



DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ  
INFRASTRUCTURES  
DTNI-10J

**Coulis et mortier cimentaire pour le  
remplissage d'espace annulaire**

Date d'émission : 15 décembre 2022

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](mailto:comiterevision@montreal.ca).

### **AVANT-PROPOS**

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

Rosa Yris Alvarez de Garcia, DEEU, SE	Paul-Francis Jacques, DI, SIRR
Philippe Leblanc, DEEU, SE	Elise Rodrigue, DEP, SE

## TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>5</b>
<b>1 OBJET.....</b>	<b>6</b>
<b>2 NORMES ET RÉFÉRENCES.....</b>	<b>7</b>
<b>3 DÉFINITIONS.....</b>	<b>8</b>
<b>4 CONSTITUANTS.....</b>	<b>9</b>
4.1 GÉNÉRALITÉS .....	9
4.2 LIANTS.....	9
4.2.1 Liants utilisés dans le coulis.....	9
4.3 GRANULATS .....	9
4.3.1 Caractéristiques des granulats.....	9
4.3.2 Réactivité alcalis-granulats ou autres réactions.....	10
4.4 ADJUVANTS .....	10
4.4.1 Adjuvants chimiques .....	10
4.4.1.1 Agent moussant.....	10
4.4.1.2 Agents réducteurs de retrait .....	11
4.4.1.3 Agents compensateurs de retrait.....	11
4.4.1.4 Agent anti-lessivage .....	11
4.5 AUTRES AJOUTS MINÉRAUX .....	11
4.6 FIBRES .....	11
4.7 BENTONITE.....	11
<b>5 CARACTÉRISTIQUES DES COULIS ET MORTIER .....</b>	<b>12</b>
5.1 GÉNÉRALITÉS .....	12
5.1.1 Température du coulis ou mortier .....	12
5.2 FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU COULIS ET MORTIER FRAIS .....	12
5.2.1 Coulis cellulaire de faible densité.....	12
5.2.1.1 Caractéristiques du coulis cellulaire de faible densité.....	13
5.2.2 Coulis ciment-Bentonite .....	13
5.2.2.1 Caractéristiques du ciment-bentonite .....	13
5.2.3 Coulis ou mortier cimentaire avec agent moussant.....	14
5.2.3.1 Caractéristiques du coulis ou mortier cimentaire avec agent moussant .....	14
5.2.4 Coulis ou mortier de scellement.....	14
5.2.4.1 Caractéristiques du coulis ou mortier de scellement.....	15
5.2.5 Coulis ou mortier structural .....	15
5.2.5.1 Caractéristiques du coulis ou mortier structural .....	15
5.2.6 Remblai cimentaire (mortier).....	17
5.2.6.1 Caractéristiques du remblai cimentaire .....	17
<b>6 FABRICATION, TRANSPORT ET MISE EN PLACE.....</b>	<b>18</b>
6.1 FABRICATION DU COULIS OU MORTIER .....	18
6.2 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON.....	18
6.2.1 Livraison.....	18
6.2.2 Délai de livraison.....	18
6.3 MISE EN PLACE.....	18
<b>7 CONTÔLE QUALITATIF ET CONFORMITÉ.....</b>	<b>20</b>
7.1 GÉNÉRALITÉS .....	20

7.2	CONFIRMATION DE REMPLISSAGE.....	20
7.3	PRÉLÈVEMENTS, FRÉQUENCE D'ESSAIS ET CONFORMITÉ.....	20
7.3.1	Teneur en air.....	20
7.3.2	Étalement et indice de ségrégation.....	21
7.3.3	Masse volumique.....	21
7.3.4	Température.....	21
7.3.5	Résistance à la compression.....	22
<b>8</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>23</b>
8.1	ANNEXE A.....	23
8.1.1	Formule de coulis ou mortier.....	23
8.1.2	Centrale de dosage.....	23

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 - Limites de substances nuisibles et propriétés physiques des granulats .....	10
Tableau 2 – Exigences de performance du coulis structural .....	16

## 1 **OBJET**

Le présent document technique normalisé s'applique au coulis et mortier cimentaire d'injection destiné à être employé pour le remplissage du vide annulaire entre une nouvelle conduite et le matériau encaissant, qui suivant le cas peut-être une conduite de béton à âme d'acier, un tuyau de tôle ondulé, une conduite de béton ou en maçonnerie, le socle rocheux ou le sol.

