



DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ  
INFRASTRUCTURES  
DTNI-10H

**Béton haute performance (BPH)**

Date d'émission : 12 Aout 2024

Modificatif n°	Date	Description	Préparé par
-	-		-

### **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](mailto:comiterevision@montreal.ca).

### **AVANT-PROPOS**

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

Sacha Dumeignil, DRPIU, SIRR	Paul-Francis Jacques, 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>5</b>
<b>2 NORMES ET RÉFÉRENCES</b> .....	<b>6</b>
<b>3 DÉFINITIONS</b> .....	<b>7</b>
<b>4 CONSTITUANTS</b> .....	<b>8</b>
4.1 GÉNÉRALITÉS .....	8
4.2 LIANTS .....	8
4.2.1 Liants utilisés dans le béton .....	8
4.3 GRANULATS .....	8
4.3.1 Caractéristiques des granulats.....	8
4.3.2 Réactivité alcalis-granulats ou autres réactions.....	9
4.4 ADJUVANTS .....	10
4.4.1 Adjuvants chimiques .....	10
4.4.1.1 Inhibiteur de corrosion .....	10
4.4.1.2 Agents réducteurs de retrait .....	10
4.4.1.3 Agents compensateurs de retrait.....	10
4.5 AUTRES AJOUTS MINÉRAUX .....	10
4.6 FIBRES .....	11
<b>5 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON</b> .....	<b>12</b>
5.1 GÉNÉRALITÉS .....	12
5.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON FRAIS .....	12
5.2.1 Teneur en liant et rapport eau/liant .....	12
5.2.2 Dimension nominale maximale du gros granulat .....	12
5.2.3 Teneur en air .....	12
5.2.4 Affaissement.....	12
5.2.5 Inhibiteur de corrosion.....	13
5.2.6 Réducteur de retrait et compensateur de retrait .....	13
5.2.7 Température .....	13
5.2.8 Masse volumique .....	13
5.3 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DURCI.....	13
5.3.1 Réseau des bulles d'air .....	13
5.3.2 Résistance à la compression .....	13
5.3.3 Perméabilité aux ions chlorures .....	14
5.3.4 Résistance à l'écaillage.....	14
<b>6 FABRICATION, TRANSPORT ET CURE</b> .....	<b>15</b>
6.1 FABRICATION DU BÉTON .....	15
6.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE MISE EN ŒUVRE .....	15
6.3 LIVRAISON .....	16
6.4 DÉLAI DE LIVRAISON.....	16
6.5 MANUTENTION DU BÉTON .....	16
6.6 BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD DES ÉLÉMENTS EXTÉRIEURS .....	17
6.6.1 éléments plats à surfaces non banchées.....	17
6.6.2 éléments banchés .....	17
6.6.3 Protection contre le dessèchement des surfaces exposées.....	17

6.7	CURE DU BÉTON.....	18
6.7.1	Cure des surfaces non banchées des éléments plats .....	18
6.7.2	Cure des éléments banchés .....	18
6.8	FINITION .....	19
6.8.1	Profil des surfaces non banchées des éléments plats .....	19
6.8.2	Relief des surfaces.....	19
6.8.3	Procédure pour la finition des dalles d'ouvrages d'art .....	19
<b>7</b>	<b>CONTRÔLE QUALITATIF ET CONFORMITÉ .....</b>	<b>21</b>
7.1	GÉNÉRALITÉS .....	21
7.2	DÉLAIS DE LIVRAISON .....	21
7.3	PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ .....	21
7.3.1	Teneur en air .....	21
7.3.2	Affaissement.....	22
7.3.3	Température.....	22
7.3.4	masse volumique .....	22
7.3.5	Résistance à la compression .....	22
7.3.6	Réseau des bulles d'air.....	23
7.3.7	Perméabilité aux ions chlorure.....	23
7.3.8	Résistance à l'écaillage.....	23
<b>8</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>24</b>
8.1	ANNEXE A .....	24
8.1.1	Formule de béton .....	24
8.1.2	Centrale de dosage .....	24

## Liste de tableaux

Tableau 1 - Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats .....	9
---	---

## 1 **OBJET**

Le présent document technique normalisé, incluant l'annexe A, s'applique au béton à haute performance destiné à être employé dans différents ouvrages en béton pour la Ville de Montréal. Les caractéristiques du béton haute performances peuvent, entres autres, être déterminés par une résistance à la compression à 28 ou 56 jours de 55 MPa ou plus, une durabilité supérieure ou un module élastique plus élevé qu'un béton conventionnel. Il concerne le béton prêt à l'emploi et le béton fabriqué dans une centrale de dosage intégrée à une usine de préfabrication. Il traite des constituants, de la formulation du mélange, des caractéristiques du béton frais et durci, de la fabrication, de la livraison, ainsi que 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 et les annexes, 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.

