



DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ
INFRASTRUCTURES
DTNI-10F

Béton projeté par voie sèche

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

AVIS	2
AVANT-PROPOS	2
1 OBJET	6
2 DOMAINE D'APPLICATION	7
3 LOIS, RÈGLEMENTS, NORMES ET RÉFÉRENCES	8
4 DÉFINITIONS	10
5 EXIGENCES GÉNÉRALES	11
6 MATÉRIAUX	12
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 Autres ajouts minéraux	15
6.1.6 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
7 EXÉCUTION DES TRAVAUX	20
7.1 FABRICATION DU BÉTON	20
7.1.1 Mélange ensaché en centrale de dosage	20
7.1.2 Mélange produit en bétonnière mobile	20
7.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE MISE EN ŒUVRE	20
7.3 MISE EN PLACE	21
7.3.1 Matériel	21
7.3.2 Exigences de mise en place	21
7.3.3 Lancier	22
7.3.4 Préparation des surfaces	22
7.3.5 Prémouillage du mélange	22
7.3.6 Gestion des rebonds et excédants de projection	22
7.4 CURE DU BÉTON	23
8 PRÉLÈVEMENT DE MATÉRIAUX ET ESSAIS	24
8.1 GÉNÉRALITÉS	24
8.2 PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ	24
8.2.1 Vérification de la teneur en nitrite de calcium (inhibiteur de corrosion)	24
8.2.2 Échantillonnage du mélange avant l'ajout d'eau	25
8.2.3 Vérification de la teneur en eau totale du béton projeté	25
8.2.4 Teneur en air du béton frais	25
8.2.5 Teneur en fibres	25
8.2.6 Température	25
8.2.7 Résistance à la compression	26
8.2.8 Réseau des bulles d'air	26
8.2.9 Perméabilité aux ions chlorure	26
8.2.10 Absorption par ébullition et volume des vides perméables	26
8.2.11 Changement de longueur	26

9	CRITÈRES D'ACCEPTATION ET ESSAIS	27
10	DESCRIPTION DES ITEMS DU BORDEREAU	28
11	ANNEXE	29
11.1	ANNEXE A	29
11.1.1	Formule de béton	29
11.1.2	Centrale de dosage	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats.....	13
Tableau 2 – Fuseau granulométrique.....	14
Tableau 3 – Teneur en liant et rapport eau/liant	16
Tableau 4 – Caractéristiques requises du béton durci.....	18

1 **OBJET**

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

Il incorpore toutes les prescriptions pertinentes applicables de la norme CSA A23.1, Béton : constituants et exécution des travaux, 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 à cette norme, il doit être utilisé conjointement avec cette dernière.

Note :Le béton projeté par voie humide est couvert par le document technique normalisé DTNI-10G.

2

DOMAINE D'APPLICATION

Ce document technique normalisé s'applique au béton projeté par voie sèche destiné à être employé en réfection et en construction dans différents ouvrages 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).

<u>ACI</u>	<u>American Concrete Institute</u>
ACI 223R	Guide for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete
ACI PCR-506R	Guide to Shotcrete
<u>ASTM</u>	<u>ASTM International</u>
ASTM C157M	Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
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 for ASTM Hydrometers
<u>BNQ</u>	<u>Bureau de normalisation du Québec</u>
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)
<u>CSA</u>	<u>Association canadienne de normalisation</u>
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 sèche** : mélange sec ou légèrement préhumidifié versé dans une machine à air comprimé qui est dirigé par un boyau jusqu'à la lance de mouillage. En bout de lance, le mélange est humidifié et 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 et qui contrôle la quantité d'eau 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.

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.

L'utilisation de matériaux granulaires de recyclage (MR) est interdite.

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
Exigences fondamentales ⁽¹⁾				
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 ⁽²⁾	21
A23.2-24A	Perte à l'essai de gel-dégel non confiné	–	9 ⁽²⁾	13 ⁽²⁾
A23.2-16A A23.2-17A	Perte à l'impact et à l'abrasion (Los Angeles)	–	50	50
Exigences alternatives				
A23.2-9A	Perte à l'essai MgSO ₄ ⁽¹⁾	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 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.