Ce document est principalement utilisé dans les différents ouvrages de réhabilitation et de construction du réseau d'eau potable et d'égouts pour la Ville de Montréal. Il traite des constituants, de la formulation du mélange, des caractéristiques du coulis frais et durci, de la fabrication, de la livraison et du contrôle qualitatif.

Il incorpore toutes les prescriptions pertinentes applicables des normes CSA A23.1/A23.2: *Béton - Constituants et exécution des travaux/ Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*, et CSA A3000: *Compendium de matériaux liants*, 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.

## 2 NORMES ET RÉFÉRENCES

Lorsque le présent document réfère à une norme ou à une référence, la plus récente édition en vigueur en date de la parution de l'Appel d'offres est applicable. De plus, lorsque le présent document réfère à une loi ou à un règlement, la plus récente édition en vigueur 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 C494	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
ASTM C495	Standard Test Method for Compressive Strength of Lightweight Insulating Concrete
ASTM C869M	Standard Specifications for Foaming Agents Used in Making Performed Foam for Cellular Concrete
ASTM C939M	Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Test)
ASTM C940	Standard Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
ASTM C953	Standard Test Method for Time of Setting of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
ASTM C1116	Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete
ASTM C1315	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds Having Special Properties for Curing and Sealing Concrete
ASTM C1437	Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar
ASTM C1611M	Standard test method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete
ASTM D5084	Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
<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>
CAN/CSA A179	Mortier et coulis pour la maçonnerie d'éléments
CSA A23.1/A23.2	Béton : Constituants et exécution des travaux/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton
CAN/CSA A371	Maçonnerie des bâtiments
CSA A3001	Liants utilisés dans le béton

### 3 DÉFINITIONS

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

- **Coulis** : Matériau dont le diamètre nominal maximum du plus gros granulat est de la taille des silts ou argiles, inférieur à 0,08 mm
- **Coulis cellulaire de faible densité (Cellular concrete)** : Expression utilisée pour décrire un matériau composé de plusieurs constituants dont des liants, de l'eau et un agent moussant afin d'obtenir un matériau de masse volumique généralement inférieure à celle de l'eau.
- **Coulis ciment-bentonite** : Matériau composé de ciment hydraulique, d'argile bentonite et d'eau, de consistance fluide, n'offre aucune capacité structurale, et assure un comportement étanche.
- **Coulis et mortier cimentaires avec agent moussant** : Matériaux composés de ciment hydraulique, d'eau et d'adjuvants et qui peut contenir des ajouts cimentaires, un agent moussant, des fibres, des fillers minéraux et un granulat fin, de consistance fluide pour faciliter son pompage et sa mise en place.
- **Coulis et mortier de scellement** : Matériau composé de ciment hydraulique, d'eau et d'adjuvants et qui peut contenir des ajouts cimentaires, un agent moussant, des fibres, des fillers minéraux et un granulat fin, de consistance fluide pour faciliter son pompage, sa mise en place et ayant un faible ressuage et un retrait compensé.
- **Coulis et mortier structuraux** : Matériaux composés de ciment hydraulique, d'eau et d'adjuvants et qui peuvent contenir des ajouts cimentaires, un agent moussant, des fibres, des fillers minéraux et un granulat fin, de consistance fluide pour faciliter son pompage, sa mise en place, ayant une résistance à la compression élevée.
- **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 la représenter.
- **Mortier** : Matériau cimentaire contenant un granulat fin de la taille des sables 0,08 mm à 5 mm.
- **Remblai cimentaire (ou remblai au sable)** : Mortier pompable composé de liants, de sable, d'adjuvants et d'eau, semi-autoplaçant utilisé, entre autres, pour l'abandon de conduites.

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 coulis et mortier sans l'autorisation du Directeur.

### **4.2 LIANTS**

#### **4.2.1 LIANTS UTILISÉS DANS LE COULIS**

Tous les liants utilisés doivent être conformes à la norme CSA A3001.

Le liant utilisé doit être de type MSb, MSLb, HSb, HSLb ou MSe ou HSe conformément à la norme CSA A3001 pour les coulis en contact avec le roc.

### **4.3 GRANULATS**

#### **4.3.1 CARACTÉRISTIQUES DES GRANULATS**

Utiliser des granulats fins 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.

