

### 1. INTRODUCTION

Le béton est omniprésent dans les divers ouvrages du secteur agricole, tels les bâtiments (étables, porcheries, poulaillers, etc.), les ouvrages de stockage des déjections animales (fosses à purin), les silos verticaux et horizontaux de stockage des aliments pour animaux, etc.

Sa grande utilisation est en outre due à ses qualités :

- > Flexibilité pour construire des ouvrages simples ou complexes
- > Nécessite peu d'entretien
- > Facile à nettoyer
- > Son innocuité
- > Sa résistance au feu
- > Sa longévité

Pour assurer la durabilité à long terme du béton, il importe de s'assurer d'avoir une bonne spécification du béton, une mise en place selon les règles de l'art et une cure adéquate.

### 2. AGENTS SUSCEPTIBLES D'ATTAQUER LE BÉTON DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Les structures agricoles en béton sont sujettes aux attaques de divers produits propres à ce secteur pouvant affecter sa durabilité (Tableau 1). La diffusion de produits chimiques à travers un béton non adapté peut causer des problèmes tels que la corrosion de l'acier d'armature, la fissuration et l'écaillage du béton. Voici un survol des différentes attaques possibles.

#### 2.1 ATTAQUE PAR LES ACIDES

À la base, la matrice cimentaire du béton est de nature basique et donc susceptible de se faire attaquer par les acides. Les différents acides vont réagir avec les matériaux à base de calcium du béton durci pour mener à la formation de sels de calcium de l'acide corrodant (sel soluble). Les acides vont dissoudre progressivement les hydrates augmentant ainsi la porosité du béton, une chute potentielle des résistances mécaniques et un risque de corrosion des barres d'acier d'armature.

L'ensilage est une méthode de conservation des fourrages par acidification passant par la fermentation lactique anaérobie d'un fourrage humide. Sous l'action de bactéries, des acides organiques tels les acides acétique et lactique sont formés. Sous certaines conditions de stockage, ces acides peuvent se retrouver sous forme de jus (lixiviats).

La manipulation du lait, des fromages et des divers procédés de fermentation du lait expose le béton à l'acide lactique. Le lait seul n'attaque pas directement le béton. Par contre, en présence de certaines bactéries, le lactose présent dans le lait se dégrade et forme de l'acide lactique.

Les aliments pour animaux en contact avec la salive et tombant à côté des mangeoires attaquent également les dalles de béton de l'étable ou de la porcherie.

Enfin, les lisiers contiennent de l'acide lactique et acétique.

#### 2.2 ATTAQUE PAR LES SULFATES

Le béton est un matériau sensible à la présence de sulfates. Dans le secteur agricole, les sources de sulfates proviennent essentiellement des engrais et des déjections animales (fumier, lisier, purin). Ces sources de sulfates se trouvent en combinaison avec différents cations comme le sodium, le calcium, l'ammonium et le magnésium. Sans entrer dans les détails des réactions entre le béton et les sulfates, notons que les produits de réactions créent des contraintes internes pouvant mener à une fissuration du béton et même à sa destruction.

### 2.3 ATTAQUE PAR LES SELS D'AMMONIUM ET DE MAGNÉSIUM

On retrouve dans certains engrais, le lisier et le fumier des sels d'ammonium et de magnésium. Ces sels agressifs attaquent le béton.

## 3. SPÉCIFICATION DU BÉTON DANS LE DOMAINE AGRICOLE

### 3.1 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, 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.

La norme CSA A23.1-19 indique que si le béton est exposé à des produits industriels corrosifs, à des engrais, à des déchets agricoles, à des acides ou à tout autre produit chimique dommageable pour le béton, des dispositions comme l'utilisation d'ajouts cimentaires, d'enduits protecteurs, de matériaux d'étanchéité pénétrants ou d'autres moyens doivent être pris pour assurer la durabilité du béton face à ces derniers.

Le lecteur peut se référer au Bulletin de la PCA IS001 pour obtenir plus de renseignements sur les différents traitements de protection du béton. Ce document renferme de l'information sur la nature agressive des produits chimiques industriels, des engrais, des déchets agricoles et d'autres produits chimiques.

### 3.2 CLASSES D'EXPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES

Le choix de la bonne classe d'exposition du béton est important, car il conditionne la durabilité de l'ouvrage. Selon l'ouvrage à réaliser, il est important de définir quelles seront les agressions auxquels sera soumis le béton, et en fonction de cela, choisir une classe d'exposition adaptée.

Le tableau 1 définit les principales classes d'exposition du béton nécessitant une attention particulière dans le secteur agricole et donne quelques exemples d'ouvrages correspondant à chaque classe. Veuillez consulter le Technobéton 16 pour connaître l'ensemble des classes d'expositions.

