



DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ  
INFRASTRUCTURES  
DTNI-10G

**Béton projeté par voie humide**

Date d'émission : 31 mars 2025

Modificatif n°	Date	Description	Préparé par
0	-	Aucun modificatif	-

## AVIS

Le présent document doit être utilisé dans son intégralité. L'Entrepreneur doit tenir compte du fait que certaines clauses du présent document peuvent être complétées, modifiées ou annulées par d'autres documents du Cahier des charges. Une lecture diligente de tous les documents du Cahier des charges est nécessaire. Tout changement apporté au contenu du présent document est précisé dans un document distinct, soit dans les instructions aux Soumissionnaires, soit dans le cahier des clauses administratives spéciales, soit dans le devis technique spécial.

L'utilisateur ou l'utilisatrice externe de ce document technique normalisé est invité(e) à envoyer ses commentaires au représentant de la Ville responsable du projet concerné. De plus, l'utilisateur ou l'utilisatrice de la Ville est encouragé(e) à soumettre ses commentaires ou suggestions de modification via l'annexe A disponible sur le site internet de la Ville. Tous les formulaires reçus seront étudiés afin que le comité technique de révision puisse apporter annuellement les modifications nécessaires au présent document, le cas échéant.

## AVANT-PROPOS

Le présent document a été préparé et approuvé par le comité formé des membres suivants :

Pierre-Élie D Lapointe, DGAI, SGPI	Paul-Francis Jacques, DRPIU, SIRR
Minh Ly, DGAI, SGPI	Marc Simard, DRPIU, SIRR

Le texte comportant une ligne verticale en marge est un nouveau texte ou un texte modifié par rapport au document de la précédente émission.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>AVIS</b> .....	<b>2</b>
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>2</b>
<b>1 OBJET</b> .....	<b>6</b>
<b>2 DOMAINE D'APPLICATION</b> .....	<b>7</b>
<b>3 LOIS, RÈGLEMENTS, NORMES ET RÉFÉRENCES</b> .....	<b>8</b>
<b>4 DÉFINITIONS</b> .....	<b>10</b>
<b>5 EXIGENCES GÉNÉRALES</b> .....	<b>11</b>
<b>6 MATÉRIAUX</b> .....	<b>12</b>
6.1 CONSTITUANTS .....	12
6.1.1 Généralités .....	12
6.1.2 Liants .....	12
6.1.3 Granulats .....	12
6.1.4 Adjuvants .....	14
6.1.5 Fibres .....	15
6.2 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON .....	16
6.2.1 Généralités .....	16
6.2.2 Formulation et caractéristiques du béton frais .....	16
6.2.3 Caractéristiques du béton durci .....	17
<b>7 EXÉCUTION DES TRAVAUX</b> .....	<b>20</b>
7.1 FABRICATION DU BÉTON .....	20
7.1.1 Béton produit en bétonnière mobile .....	20
7.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE MISE EN ŒUVRE .....	20
7.3 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON .....	21
7.4 MISE EN PLACE .....	21
7.4.1 Matériel .....	21
7.4.2 Exigences de mise en place .....	21
7.4.3 Lancier .....	21
7.4.4 Préparation des surfaces .....	21
7.4.5 Gestion des rebonds et excédants de projection .....	22
7.5 CURE DU BÉTON .....	22
<b>8 PRÉLÈVEMENT DE MATÉRIAUX ET ESSAIS</b> .....	<b>23</b>
8.1 GÉNÉRALITÉS .....	23
8.2 DÉLAIS DE LIVRAISON .....	23
8.3 PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ .....	23
8.3.1 Teneur en air .....	23
8.3.2 Affaissement .....	23
8.3.3 Température .....	24
8.3.4 Teneur en fibres .....	24
8.3.5 Résistance à la compression .....	24
8.3.6 Réseau des bulles d'air .....	24
8.3.7 Perméabilité aux ions chlorure .....	24
8.3.8 Absorption par ébullition et volume des vides perméables .....	25
<b>9 CRITÈRES D'ACCEPTATION ET ESSAIS</b> .....	<b>26</b>
<b>10 DESCRIPTION DES ITEMS DU BORDEREAU</b> .....	<b>27</b>

**11 ANNEXE ..... 28**  
11.1 ANNEXE A ..... 28  
11.1.1 Formule de béton ..... 28  
11.1.2 Fabrication du mélange de béton..... 29

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 – Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats.....	13
Tableau 2 – Fuseau granulométrique.....	14
Tableau 3 – Caractéristiques requises du béton durci.....	18

**1**     **OBJET**

Le présent document technique normalisé s'applique au béton projeté par voie humide destiné à être employé dans différents ouvrages en béton pour la Ville de Montréal. Il traite des constituants, de la formulation, des caractéristiques du béton frais et durci, de la fabrication, de la livraison du mélange, du personnel et du contrôle qualitatif.