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

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
<b>Exigences fondamentales <sup>(1)</sup></b>		
A23.2-3A	Mottes d'argile	1,0
A23.2-4A	Constituants granulaires de faible densité	0,5
A23.2-5A	Particules fines passant le tamis de 80 µm	3,0
A23.2-23A A23.2-29A	Perte à l'essai micro-Deval	20
<b>Exigences alternatives</b>		
A23.2-9A	Perte à l'essai MgSO <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	16

<sup>(1)</sup> Voir CSA A23.1 pour informations additionnelles.

#### 4.3.2 RÉACTIVITÉ ALCALIS-GRANULATS OU AUTRES RÉACTIONS

Les granulats utilisés dans la fabrication de coulis et mortier 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

Les adjuvants chimiques doivent être 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 Agent moussant

Si un agent moussant est utilisé il doit être conforme à la norme ASTM C869M.

#### 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).

#### 4.4.1.4 Agent anti-lessivage

Si un agent anti-lessivage est utilisé il doit être conforme à la norme ASTM C494 pour le type S.

### 4.5 AUTRES AJOUTS MINÉRAUX

L'incorporation d'un ajout minéral (filler minéral lors de la fabrication de coulis et mortier est permise. Les ajouts minéraux doivent satisfaire les exigences de la norme CSA A23.1 incluant l'article 4.2.3.5.1 et l'annexe L.

### 4.6 FIBRES

Si le Cahier des charges prescrit une armature par l'incorporation de fibres 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.

### 4.7 BENTONITE

L'utilisation de l'argile bentonite est seulement pour le mélange ciment-bentonite offrant uniquement une imperméabilité du matériau.

## 5 **CARACTÉRISTIQUES DES COULIS ET MORTIER**

### 5.1 **GÉNÉRALITÉS**

Le choix du type de coulis ou mortier doit être défini en fonction de l'ouvrage et des paramètres attendus. La méthodologie d'injection est indissociable de la formulation du mélange. La méthodologie et la formulation doivent être soumises au Directeur pour Visa.

Le type de coulis ou mortier est défini au Cahier des charges en considérant les éléments suivants:

- nature de l'encaissant (et de la conduite d'insertion);
- présence d'eau;
- dimension du vide;
- méthode d'injection;
- exigences du remplissage (présence ou non de retrait)
- résistance en compression anticipée

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

Les exigences s'appliquent au point de déchargement du matériel de livraison ou de fabrication en chantier. Toutefois, le Directeur se réserve le droit, selon les circonstances, de désigner un autre endroit.

**Note** : L'Entrepreneur et le Fournisseur doivent tenir compte des longueurs et diamètre d'injection, des capacités de livraison et de fabrication et des équipements de production et transports pour établir les caractéristiques requises pour le remplissage du vide annulaire conformément aux exigences contractuelles.

#### 5.1.1 **TEMPÉRATURE DU COULIS OU MORTIER**

La température du coulis ou mortier au point de déchargement doit se situer entre 5°C et 25°C lorsque déterminé selon la norme CSA A23.2-17C. L'Entrepreneur doit prévoir l'utilisation de glace en remplacement de l'eau pour respecter cette exigence en période estivale.

## 5.2 **FORMULATION ET CARACTÉRISTIQUES DU COULIS ET MORTIER FRAIS**

### 5.2.1 **COULIS CELLULAIRE DE FAIBLE DENSITÉ**

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes :

- remplissage de l'espace annulaire à un endroit où il y a une limitation des surcharges géotechniques admissibles ;
- points d'injection à intervalles de plus de 300 m ;
- Absence d'infiltration d'eau en tunnel ou jugées très faible ;
- sensibilité des sols aux surcharges ;

- n'a pas un comportement étanche une fois durcie;
- durée de la mise en place de plus de 2 heures.

Le Fournisseur doit déterminer lui-même le dosage en liant, en agent moussant et la plage d'étalement du coulis cellulaire convenant à l'usage. La documentation doit être soumise au Directeur pour approbation.

#### 5.2.1.1 Caractéristiques du coulis cellulaire de faible densité

Temps de prise: Le temps de prise du coulis doit être au minimum de 5 heures lorsque déterminé selon ASTM C953.

Rapport eau/liant: Le rapport eau/liant doit être inférieur ou égal à 0,55.

Masse volumique: La masse volumique doit être spécifiée dans le Cahier des charges, elle peut varier de 300 à 1100 kg/m<sup>3</sup> lorsque déterminée selon CSA A23.2-6C.

