition	Classe d'agressivité	Sulfate hydrosoluble (SO ₄) (2) dans un échantillon de sol (%)	Sulfate (SO ₄) dans des échantillons d'eau souterraine, mg/L ⁽³⁾	Sulfate hydrosoluble (SO ₄) dans un échantillon de granulats recyclés (%)	Liants à utiliser ^(4 et 5)	Exigences de performance (4)	
						Expansion maximale avec essai selon la CSA A3004-C8, %	
						À 6 mois	À 12 mois ⁽⁵⁾
S-1	Très fortement agressif	>2,0	>10 000	> 2,0	HS ou HSb	0,05	0,10
S-2	Très fortement agressif	0,20 à 2,0	1 500 à 10 000	0,60 à 2,0	HS ou HSb	0,05	0,10
S-3	Très fortement agressif	0,10 à 0,20	150 à 1 500	0,20 à 0,60	MS, MSb, LH, HS, ou HSb	0,10	

(1) Pour une exposition à l'eau de mer, voir l'article 4.1.1.5. de la norme CSA A23.1

(2) Selon la CSA A23.2-3B.

(3) Selon la CSA A23.2-2B.

(4) Si des combinaisons d'ajout cimentaire et de ciment Portland ou hydraulique composées doivent être utilisées à la place des liants énumérés, les exigences de performance doivent être utilisées pour démontrer que la performance en matière d'exposition aux sulfates est équivalente (voir les articles 4.1.1.6.2, 4.2.1.1, 4.2.1.3 et 4.2.1.4 de la norme CSA A23.1). De telles combinaisons ne doivent pas être considérées comme des ciments mélangés. On ne doit pas utiliser du ciment de type HS dans un béton armé exposé à la fois aux chlorures et aux sulfates. Voir l'article 4.1.1.6.3. de la norme CSA A23.1

(5) Si l'expansion est supérieure à 0,05 % à 6 mois, mais inférieure à 0,10 % à un an, la combinaison des liants mis à l'essai doit être considérée comme satisfaisante.

TABLEAU 4 — Régimes de cures admissibles (tableau 20 de la référence 5.1)

Types de cure	Nom	Description
1	Cure de base	3 jours à une température ≥ 10 °C OU pendant le temps nécessaire pour atteindre 40 % de la résistance spécifiée.
2	Cure supplémentaire	7 jours à une température ≥ 10 °C ET pendant le temps nécessaire pour atteindre 70 % de la résistance spécifiée. Avec l'utilisation de fumée de silice dans le béton, une période additionnelle de cure est requise (article I.3.13 de l'annexe I de la référence 5-1).
3	Cure prolongée	Période de cure par voie humide de 7 jours ≥ 10 °C. Les types de cure acceptables sont les suivantes : nappe d'eau, arrosage continu, matériau absorbant ou toile maintenue continuellement mouillée.

Note : Il est recommandé de laisser le béton sécher à l'air pendant une période d'au moins un mois après la fin de la cure, avant qu'il soit exposé à des produits chimiques de déglacage.

4. RECOMMANDATIONS

- > Sélectionner correctement la classe de béton selon l'exposition la plus sévère de l'ouvrage.
- > Mentionner les exigences relatives à chaque classe d'exposition du béton.
- > Spécifier le régime de cure correspondant à la classe de béton.
- > Sélectionner des usines qui détiennent un certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec, BNQ 2621-905 pour les bétons prêts à l'emploi produits et livrés au Québec.
- > Utiliser les versions les plus récentes des normes.

5. RÉFÉRENCES

- 5.1 CSA. *Béton : Constituants et exécution des travaux/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*. Canada. Association canadienne de normalisation, 2009, 674 p. (CSA A23.1-F09/A23.2-F09).
- 5.2 BNQ. *Fascicule de certification BNQ 2621-905/2012 Béton prêt à l'emploi – programme de certification*. Bureau de normalisation du Québec, Québec, 25 p. (BNQ 2621-905/2012).



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.

 Association
Béton
Québec
LA référence

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