Les prescriptions applicables aux éléments de béton préfabriqués doivent suivre la norme CSA A23.4 – Béton préfabriqués – Constituants et exécution. Les usines produisant ces éléments doivent détenir la certification selon le protocole BNQ 2624-940 ou selon le protocole CPCQA – Produits de béton préfabriqués architecturaux et structuraux

Note : Le béton à haute performance est souvent employé dans des ouvrages particuliers de la Ville de Montréal tel que les pataugeoires, patinoires, ponts, tunnels et bâtiments nécessitant une performance améliorée. Des essais distincts en laboratoire et in situ sont généralement requis afin de valider les exigences de performance.

## 2 NORMES ET RÉFÉRENCES

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).

Lorsque le présent document réfère à une norme ou à une référence, la plus récente édition en vigueur en date de la signature de l'Appel d'offres est applicable.

<u>ACI</u>	<u>American Concrete Institute</u>
ACI 223R	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 C494	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
ASTM C1074	Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method
<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-F09)
<u>CSA</u>	<u>Association canadienne de normalisation</u>
CSA A23.4	Béton préfabriqué – Constituants et exécution des travaux
CSA A3000	Compendium des matériaux liants
CSA A3001	Liants utilisés dans le béton
CSA A3004-B7	Méthodes d'essai et méthodes normalisées pour les liants utilisés dans le béton et la maçonnerie
<u>MTQ</u>	<u>Ministère des Transports du Québec</u>
<u>LC</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:

- **Adjuvant** : Matériau utilisé comme constituant du béton (qui diffère de l'eau, les granulats, les liants et les fibres), afin de modifier les caractéristiques du béton à l'état frais ou durci.
- **Béton à haute performance** : Béton dont les caractéristiques sont déterminées par une résistance à la compression à 28 ou 56 jours de 55 MPa ou plus, ou faisant l'objet d'exigences spéciales en matière de performance ou de constituants.
- **Granulat** : Matériau d'origine minérale sans cohésion formé d'un ensemble de particules de dimensions variables;
- **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 le Directeur pour le représenter.

De plus, chacune des définitions présentes au Cahier des Clauses Administratives Générales (CCAG) est applicable au présent document technique normalisé.

## **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.

Aucun changement de liant n'est accepté en cours de projets et entre le 15 octobre et le 31 mars de l'année suivante.

Si le Cahier des charges spécifie du ciment hydraulique à faible ou moyenne chaleur d'hydratation à 3 jours, déterminée selon la méthode d'essai CSA A3004-B8 des normes du compendium CSA A3000, celle-ci ne doit pas excéder respectivement 230 kJ/kg et 265 kJ/kg.

Les liants utilisés dans la formulation du BHP doivent être composés d'ajouts cimentaires conforme à la norme CSA A3000.

### **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 granulats doivent provenir de roc de carrière concassé ou du concassage des fractions grossières de produits de sablières ou gravières. La fragmentation du gros granulats doit être d'au moins 90 % lorsqu'évaluée suivant la méthode d'essai LC 21-100.

Le gros granulats pour le BHP doit obligatoirement être un granulats granitique.

Le granulats fin et le gros 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
<b>Exigences fondamentales <sup>(1)</sup></b>			
A23.2-3A	Mottes d'argile	1,0	0,3
A23.2-4A	Constituants granulaires de faible densité	0,5	0,5
A23.2-5A	Particules fines passant le tamis de 80 µm	3,0	1,0
A23.2-13A (Procédure B)	Particules plates	–	25
	Particules allongées	–	45
	Particules allongées pour tablier de ponts	–	40
A23.2-23A A23.2-29A	Perte à l'essai micro-Deval	20	17
A23.2-24A	Perte à l'essai de gel-dégel non confiné	–	9
A23.2-16A A23.2-17A	Perte à l'impact et à l'abrasion (Los Angeles)	–	50
	Pour les chaussées et traverses piétonnières	–	35
<b>Exigences alternatives</b>			
A23.2-9A	Perte à l'essai MgSO <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	16	12

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

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

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

Lorsqu'un granulat granitique est spécifié dans les documents contractuels, il doit être produit à partir de roches suivantes : granite, syénite, gneiss, gabbro ou anorthosite.