Il incorpore toutes les prescriptions pertinentes applicables de la norme CSA A23.1/A23.2, Béton : constituants et exécution des travaux/Procédures d'essai et pratiques normalisées pour le béton, incluant les notes, les annexes et la section 8.13, sauf si elles sont modifiées par des exigences particulières prescrites dans ce document. Étant donné que ce document renvoie souvent à cette norme, il doit être utilisé conjointement avec cette dernière.

**Note** :Le béton projeté par voie sèche est couvert par le document technique normalisé DTNI-10F.

2

**DOMAINE D'APPLICATION**

Ce document technique normalisé s'applique au béton projeté par voie humide destiné à être employé dans différents ouvrages en béton pour la Ville de Montréal.

### 3 **LOIS, RÈGLEMENTS, NORMES ET RÉFÉRENCES**

Lorsque le présent document réfère à une norme ou à un guide, la plus récente édition en vigueur en date de la signature de l'appel d'offres est applicable. Les normes et références suivantes s'appliquent, ainsi que les ouvrages de référence auxquels se réfèrent les normes CSA A23.1/A23.2 (Béton : constituants et exécution des travaux/Procédures d'essai et pratiques normalisées pour le béton).

#### ACI

#### American Concrete Institute

ACI 223.R

Guide for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete

ACI PCR-506R

Guide to Shotcrete

#### ASTM

#### ASTM International

ASTM C309

Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete

ASTM C457

Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete

ASTM C494/C494M

Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete

ASTM C685

Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing

ASTM C1116

Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete

ASTM C1436

Standard Specification for Materials for Shotcrete

ASTM C1550

Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)

ASTM E100

Standard Specification ASTM Hydrometers

#### BNQ

#### Bureau de normalisation du Québec

BNQ 2621-905

Béton prêt à l'emploi – Programme de certification (élaboré à partir des exigences des chapitres 4, 5 et 8 de la norme CSA A23.1/A23.2)

#### CSA

#### Association canadienne de normalisation

CSA A3001

Liants utilisés dans le béton

MTMD

Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Laboratoire des chaussées – Méthodes d'essai

LC 21-100

Détermination du pourcentage de particules fracturées du gros granulat

Normes

3501

Matériaux de cure

## 4 DÉFINITIONS

Dans le présent document, les termes utilisés ont la signification suivante :

- **béton projeté par voie humide** : béton de masse volumique normale versé dans une machine à air comprimé qui est dirigé par un boyau jusqu'à la lance de projection. En bout de lance, le mélange est projeté sur la surface à bâtir de manière à obtenir une compaction adéquate du matériau;
- **fournisseur** : l'entreprise, la société, la personne physique, ou la personne morale responsable de la fabrication et de l'approvisionnement en béton;
- **laboratoire** : la Division de l'expertise et du soutien technique du Service des infrastructures du réseau routier de la Ville de Montréal, ou toute firme, corporation ou personne, désignée par elle pour la représenter;
- **lancier** : ouvrier qui manipule la buse projetant le mélange de béton plastique afin d'obtenir une mise en place conforme aux exigences.

Chacune des définitions présentes au Cahier des clauses administratives générales (CCAG) est applicable au présent document lorsque le terme utilisé comporte une majuscule.

5

**EXIGENCES GÉNÉRALES**

Section vide.

## 6 MATÉRIAUX

### 6.1 CONSTITUANTS

#### 6.1.1 GÉNÉRALITÉS

Aucun produit, autre que l'eau de gâchage et ceux mentionnés dans le présent article, ne peut être incorporé au mélange de béton sans l'autorisation du Directeur.

#### 6.1.2 LIANTS

##### 6.1.2.1 Liants utilisés dans le béton

Les liants utilisés doivent être conformes à la norme CSA A3001.

**Note** : Un liant GUb-SF, contenant de la fumée de silice, n'est pas recommandé pour les éléments récréatifs aquatiques tels que les piscines sauf si un mélange à faible retrait est utilisé.

#### 6.1.3 GRANULATS

##### 6.1.3.1 Caractéristiques des granulats

Utiliser des granulats fins et des gros granulats de densité normale conformes aux exigences stipulées à l'article 4.2.3 de la norme CSA A23.1, incluant les adaptations des sous-articles 4.2.3.2.2, 4.2.3.2.3, 4.2.3.3.2.1, 4.2.3.4.3, 4.2.3.5.2 et 4.2.3.7 présentées au tableau 1 de la norme BNQ 2621-905.

Les granulats fins peuvent être du sable naturel, du sable manufacturé, ou une combinaison de sable naturel et de sable manufacturé. Le sable manufacturé et le gros granulat doivent provenir de roc de carrière concassé ou du concassage des fractions grossières de produits de sablières ou gravières. La fragmentation du gros granulat doit être d'au moins 90 % lorsqu'évaluée suivant la méthode d'essai LC 21-100.

Les granulats doivent se conformer aux exigences indiquées au Tableau 1 ci-après.

