

### PROBLÉMATIQUE

Les réparations les plus courantes d'ouvrages en béton de ciment réalisées par le ministère des Transports du Québec (MTQ) le sont soit avec du béton projeté par procédé à sec ou humide, soit au moyen d'un coffrage avec ou sans surépaisseur de béton, soit, plus récemment, avec du béton autonivelant. L'utilisation de ce dernier a fait l'objet de projets pilotes depuis 1997 pour évaluer l'efficacité de ce type de béton dans les conditions climatiques du Québec. Le présent bulletin fait un bilan de trois ans d'utilisation de cette technique connue depuis moins de dix ans.

### DÉFINITION

Le béton autonivelant est un matériau cimentaire élaboré selon un dosage particulier de ses constituants (eau, sable, pierre 2,5/10 mm, liant et adjuvants). Les adjuvants sont l'agent entraîneur d'air, le réducteur d'eau, le superplastifiant et un agent colloïdal. La technique permet d'obtenir un béton présentant une fluidité élevée (étalement important) et une mise en œuvre sans vibration, tout en conservant son homogénéité grâce à un choix pertinent des matériaux et des adjuvants chimiques, tel l'agent colloïdal. La grande fluidité du mélange due à un dosage élevé de superplastifiant permet de combler les interstices et d'éliminer les nids d'abeilles. Actuellement, les réparations effectuées au moyen de béton autonivelant sont réservées aux éléments minces et élancés (chevêtres, colonnes, poutres, diaphragmes, etc.).

### RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Une dizaine de réparations ont été faites avec du béton autonivelant depuis 1997 (tableau 1). Dès la première année, le béton a été caractérisé, les aspects à améliorer ont été déterminés et un devis a été rédigé. De 1998 à 2000, différentes parties d'ouvrages ont fait l'objet de réparations faisant appel à cette technique. Les résultats pour les saisons 1999 et 2000 sont présentés au tableau 2. Le projet de Trois-Rivières, réalisé en 1999, était particulier : le béton a été utilisé pour combler le vide entre le tuyau d'un ponceau existant et un nouveau tuyau inséré à l'intérieur. Le béton a été mis en place par l'intermédiaire d'une cheminée au centre du ponceau pour faire descendre le béton par gravité, qui s'est ensuite répandu jusqu'aux deux extrémités.

De manière générale, le comportement en chantier a été satisfaisant sur tous les sites. On a observé une excellente durabilité du béton, une belle apparence des surfaces et une bonne adhérence, peu de fissuration, une mise en œuvre adéquate et des vides bien comblés. Quelques mélanges ont été pompés et leurs caractéristiques

physiques après pompage restent conformes aux spécifications. Les résultats quant à l'étalement, la teneur en air et l'écoulement sont satisfaisants pour la plupart des mélanges analysés. En laboratoire, la conformité des caractéristiques physiques suivantes dépend de la formulation du mélange (tableau 2) : la résistance en compression, l'absorption à l'eau, le réseau de bulles d'air, la durabilité aux cycles de gel-dégel et à l'écaillage ainsi que la perméabilité aux ions chlore. Elles sont toutes conformes aux spécifications pour ce qui est des mélanges au ciment ternaire. Toutefois, la résistance à la fissuration, la perméabilité aux ions chlore et la durabilité peuvent être améliorées dans le cas des certaines autres formulations.

Il s'avère que la formulation de mélange la plus avantageuse est celle utilisant du ciment ternaire. Le MTQ cherche donc à en généraliser l'utilisation en rédigeant une norme sur le béton autonivelant (norme 3102) qui contiendra, notamment, les spécifications indiquées au tableau 3. Cette norme sera publiée dans le recueil des normes du MTQ (Tome VII - *Matériaux*).

### CONCLUSION

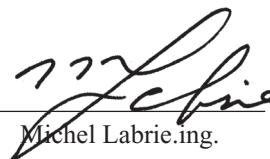
La fluidité du béton autonivelant permet de remplir plusieurs formes d'interstices et de faire des réparations adéquates de surfaces de béton. Le mélange au ciment ternaire donne les meilleurs résultats. Le MTQ suggère d'utiliser davantage cette technique dans certains cas.