En situation de présence de très faible infiltration d'eau, un mélange de masse volumique 1100 kg/m<sup>3</sup> est recommandé. Autrement une valeur de 750 ± 50 kg/m<sup>3</sup> est d'usage à la Ville de Montréal.

Stabilité: Le coulis ne doit pas présenter de changement de longueur (retrait) lorsque conservé à 100 % d'humidité relative, après 28 jours de mûrissement lorsque mis à l'essai selon CSA A23.2-21C.

Perméabilité: Le coulis doit avoir une perméabilité à l'eau comparable ou inférieure à celle d'un till soit de moins de 1 x 10<sup>-5</sup> cm/sec lorsque déterminé selon la procédure d'essai ASTM D5084.

Résistance à la compression: Pour les masses volumiques supérieures à 800 kg/m<sup>3</sup>, la résistance à la compression à 28 jours d'âge doit être supérieure ou égale à 2 MPa lorsque déterminée sur des cylindres de 75 par 150 mm selon CSA A23.2-9C. Pour les masses volumiques inférieures à 800 kg/m<sup>3</sup>, la résistance en compression doit être évaluée selon la norme ASTM C495.

#### 5.2.2 COULIS CIMENT-BENTONITE

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes:

- remplissage de l'espace annulaire où les exigences de contribution structurale du matériau de remplissage sont négligeables et qu'uniquement l'étanchéité est requise;
- longueur d'injection de plus de 300 m
- durée de mise en place de plus de 5 h

Le Fournisseur doit déterminer lui-même le dosage en liant et de bentonite convenant à l'usage. La documentation doit être soumise au Directeur pour approbation.

##### 5.2.2.1 Caractéristiques du ciment-bentonite

Liants et temps de prise: Il a été éprouvé qu'un mélange contenant un minimum de 25 kg de ciment et 5,5 kg de bentonite est performant pour 100 L d'eau.

Le temps de prise du coulis doit être au minimum de 5 heures lorsque déterminé selon ASTM C953.

Ressuage: Le ressuage ne doit pas dépasser 2 % lorsque déterminé selon ASTM C940.

Temps d'écoulement: Le temps d'écoulement doit se situer entre 11 et 25 secondes lorsque déterminé selon CSA A23.2-1B.

### 5.2.3 COULIS OU MORTIER CIMENTAIRE AVEC AGENT MOUSSANT

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes :

- remplissage de l'espace annulaire entre une conduite d'insertion et une ancienne conduite dans le cadre d'une réhabilitation;
- longueur d'injection de moins de 150 m;
- infiltration d'eau en tunnel moyenne à importante ;
- durée de la mise en place de moins de 2 heures.

Le Fournisseur doit déterminer lui-même le dosage en liant, en agent moussant et la plage d'étalement convenant à l'usage.

Le mélange peut contenir un granulat fin. La documentation doit être soumise au Directeur pour approbation.

#### 5.2.3.1 Caractéristiques du coulis ou mortier cimentaire avec agent moussant

Masse volumique: La masse volumique du coulis frais doit être supérieure à de  $1200 \pm 50 \text{ kg/m}^3$  lorsque déterminée selon CSA A23.2-6C.

Rapport eau/ liant: Le rapport eau/liant du coulis doit être d'au plus 0,5

Étalement et stabilité: Le coulis doit avoir un étalement minimum de 800 mm et un indice de stabilité visuelle (ISV) d'au plus 1 lorsque déterminé selon CSA A23.2-19C.

Résistance à la compression: La résistance à la compression à 28 jours d'âge doit être supérieure ou égale à 15 MPa lorsque déterminée sur des cylindres de 75 par 150 mm selon CSA A23.2-9C.

### 5.2.4 COULIS OU MORTIER DE SCHELLEMENT

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes:

- remplissage de la dernière portion du vide annulaire;
- besoins d'étanchéité du matériau de remplissage.

Le coulis de scellement doit comprendre un ajout de compensateur de retrait au dosage de 6 % en poids du liant. Le rapport eau/liant doit être inférieur ou égal à 0,50 et le ressuage ne doit pas dépasser 2 % lorsque déterminé selon CSA A23.2-1B. Le temps d'écoulement doit se situer entre 10 et 15 secondes lorsque déterminé selon CSA A23.2-1B.

Le mélange peut contenir un granulat fin. La documentation doit être soumise au Directeur pour approbation.