Tableau 1 – Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats

Méthode d'essai CSA	Propriété	Pourcentage maximal de la masse totale de l'échantillon		
		Granulat fin	Gros granulat	
			Béton soumis au gel-dégel	Autres conditions d'exposition
<b>Exigences fondamentales <sup>(1)</sup></b>				
A23.2-3A	Mottes d'argile	1,0	0,3	0,5
A23.2-4A	Constituants granulaires de faible densité	0,5	0,5	1,0
A23.2-5A	Particules fines passant le tamis de 80 µm	3,0	1,0	1,0
A23.2-13A (Procédure B)	Particules plates Particules allongées	– –	25 45	25 45
A23.2-23A A23.2-29A	Perte à l'essai micro-Deval	20	19 <sup>(2)</sup>	21
A23.2-24A	Perte à l'essai de gel-dégel non confiné	–	9 <sup>(2)</sup>	13 <sup>(2)</sup>
A23.2-16A A23.2-17A	Perte à l'impact et à l'abrasion (Los Angeles)	–	50	50
<b>Exigences alternatives</b>				
A23.2-9A	Perte à l'essai MgSO <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	16	12	18

(1) Voir CSA A23.1/A23.2 pour informations additionnelles.

(2) Si la perte à l'essai micro-Deval est supérieure à 17,0 % ou la perte à l'essai de gel-dégel est supérieure à 6,0 %, le producteur doit démontrer que le gros granulat se compose de moins de 2,0 % de matériaux argileux (shale, calcaire argileux, etc.) qualifié de faible et/ou nuisible selon la norme CSA A23.2-15A. Ce pourcentage doit être associé à un nombre pétrographique d'au plus 125.

La détermination du nombre pétrographique doit être réalisée suivant la méthode B : Analyse pétrographique rapide des gros granulats, de la méthode d'essai CSA A23.2-15A.

### 6.1.3.2 Gros granulat granitique

Lorsqu'un granulat granitique est spécifié dans le Cahier des charges, il doit être produit à partir des roches suivantes : granite, syénite, gneiss, gabbro ou anorthosite.

### 6.1.3.3 Fuseau granulométrique

Le granulat utilisé dans le béton consiste en une combinaison de granulats fins et de gros granulats 2,5-10 mm dosés séparément lors de la fabrication du mélange.

La distribution granulométrique du granulat combiné doit se situer à l'intérieur du fuseau granulométrique détaillé au Tableau 2.

**Tableau 2 – Fuseau granulométrique**

Tamis (mm)	Passant (%)
14	100
10	90-100
5	70-85
2,5	50-70
1,25	35-55
0,630	20-35
0,315	8-20
0,160	2-10

Le Directeur peut autoriser l'utilisation de granulats qui ne respectent pas ce fuseau granulométrique si des données d'essais montrent que les caractéristiques requises du béton durci sont satisfaites.

### 6.1.3.4 Réactivité alcalis-granulats ou autres réactions

Les granulats utilisés dans la fabrication du béton ne doivent pas être susceptibles de provoquer une expansion excédant les valeurs indiquées au tableau 1 de la pratique normalisée CSA A23.2-27A ou toute autre expansion excessive (voir l'article 4.2.3.6.2 de la norme CSA A23.1).

## 6.1.4 ADJUVANTS

### 6.1.4.1 Adjuvants chimiques

Utiliser des adjuvants chimiques conformes aux exigences des articles 4.2.4.2 et 4.2.4.3 de la norme CSA A23.1 incluant les adaptations présentées au tableau 1 de la norme BNQ 2621-905.

Les restrictions suivantes s'appliquent :

- l'utilisation d'un accélérateur de prise est sujette à l'autorisation du Directeur;
- l'utilisation de chlorure de calcium ou d'adjuvants contenant des chlorures est interdite.

#### 6.1.4.1.1 *Inhibiteur de corrosion*

Si le Cahier des charges prescrit l'ajout d'un inhibiteur de corrosion, la solution du produit utilisé doit contenir pas moins de  $30 \pm 2$  % de nitrite de calcium par poids de la solution.

#### 6.1.4.1.2 *Agents réducteurs de retrait*

Si le Cahier des charges prescrit l'ajout d'un agent réducteur de retrait, les produits suivants sont acceptés par le Directeur :

- MasterLIFE SRA 20 (BASF);
- Sika Control-75 (Sika Canada);
- MasterLife SRA 035 (BASF);
- Eclipse 4500 (GCP applied technologies);
- Eclipse Floor 200 (GCP applied technologies);
- Eucon SRA-XT (Adjuvants Euclid Canada);
- Mapecure SRA 25 (MAPEI).

#### 6.1.4.1.3 *Agents compensateurs de retrait*

Si le Cahier des charges prescrit l'ajout d'un agent compensateur de retrait, celui-ci doit être conforme à la norme ASTM C494/C494M et au guide ACI 223R. Les produits suivants sont acceptés par le Directeur :

- CONEX (Adjuvants Euclid Canada);
- Expancrete (MAPEI).