6.1.3.3 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 ± 2 % de nitrite de calcium par poids de la solution.

6.1.4.1.2 *Béton projeté à faible retrait*

Les adjuvants réducteurs de retrait doivent satisfaire les exigences de l'article 4.2.4.3 de la norme CSA A23.1, et être de type S (Performance) selon l'ASTM C494/C494M.

Les agents expansifs des compensateurs de retrait doivent être de type K, M, S ou G satisfaisant les exigences du guide ACI 223R.

Lorsqu'un mélange à faible retrait est requis, le retrait après vingt-huit (28) jours de séchage (l'âge du béton est de trente-cinq [35] jours) doit être d'au plus 0,040 % lorsqu'établit selon CSA A23.2-21C pour des prismes découpés entre trois (3) et cinq (5) jours après la projection et dont la section transversale est de 100 par 100 mm.

6.1.5 AUTRES AJOUTS MINÉRAUX

L'incorporation d'un ajout minéral lors de la fabrication du béton est interdite sans l'autorisation du Directeur.

6.1.6 FIBRES

6.1.6.1 Fibres synthétiques

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.

6.1.6.2 Fibres d'acier

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 structurales 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 et à celles contenues dans le Cahier des charges.

6.2.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON FRAIS

6.2.2.1 Teneur en liant et rapport eau/liant

Tableau 3 – Teneur en liant et rapport eau/liant

Dosage maximal en liant, kg/m³	
Ciment hydraulique composé de type GUb-SF, GUb-S/SF ou ciment portland de type GU avec ajout de fumée de silice	450
Ou	
Ciment hydraulique de type GU ou GUL, pour le béton de classe d'exposition F-1	490
Rapport eau/liant, max.	
Ciment hydraulique composé de type GUb-SF, GUb-S/SF ou ciment portland de type GU avec ajout de fumée de silice	0,45
Ciment hydraulique de type GU ou GUL	0,45

6.2.2.2 Teneur en air

L'introduction d'un dosage d'un adjuvant entraîneur afin de satisfaire les exigences du présent document est obligatoire, quel que soit l'usage et la classe d'exposition du béton projeté.

La teneur en air au point de projection doit se situer à l'intérieur de la plage de 3,5 à 7,0 %. Elle est mesurée conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-4C, sauf pour le remplissage de récipient qui doit être réalisé en projetant le béton dans celui-ci.

6.2.2.3 Inhibiteur de corrosion

Lorsqu'un inhibiteur de corrosion est utilisé, l'incorporer au béton à raison de 20 litres de solution par mètre cube de béton, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

6.2.2.4 Fibres

Utiliser la microfibre synthétique du présent document au dosage de 0,9 kg/m³.

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.

6.2.2.5 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.

6.2.3 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 4, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

Tableau 4 – 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. ⁽¹⁾</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, A-1 et N</p> <p>30 MPa, classe d'exposition F-1</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). ⁽²⁾</p>	<p>La moyenne des valeurs des facteurs d'espacement (\bar{L}) doit être égale ou inférieure à 300 µm et aucune valeur individuelle ne doit excéder 320 µm pour les 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 contenant de la fumée de silice</u></p> <p>Essai effectué selon la méthode d'essai CSA A23.2-23C ⁽³⁾ ou A23.2-26C.</p>	<p>Max. : 1 500 coulombs à 91 jours, 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, classe d'exposition C-1 et A-1.</p> <p>Et</p> <p>Volume des vides perméables : Max. 17 % à 28 jours, classe d'exposition C-1 et A-1.</p>
<p><u>Changement de longueur</u></p> <p>Essai effectué selon la méthode d'essai CSA A23.2-21C ou ASTM C157M sur des prismes découpés de section transversale de 100 mm par 100 mm.</p>	<p>La moyenne des trois (3) éprouvettes doit être égale ou inférieure à 0,040 % après 28 jours de séchage (à l'âge de 35 jours) pour le béton d'une classe d'exposition F-1 d'un parc de planches à roulettes, d'une sculpture ou d'un circuit récréatif de navigation (tubes, canot, etc.).</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'élanement (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 doit être 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. 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**

Le mélange peut être produit soit en centrale par dosage pondéral et ensachage des constituants à l'état sec, soit sur le site en bétonnière mobile par dosage volumétrique des constituants.