#### 4.3.2 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 d'un retardateur d'évaporation 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  $30 \pm 2$  % 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).

#### 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)
- CONEX NF (Adjuvant Euclid Canada)
- EXPANCRETE (Mapei)

## 4.5 AUTRES AJOUTS MINÉRAUX

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

**4.6 FIBRES**

Si le Cahier des charges prescrit l'incorporation de fibres d'acier ou de fibres synthétiques, celles-ci doivent être conformes aux exigences de l'article 4.2.5 de la norme CSA A23.1. La masse, la dimension et le type de fibre doivent être indiqués sur chaque emballage.

## **5 CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON**

### **5.1 GÉNÉRALITÉS**

Le Fournisseur est responsable de la formulation du mélange. L'Entrepreneur et le Fournisseur doivent satisfaire aux exigences décrites dans la variante 1 du tableau 5 de la norme CSA A23.1.

Le point de livraison est considéré comme étant l'endroit où le béton est déposé à son emplacement final dans l'ouvrage (le point de mise en place). Toutefois, le Directeur se réserve le droit, selon les circonstances, de désigner un autre endroit.

### **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.

#### **5.2.2 DIMENSION NOMINALE MAXIMALE DU GROS GRANULAT**

Utiliser un gros granulats de dimension nominale maximale de 20, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

#### **5.2.3 TENEUR EN AIR**

La teneur en air du béton au point de mise en place doit se situer à l'intérieur de la plage prescrite au tableau 4 de la norme CSA A23.1, pour la classe d'exposition spécifiée.

Note : Le transport du béton dans la conduite d'une pompe provoque des incidences sur l'affaissement, la teneur en air ainsi que le réseau des bulles d'air, dépendant principalement de la longueur, du diamètre et de la configuration de la ligne de pompage, de la température ambiante, ainsi que du modèle et de la condition de la pompe.

L'utilisation d'un dosage minimum d'agent entraîneur d'air ou d'un agent de viscosité est requise pour tous les BHP afin de minimiser l'air entrappé dans le mélange. La teneur en air doit être d'au plus 3,0 % pour les bétons non soumis à des cycles de gel et de dégel.

Des essais de mélange en laboratoire, suivis de gâchées d'essais doivent avoir été effectués pour démontrer que les matériaux, la formulation et les séquences de malaxage permettent de produire un béton répondant aux exigences du Cahier des charges et conformément à l'article 8.5.4 de la norme CSA A23.1. Ces essais doivent datés de moins de 3 ans et avoir été obtenus avec les mêmes adjuvants et liants.

#### **5.2.4 AFFAISSEMENT**

Formuler le béton pour un affaissement de  $180 \pm 30$  mm au point de mise en place.

Note : La formulation du béton doit tenir compte que celui-ci peut subir une perte d'affaissement au cours de son transport dans la conduite d'une pompe, dépendant principalement de la

longueur, du diamètre et de la configuration de la ligne de pompage, de la température ambiante, ainsi que du modèle et de la condition de la pompe.

#### 5.2.5 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.

#### 5.2.6 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 (Conex et Expancrete) et 3,9 % de la masse du liant (Conex NF) sauf si une exigence de contrôle du retrait est spécifiée dans le Cahier des charges.

#### 5.2.7 TEMPÉRATURE

La température du béton au point de déchargement doit se situer entre 5 et 22°C si la plus petite dimension de l'élément est inférieure à 750 mm, ou entre 5 et 20°C si la plus petite dimension de l'élément est supérieure à 750 mm.

La température maximale atteinte pendant l'hydratation doit être limitée à 70°C lorsque déterminée selon les recommandations de l'annexe T de la norme CSA A23.1.

#### 5.2.8 MASSE VOLUMIQUE

Le Fournisseur doit indiquer dans sa formule de mélange la masse volumique théorique du béton, ainsi que la teneur en air à partir de laquelle elle a été calculée.

### 5.3 **CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DURCI**

#### 5.3.1 RÉSEAU DES BULLES D'AIR

Le réseau de bulle d'air du béton haute performance doit satisfaire les exigences de l'article 4.3.3.3 de la norme CSA A23.1, sauf si autrement spécifié au cahier des charges.

