

# **Injection de gaines de précontrainte transparentes en chantier à l'aide de coulis cimentaire : paramètres et méthodologie**

TONY POULIN COLLINS ET JOSÉE BASTIEN

Centre de recherche sur les infrastructures en béton, Département de génie civil  
Université Laval, Québec

L'injection des gaines de précontrainte devient souvent une procédure complexe du fait qu'il est très difficile de visualiser la qualité du travail effectué. Il en résulte donc une mauvaise connaissance de la condition de l'ouvrage tout juste après sa fabrication. Afin d'apporter un éclairage à ce problème, un essai d'injection de chantier a été effectué pour visualiser le processus complet d'injection et, encore plus important, de visualiser et d'identifier les techniques et pratiques à améliorer ou éviter. Également cet essai de chantier sera instructif quant à l'influence des caractéristiques du coulis sur le résultat final.

## **Introduction**

Suite à plusieurs problèmes reliés à l'injection de gaines de précontrainte un peu partout autour du globe, une vaste campagne de recherches sur le sujet a vu le jour. Les objectifs que poursuit cette campagne sont de mieux comprendre les phénomènes qui régissent cette activité, développer de nouveaux produits mieux adaptés aux conditions et instaurer une procédure d'injection permettant de réaliser des ouvrages durables. Cette étude s'inscrit dans cette campagne et tente d'identifier, à partir de quelques coulis commerciaux, quelles caractéristiques rhéologiques sont les plus adaptées pour les conditions d'utilisation québécoises. Cette étude comporte une phase d'essais de caractérisation en laboratoire, qui ne sera pas couverte par cet article, et un essai grandeur nature en chantier d'injection sur gaines transparentes, qui sera discuté.

## **Injection de chantier grandeur réelle**

Tel que mentionné, cette injection en chantier est la seconde phase d'une étude plus étendue ayant permis de sélectionner ultérieurement deux produits d'injection utilisés ici pour l'injection grandeur réelle.

Cette injection avait pour objectif principal d'identifier les pratiques courantes en matière d'injection tant au niveau des produits que des savoirs-faire et de valider leur efficacité. Outre les objectifs généraux cités précédemment, les objectifs spécifiques suivants ont été poursuivis :

- i. Simuler le plus exactement possible les situations typiquement rencontrées dans un pont précontraint au Québec (profil sinusoïdal, dénivelé d'environ un mètre et longueur d'environ 50 mètres);
- ii. L'observation en temps réel de la progression du front du coulis et du comportement du coulis à la rencontre de l'eau résiduelle dans la gaine par l'utilisation de gaines translucides;
- iii. Comparer deux coulis de composition différente et de consistance différente en ayant recours à deux montages l'un à côté de l'autre;
- iv. Comparer ces essais à ceux réalisés en laboratoire.

### Installations et équipements

Les essais se sont effectués sur le site de l'échangeur Charest-Duplessis, non loin du pont d'étagement en reconstruction à l'été 2004. Cet emplacement permettait l'utilisation du matériel usuel de chantier, le personnel de chantier et l'espace nécessaire pour placer les 50 mètres de gaines transparentes (fig.1).



Fig. 1 Profil d'injection en place

Les gaines étaient constituées de tubes de PVC clair de 4 pouces de diamètre, contenant chacune 15 torons de 15 mm de diamètre. Des événements étaient situés aux ancrages, aux points hauts ainsi qu'aux points bas. Ceux-ci furent bouchés après l'essai de purge d'eau dans les gaines par de l'air comprimé.

Les équipements de malaxage et d'injection sont donc ceux prescrits par le Ministère des Transports du Québec; c'est-à-dire un malaxeur colloïdal à haut taux de cisaillement et d'une pompe à cavité progressive munie d'un manomètre et d'un débitmètre (Fig. 2).



a) Malaxeur colloïdal



b) Station d'injection



c) Réservoir d'eau



d) Pompe

Fig. 2 Équipements utilisés

### Produits d'injection et résultats

Les deux coulis utilisés lors de cette étude se sont avérés avoir des caractéristiques rhéologiques très distinctes l'un de l'autre. Ceci est en fait un aspect positif car il permet de visualiser les comportements de coulis ayant des temps d'écoulement au cône (ASTM C939) aux limites de la plage de valeurs acceptables : soit 27 secondes pour le coulis A et 11 secondes pour le coulis B (Fig. 3). Cette différence marquée a été bénéfique pour l'étude puisqu'elle a permis de bien saisir les paramètres clés d'une injection réussie.



Fig. 3 Cône d'écoulement

### Coulis A

Ce coulis, malgré sa grande viscosité, était en mesure de bien enrober l'acier de précontrainte. Sa progression à l'intérieur de la gaine se faisait suivant un front vertical qui poussait l'eau résiduelle contenue dans la gaine sans pour autant s'y mélanger. Cette séquence de progression est schématisée en six temps (1-6) à la figure 4.

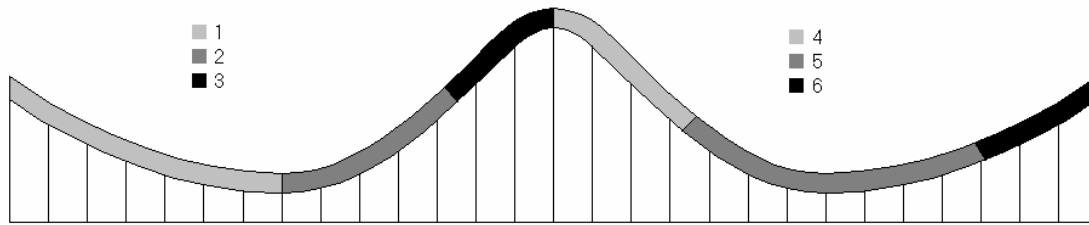


Fig. 4 Progression du coulis A

Dans le domaine de l'injection, il est reconnu que ce type de progression est plus en mesure d'éviter l'emprisonnement de poches d'air aux points hauts des profils des gaines ainsi que derrière les ancrages (Fig. 5).



a) Point haut sans vide



b) Derrière la plaque d'ancrage

Fig. 5 Gains bien remplies

### Coulis B

Dans le cas du coulis B, sa viscosité était très faible de sorte que durant les portions descendantes du profil des gaines, il s'écoulait en fluide à surface libre. Le front d'avancement qu'il proposait était horizontal, n'offrant peu de protection contre le lessivage par l'eau contenue dans les gaines. Cette séquence de progression est schématisée en six temps (1-6) à la figure 6.