#### 6.1.5 FIBRES

Utiliser des microfibrilles de nature synthétique, composées de polyoléfine (polyéthylène et polypropylène), conformes aux exigences de l'ASTM C1436, et ayant les caractéristiques suivantes :

- résistance à la traction : min. 275 MPa;
- densité : 0,90 – 0,92;
- absorption : nulle;
- longueur : max. 40 mm.

Si le Cahier des charges prescrit une armature par l'incorporation de macrofibres synthétiques, ces dernières doivent être conformes à l'article 4.2.5.2 de la norme CSA qui renvoie à l'ASTM C1116, Type III, article 4.1.3. La masse, la dimension et le type de fibre doivent être indiqués sur chaque emballage.

Si le Cahier des charges prescrit l'incorporation de fibres d'acier, celles-ci doivent être conformes aux exigences de l'article 4.2.5.1 de la norme CSA A23.1. La masse, la dimension et le type de fibre doivent être indiqués sur chaque emballage.

**Note** : Le concepteur peut spécifier des fibres d'autre nature ou une combinaison de fibres synthétiques et d'acier.

## 6.2 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON

### 6.2.1 GÉNÉRALITÉS

Le Fournisseur est responsable de la formulation du mélange et de la fourniture d'un mélange convenable à l'application par projection et dont les propriétés sont conformes aux exigences de ce document technique et à celles contenues dans le Cahier des charges.

L'Entrepreneur et le Fournisseur doivent satisfaire aux exigences décrites dans la variante 1 (Performance) du tableau 5 de la norme CSA A23.1.

### 6.2.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON FRAIS

#### 6.2.2.1 Teneur en liant et rapport eau/liant

Le Fournisseur doit déterminer lui-même le dosage en liant et le rapport eau/liant convenant à la classe d'exposition du béton spécifiée. Cependant, le rapport eau/liant doit être inférieur à 0,50 sauf pour le béton d'une classe d'exposition C-1 ou A-1 où il doit être inférieur ou égal à 0,40.

#### 6.2.2.2 Teneur en air

La teneur en air du béton frais avant projection doit se situer à l'intérieur de la plage de 10 et 15 %. Elle est mesurée conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-4C, afin de satisfaire aux exigences de la teneur en air du béton durci définies au présent document technique.

#### 6.2.2.3 Affaissement

L'affaissement du béton avant projection, mesuré selon la méthode d'essai CSA A23.2-5C, doit être de  $100 \pm 30$  mm. Il doit nécessairement convenir à la mise en œuvre prévue, et les dosages de réducteur d'eau et de superplastifiant doivent être ajustés en conséquence.

#### 6.2.2.4 Inhibiteur de corrosion

Lorsqu'un inhibiteur de corrosion est utilisé, l'incorporer au béton à raison de douze (12) litres de solution par mètre cube de béton, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

#### 6.2.2.5 Réducteur de retrait et compensateur de retrait

Lorsqu'un agent réducteur de retrait ou un agent compensateur de retrait est utilisé, ajouter l'agent réducteur de retrait à raison de 7 l/m<sup>3</sup> de béton, ou l'agent compensateur de retrait à raison de 6 % de la masse du liant, sauf si le Cahier des charges limite le bilan déformationnel à partir d'essais sur prismes.

#### 6.2.2.6 Température

La température du béton immédiatement projeté doit se situer entre 10 °C et 25 °C, ou entre 10 °C et 30 °C si un accélérateur de prise est utilisé.

#### 6.2.2.7 Fibres

Utiliser la microfibre synthétique du présent document au dosage de 0,9 kg/m<sup>3</sup>.

Utiliser la macrofibre synthétique du présent document au dosage spécifié au Cahier des charges.

Utiliser la fibre d'acier au dosage spécifié au Cahier des charges et suite aux essais de ténacité selon la norme ASTM C1550 si demandés au Cahier des charges.

### 6.2.3 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DURCI

#### 6.2.3.1 Généralités

Les caractéristiques du béton durci sont vérifiées sur des éprouvettes prélevées à partir d'échantillons de béton projeté, confectionnés au chantier par l'Entrepreneur, dans des moules fournis par lui, dans des conditions identiques à celles des travaux, en utilisant le même matériel, la même formule de béton, la même consistance du mélange, la même méthode de travail et les mêmes lanciers.

Le mélange projeté sur les surfaces et dans les moules ne doit comporter aucun défaut, tel que séparation, ségrégation, ou lentilles (de granulats fins, de particules fines ou sèches).

Les recommandations pour le nombre d'échantillons à produire sont d'un (1) moule par production journalière et par lancier.

#### 6.2.3.2 Confection et conservation des échantillons

Les moules servant à la confection des échantillons peuvent être en bois ou en un autre matériau à parois lisses et rigides. Les dimensions minimales du fond sont de 350 mm x 350 mm. Les parois latérales sont évasées à environ 135° par rapport au fond du moule. La hauteur des moules est de 125 mm ± 10 mm.

