



DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ
INFRASTRUCTURES
DTNI-10G

Béton projeté par voie humide

Date d'émission : 4 octobre 2021

Modificatif n°	Date	Description	Préparé par
-	-	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 du présent document technique normalisé est invité à faire part de ses commentaires en les envoyant à l'adresse courriel comiterevision@montreal.ca.

AVANT-PROPOS

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

Paul-Francis Jacques, DI, SIRR	Pierre Lacroix, DI, SIRR
--------------------------------	--------------------------

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	3
LISTE DES TABLEAUX	5
1 OBJET.....	6
2 NORMES ET RÉFÉRENCES.....	7
3 DÉFINITIONS.....	8
4 CONSTITUANTS.....	9
4.1 GÉNÉRALITÉS	9
4.2 LIANTS.....	9
4.2.1 Liants utilisés dans le béton	9
4.3 GRANULATS	9
4.3.1 Caractéristiques des granulats.....	9
4.3.2 Gros granulat granitique.....	11
4.3.3 Fuseau granulométrique	11
4.3.4 Réactivité alcalis-granulats ou autres réactions.....	11
4.4 ADJUVANTS	11
4.4.1 Adjuvants chimiques	11
4.4.1.1 Inhibiteur de corrosion	12
4.4.1.2 Agents réducteurs de retrait	12
4.4.1.3 Agents compensateurs de retrait.....	12
4.5 FIBRES	12
5 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON.....	14
5.1 GÉNÉRALITÉS	14
5.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON FRAIS	14
5.2.1 Teneur en liant et rapport eau/liant	14
5.2.2 Teneur en air	14
5.2.3 Affaissement.....	14
5.2.4 Inhibiteur de corrosion.....	14
5.2.5 Réducteur de retrait et compensateur de retrait	14
5.2.6 Température.....	14
5.2.7 Fibres	15
5.3 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DURCI.....	15
5.3.1 Généralité.....	15
5.3.2 Confection et conservation des échantillons.....	15
5.3.3 Caractéristiques requises.....	16
6 FABRICATION, TRANSPORT ET CURE.....	18
6.1 FABRICATION DU BÉTON	18
6.1.1 Béton produit en bétonnière mobile	18
6.2 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON.....	18
6.3 MISE EN PLACE.....	18
6.3.1 Matériel.....	18
6.3.2 Lancier.....	18
6.4 CURE DU BÉTON.....	18
7 CONTÔLE QUALITATIF ET CONFORMITÉ.....	20
7.1 GÉNÉRALITÉS	20
7.2 DÉLAIS DE LIVRAISON	20

7.3	PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ	20
7.3.1	Teneur en air	20
7.3.2	Affaissement.....	20
7.3.3	Température	21
7.3.4	Teneur en fibres	21
7.3.5	Résistance à la compression	21
7.3.6	Réseau des bulles d'air	21
7.3.7	Perméabilité aux ions chlorure.....	21
7.3.8	Absorption par ébullition et volume des vides perméables.....	22
8	ANNEXES	23
8.1	ANNEXE A	23
8.1.1	Formule de béton	23
8.1.2	Fabrication du mélange de béton.....	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats	10
Tableau 2 – Fuseau granulométrique	11
Tableau 3 – Caractéristiques requises du béton durci	16

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/ Méthodes 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 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/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton).

<u>ACI</u>	<u>American Concrete Institute</u>
ACI 506R	Guide to Shotcrete
ACI 223R-10	Guide for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete
<u>ASTM</u>	<u>ASTM International</u>
ASTM C309	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
ASTM C685	Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing
ASTM C1436	Standard Specification for Materials for Shotcrete
ASTM E100	Standard Specification 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
<u>MTQ</u>	<u>Ministère des Transports du Québec</u>
	<u>Laboratoire des chaussées - Méthodes d'essai</u>
LC 21-100	Détermination du pourcentage de particules fracturées du gros granulat
	<u>Normes</u>
3501	Matériaux de cure

3 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. :

De plus, chacune des définitions présentes au Cahier des clauses administratives générales (CCAG) est applicable au présent document technique.

4 **CONSTITUANTS**

4.1 **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.