Dans le cas d'un béton dont le rapport eau/liants est d'au plus 0,36, le facteur d'espacement moyen ne doit pas dépasser 250 µm sans qu'aucune seule valeur ne soit supérieure à 300 µm pour le béton haute performance selon CSA A23.1.

#### 5.3.2 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

La résistance à la compression minimale exigée à 28 jours ou 56 jours doit être conforme aux exigences stipulées dans le Cahier des charges.

Le béton doit avoir une résistance minimale à la compression à 24 heures de 10 MPa, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

### 5.3.3 PERMÉABILITÉ AUX IONS CHLORURES

La perméabilité aux ions chlorure doit être inférieure à 1000 coulombs dans l'espace de 91 jours pour le béton d'une classe d'exposition C-XL selon CSA A23.1, sauf si une limite inférieure est spécifiée dans le Cahier des charges. Dans un tel cas, l'exigence du Cahier des charges prime.

### 5.3.4 RÉSISTANCE À L'ÉCAILLAGE

La masse des débris détachés de la surface exposée à la solution saline après 56 cycles de gel-dégel effectués selon la méthode d'essai décrite à l'annexe B de la norme BNQ 2621-905, du béton ne doit pas excéder 500 g/m<sup>2</sup>. L'exigence est applicable sur les bétons étant non-revêtu.

## **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.

La centrale de dosage doit être équipée d'un malaxeur stationnaire pour le malaxage du béton.

Dans le cas où le béton est fabriqué dans une centrale de dosage intégrée à une usine de préfabrication, ou si le béton est mis en place en usine, celle-ci doit détenir un certificat de conformité en vigueur selon la norme CSA A23.4. L'usine produisant les éléments doit détenir une attestation selon le protocole de certification BNQ 2624-940 ou selon le protocole CPCQA – Produits de béton préfabriqués architecturaux et structuraux

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, le même équipement de malaxage et la même séquence de malaxage.

Les provenances des constituants ne doivent pas être changées, sans l'autorisation du Directeur.

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

L'Entrepreneur doit réaliser une épreuve de convenance pour tout béton pompé. Elle est requise, pour l'éventualité où l'échantillonnage du béton à un autre endroit que l'extrémité de la pompe soit permis lors du contrôle qualitatif.

L'épreuve consiste à bétonner un élément de l'ouvrage dont les exigences de conception sont moindres mais 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 bétonnage;
- type, marque et caractéristiques de la pompe;
- longueur et configuration de la ligne de pompage;
- affaissement, teneur en air;
- finition et cure.

Elle permet d'évaluer les incidences sur l'affaissement et la teneur en air que le béton peut subir au cours de son transport dans la conduite de la pompe. Lors de la réalisation de l'ouvrage, le Directeur pourra, en tenant compte de ces incidences, effectuer la vérification de la conformité de l'affaissement et de la teneur en air au point de déversement du béton dans la benne de la pompe. Il se réserve toutefois le droit de vérifier leur conformité à nouveau à l'endroit où le béton est déposé à son emplacement final dans l'ouvrage.

Les mesures de température et les prélèvements des échantillons de béton pour la confection des éprouvettes servant à la vérification de la résistance à la compression, à l'analyse du réseau des bulles d'air, à la détermination de la perméabilité aux ions chlorure et à la résistance à l'écaillage, suivant les cas, seront effectués à la discrétion du Directeur, à l'endroit où le béton est déposé à son emplacement final dans l'ouvrage.

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.

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 modifiées lors de la réalisation de l'ouvrage, le Directeur pourra exiger la réalisation d'une nouvelle épreuve de convenance.

L'ajout d'agent entraîneur d'air en chantier lors de l'essai de convenance est proscrit.

### **6.3 LIVRAISON**

Livrer le béton au site des travaux par camions-malaxeurs seulement.

### **6.4 DÉLAI DE LIVRAISON**

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

Si la mise en place se fait par pompage, rebuter tout béton ayant séjourné plus de 15 minutes dans la conduite de la pompe.

Les dérogations au délai maximal doivent, le cas échéant, être autorisées par le Directeur préalablement à la mise en place du béton. Si le Directeur l'autorise, il est possible d'utiliser, dans certains cas, des retardateurs de prise ou des stabilisateurs d'hydratation afin de permettre la prolongation du temps de déchargement.