Les moules doivent être humectés avant la projection et être maintenus fermement à une inclinaison, afin que le mélange puisse être projeté perpendiculairement au fond du moule, à une distance de 1 ± 0,1 m, pour le remplir jusqu'au bord. Araser et finir la surface du béton à l'aide d'une taloche de bois et recouvrir de toiles de fibres synthétiques absorbantes et humidifiées, conformes à la norme 3501. Recouvrir ensuite le tout de feuilles de polyéthylène. Maintenir les échantillons dans leur position originale à une température ambiante de 20 ± 5 °C durant les premières vingt (20) à vingt-huit (28) heures. Les soumettre ensuite à une cure humide en laboratoire à une température de 23 ± 2 °C.

Entre l'âge de trois (3) et cinq (5) jours, les éprouvettes servant à la vérification des caractéristiques du béton durci sont prélevées par carottage perpendiculairement à la surface des échantillons sur toute leur épaisseur, et conservées à une température de 23 ± 2 °C dans de l'eau saturée de chaux, jusqu'au moment des essais.

6.2.3.3 Caractéristiques requises

Les caractéristiques requises du béton durci sont indiquées au Tableau 3, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

**Tableau 3 – Caractéristiques requises du béton durci**

Propriétés	Caractéristiques requises
<p><u>Résistance à la compression minimale exigée à 28 jours</u></p> <p>Essai effectué selon la méthode d'essai CSA A23.2-14C sur cinq (5) carottes de 75 mm de diamètre prélevées dans le même échantillon. <sup>(1)</sup></p> <p>Exemple : deux (2) éprouvettes sont mises à l'essai à l'âge de 3 ou 7 jours à titre indicatif.</p>	<p>35 MPa, classe d'exposition C-1 ou A-1</p> <p>30 MPa, autres classes d'exposition</p>
<p><u>Paramètres des bulles d'air et teneur en air</u></p> <p>Essai effectué selon les exigences de la norme ASTM C457 (article 8.13.5.4.5 de la norme CSA A23.1). <sup>(2)</sup></p>	<p>La moyenne des valeurs des facteurs d'espacement (<math>\bar{L}</math>) doit être égale ou inférieure à 300 µm et aucune valeur individuelle ne doit excéder 320 µm.</p> <p>Classes d'exposition C-1 et F-1.</p> <p>Teneur en air : 3,0 à 7,0 %, pour toutes les classes d'exposition.</p>
<p><u>Perméabilité aux ions chlorure pour les bétons armés classe C-1</u></p> <p>Essai effectué selon la méthode d'essai CSA A23.2-23C ou A23.2-26C. <sup>(3)</sup></p>	<p>Max. : 1 500 coulombs à 91 jours</p> <p>Classe d'exposition C-1 et A-1.</p>
<p><u>Absorption par ébullition et volume des vides perméables</u></p> <p>Essai effectué selon la méthode d'essai CSA-A23.2-11C sur trois (3) carottes de 75 mm de diamètre et de pas moins de 100 mm de long, prélevées du même panneau.</p> <p>Le résultat est la moyenne des valeurs obtenues sur les trois (3) carottes.</p>	<p>Absorption par ébullition : Max. 8 % à 28 jours</p> <p>Et</p> <p>Volume des vides perméables : Max. 17 % à 28 jours.</p> <p>Classe d'exposition C-1 et A-1.</p>

(1) Le haut et au moins 20 mm du bas des carottes sont éliminés par sciage afin d'obtenir, une fois que les extrémités auront été coiffées ou meulées, des éprouvettes dont l'élançement (rapport de la longueur coiffée ou meulée au diamètre) se situe entre 1,0 et 1,1. Le résultat est la moyenne des valeurs obtenues sur les trois (3) carottes prélevées du même échantillon et éprouvées au même âge. Un facteur de correction de 0,87 est appliqué aux résistances obtenues.

(2) Mesures effectuées sur une face sciée parallèlement à l'axe d'une éprouvette de dimensions adéquates, prélevée d'un échantillon, ou d'une carotte issue d'un élément désigné par le Directeur.

- (3) Essai effectué sur la tranche de 50 mm de l'extrémité supérieure d'une carotte de 100 mm de diamètre en mettant la surface supérieure en contact avec la solution de NaCl. Cette surface est meulée afin de la rendre lisse. Si le bord comporte des ébréchures de 12 mm ou moins, il est réparé avec un mortier de haute résistance. Si les ébréchures ont plus de 12 mm, la tranche comportant les ébréchures est rejetée. Le résultat est la moyenne des valeurs obtenues sur deux tranches prélevées du même échantillon.

## **7 EXÉCUTION DES TRAVAUX**

### **7.1 FABRICATION DU BÉTON**

La centrale de dosage du Fournisseur doit détenir un certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) conformément au programme de certification BNQ 2621-905. Le béton peut être fabriqué dans une bétonnière mobile avec l'autorisation du Directeur.

Tout le béton requis pour une structure, un élément armé ou un élément architectural doit obligatoirement provenir de la même centrale ou d'une autre centrale du même Fournisseur utilisant les mêmes constituants. Les provenances des constituants ne doivent pas être changées, sans l'autorisation du Directeur.

