

**EN004093**

# **RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident mortel survenu à un travailleur de l'entreprise  
Coffrage Bouchard inc., le 21 août 2015  
au chantier du Barrage des Quinze à Angliers**

## **VERSION DÉPERSONNALISÉE**

**Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue**

**Inspecteurs :**

\_\_\_\_\_

**Martine Valcourt**

\_\_\_\_\_

**Robert Girard**

**Date du rapport : 5 mai 2016**

**Rapport distribué à :**

- Monsieur [ **A** ], [ ... ], Béton Fortin inc.
- Comité de santé et de sécurité
- Monsieur [ **B** ], [ ... ], EBC inc.
- Monsieur [ **C** ], [ ... ], EBC inc.
- Monsieur [ **D** ], [ ... ], Coffrages Bouchard inc.
- CSD Construction
- CSN Construction
- FTQ Construction
- Conseil provincial du Québec des métiers de la construction (International)
- Syndicat québécois de la construction
- Docteure Guylène Cloutier, coroner
- Docteure Lyse Landry, directrice de la santé publique du Centre intégré de santé et de services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue

**TABLE DES MATIÈRES**

<b>1</b>	<b>RÉSUMÉ DU RAPPORT</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ORGANISATION DU TRAVAIL</b>	<b>3</b>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISME DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DU TRAVAIL</b>	<b>5</b>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	6
3.2.1	DESCRIPTION DU CAMION-POMPE À BÉTON NUMÉRO 82 DE BÉTON FORTIN INC.	6
<b>4</b>	<b>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</b>	<b>8</b>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	OPÉRATEUR DE LA POMPE À BÉTON DE BÉTON FORTIN INC.	9
4.2.2	INFORMATIONS RECUEILLIES SUR LE LIEU DE L'ACCIDENT	10
4.2.3	LE CAMION-POMPE	16
4.2.4	RÉGLEMENTATION, NORME ET DOCUMENTATION	17
4.2.5	EXPERTISE DE CAMTECH CONSULTANTS INC.	20
4.2.6	RÉSUMÉ FRANÇAIS DU MANUEL DU FABRICANT SCHWING AMERICA INC.	25
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	27
4.3.1	L'UTILISATION D'UN COLLET AJUSTABLE MAL ENTRETENU ENTRE LE TUYAU EN COUDE ET LE TUYAU RÉDUCTEUR CAUSE LE DÉTACHEMENT DU TUYAU RÉDUCTEUR EN COURS D'OPÉRATION	27
4.3.2	L'UTILISATION DE DEUX CÂBLES DE SÉCURITÉ INSTALLÉS EN SÉRIE, COMBINÉS AU POIDS SUPPLÉMENTAIRE IMPOSÉ PAR LE TUYAU FLEXIBLE CONTRIBUE À LA RUPTURE DU CÂBLE DE SÉCURITÉ	27
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>29</b>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	29
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	29
5.3	SUIVI D'ENQUÊTE	29

**ANNEXES**

<b>ANNEXE A : Accidenté</b>	<b>30</b>
<b>ANNEXE B : Plan de travail pour la coulée de béton (plan du Centre d'expertise hydrique du Québec)</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXE C : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton de Camtech Consultants inc.</b>	<b>33</b>
<b>ANNEXE D : Liste des témoins et des autres personnes rencontrées</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE E : Références bibliographiques</b>	<b>52</b>

**SECTION 1****1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 21 août 2015, sur le chantier du Barrage des Quinze à Angliers, un [ ... ] à l'emploi de Coffrage Bouchard inc. effectue un travail consistant à lisser le béton lors d'un coulage de piliers de barrage lorsque le tuyau flexible de la pompe à béton se détache et vient le frapper.

**Conséquence**

Le travailleur décède.



Source : EBC inc.