7.1.1 **MÉLANGE ENSACHÉ EN CENTRALE DE DOSAGE**

La centrale de dosage du Fournisseur doit détenir un certificat de conformité à la norme ISO 9001.

Les mélanges ensachés doivent être homogènes et contenir tous les constituants requis, car aucun ajout subséquent autre que l'eau de projection et l'inhibiteur de corrosion n'est autorisé au chantier. Les sacs doivent porter au moins les informations suivantes : l'identification du Fournisseur, la date d'ensachage, le numéro du lot de fabrication, le type de ciment et la masse du contenu. Les informations doivent aussi indiquer si le mélange comporte des fibres. La masse effective du contenu ne doit pas varier de plus de 2 % de la masse indiquée sur le sac. Le mélange peut être livré en petits sacs de 30 kg ou moins, ou en gros sacs de 1 000 kg ou plus. Les sacs doivent être protégés en tout temps contre l'humidité et les intempéries, et entreposés à une température entre 5 °C et 30 °C.

7.1.2 **MÉLANGE PRODUIT EN BÉTONNIÈRE MOBILE**

Le Fournisseur doit détenir un certificat de conformité à la norme ISO 9001. Il doit également démontrer une maîtrise du procédé et un suivi technique comme stipulé à la norme BNQ 2621-905. La certification doit être maintenue durant toute la période de production du béton projeté.

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.

Note : Une certification telle que celle délivrée par le Bureau de normalisation du Québec conformément au programme de certification BNQ 2621-905 est acceptée.

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'avéreraient 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 MISE EN PLACE

7.3.1 MATÉRIEL

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

7.3.2 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.

7.3.3 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.

7.3.4 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.

7.3.5 PRÉMOUILLAGE DU MÉLANGE

Prémouiller le mélange sec à une teneur en eau comprise entre 3 et 5 % de la masse sèche du mélange avant de l'introduire dans la machine à projeter. Le délai entre le prémouillage et la projection ne doit pas excéder 45 minutes.

Le prémouillage avec une solution d'eau et d'accélérateur de prise ou d'inhibiteur de corrosion est proscrit. Le cas échéant, on doit utiliser un anneau de mouillage de type « Hydromix Nozzle » soit un anneau de mouillage sur une lance allongée. La distance entre l'anneau de mouillage et la buse doit être entre 1 et 3 m.

7.3.6 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.

7.4 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 vingt et un (21) 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 PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ

Le Directeur se réserve le droit de prélever à sa discrétion des échantillons des constituants ou du mélange, à la centrale de dosage et d'ensachage 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 le mélange.

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 durci sur des éprouvettes prélevées d'échantillons confectionnés par l'Entrepreneur. S'il le juge nécessaire, le Directeur peut également vérifier les caractéristiques du béton durci sur des carottes prélevées du béton de l'ouvrage.

8.2.1 VÉRIFICATION DE LA TENEUR EN NITRITE DE CALCIUM (INHIBITEUR DE CORROSION)

La teneur en nitrite de calcium dans la solution concentrée d'inhibiteur de corrosion est déterminée sur un échantillon de solution d'environ 1 litre, prélevé par lot de 1 000 litres ou par lot de 50 contenants de 20 litres.

Le taux de dilution de la solution concentrée d'inhibiteur de corrosion dans l'eau de gâchage est déterminé sur un échantillon d'eau de gâchage d'environ 1 litre prélevé par réservoir d'eau de gâchage.

L'échantillon est conservé dans un réfrigérateur jusqu'au moment des essais. Le dosage de l'inhibiteur est déterminé par gravimétrie après évaporation du liquide à 105 °C, jusqu'à poids constant. Un volume de 200 ml est utilisé pour les essais. Un hydromètre conforme à la norme ASTM E100 est utilisé pour établir le rapport entre la masse de l'échantillon et le volume utilisé pour l'essai.