#### 5.2.4.1 Caractéristiques du coulis ou mortier de scellement

Expansion à jeune âge: L'expansion pour compenser le tassement et le retrait à jeune âge qui est mesuré selon ASTM C 940 doit présenter aucune contraction et une expansion de 0 à 3 % après 3 heures.

Stabilité: Le coulis ne doit pas présenter de changement de longueur (retrait) lorsque conservé à 100 % d'humidité relative, après 28 jours de mûrissement lorsque mis à l'essai selon CSA A23.2-21C.

#### 5.2.5 COULIS OU MORTIER STRUCTURAL

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes :

- injection entre conduite de béton à âme d'acier et tuyau d'acier;
- remplissage de petits espaces annulaires de 20 – 50 mm (tolérance  $\pm$  5 mm);
- pour obtenir une étanchéité et une rigidité structurale
- points d'injection à intervalles de 100 – 200 m;
- durée de la mise en place : 2 – 3 heures (2 heures si les points d'injection sont espacés de 100 m et moins);
- cadence de remplissage  $\leq$  50 m/heure.

Le Fournisseur doit déterminer lui-même le dosage en liant, le rapport eau/liant, la plage de teneur en air et la plage d'étalement convenant à l'usage. Le mélange doit avoir été préalablement qualifié et la documentation soumise au Directeur pour vérification et approbation.

#### 5.2.5.1 Caractéristiques du coulis ou mortier structural

Le coulis doit satisfaire les exigences de performance du Tableau no 2

**Tableau 2 – Exigences de performance du coulis structural**

Propriété	Méthode d'essai	Critères de performance	
		Valeur de l'essai	Attentes
Fluidité	Étalement (ASTM C1611 ou CSA A23.2-19C)	$\geq 650 \text{ mm}^{(1)}$ à l'injection	Coulis autoplaçants avec faible risque de blocage de ségrégation et de ressuage
	Étalement au mini-cône (ASTM C1437)	$\geq 180 \text{ mm}^{(1)}$ à l'injection	
Rétention de la fluidité	Étalement (ASTM C1611 ou CSA A23.2-19C)	$\geq 600 \text{ mm}^{(1)}$	2 à 3 heures (selon la géométrie) afin d'assurer le remplissage complet de l'espace annulaire
	Étalement au mini-cône (ASTM C1437)	$\geq 150 \text{ mm}^{(1)}$	3 heures pour les matériaux pré-ensachés (2,5 heures pour les coulis prémélangés)
Capacité de passage	Entonnoir (ASTM C939)	20 à 30 s	Coulis de ciment non-thixotropique
		20 à 50 s	Produits pré-ensachés
	Entonnoir en V pour mortier	3 à 8 s	Pour coulis prémélangés et pré-ensachés
Temps de prise	Aiguille Vicat (ASTM C953)	5 à 24 h	Temps de prise initial
Stabilité	Ressuage forcé	-	Aussi faible que possible pour assurer la stabilité durant le pompage et la rétention de l'eau du coulis en contact avec les matériaux existants
	Ressuage statique (ASTM C940)	$< 0,3 \%$ après 3 h	Vérifier le ressuage statique aussi après 24 heures
	Stabilité de l'air (CSA A23.2-4C)	-	Gain ou perte d'air minimum durant le transport et l'agitation
	Retrait / expansion (ASTM C 940)	0 à 3 % après 3 h	Aucune contraction Expansion pour compenser le tassement et le retrait à jeune âge
	Conductivité électrique (H.I.) <sup>(2)</sup>	$\leq 0,4$	
Résistance mécanique	Résistance en compression (ASTM C942 confiné ou CSA A23.2-1B)	$\geq 20 \text{ MPa}$ à 7 jours	Cubes de 50-51 mm d'arête, confinés Méthode de mûrissement : scellés dans des sacs de plastique pendant 7 jours (sans démoulage)

<sup>(1)</sup> Des valeurs plus élevées d'étalement et d'étalement au mini-cône sont acceptables si le coulis demeure stable à l'état frais

<sup>(2)</sup> Khayat et al., « Multi-Electrode Conductivity Method to Evaluate Static Stability of Flowable and Self-Consolidating Concrete », ACI Materials Journal, Vol. 104, no. 4, pp. 424-433

## 5.2.6 REMBLAI CIMENTAIRE (MORTIER)

Les exigences de cette section s'appliquent particulièrement aux situations suivantes:

- remplissage de l'espace annulaire entre une nouvelle conduite structurale conçue et un soutènement temporaire dans le sol (par exemple sous une voie ferrée);
- abandon de conduites;
- aucun besoin de portance du matériau d'injection;
- longueur d'injection de moins de 150 m;
- durée de la mise en place de moins de 2 heures.