### **6.5 MANUTENTION DU BÉTON**

Soumettre la configuration de la ligne de pompage à l'agrément du Directeur préalablement au démarrage des travaux. Maintenir la conduite de la pompe toujours pleine de béton durant le pompage. L'extrémité de la ligne de pompage doit être munie d'un réducteur de section. La

distance de chute libre verticale du béton à la sortie de la conduite de la pompe ne doit pas excéder 1,5 m.

## 6.6 BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD DES ÉLÉMENTS EXTÉRIEURS

La température des surfaces avec lesquelles le béton frais vient en contact (béton existant, coffrages, acier d'armature) doit être inférieure à 35 °C au moment du bétonnage.

L'entrepreneur doit prévoir utiliser de la glace, en remplacement d'une partie de l'eau de gâchage, ou refroidir un ou des constituants du béton, par temps chauds pour satisfaire les exigences concernant la température maximale à la mise en place. Aucune rémunération additionnelle n'est prévue par temps chauds pour le refroidissement du béton sauf si autrement écrits dans le Cahier des charges.

### 6.6.1 ÉLÉMENTS PLATS À SURFACES NON BANCHÉES

S'il est prévu que la température ambiante à l'emplacement du bétonnage durant le jour excédera 20°C, ne bétonner que durant la soirée et la nuit. La mise en place du béton peut cependant débuter une heure avant le coucher du soleil et la finition doit se terminer au plus tard une heure après le lever du soleil.

### 6.6.2 ÉLÉMENTS BANCHÉS

S'il est prévu que la température ambiante à l'emplacement du bétonnage durant le jour excédera 20°C, ne bétonner que durant la période comprise entre une heure avant le coucher du soleil et 11h00 le lendemain.

### 6.6.3 PROTECTION CONTRE LE DESSÈCHEMENT DES SURFACES EXPOSÉES

Au fur et à mesure que la finition préliminaire (arasement, régilage, aplanissage) d'une surface non banchée progresse, prévenir son dessèchement par vaporisation d'eau en bruine. L'utilisation d'un réducteur d'évaporation peut être utilisé avec l'approbation du Directeur..

L'eau ou le réducteur d'évaporation doit être appliqué de telle façon que la surface soit maintenue continuellement humide jusqu'à la fin de la finition secondaire (talochage, truillage). La quantité d'eau ou de retardateur d'évaporation vaporisée ne doit pas excéder la quantité d'eau qui s'évapore de la surface. Assigner un nombre suffisant d'ouvriers en permanence exclusivement à cette tâche selon l'envergure du bétonnage.

Il est interdit de procéder à la finition du béton en présence d'un retardateur d'évaporation. Le produit retardateur doit être complètement évaporé avant de travailler la surface de béton.

Tout le matériel et tous les matériaux nécessaires à l'application de la protection contre le dessèchement doivent être préalablement acceptés par le Directeur et être disponibles au site des travaux, en bon état de fonctionnement et en quantité suffisante, avant le début du bétonnage.

Prévoir deux (2) passerelles de travail transportable enjambant toute la surface fraîchement bétonnée, ou tout autre dispositif acceptable, afin de permettre l'application de la protection

contre le dessèchement et l'installation des toiles de fibres synthétiques absorbantes, satisfaisant à la norme 3501, pour la cure.

## 6.7 CURE DU BÉTON

La cure du BHP doit être une cure prolongée de type 3 selon le tableau 19 de la norme CSA A23.1.

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.

Pour les éléments préfabriqués selon CSA A23.4, sauf lorsque la cure accélérée est utilisée, la cure des éléments doit être prolongée sur 7 jours à une température minimale de 10°C.

La cure du béton des éléments de béton coulés en place contenant des pigments doit être réalisé à l'aide d'un produit de cure conforme à la norme ASTM C1315.

