

1. INTRODUCTION

Il est important de bien connaître les classes d'exposition du 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 minimale la plus grande en compression ;
- > 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 « S » se rapporte aux ouvrages exposés aux sulfates.
- > La classe « N » se rapporte aux bétons qui ne sont exposés ni aux chlorures, ni au gel/dégel et ni aux sulfates.

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 chlorure selon la classe d'exposition du béton sélectionné. Le tableau 3 présente les exigences additionnelles applicables aux bétons exposés 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, C-XL, A-XL 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.

TABEAU 1 - Définitions des classes d'expositions C, F, N, A, S et R³

CLASSES	DÉFINITIONS	EXEMPLES
C-XL	Béton armé exposé aux chlorures ou à d'autres environnements agressifs, soumis ou non au gel-dégel, pour lequel les attentes en matière de durabilité sont plus élevées que celles des classes C-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. Pour les expositions à l'eau salée et aux embruns salés, les exigences relatives à une exposition S-3 doivent être également respectées.
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. Pour les expositions à l'eau salée et aux embruns d'eau salée, les exigences relatives à une exposition S-3 doivent également être respectées.
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 qui n'est exposé en service ni aux chlorures ni au gel-dégel ni aux sulfates, que ce soit dans un environnement mouillé ou sec.	Semelles et dalles, murs et poteaux intérieurs.
N-CF	Planchers intérieurs en béton finis à la truelle d'acier, non exposé aux chlorures ou aux sulfates, que ce soit dans un environnement mouillé ou sec.	planchers intérieurs, surface revêtue (tapis, carreaux de vinyle) et surfaces exposées (avec ou sans durcisseur de surface), patinoires de hockey, planchers d'entrepôt frigorifique.
A-XL	Béton armé exposé à des niveaux très élevés de gaz de fumiers et (ou) d'ensilage, avec ou sans expositions au gel et au dégel	Béton exposé à des vapeurs qui se dégagent des eaux d'égouts ou des eaux résiduaires industrielles, où de l'hydrogène sulfuré peut se former, avec attentes en matière de durabilité plus grandes que pour la classe A-1.
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 aux sulfates modérément agressif et à l'eau de mer ou aux embruns d'eau de mer (tableaux 2 et 3).	

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

EXIGENCES RELATIVES AUX CLASSES D'EXPOSITIONS C,F, N,A et S⁸

Classe d'exposition	Rapport eau/liants (1)	Résistance minimale spécifiée à la compression (1) (MPa)	Catégorie de teneur en air				Type de cure selon les régimes			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(3)	BFDAC-2 (3)	
			10 mm	14-20 mm	28-40 mm					
C-XL ou AX-L	0,40	50 (espace de 56j)	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 91 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 (espace de 56j)	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 91 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	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)	(6)	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	
N	Selon le dosage du mélange pour la résistance exigée	Aux fins du calcul structural	Aucune	-	-	-	1	2	2	
N-CF	0,55	25 (à 28 jours)	Aucune	-	-	-	1	2	2	
S-1	0,40	35 (espace de 56j)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	2	3	2	
S-2	0,45	32 (espace de 56j)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	2	3	2	
S-3	0,50	30 (espace de 56j)		de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	1	2	2	

NOTES :

- La résistance à la compression spécifiée minimale peut être ajustée pour tenir compte des relations démontrées entre la résistance et le rapport eau/liant à condition qu'il ait été démontré que la résistance au gel et au dégel et la résistance à l'écaillage par les sels de déglacage sont satisfaisantes. Le rapport eau/liant ne doit pas être dépassé pour une classe d'exposition donnée.
- 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.
- 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.
- Selon la CSA A23.2-23C. 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.
- Dans le cas d'une classe d'exposition C-4, S-1, S-2 et S-3, l'exigence relative à l'entraînement d'air pourrait ne pas s'appliquer lorsqu'un lissage à la truelle est demandé. S'il y a lieu, utiliser des ajouts cimentaires pour réduire la perméabilité à long terme.
- 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.
- Le tableau 4 présente les différents régimes de cure admissibles.
- Pour plus de détails sur le béton résidentiel, vous référez au Technobéton #9. Les exigences de la GCR diffèrent de celles de la CSA A23.1.

TABLEAU 3- Exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates ⁽¹⁾ (adaptation du Tableau 3 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⁾	Exigences de performance ^(4 et 6)	
						Expansion maximale avec essai selon la CSA A3004-C8, %	
						À 6 mois	À 12 mois ⁽⁷⁾
S-1	Très fortement agressif	>2,0	>10 000	> 2,0	HS ⁽⁵⁾ , HSb, HSLb ou HSE	0,05	0,10
S-2	Fortement agressif	0,20 à 2,0	1 500 à 10 000	0,60 à 2,0	HS ⁽⁵⁾ , HSb, HSLb ou HSE	0,05	0,10
S-3	Modérément agressif (y compris l'exposition à l'eau salée ¹)	0,10 à 0,20	150 à 1 500	0,20 à 0,60	MS, MSb, MSe, MSLb, LH, HS ⁽⁵⁾ , HSb, HSLb ou HSe	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'ajouts cimentaires et de ciments portland, de ciments portland au calcaire ou des ciments hydrauliques composés doivent être utilisés dans la formulation du mélange au lieu des liants énumérés, et à condition qu'ils répondent aux exigences de performance qui démontrent une performance équivalente contre les expositions aux sulfates, ils doivent être désignés comme équivalents aux ciments MS (MSe) ou HS (HSe) pour les classes d'exposition pertinentes (voir les articles 4.1.1.6.2, 4.2.1.1, 4.2.1.3 et 4.2.1.4).

(5) Le ciment de type HS ne doit pas être utilisé dans le béton armé exposé aussi bien aux chlorures qu'aux sulfates, y compris l'eau de mer. Voir l'article 4.1.1.6.3.

(6) Pour démontrer une performance équivalente, utiliser la fréquence d'essai du tableau 1 de la CSA A3004-A1 et voir les notes pertinentes du tableau A3 de la A3001 qui traite du rétablissement de la conformité si la composition des matériaux cimentaires employés pour établir la conformité change.

(7) Si l'expansion excède 0,05 % à 6 mois mais inférieur à 0,10 % à 1 an, on doit considérer que la combinaison de matériaux cimentaires à l'essai est acceptable.

NOTE: Les fillers calcaires ne doivent pas être employés dans un béton qui doit être soumis à toutes les classes d'exposition S énumérées aux tableaux 1 à 3. Le ciment portland au calcaire ne doit pas être employé comme seul matériau cimentaire dans le béton qui doit être soumis à toutes les classes d'exposition S énumérées aux tableaux 1 à 3. Cependant, les ciments hydrauliques composés ou des combinaisons de ciments portland au calcaire et de dosage minimaux d'ajouts cimentaires énumérés au tableau 9 de la A3001 et répondant aux exigences d'essai du tableau 5 de la A3001 peuvent être utilisés dans le béton qui doit être soumis à toutes les classes d'exposition S énumérées aux tableaux 1 à 3.

TABLEAU 4 — Régimes de cures admissibles (adaptation du Tableau 19 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 ET pendant le temps nécessaire pour atteindre 70 % de la résistance spécifiée. 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 déglçage.

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, 2014, 720 p. (CSA A23.1-F14/A23.2-F14).
- 5.2 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.

 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

Pour plus d'information : betonabq.org