**FIGURE 1** - Degré d'agressivité de quelques agents en agriculture référence 5.1

AGENTS	DEGRE D'AGRESSIVITE			
	inoffensif (0)	faible (I)	moyen (II)	fort (III)
Fumier				
Lisier				
Purin				
Déchets d'animaux, d'abattoirs				
Carburant diesel, essence				
Huile minérale				
Huile et graisse végétale				
Ensilage				
Jus de silos				
Jus de fruits				
Sucre				
Chaux				
Engrais chimique				
Laiterie (acide lactique, eau de laiterie)				

Voici l'explication des lettres qui catégorisent les classes A et S :

- > 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 « S » se rapportent aux ouvrages exposés 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.

### 3.3 CAS PARTICULIER DES BÉTONS EXPOSÉS AUX LISIERS

Les lisiers contiennent un mélange très étendu d'ingrédients chimiques qui sont de légèrement à moyennement corrosifs pour le béton. Les plus sérieux d'entre eux sont les sulfates.

Le lisier contient typiquement de 1500 à 2500 mg/L de sulfates, ce qui le placerait dans la catégorie S-3 (modérément agressif) à S-2 (fortement agressif). Les structures exposées à des environnements de réservoirs à lisiers, comme les claires-voies et les couvercles de réservoirs, sont souvent sujettes à quelques attaques de sulfates d'hydrogène ( $H_2S$ ), ce qui exige un béton de catégorie S-2 ou meilleur.<sup>(1)</sup>

Pour plus de détails sur l'entreposage des fumiers et lisiers, le lecteur est invité à consulter les références 5-3 et 5-4 spécialement conçus à cet effet.

FIGURE 2 - Structure d'entreposage du lisier de porc <sup>(2)</sup>



1. Les concentrations en sulfates sont tirées de la référence 5-3  
2. Crédit photo: IRDA (<https://www.irda.qc.ca/fr/projets-recherche/sources-ges/>)

**TABLEAU 1** - Définitions des classes d'expositions A et S (adaptation et fusion des Tableaux 1 et 2 de la référence 5.2)

CLASSES	DÉFINITIONS	EXEMPLES
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'égout ou des eaux résiduaires industrielles, où de l'hydrogène sulfuré pourrait 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 et poteaux au-dessus de fosses à lisier fermées et de silos, de canaux ou de planchers lattés pour porcs; ouvertures d'accès, 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	murs en béton armé des structures à lisier, des silos et des réservoirs d'alimentation extérieurs et dalles extérieures pour le
A-3	Béton armé constamment submergé, exposé à des gaz et liquides des fumiers et/ou d'ensilage modérés à graves, soumis ou non au gel-dégel. Béton constamment submergé dans des eaux	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
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 agressifs 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 5.2)

EXIGENCES RELATIVES AUX CLASSES D'EXPOSITIONS A et S									
Classe d'exposition	Rapport eau/liants (1) maximal	Résistance minimale spécifiée à la compression (1,7) (MPa)	Catégorie de teneur en air Plage des teneurs en air(2) des bétons selon la dimension nominale maximale du gros granulats (%)			Type de cure selon les régimes admissibles (6)			Exigences relatives à l'essai de perméabilité aux ions chlorures et âge au moment de l'essai (4)
			Soumis au gel/dégel		Non soumis au gel/dégel	Béton ordinaire	BFDAC-1(3)	BFDAC-2 (3)	
			10 mm	14-20 mm					
A-XL	0,40	50 (en dedans de 56j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	3	3	<1000 coulombs en dedans de 91j
A-1	0,40	35 (en dedans de 56j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	2	3	< 1500 coulombs en dedans de 91j
A-2	0,45	32 (à 28 j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	2	2	-
A-3	0,50	30 (à 28 j)	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	(5)	1	2	-
A-4	0,55	25 (à 28 j)	de 5 à 8	de 4 à 7	de 3 à 6	(5)	1	2	-
S-1	0,40	35 (en dedans de 56j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	2	3	-
S-2	0,45	32 (en dedans de 56j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	2	3	-
S-3	0,50	30 (en dedans de 56j)	de 6 à 9	de 5 à 8	de 4 à 7	(5)	1	2	-

**NOTES:**

1. La résistance à la compression spécifiée minimale peut être ajustée pour tenir compte des relations démontrées entre la résistance et le rapport eau/liants 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/liants ne doit pas être dépassé 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 granulats. 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. Le béton à air entraîné ne doit pas être lissé à la truelle en acier.
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 5.2
4. 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 nitrite de calcium afin de s'assurer qu'il satisfait aux exigences relatives à la perméabilité aux ions chlorures exigés dans ce tableau.
5. Ces classes de béton non exposées aux cycles de gel/dégel ne sont pas assorties d'exigences d'air entraîné; le producteur peut toutefois choisir d'ajouter de l'air entraîné pour modifier les propriétés du béton plastique, comme le ressuage, l'ouvrabilité, la cohésion, etc. Aucun entraînement d'air ne doit être ajouté à un béton qui sera lissé à la truelle en acier.
6. Le tableau 19 de la référence 5.2 présente les différents régimes de cure admissibles.
7. Le propriétaire peut spécifier un âge différent lors de l'essai pour répondre à des besoins structureux ou autres