### 6.7.1 CURE DES SURFACES NON BANCHÉES DES ÉLÉMENTS PLATS

Immédiatement après la finition secondaire (aplanissage et lissage à la truelle) d'une surface exposée à l'air ambiant, poursuivre la vaporisation d'eau en bruine ou la vaporisation du retardateur d'évaporation, jusqu'à ce que la surface se soit suffisamment affermie, permettant de la recouvrir, avec précaution, sans l'endommager, de toiles de fibres synthétiques absorbantes, humidifiées, satisfaisant à la norme MTQ 3501. Les toiles doivent recouvrir complètement le béton et être maintenues en place. Poursuivre la vaporisation d'eau en bruine sur les toiles, jusqu'au moment où le béton aura suffisamment durci pour qu'un système de mouillage continu des toiles puisse être mis en place sans risque d'endommager la surface du béton. Maintenir le mouillage 24 heures par jour, à une température d'au moins 10°C, pour une durée ininterrompue de 7 jours. Après la cure humide, appliquer un produit de cure conforme aux exigences de la norme ASTM C309, type 2, selon les prescriptions du fabricant.

### 6.7.2 CURE DES ÉLÉMENTS BANCHÉS

Aussitôt après le remplissage d'un coffrage, le recouvrir entièrement de deux épaisseurs de toiles de fibres synthétiques absorbantes humidifiées, satisfaisant à la norme MTQ 3501. Maintenir les toiles humides en place jusqu'au moment où le béton aura suffisamment durci pour qu'un système de mouillage continu des toiles puisse être mis en place sans risque d'endommager la surface du béton par lessivage.

Enlever les panneaux latéraux du coffrage aussitôt que possible après le bétonnage. Dans le cas d'éléments dont le rapport entre la longueur et la hauteur est supérieur à 2, tels que, parapets murets de dénivellement, murs de soutènement, murs séparateurs de circulation, mail central, enlever les panneaux latéraux dès que le béton atteint une résistance à la compression de 7 MPa. Prendre les précautions nécessaires afin d'éviter d'endommager le béton lors du décoffrage.

La résistance à la compression dans l'ouvrage doit être mesurée au moyen de la maturaométrie réalisée selon la norme ASTM C1074. Une courbe de calibration du mélange de béton doit être réalisé et présenté avant le bétonnage des éléments. La courbe de calibration doit être réalisé pour chaque mélange de béton ou à tout changement de constituants (gros granulats, granulats

fins, adjuvant, ajout cimentaire et liants). Les essais de résistance à la compression pour la calibration de la courbe de maturité doivent être réalisés lorsque le béton est à un jeune âge afin d'être représentatif des délais de décoffrage exigés au chantier. La température de référence (datum temperature) utilisée dans le calcul de la maturité (et par conséquent de la résistance à la compression) pris en considération doit être de 0 degrés Celsius. Une température de -2 degrés Celsius peut être acceptée dans le cas de travaux par temps froid seulement.

Lors du décoffrage, prendre toutes les dispositions nécessaires afin d'empêcher l'assèchement des surfaces de béton.

Dès que les coffrages sont relâchés, un personnel doit être dédié en permanence au maintien de la cure. Maintenir les surfaces du béton à une température d'au moins 10°C et continuellement humidifiées, 24 heures par jour, pour une durée ininterrompue de 7 jours

Dans le cas d'éléments massifs non armés, prolonger la cure de 3 jours consécutifs additionnels (10 jours de cure au total).

## **6.8 FINITION**

### **6.8.1 PROFIL DES SURFACES NON BANCHÉES DES ÉLÉMENTS PLATS**

Le profil fini des surfaces non banchées des éléments plats ne doit pas accuser des bosses ou des creux supérieurs à 6 mm, mesurés selon la méthode de la règle droite, sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges.

### **6.8.2 RELIEF DES SURFACES**

Aucune surface, qu'elle soit banchée ou non, ne doit accuser des cavités supérieures à 6 mm et des aspérités supérieures à 2,5 mm. Cependant, si une membrane d'étanchéité doit être appliquée, des exigences plus sévères peuvent être prescrites dans le Cahier des charges ou par le fabricant de la membrane.

### **6.8.3 PROCÉDURE POUR LA FINITION DES DALLES D'OUVRAGES D'ART**

Finir les surfaces des dalles d'ouvrages d'art selon les prescriptions suivantes, sauf si autrement spécifié par le Directeur ou dans le Cahier des charges.

La finition du béton de la dalle d'un tablier doit être effectuée au moyen d'un finisseur à béton automoteur commercialisé agréé par le Directeur. Le finisseur doit être équipé d'un module mobile comprenant deux vis sans fin à l'avant, deux rouleaux lisses non vibrants au milieu et une planche de finition à l'arrière. Une boîte vibrante entre les vis sans fin et les rouleaux lisses doit être ajoutée si la finition de la dalle ne respecte pas les exigences spécifiées relatives au profil et au relief.