#### **7.1.1 BÉTON PRODUIT EN BÉTONNIÈRE MOBILE**

Le Fournisseur doit détenir un certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) conformément au programme de certification BNQ 2621-905.

Le dosage volumétrique des constituants et le mécanisme de malaxage doivent se conformer aux prescriptions de l'article 5.2.2.8 de la norme CSA A23.1.

Les fibres doivent être dosées au moyen d'un équipement calibré ou être préalablement mélangées avec les granulats fins seulement. Le mélange de granulats fins et de fibres doit être entreposé au lieu de chargement des bétonnières mobiles. Le Fournisseur doit maintenir un registre de ses opérations.

### **7.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE MISE EN ŒUVRE**

À la demande du Directeur, une épreuve de convenance peut être exigée à l'Entrepreneur, afin de démontrer la maîtrise de l'exécution. Les paramètres de l'épreuve de convenance (dimensions, quantité, formes, configuration d'armature...) doivent être mentionnés au Cahier des charges.

L'épreuve consiste à projeter un coffrage test, dont les exigences de projection sont les plus élevées du projet, principalement en termes de congestions d'armatures et d'orientation de la projection. Cependant dans les mêmes conditions de bétonnage que celles prévues lors de l'exécution des travaux, c'est-à-dire :

- mélange de béton (proportions et caractéristiques du liant, des granulats, des adjuvants et des additifs);
- bétonnage après le coucher du soleil (si prévu);
- matériel de livraison et de mise en place;
- méthode de projection;
- type, marque et caractéristiques de la pompe;
- longueur et configuration de la ligne de pompage;
- teneur en air;
- finition et cure.

L'agrément de l'épreuve de convenance est conditionnel à l'obtention de résultats satisfaisants lors de sa réalisation, ainsi que lors de l'exécution des essais de vérification des caractéristiques du béton frais et du béton durci.

Afin de caractériser la performance de l'épreuve, celle-ci devra être carottée et/ou sciée de manière à valider le bon remplissage et enrobage des barres d'armature.

Au cas où la mise en œuvre du béton ou les résultats obtenus lors des essais de vérification des caractéristiques du béton frais et du béton durci s'avèreraient non conformes aux prescriptions du présent document technique, le Directeur pourra exiger la réalisation d'une nouvelle épreuve de convenance.

Au cas où la provenance, les caractéristiques ou le dosage des constituants, ou l'une ou l'autre des conditions de bétonnage citées ci-dessus seraient modifiés lors de la réalisation de l'ouvrage, le Directeur pourra exiger la réalisation d'une nouvelle épreuve de convenance.

### 7.3 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON

Terminer le déchargement du béton dans un délai maximum de cent vingt (120) minutes à partir du gâchage du béton.

### 7.4 MISE EN PLACE

#### 7.4.1 MATÉRIEL

Utiliser le matériel de projection approprié au mélange à projeter selon les recommandations du guide ACI PRC-506R.

#### 7.4.2 EXIGENCES DE MISE EN PLACE

Les exigences de mise en place décrites à l'article 8.13.8 de la CSA A23.1 doivent être respectées à moins d'avis contraire au Cahier des charges et au présent document.

#### 7.4.3 LANCIER

La mise en place doit être exécutée par un lancier qui doit détenir un certificat de « *Lancier pour le béton projeté* » décerné par l'American Concrete Institute, selon le programme « Shotcrete Nozzleman Certification » et être préalablement agréé par le Laboratoire.

Exceptionnellement, un apprenti lancier peut mettre en place le béton projeté uniquement sous la supervision immédiate et continue d'un lancier certifié pour le type de mise en place visé.

#### 7.4.4 PRÉPARATION DES SURFACES

Les surfaces de projection doivent être adéquatement propres, exemptes de matériaux instables, d'huile, de terre, de boue, ou d'autre débris. Les surfaces de projection doivent être en condition SSS (surface saturée superficiellement sèche) avant le début de la projection.

Lors d'installation en plusieurs couches, les surfaces intermédiaires doivent demeurer adéquates à la projection de nouveaux matériaux.

La délimitation des zones de projection peut être protégée par des membranes imperméables telles que décrites à l'article 8.13.8.2.3 de la CSA A23.1.

Tout renforcement métallique doit être solidement fixé afin d'éviter la vibration durant la mise en place.

#### 7.4.5 GESTION DES REBONDS ET EXCÉDANTS DE PROJECTION

La gestion des rebonds et excédants de projection devra être réalisée sur les surfaces adjacentes incluant les surfaces avant projection. Il est fortement encouragé par la Ville de Montréal de trouver une façon de valoriser ces rebuts, par exemple en tant que granulats recyclés.

### 7.5 **CURE DU BÉTON**

La cure du béton doit être effectuée conformément aux exigences de l'article 7.8 et du tableau 19 de la norme CSA A23.1.