### RÉFÉRENCES

- Khayat, K., 1996. « Les bétons autonivelants : propriétés, caractérisation et applications », Colloque sur les bétons autonivelants, 1<sup>er</sup> novembre 1996, Université de Sherbrooke.
- Beaupré, D., 1996. « La rhéologie du béton autonivelant », Colloque sur les bétons autonivelants, 1<sup>er</sup> novembre 1996. Université de Sherbrooke.
- Khayat, K., 2000. « Optimization and Performance of Air-Entrained, Self-Consolidating Concrete », ACI Materials Journal, no. 97-M61.

**RESPONSABLE :** Alain Hovington, ing.  
Service des matériaux d'infrastructures

**DIRECTEUR :**

  
Michel Labrie, ing.

ANNÉE	ENDROIT	RÉPARATION	FORMULATION DE MÉLANGE/m <sup>3</sup>
1997	Échangeur Blaise-Pascal (Québec)	Poutres précontraintes	580 kg de 10SF
1998	Autoroute 50 (Gatineau) Autoroute Duplessis (Québec)	Extrémités de poutres Chevêtre	345 kg de type 10+30 kg SF+161 kg de laitier 500 kg de ciment ternaire
1999	Autoroute Dufferin-Montmorency (Québec) Autoroute 10 (Chambly) Autoroute 40 (Trois-Rivières)	Poutres de rigidité Chevêtre Ponceau	475 kg (50 % type 10+50 % type 10SF) 500 kg de ciment ternaire 500 kg de type 10
2000	Autoroute 20, rivière des Couture (Lévis) Deschambault (Portneuf) Autoroute 5, boulevard Raymond (Hull)	Chevêtres Bases, colonnes et chevêtres Hauts des culées	480 kg de ciment ternaire 510 kg de ciment ternaire 394 kg type 10SF+131 kg de laitier

**Tableau 1 : Sites expérimentaux**

ESSAI	RÉFÉRENCE	SPÉCIFICATION	DUFFERIN	AUT. 10	AUT. 40	AUT. 20	AUT. 5
Étalement		650 ± 50 mm	630	750	550	800	570
Écoulement		< 6 s			3		3
Résistance en compression	CAN/CSA A23.2-9C	> 35 MPa	52,6	47,2	37	49,3	64,3
Teneur en air	CAN/CSA A23.2-4C	de 5 à 8 %	7,4	3,8	3,7	6,8	5,0
Réseau d'air	ASTM C457	< 230 °m	119	133	160	184	248
Perméabilité aux ions chlore	ASTM C1202	< 1000 Coulombs	1600	720	6150	1100	3220
Écaillage de surface (50 cycles)	ASTM C672	< 0,8 kg/m <sup>2</sup>	0,01	0,03	1,8		0,23
Résist. aux cycles de gel-dégel	ASTM C666	> 60 % MEDR*	98 (500 cycles)	90 (300 cycles)	100 (500 cycles)		
Retrait (µm/m) (26 semaines)			710	510	770		

\* MEDR = Module élastique dynamique relatif.

**Tableau 2 : Résultats obtenus en 1999 et en 2000**

Résistance min. à 28 jours	Masse min. de liant *	Rapport eau/liant	Gros granulats 2,5/10 mm Vol. max.	Teneur en air	Étalement	Écoulement max.	Rapport volumique sable/pâte
35 MPa	480 kg	de 0,35 à 0,40	330 L/m <sup>3</sup>	de 6 à 9 %	650 mm ± 50 mm	6 s	de 0,60 à 0,75

\* Ciment ternaire de type 10E-F/SF, 20E-F/SF, 30E-F/SF ou 10E-S/SF

**Tableau 3 : Spécifications de la norme MTQ 3102**

**Notes (MTQ 3102) :**

1. La résistance à la compression minimale à 48 heures doit être de 10 MPa.
2. La masse totale des ajouts cimentaires (cendre volante + fumée de silice) ou (laitier + fumée de silice) ne doit pas être supérieure à 25 % de la masse totale du ciment portland.
3. Les tolérances sur les valeurs spécifiées d'étalement ne s'appliquent qu'aux fins de contrôle.