4.2 **LIANTS**

4.2.1 **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.

4.3 **GRANULATS**

4.3.1 **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 no 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	–	25	25
	Particules allongées	–	45	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 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.

4.3.2 GROS GRANULAT GRANITIQUE

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

4.3.3 FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE

Le granulats 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 granulats combiné doit se situer à l'intérieur du fuseau granulométrique détaillé au Tableau no 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.

4.3.4 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).

4.4 **ADJUVANTS**

4.4.1 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.

4.4.1.1 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.

4.4.1.2 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).

4.4.1.3 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 et au guide ACI 223R. Les produits suivants sont acceptés par le Directeur :

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

4.5 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

La masse, la dimension et le type de fibre doivent être indiqués sur chaque emballage.

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.

5 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON

5.1 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.

5.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON FRAIS

5.2.1 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 au égal à 0,40.

5.2.2 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.

5.2.3 AFFAISSEMENT

L'affaissement du béton avant projection, mesuré selon la méthode d'essai CSA A23.2-5C, doit être de 100 ± 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.

5.2.4 INHIBITEUR DE CORROSION

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

5.2.5 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/m³ 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.

5.2.6 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.

5.2.7 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 si demandés au Cahier des charges.

5.3 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DURCI

5.3.1 GÉNÉRALITÉ

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).

5.3.2 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 d'au moins 125 mm.

Humecter les moules et les maintenir fermement à une inclinaison telle que le mélange puisse être projeté perpendiculairement au fond du moule, d'une distance de $1 \pm 0,1$ 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 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durant les premières 20 à 28 heures. Les soumettre ensuite à une cure humide en laboratoire à une température de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Note : Un pénétromètre de poche muni d'un embout modifié d'environ 9 mm de diamètre pourra être utilisé pour comparer la consistance du béton dans les moules d'échantillonnage avec celle du béton des travaux de projection.

Entre l'âge de 3 et 5 jours, les spécimens servant à la vérification des caractéristiques du béton durci sont prélevés par carottage perpendiculairement à la surface des échantillons sur toute leur épaisseur, et conservés à une température de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dans de l'eau saturée de chaux, jusqu'au moment des essais.

5.3.3 CARACTÉRISTIQUES REQUISES

Les caractéristiques requises du béton durci sont indiquées au Tableau no 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 quatre carottes de 75 mm de diamètre prélevées dans le même échantillon. ⁽¹⁾</p> <p>Exemple : Deux carottes sont mises à l'essai à l'âge de 7 jours, à titre indicatif, et les deux autres à 28 jours.</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 8.13.3.3 de la norme CSA A23.1). ⁽²⁾</p>	<p>La moyenne des valeurs des facteurs d'espacement (\bar{L}) doit être égal ou inférieure à 300 µm et aucune valeur individuelle ne doit excéder 320 µm. 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. ⁽³⁾</p>	<p>Max. : 1500 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'essais CSA-A23.2-11C sur trois 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 carottes.</p>	<p>Absorption par ébullition : Max. 8 % à 28 jours.</p> <p>et</p> <p>Volume des vides perméables : Max. 15 % 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 deux 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.

6 FABRICATION, TRANSPORT ET CURE

6.1 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.

6.1.1 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.

6.2 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON

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

6.3 MISE EN PLACE

6.3.1 MATÉRIEL

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

6.3.2 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.

6.4 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 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 tout 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.

7 CONTÔLE QUALITATIF ET CONFORMITÉ

7.1 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 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.

7.2 DÉLAIS DE LIVRAISON

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

7.3 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, 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 vérifications 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 échantillon par 50 m³ de béton projeté et un échantillon par jour par lancier.

7.3.1 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.

7.3.2 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 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.

7.3.3 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.

7.3.4 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.

7.3.5 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

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

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.

7.3.6 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.

7.3.7 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.

7.3.8 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.

8 ANNEXES

8.1 ANNEXE A

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

8.1.1 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 d'essais physiques, ne datant pas de plus de 90 jours.
- Pour les granulats: les valeurs des caractéristiques énumérées à l'article 4.2 du présent document, ne doivent pas dater de plus de 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 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 de l'article 5.3.2 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.

8.1.2 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 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 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.