8.2.2 ÉCHANTILLONNAGE DU MÉLANGE AVANT L'AJOUT D'EAU

La cadence d'échantillonnage du mélange sec est de l'ordre d'un (1) échantillon par 10 m³ de béton projeté mis en place.

Si le mélange est livré en sacs de 30 kg ou moins, l'échantillon consiste en un (1) sac prélevé au hasard de chaque 750 sacs.

Si le mélange est livré en gros sacs de 1 000 kg ou plus, l'échantillon consiste en trois (3) prélèvements d'environ 12 kg pris à intervalles plus ou moins égaux durant le déchargement du contenu d'un (1) sac sur vingt (20). Les prélèvements ne sont faits ni des premiers ni des derniers 10 % du déchargement d'un sac.

Si le mélange est fabriqué en bétonnière mobile, l'échantillon consiste en deux (2) prélèvements d'environ 18 kg pris à intervalles plus ou moins égaux durant le déchargement d'une (1) livraison sur trois (3) de la même unité mobile. Les prélèvements ne sont faits ni des premiers ni des derniers 10 % du déchargement.

Les prélèvements sont recombinaés puis réduits selon les méthodes usuelles normalisées, à une masse d'essai d'environ 10 kg, et tamisés après l'élimination par lavage du passant au tamis 80 µm en conformité avec la méthode d'essai CSA A23.2-2A, afin de déterminer la courbe granulométrique des granulats.

Note : Une granulométrie est réalisée lors de la première semaine des travaux et, par la suite, à la demande du Directeur ou à la suite de résultats de résistance à la compression faibles ou non conformes.

Les sacs déchirés, contenant des mottes, des matériaux hydratés ou ayant une masse variant de plus de 2 % de la masse indiquée sur les sacs sont refusés.

8.2.3 VÉRIFICATION DE LA TENEUR EN EAU TOTALE DU BÉTON PROJETÉ

La teneur en eau totale d'un mélange est vérifiée au chantier à la suite du prélèvement d'un échantillon. Celle-ci est déterminée conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-18C.

8.2.4 TENEUR EN AIR DU BÉTON FRAIS

Si la teneur en air du béton immédiatement projeté est en dehors de la plage prescrite du présent document, le mélange est jugé non conforme et refusé.

8.2.5 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 prescrit du présent document ou spécifié dans le Cahier des charges, le mélange est jugé non conforme et refusé.

8.2.6 TEMPÉRATURE

Si la température du béton immédiatement projeté est en dehors des limites prescrites du présent document ou dans le Cahier des charges, le mélange est jugé non conforme et refusé.

8.2.7 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.

8.2.8 RÉSEAU DES BULLES D'AIR

Si le réseau des bulles d'air ne se conforme pas aux exigences du présent document, le Directeur peut à sa discrétion soit refuser le béton, soit exiger des corrections appropriées aux frais de l'Entrepreneur.

8.2.9 PERMÉABILITÉ AUX IONS CHLORURE

Si la perméabilité aux ions chlorure ne se conforme pas aux exigences du tableau 2 de la norme CSA A23.1, le Directeur peut à sa discrétion, soit refuser le béton, soit prescrire des essais additionnels sur le béton en place et exiger des corrections appropriées aux frais de l'Entrepreneur.

8.2.10 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.

8.2.11 CHANGEMENT DE LONGUEUR

Le retrait de séchage est une exigence requise et préalable pour l'approbation d'une formulation. Il n'est pas un critère de conformité de l'ouvrage. Il ne peut pas être réalisé en cours des travaux.

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 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 ou avec la norme CSA A23.1, selon le cas;
- 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 et si requis de l'analyse du réseau des bulles d'air, de la perméabilité aux ions chlorure, de l'absorption, du volume des vides perméables et du retrait au séchage. Tous ces résultats ne doivent pas dater de plus de douze (12) mois.

11.1.2 CENTRALE DE DOSAGE

En centrale de dosage du béton et d'ensachage : l'identification de l'usine, le certificat de conformité à la norme ISO 9001 et les certificats d'étalonnage des balances, ainsi que la taille des sacs.

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 douze (12) 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.