**TABLEAU 3-** Exigences additionnelles applicables au béton exposé aux attaques par les sulfates <sup>(1)</sup> (adaptation du Tableau 3 de la référence 5.2)

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

**NOTES:**

1. Selon CSA A23.2-3B.
2. Selon CSA A23.2-3B.
3. S'il est prévu que des combinaisons d'ajouts cimentaires, de ciments Portland, de ciment Portland au calcaire ou des ciments hydrauliques composés seront 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 aux sulfates pertinentes (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).
4. Un ciment de type HS ne doit pas être utilisé dans un béton armé exposé à la fois aux chlorures et aux sulfates, y compris à l'eau de mer. Voir article 4.1.1.6.3.
5. Pour démontrer une performance équivalente, utiliser la fréquence d'essai du tableau 1 de CSA A3004-A1 et voir les notes pertinentes du tableau A3 de CSA A3001 qui traitent du rétablissement de la conformité si la composition des liants employés pour établir la conformité change.
6. Si l'expansion est supérieure à 0,05 % à 6 mois, mais inférieure à 0,10 % à 1 an, la combinaison de liants à l'essai doit être considérée comme acceptable.

Note 1 : Les charges minérales calcaires ne doivent pas être employées dans un béton qui doit être soumis à n'importe laquelle des classes d'exposition S. Le ciment Portland au calcaire ne doit pas être employé comme seul liant dans le béton qui doit être soumis à n'importe laquelle des classes d'exposition S. 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 CSA A3001 et répondant aux exigences d'essai du tableau 5 de CSA A3001 peuvent être utilisés dans le béton qui doit être soumis à n'importe laquelle des classes d'exposition S.

Note 2 : Certains ciments composés comme les ciments ternaires rencontrent les performances d'expansion maximales de la CSA A3004-C8.

**TABLEAU 4** — Régimes de cures admissibles (adaptation du Tableau 19 de la référence 5.2)

Types de cure	Nom	Description
1	Cure de base	3 jours à une température $\geq 10$ °C OU pendant le temps nécessaire pour atteindre 40 % de la résistance spécifiée.
2	Cure supplémentaire	7 jours à une température $\geq 10$ °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 $\geq 10$ °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.

**NOTES:**

1. 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
2. Le taux d'accroissement de la résistance à la compression du béton est considérablement ralenti à des températures de moins de 10 °C.

## 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.
- > Utiliser la version la plus récente des normes.
- > 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.
- > Une attention particulière doit être portée au contrôle de la fissuration, particulièrement dans les ouvrages où l'étanchéité est importante comme les fosses à lisier.
- > Respecter les règles de l'art :
  - de la mise en place et consolidation du béton;
  - du respect de l'enrobage des barres acier d'armature;
  - des opérations de finition;
  - de la gestion des joints, dont ceux de contrôle; et
  - de la cure pour assurabilité de la durabilité du béton, particulièrement si des ajouts cimentaires sont utilisés.

## 5. RÉFÉRENCES

- 5.1 FEBELCEM. *Le béton et le secteur agricole (1) - Applications du béton prêt et l'emploi*. 27 octobre 2001 Fédération de l'Industrie Cimentière Belge. 13 p.
- 5.2 CSA. *Béton : Constituants et exécution des travaux/ Procédures d'essai et pratiques normalisées pour le béton*. Canada. Association canadienne de normalisation, 2019, 938 p. (CSA A23.1-F19/A23.2-F19).
- 5.3 ACC. *Structures en béton pour l'entreposage des lisiers – Spécifications et normes canadiennes*. 2003. Association Canadienne du Ciment. 20 p.
- 5.4 CRAAQ. *L'entreposage des fumiers – Guide technique*. 3e édition. 2012. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 57 p.
- 5.5 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)
- 5.6 PCA. *Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments*. Beatrix Kerkhoff. Portland Cement Association. Concrete Information IS001.10. États-Unis, 2007. 36 p.
- 5.7 Agencies that attack concrete. Publication 5712031957, The Aberdeen Group. 1957. 3.
- 5.8 Olfa Oueslati. *Durabilité des matériaux cimentaires soumis aux acides organiques – résistance chimique, mécanique et de corrosion*. Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec. 2011. 372 p

**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 liées à l'information et à la consultation de ce document.



520, D'Avagour, 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](http://betonabq.org)