**Photo n° 1 : Barrage des Quinze**

**Abrégé des causes**

- L'utilisation d'un collet ajustable mal entretenu entre le tuyau en coude et le tuyau réducteur cause le détachement du tuyau réducteur en cours d'opération.
- L'utilisation de deux câbles de sécurité installés en série, combinés au poids supplémentaire imposé par le tuyau flexible contribue à la rupture du câble de sécurité.

**Mesures correctives**

À la suite de l'événement, la CNESST a rendu une décision interdisant l'utilisation, toute modification ou réparation du camion-pompe à béton unité 82 (rapport d'intervention RAP0960137).

La CNESST a aussi émis une dérogation aux deux employeurs et au maître d'œuvre demandant d'élaborer une méthode de travail sécuritaire pour la reprise des travaux et pour les travaux de coulage de béton (rapport d'intervention RAP0985779).

Le 22 décembre 2015, un des éléments de l'enquête amène la CNESST à exiger, à l'intérieur du rapport d'intervention RAP1008774, à Béton Fortin inc. de produire une procédure de travail ayant pour objectif de s'assurer que les collets d'accouplement et les joints des tuyaux d'une pompe à béton soient nettoyés de façon à éviter un mauvais ajustement du serrage du collet.

Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.

## SECTION 2

### 2 ORGANISATION DU TRAVAIL

#### 2.1 Structure générale du chantier

Le chantier de construction de modernisation du Barrage des Quinze est situé sur la route 391, dans le village d'Angliers au Témiscamingue. Les travaux ont débuté à l'été 2013. Au moment de l'accident, on compte environ [ ... ] travailleurs sur le chantier.

Le chantier de modernisation du Barrage des Quinze est sous la maîtrise d'œuvre d'EBC inc., entreprise de construction active dans les domaines du bâtiment, du génie civil, du terrassement et des mines.

Le [ ... ] du chantier qui travaille pour EBC inc. est présent en tout temps sur le chantier et les [ ... ] peuvent le consulter au besoin. Comme requis pour les projets de cette ampleur, un [ ... ] sur les chantiers de construction est présent en tout temps sur le chantier.

Le maître d'œuvre a retenu les services de plusieurs entrepreneurs pour la réalisation du projet dont le coût global est estimé à environ 48 millions de dollars.

Coffrage Bouchard inc. est un entrepreneur général spécialisé en coffrages de béton, en ouvrages d'art et en génie civil.

L'entreprise est retenue afin de réaliser les travaux d'installation des coffrages à béton ainsi que la mise du béton. Le [ ... ] et le [ ... ] travaillant pour Coffrage Bouchard inc. sont présents à distance et de façon ponctuelle sur le chantier. Le [ ... ] y est présent en tout temps.

L'entreprise Béton Fortin inc. a, quant à elle, été retenue pour la livraison et le pompage du béton. [ ... ] est la majeure partie du temps le seul employé de Béton Fortin inc. présent sur le chantier.

#### 2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

##### 2.2.1 Mécanisme de participation

Comme requis par le Code de sécurité pour les travaux de construction (RLRQ, c. S-2.1, r. 4), un comité de chantier a été constitué. Le comité de chantier est sous la responsabilité du maître d'œuvre et est présidé par un agent de sécurité sur les chantiers de construction affecté à temps plein sur le site. Le comité se réunit toutes les deux semaines.

Lors de son arrivée au chantier, chaque nouveau travailleur est reçu par [ ... ]. Une rencontre d'accueil est faite afin de lui présenter les règles de santé et de sécurité applicables au chantier.

## 2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

- **Le maître d'œuvre : EBC inc.**

Le maître d'œuvre a élaboré un programme de prévention propre au projet de modernisation du Barrage des Quinze. La dernière révision date du 19 juillet 2013. Le programme de gestion de la santé et de la sécurité de l'entreprise EBC inc. est divisé en 10 sections traitant de différents sujets tels que : les responsabilités, la formation, les différents risques et dangers rencontrés sur les chantiers de construction. Une section du programme traite de l'érection de charpentes de béton. Cette section du programme traite des risques liés à l'utilisation d'une pompe à béton de façon générale en se référant aux articles du Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution (RLRQ, c. S-2.1, r. 9) et des mesures préventives à mettre en place en fonction du risque rencontré.