Sauf pour l'intrados des éléments et les réparations de petites surfaces, le régime de cure est de type 3 selon le tableau 19 de la norme CSA A23.1, cure prolongée à l'eau de sept (7) jours et pendant le temps nécessaire pour atteindre 70 % de la résistance spécifiée.

L'intrados des éléments et les petites surfaces doivent recevoir un produit de cure à base d'eau avec une pigmentation blanche. Ces produits doivent être conformes aux exigences de la norme ASTM C309, type 2.

Cependant, à compter du 15 octobre et en conditions de bétonnage par temps froid, les produits de cure sont remplacés par des produits de cure et de scellement à base de solvant conformes à la norme ASTM C309, type 1, classe B.

L'application du produit de cure doit suivre immédiatement la fin des opérations de finissage et les recommandations du manufacturier doivent être suivies.

Les surfaces doivent être protégées contre l'assèchement par brumisation, ou toute autre méthode, jusqu'au moment de l'application de la cure.

Tous les matériaux nécessaires pour assurer la protection du béton et sa cure doivent être disponibles sur place et prêts à être utilisés, avant le début de la mise en place du béton.

## **8 PRÉLÈVEMENT DE MATÉRIAUX ET ESSAIS**

### **8.1 GÉNÉRALITÉS**

Soumettre au Directeur pour examen et agrément les renseignements et documents indiqués à l'annexe A. Ceux-ci doivent lui parvenir au plus tard quatorze (14) jours de calendrier avant le début de la mise en œuvre du béton projeté. Les formules de mélange doivent obligatoirement être acceptées par le Laboratoire.

### **8.2 DÉLAIS DE LIVRAISON**

Si le délai de livraison de cent vingt (120) minutes est excédé, le béton non encore déchargé est refusé.

### **8.3 PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ**

Le Directeur se réserve le droit de prélever à sa discrétion des échantillons des constituants ou du béton à la centrale de dosage du béton ou au chantier, afin de vérifier leur conformité avec les données soumises par le Fournisseur. En cas de non-conformité, il peut refuser selon le cas, le ou les constituants, ou la formule de béton.

L'Entrepreneur et le Fournisseur de béton doivent assurer au Laboratoire toute l'assistance nécessaire au prélèvement des échantillons. L'Entrepreneur doit aussi, conformément à la norme CSA A23.1/A23.2, fournir et entretenir des installations adéquates servant à assurer la protection des éprouvettes de béton confectionnées pour les différents essais, et ce pour toute la durée de leur conservation au chantier, conformément aux conditions de cure prescrites dans la méthode d'essai CSA A23.2 3C.

Le Directeur se réserve le droit d'effectuer à la fréquence qu'il choisira, des essais de vérification des caractéristiques du béton frais ou durci, sur des échantillons prélevés à sa discrétion au point de livraison.

**Note** : L'Entrepreneur doit prévoir la production d'un (1) échantillon par 50 m<sup>3</sup> de béton projeté et un échantillon par jour par lancier.

#### **8.3.1 TENEUR EN AIR**

Si la teneur en air est en deçà de la limite inférieure, un ajout d'entraîneur d'air et des tours additionnels de la toupie du camion-malaxeur à la vitesse de malaxage sont autorisés afin d'augmenter la teneur en air à un niveau conforme.

La correction de la teneur en air doit être effectuée par un représentant qualifié du Fournisseur. La teneur en air du béton frais doit être vérifiée à nouveau après un ajout de superplastifiant ou d'entraîneur d'air.

#### **8.3.2 AFFAISSEMENT**

Si l'affaissement du béton au point de déchargement excède la limite supérieure prescrite du présent document ou dans le Cahier des charges, le chargement de béton est jugé non conforme et refusé. Cependant, le Directeur peut autoriser des tours additionnels de la toupie du camion-malaxeur à la vitesse d'agitation afin de réduire l'affaissement à un niveau conforme. Si après dix (10) minutes d'agitation, le béton présente toujours un affaissement excédant la limite supérieure prescrite, ce dernier est jugé non conforme et refusé.

Si l'affaissement mesuré est moindre que la limite inférieure prescrite, le Fournisseur peut le corriger en l'augmentant par un ajout de superplastifiant ou, si le Directeur l'autorise, par un ajout d'eau selon les modalités de la norme CSA A23.1.

Lorsqu'un superplastifiant est utilisé en chantier, l'affaissement après l'ajout du superplastifiant ne doit pas excéder la limite supérieure prescrite au présent document sauf si autorisé par le Directeur.

### 8.3.3 TEMPÉRATURE

Si la température du béton immédiatement projeté se situe en dehors des limites prescrites au présent document, le mélange est non conforme et refusé.

### 8.3.4 TENEUR EN FIBRES

La détermination de la teneur en fibres est réalisée conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-16C.

Si la teneur en fibres est inférieure au dosage spécifié dans le Cahier des charges, le mélange est jugé non conforme et refusé.