Au cas où l'agencement de l'ouvrage d'art présenterait des inconvénients à l'utilisation d'un finisseur automoteur, une règle vibrante de marque Allen, modèle RASORBACK 12HD pourrait être utilisée, conditionnellement à l'agrément du Directeur.

Une passerelle de travail doit être prévue pour permettre aux ouvriers d'accéder à toute la largeur de la bande bétonnée afin d'effectuer le finissage de la surface. La passerelle doit

pouvoir se déplacer sur les rails de roulement utilisés par le finisseur ou la règle vibrante, et sa rigidité doit être suffisante pour supporter une charge concentrée de 200 kg au centre de sa portée tout en maintenant un dégagement minimal de 100 mm entre le dessous de la passerelle et le profil prévu du dessus de la dalle.

Le finisseur ou la règle vibrante se déplace le long des rails de roulement qui sont installés de préférence sur les poutres de rive du pont. Dans le cas d'un pont à poutres d'acier, les rails sont installés au centre de la semelle supérieure. Dans le cas d'un pont à poutres de béton, les rails peuvent être installés légèrement décentrés vers l'extérieur par rapport à l'axe de la poutre.

Si l'Entrepreneur veut installer les rails à l'extérieur de la dalle, il doit fournir au Directeur, pour information, les plans de coffrage et d'échafaudage, signés et scellés par un ingénieur, au moins 7 jours avant le début du bétonnage.

Les rails sont fermement attachés à des supports ajustables comportant une partie supérieure et une partie inférieure, conçus de sorte que lorsque la partie supérieure est retirée, l'enrobage de la partie inférieure demeure conforme aux prescriptions de la norme CSA A23.1. Les supports sont installés à des intervalles réguliers n'excédant pas 900 mm et 1200 mm dans le cas où une règle vibrante est utilisée. Dans le cas d'un pont à poutres d'acier, les supports ne doivent pas être soudés à la poutre dans les zones de moment négatif identifiées par le Directeur, mais être autoporteurs. Les supports peuvent aussi être soudés à la tête des goujons des poutres d'acier. Les rails doivent excéder d'au moins 3 m de chacune des extrémités de la dalle ou partie de dalle à bétonner afin de permettre la finition adéquate des extrémités.

Les rails sont en acier profilé tubulaire rond d'un diamètre intérieur d'au moins 50 mm et d'une épaisseur de paroi d'au moins 5 mm. La longueur maximale des sections est de 3,6 m et leur continuité est assurée par un emboîtement mâle-femelle.

Préalablement au bétonnage, l'Entrepreneur effectue un passage à vide du finisseur ou de la règle vibrante en présence du Directeur. Un fil de fer est tendu transversalement entre les deux extrémités du finisseur ou de la règle vibrante au niveau exact du profil transversal prévu du dessus de la dalle. Le finisseur ou la règle vibrante est arrêté à intervalles de 3 m pour vérifier la conformité des épaisseurs de la dalle de béton et de l'enrobage des barres d'armature aux prescriptions du Cahier des charges. Si nécessaire, les niveaux des coffrages ou des rails sont corrigés. L'Entrepreneur n'est autorisé à débiter le bétonnage de la dalle que lorsque toutes les corrections ont été effectuées.

La finition du béton près des côtés extérieurs du tablier est exécutée manuellement au fur et à mesure que le finisseur ou la règle vibrante avance. La qualité de la finition manuelle doit être équivalente à celle réalisée par le finisseur ou la règle vibrante.

Après le durcissement du béton, les sections de rails et la partie supérieure des supports sont enlevées. Les trous laissés sont comblés de béton lors du bétonnage des chasse-roues ou des trottoirs.

Toute circulation dans le béton fraîchement fini à l'arrière du finisseur ou de la règle vibrante est interdite.

## **7** **CONTRÔLE 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 du bétonnage. 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, sauf si une dérogation au délai maximal a été autorisée par le Directeur conformément au présent document.

### **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 ou à l'endroit qu'il jugera opportun.

Notes :

- 1) La climatisation de l'environnement dans lequel les éprouvettes sont conservées peut être requise pour maintenir les éprouvettes à une température comprise entre 15°C et 25°C.
- 2) L'affaissement est vérifié à tous les 3 chargements et à chaque échantillon prélevé pour les essais de résistance à la compression. La teneur en air est généralement vérifiée à chaque chargement, si le béton doit contenir de l'air entraîné. La masse volumique est vérifiée à tous les trois essais de teneur en air et à chaque échantillon prélevé pour les essais de résistance à la compression.
- 3) Si des échantillons sont prélevés à titre de cylindres témoins, ils doivent être de 150 mm x 300 mm.