### 5.2.6.1 Caractéristiques du remblai cimentaire

Le mortier pour le remblai cimentaire (remblai au sable) doit satisfaire les exigences décrites ci-dessous. Ces exigences se trouvent également à l'article 6.15.4 du DTNI-1A : Travaux de conduites d'eau potable et de conduites d'égout, utilisé principalement pour l'abandon de conduites.

Les constituants du remblai cimentaire pour abandonner des conduites ou des structures doit rencontrer les exigences de la norme CSA A23.1/A23.2. Le remblai cimentaire doit posséder les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la compression maximale de 4 MPa à vingt-huit (28) jours, selon CSA A23.2-9C;
- Pompable;
- Étalement minimum de 375 mm, selon CSA A23.2-19C;
- Teneur en air supérieure à 15 %, selon CSA A23.2-7C;
- Stabilité VSI Value entre 0 et 1, selon CSA A23.2-19C;
- Temps de prise minimal de quatre (4) heures, selon ASTM C953.

## **6 FABRICATION, TRANSPORT ET MISE EN PLACE**

### **6.1 FABRICATION DU COULIS OU MORTIER**

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 coulis ou mortier peut être fabriqué dans une bétonnière mobile avec l'autorisation du Directeur.

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

Les travaux qui impliquent de petites quantités de matériaux cimentaires, peuvent justifier l'utilisation de produits ensachés. Le malaxage des matériaux cimentaires en chantier doit s'effectuer selon les recommandations des Fournisseurs.

L'emploi de matériaux desséchés ou ayant commencés à faire prise est interdit. Seuls des sacs neufs et entiers peuvent être utilisés. Tout sac entamé, déchiré ou autrement endommagé doit être disposé hors du chantier.

### **6.2 LIVRAISON ET DÉLAI DE LIVRAISON**

#### **6.2.1 LIVRAISON**

La livraison du coulis doit se faire au site des travaux par camions-malaxeurs ou être produit sur le site avec un plan d'assurance qualité selon ISO 9001 couvrant la fabrication et la mise en place de ce type de matériau.

#### **6.2.2 DÉLAI DE LIVRAISON**

Le déchargement du coulis doit s'effectuer dans un délai maximum correspondant à 50 % du temps de prise à partir du gâchage du coulis, mais ne dépassant pas 150 minutes.

### **6.3 MISE EN PLACE**

Pour tous travaux d'injection, la méthode d'injection doit être présentée au Directeur pour Visa. La méthode devra présenter au moyen d'un croquis détaillé les points suivants:

- obstructions à mettre en place;
- méthode de malaxage au chantier le cas échéant
- points d'injection
  - nombre et emplacement
  - diamètre des conduits d'injection
  - intervalle de temps entre les points d'injection
  - méthode de transfert entre les points d'injection
  - comblement prévu en longueur, hauteur et quantité du coulis ou mortier prévu avant le transfert au prochain point d'injection

- 
- durée prévue par point d'injection
  - événements (pour purge de l'eau et air)
    - nombre et emplacement
    - diamètre des événements
  - méthode de contrôle des pressions
  - obturation des points d'injection et événements
  - nettoyage

L'Entrepreneur doit également prévoir des murs de confinement pour limiter la circulation des eaux souterraines sur toute la longueur d'un tunnel. Sauf si autrement spécifié dans le Cahier des charges, ces murs doivent être réalisés à tous les 500 m ou moins avec une maçonnerie de blocs et briques de béton utilisant un ciment type S selon CAN/CSA-A371 et CAN/CSA-A179 ou en béton à retrait compensé. Les murs doivent inclure des points d'observation de la montée du coulis ou mortier et de purge de l'eau d'infiltration et doivent être munis d'obturateurs.

## **7 CONTÔLE QUALITATIF ET CONFORMITÉ**

### **7.1 GÉNÉRALITÉS**

Les renseignements et documents indiqués à l'annexe A doivent être soumis au Directeur pour examen et agrément. Ceux-ci doivent lui parvenir au plus tard 14 Jours de calendrier avant le début de l'injection. Les formules de mélange doivent obligatoirement être acceptées par le Directeur.