### 8.3.5 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

La résistance à la compression du béton projeté est jugée conforme si la moyenne de toute série de trois (3) résultats consécutifs à vingt-huit (28) jours est égale ou supérieure à la résistance spécifiée, et si aucun résultat à vingt-huit (28) jours n'est inférieur à la résistance spécifiée moins 3,5 MPa.

En cas de non-conformité des résultats, le Directeur peut à sa discrétion soit refuser le béton en place, soit prescrire des essais additionnels sur le béton en place et exiger, si nécessaire, des corrections convenables aux frais de l'Entrepreneur.

### 8.3.6 RÉSEAU DES BULLES D'AIR

Si le facteur d'espacement des bulles d'air excède les valeurs indiquées au présent document, le béton est jugé non conforme. Le Directeur peut à sa discrétion soit refuser le béton en place, soit prescrire des essais additionnels sur le béton en place et exiger, si nécessaire, des corrections convenables aux frais de l'Entrepreneur.

### 8.3.7 PERMÉABILITÉ AUX IONS CHLORURE

Si la perméabilité aux ions chlorure, lorsque requis, excède la valeur prescrite au présent document, le Directeur peut à sa discrétion soit refuser le béton, soit prescrire des essais additionnels sur le béton en place et exiger des corrections convenables aux frais de l'Entrepreneur.

**8.3.8** ABSORPTION PAR ÉBULLITION ET VOLUME DES VIDES PERMÉABLES

Si l'absorption par ébullition ou le volume des vides perméables excède l'une ou l'autre des valeurs prescrites au présent document le Directeur peut, à sa discrétion, soit refuser le béton, soit prescrire des essais additionnels sur le béton en place et exiger, si nécessaire, des corrections convenables, aux frais de l'Entrepreneur.

9

**CRITÈRES D'ACCEPTATION ET ESSAIS**

Section vide.

10

**DESCRIPTION DES ITEMS DU BORDEREAU**

Section vide.

## 11 ANNEXE

### 11.1 ANNEXE A

Renseignements et documents devant être soumis au Directeur par l'Entrepreneur et par le fournisseur de béton pour examen et agrément.

#### 11.1.1 FORMULE DE BÉTON

La composition de la formule de béton, datée et identifiant le responsable à la centrale de dosage du béton, indiquant les dosages des constituants ainsi que leurs provenances. Le nom du projet auquel le béton est destiné doit clairement être indiqué sur la formule de mélange préparée par le Fournisseur.

L'usage doit être indiqué sur la formule de mélange ou sur les documents afférents.

Les caractéristiques des constituants attestant leur conformité avec les exigences du présent document, en particulier :

- pour le liant : l'analyse chimique incluant la teneur en alcalis et les résultats des essais physiques ne datant pas de plus de quatre-vingt-dix (90) jours;
- pour les granulats : les valeurs des caractéristiques énumérées à l'article 6.1.3 du présent document ne datant pas de plus de trois cent soixante-cinq (365) jours et doivent être en conformité avec le programme de certification BNQ 2621-905;
- pour les adjuvants chimiques et autres produits incorporés au béton : l'attestation que la performance actuelle de chacun d'eux est conforme aux données indiquées dans la documentation technique de leurs Fournisseurs.

Si le mélange est fabriqué en bétonnière mobile, documenter par des résultats antérieurs, obtenus au cours des trois (3) années précédentes, que le dosage de l'entraîneur d'air utilisé permet d'obtenir pour chaque mélange à produire, un réseau de bulles d'air dont le facteur d'espacement est conforme aux prescriptions du présent document.

Au cas où de tels résultats ne seraient pas disponibles ou s'il s'agit d'un nouveau mélange, réaliser de nouveaux essais préalablement à la fourniture du mélange afin de vérifier que le dosage d'entraîneur d'air utilisé permet d'obtenir un réseau de bulles d'air ayant un facteur d'espacement conforme.

Tout changement de produit ou de provenance du liant, des granulats ou des adjuvants nécessite de nouveaux essais.

- Pour le béton durci : pour chaque mélange à produire, les résultats des essais de résistance à la compression, de l'analyse du réseau des bulles d'air, de la perméabilité aux ions chlorure, de l'absorption et du volume des vides perméables. Tous ces résultats ne doivent pas dater de plus de douze (12) mois.

### 11.1.2 FABRICATION DU MÉLANGE DE BÉTON

En centrale à béton : le certificat de conformité selon le programme de certification BNQ 2621-905.

En bétonnière mobile : l'identification des bétonnières, les procédures reliées à la norme ISO 9001, les résultats des contrôles qualitatifs pour chaque mélange à produire, ne datant pas de plus de six (6) mois ou le certificat de conformité selon le programme de certification BNQ 2621-905.

Soumettre au Directeur, pour chaque bétonnière mobile et pour chaque mélange à produire, un certificat d'étalonnage selon la norme ASTM C685 datant de moins de six (6) mois. En cas de modification des proportions des constituants ou de leurs sources d'approvisionnement, soumettre un nouveau certificat d'étalonnage pour chaque bétonnière mobile et pour chaque mélange modifié.