#### **7.3.1** **TENEUR EN AIR**

Si la teneur en air d'un chargement de béton au point de mise en place s'écarte de plus de 0,5 % au-delà de la limite de la plage de teneur en air prescrite du présent document technique

ou dans le Cahier des charges, le chargement de béton est jugé non conforme et refusé. Toutefois, le Directeur peut autoriser des tours additionnels de la toupie du camion-malaxeur à la vitesse d'agitation afin de réduire la teneur en air à un niveau conforme. Si après 10 minutes d'agitation, le béton présente toujours une teneur en air supérieure à 0,5 % de la limite supérieure prescrite, le béton est jugé non conforme et refusé.

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

Un essai d'affaissement doit être effectué pour chaque essai de résistance à la compression et à tous les deuxièmes ou troisièmes essais de teneur en air.

Si l'affaissement du béton au point de déchargement, avant tout ajout de superplastifiant, excède la limite supérieure prescrite du présent document technique 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.

L'ajout d'eau au chantier est interdit.

### 7.3.3 TEMPÉRATURE

Si la température du béton frais au point de déchargement est en dehors des limites prescrites du présent document technique, ou dans le Cahier des charges, le chargement de béton est jugé non conforme et refusé, sauf si autorisé par le Directeur.

### 7.3.4 MASSE VOLUMIQUE

Si la masse volumique du béton, au point de déchargement, établie à la teneur en air à laquelle elle a été soumise, est inférieure de 50 kg/m<sup>3</sup>, le chargement de béton est jugé non conforme et refusé.

### 7.3.5 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

La résistance à la compression est vérifiée sur des cylindres de béton confectionnés à partir d'échantillons de béton prélevés selon la fréquence établie par le Directeur.

Si les résultats des essais indiquent que le béton n'a pas atteint la résistance spécifiée dans le Cahier des charges, selon les critères de l'article 4.4.6.6.1 de la norme CSA A23.1, il est considéré non conforme aux prescriptions du présent document. Le Directeur peut à sa discrétion, soit le refuser, soit prescrire la réalisation d'essais additionnels prévus par la norme CSA A23.1, et exiger, si nécessaire, des corrections appropriées aux frais de l'Entrepreneur.

Un échantillon destiné à l'essai de résistance à la compression est prélevé au hasard pour chaque 50 m<sup>3</sup> de béton mis en place. Au moins un échantillon de béton est prélevé par journée complète de bétonnage.

#### 7.3.6 RÉSEAU DES BULLES D'AIR

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

#### 7.3.7 PERMÉABILITÉ AUX IONS CHLORURE

Si la perméabilité aux ions chlorure ne se conforme pas aux exigences du présent document technique, le Directeur peut à sa discrétion, soit refuser le béton, soit exiger des corrections appropriées aux frais de l'Entrepreneur.

#### 7.3.8 RÉSISTANCE À L'ÉCAILLAGE

Lorsque requise, si la résistance à l'écaillage ne se conforme pas aux exigences du présent document technique, le Directeur peut, à sa discrétion, soit refuser le béton soit exiger des corrections appropriées 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 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. et la masse volumique du béton à une teneur en air donnée. 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 4.3 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 ou avec la norme CSA A23.4, selon le cas.
  - Pour les adjuvants chimiques et autres produits incorporés au béton : l'attestation que la performance de ceux-ci (ex. : facteur d'espacement des bulles d'air, résistance à l'écaillage, fiches techniques, etc.).
  - Pour le béton : les résultats des essais de qualification du mélange indiquant les propriétés du béton frais ainsi que les caractéristiques du béton durcis applicables du présent document technique. Tous ces résultats ne doivent pas dater de plus de 365 jours
- Tous les essais de laboratoire sur le béton frais et le béton durci permettant de qualifier les caractéristiques de performance du mélange de béton exigées doivent être soumis, afin de démontrer la conformité du mélange, selon le cas.

#### 8.1.2 CENTRALE DE DOSAGE

Le certificat de conformité selon le programme de certification BNQ 2621-905 ou de la norme CSA A23.4, selon le cas.