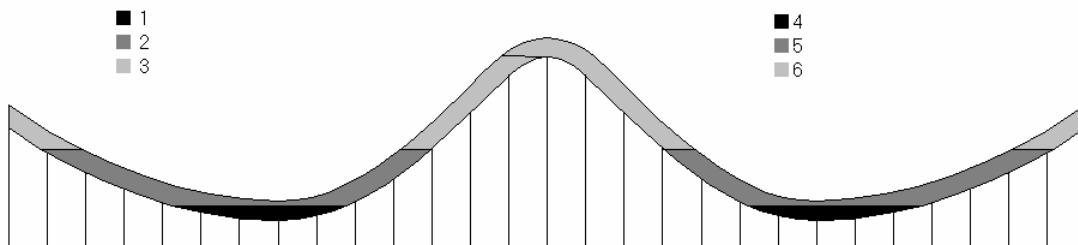


Fig. 6 Progression du coulis B



De plus, comme le remplissage s'effectuait à partir du point bas des gaines vers les points hauts, de l'air est resté emprisonné à l'intérieur de la gaine malgré la présence des événements aux points critiques. La figure 7 présente quelques exemples de vide de coulis.

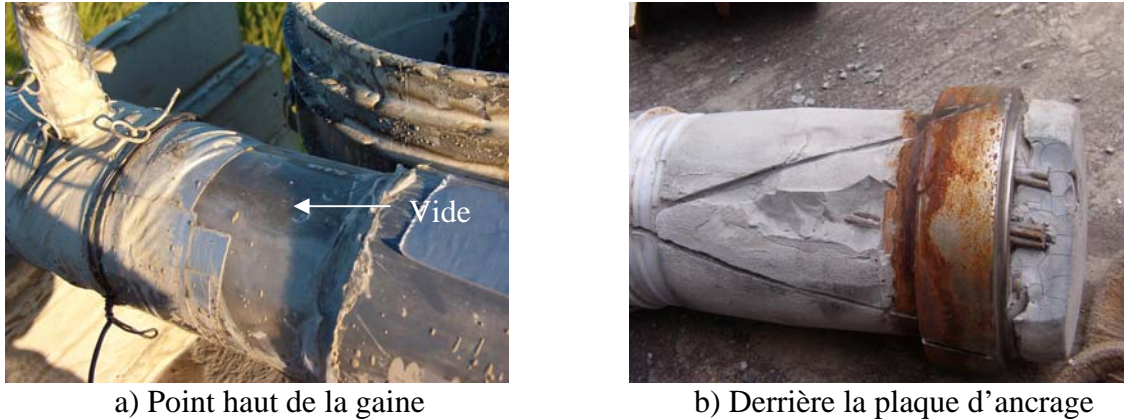


Fig. 7 Gainnes contenant des vides de coulis

### Discussions et conclusion

Parmi les principales conclusions, il apparaît clairement que le personnel sur chantier impliqué dans un processus d'injection de coulis devrait être formé adéquatement et que les vérifications d'usage sur la conformité des outils d'injection, des matériaux d'injection de même que de leur entreposage devraient être systématiquement encouragées et exigées.

De même, certaines pratiques devraient être encouragées notamment la vérification de l'étanchéité des gaines afin de s'assurer notamment quelles soient (dans la mesure du possible) exemptes d'eau résiduelle. En effet bien que non discuté ici, l'essai en grandeur réelle a permis de démontrer les limites de l'utilisation d'un jet d'air comprimé pour éliminer l'eau prisonnière des gaines d'injection. Ceci renforce l'opinion que toutes les dispositions nécessaires doivent être prises sur chantier pour éviter toute infiltration d'eau dans les gaines de post-tension.

Les règles de bonne pratique en matière d'injection de gaines sont connues mais encore peu diffusées (Bastien, J. 2003). Elles sont basées sur l'expérience et se retrouvent éparpillées dans différents documents spécifiques au domaine. C'est pour contrer cette problématique que des formations continues ont récemment vu le jour notamment ceux de l'*American Segmental Bridge Institute* (ASBI, 2005).

En conclusion, une injection réussie demande qu'un ensemble de conditions soient réunies notamment un souci de qualité des matériaux, des conditions de mise en œuvre et de la performance des outils d'injection. Un bon coulis seul n'assure pas une bonne injection de même que du personnel qualifié ne peut à lui seul assurer la réussite d'une injection.

## **Références**

ASBI (2005) Grouting certification training manual. April 2005.

Bastien J. (2003). Procédures d'injection. Rapport GCT-17-2003. Département de génie civil, Université Laval, 15p.

Bastien J. et T. Poulin Collin (2004). Évaluation des propriétés des coulis d'injection. Rapport GCT-05-2005, Département de génie civil, Université Laval, 38 p.

Côté, Frédéric (2002) Évaluation de la performance de coulis d'injection pour les structures précontraintes par post-tension. Mémoire de maîtrise ès science, Québec (Québec), Canada, Novembre 2002, 144 p.