### **7.2 CONFIRMATION DE REMPLISSAGE**

Le remplissage doit être confirmé par l'injection d'un volume minimal de 95 % du volume théorique à combler, préalablement calculé, et lorsque le matériau de consistance similaire au matériau injecté sort par l'évent.

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

Le Directeur se réserve le droit de prélever à sa discrétion des échantillons des constituants, du coulis ou mortier à la centrale de dosage 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 du mélange.

L'Entrepreneur et le Fournisseur de coulis ou mortier 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 coulis ou mortier 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 coulis, mortier frais ou durci, sur des échantillons prélevés à sa discrétion au point de livraison.

#### **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'étalement ou le temps d'écoulement, l'indice de ségrégation visuelle et la masse volumique sont vérifiés à tous les 3 chargements ou 15 m<sup>3</sup> et à chaque échantillon prélevé pour les essais de résistance à la compression. La teneur en air est généralement vérifiée à chaque chargement ou au 15 m<sup>3</sup>, si le coulis doit contenir de l'air entraîné.

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

Si la teneur en air d'un chargement du matériau 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 soumise, le chargement ou la gâchée est jugé non conforme et refusé. Toutefois, le Directeur peut autoriser des tours additionnels de la toupie d'un 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 matériau présente toujours une teneur en air

supérieure à 0,5 % de la limite supérieure prescrite, le coulis ou mortier 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 ou des équipements 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 coulis ou mortier frais doit être vérifiée à nouveau après un ajout d'entraîneur d'air.

### 7.3.2 ÉTALEMENT ET INDICE DE SÉGRÉGATION

Si l'étalement du mélange au point de déchargement excède la limite supérieure donnée à la formule de mélange, le chargement ou la gâchée 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'étalement à un niveau conforme. Si après 10 minutes d'agitation, le matériau présente toujours un étalement excédant la limite supérieure prescrite, ce dernier est jugé non conforme et refusé.

Si l'étalement mesuré est moindre que la limite inférieure prescrite, le Fournisseur peut le corriger en l'augmentant par un ajout de superplastifiant ou d'entraîneur d'air.

Lorsqu'un l'indice de ségrégation visuel (ISV) est supérieur à la limite prescrite, le matériau est jugé non conforme et refusé.

### 7.3.3 MASSE VOLUMIQUE

Si la masse volumique du coulis ou mortier au point de déchargement excède la limite supérieure donnée à la formule de mélange, le chargement ou la gâchée est jugé non conforme et refusé.

Si la masse volumique est au deçà de la limite supérieure, un ajout d'entraîneur d'air et des tours additionnels de la toupie du camion-malaxeur à la vitesse de malaxage ou des équipements de malaxage sont autorisés, afin de diminuer la masse volumique à un niveau conforme.

Si le matériau a une masse volumique inférieure à la formule de mélange soumise et approuvée, le chargement ou la gâchée est jugé non conforme et refusé.

### 7.3.4 TEMPÉRATURE

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

---

### 7.3.5 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

La résistance à la compression est vérifiée sur des cubes de 50 mm ou cylindres de 75 par 150 mm confectionnés à partir d'échantillons de matériau prélevés selon la fréquence établie par le Directeur.

Si les résultats des essais indiquent que le matériau 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 ou exiger, si nécessaire, 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 COULIS OU MORTIER

La composition de la formule de coulis ou mortier, 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 coulis ou mortier est destiné doit clairement être indiqué sur la formule de mélange préparée par le Fournisseur.

Les caractéristiques d'étalement ou d'écoulement de l'indice de ségrégation visuelle (ISV), la masse volumique et la plage de teneur en air, doivent être présentées avec la formule du mélange. La perméabilité à l'eau pour le coulis cellulaire doit également être présentée.

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 et les ajouts cimentaires: 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 au 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 coulis ou mortier: l'attestation de la performance de ceux-ci.

#### 8.1.2 CENTRALE DE DOSAGE

Le certificat de conformité selon le programme de certification BNQ 2621-905 ou le certificat selon la norme ISO 9001, ainsi que le manuel d'assurance qualité, selon le cas.

Advenant le malaxage en chantier, la méthode de malaxage doit contenir:

- Le modèle de centrale de dosage,
- la méthode de calcul des constituants,
- le contrôle du temps de malaxage,
- la durée maximum que le mélange peut demeurer en cuve