- **Coffrage Bouchard inc.**

L'entreprise Coffrage Bouchard inc. possède un programme de prévention qui traite des différents dangers et risques sur les chantiers ainsi que les obligations de l'employeur et des travailleurs. La section 3.1 Plan d'action relié aux phases nommées Béton (érection de charpente de béton) prévoit les risques liés à l'utilisation d'une pompe à béton et des mesures préventives à mettre en place en fonction du risque rencontré. Elle est assez générale et se réfère au Règlement sur les pompes à béton et mâts de distribution.

- **Béton Fortin inc.**

L'établissement de Béton Fortin inc. fait partie du secteur d'activité économique de la fabrication de produits minéraux non métalliques. Béton Fortin inc. possède un programme de prévention ainsi qu'un comité de santé et de sécurité.

Le programme de prévention contient une procédure pour la formation, l'accueil et l'intégration des nouveaux travailleurs. Le programme de prévention, les procédures de travail et le manuel de l'employé sont présentés à tout nouvel employé.

Le programme ne comporte pas de volet propre au chantier de construction.

Lors de l'embauche, les opérateurs de camions-pompe reçoivent une formation en entreprise. Elle peut être sous forme théorique ou sous forme d'entraînement supervisé. La durée de la formation peut varier selon les expériences antérieures du nouvel opérateur. Un registre de formation est conservé dans le dossier du travailleur.

## SECTION 3

### 3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

#### 3.1 Description du lieu de travail

Le lieu de travail est un barrage en réfection situé dans le village d'Angliers au Témiscamingue.

Le barrage des Quinze est une structure régularisant le débit de l'eau et facilitant le contrôle des crues. Le barrage a été construit en 1905.

Les travaux de réfection se traduisent par la modernisation et la mise aux normes du barrage. Le projet est débuté depuis l'été 2013. Il vise à améliorer la capacité structurale, à éliminer le risque élevé de rupture associé à l'état général du barrage, à conserver sa pérennité et à assurer le bon fonctionnement du barrage dans des conditions normales et extrêmes. Les travaux comportent également la mise aux normes de la route 391.

Lors de l'accident, les travaux consistent à couler du béton dans un pilier de barrage.



Source : CNESST

Photo n° 2 : Vue panoramique du barrage des Quinze

### 3.2 Description du travail à effectuer

Le 21 août 2015, l'entreprise EBC inc. procède à la réparation du Barrage des Quinze. Le travail consiste à couler du béton dans un pilier du barrage. La pompe à béton de l'entreprise Béton Fortin inc., munie d'un mât de distribution, pompe le béton à partir d'une barge en dessous du barrage. Les travailleurs de l'entreprise Coffrage Bouchard inc. sont installés sur une plate-forme et assurent la mise en place du béton dans le coffrage du pilier (annexe B — Plan de travail pour la coulée de béton).

#### 3.2.1 Description du camion-pompe à béton numéro 82 de Béton Fortin inc.

- La pompe à béton impliquée dans l'accident est de marque Shwing America;
- Le modèle est le 2025-5/32XL de l'année 2009;
- Le numéro d'immatriculation du camion-pompe est le FHM8987;
- Le numéro de série est le 170522585;
- La pompe à béton est munie d'un limiteur de portée *Eco-Limit*;
- Le débit maximum de la pompe est de 450 l/min;
- La portée maximale du mât de distribution est de 9,75 m vertical (32 pi) par 8,53 m horizontal (28 pi);
- Le diamètre maximum des tuyaux de transport est de 125 mm (4,9 po);
- Le camion est de marque Mack Trucks, de l'année 1998;
- Le numéro de série est le 1M2K189CXXMO13273.



Source : CNESST

Photo n° 3 : Camion-pompe à béton numéro 82

## SECTION 4

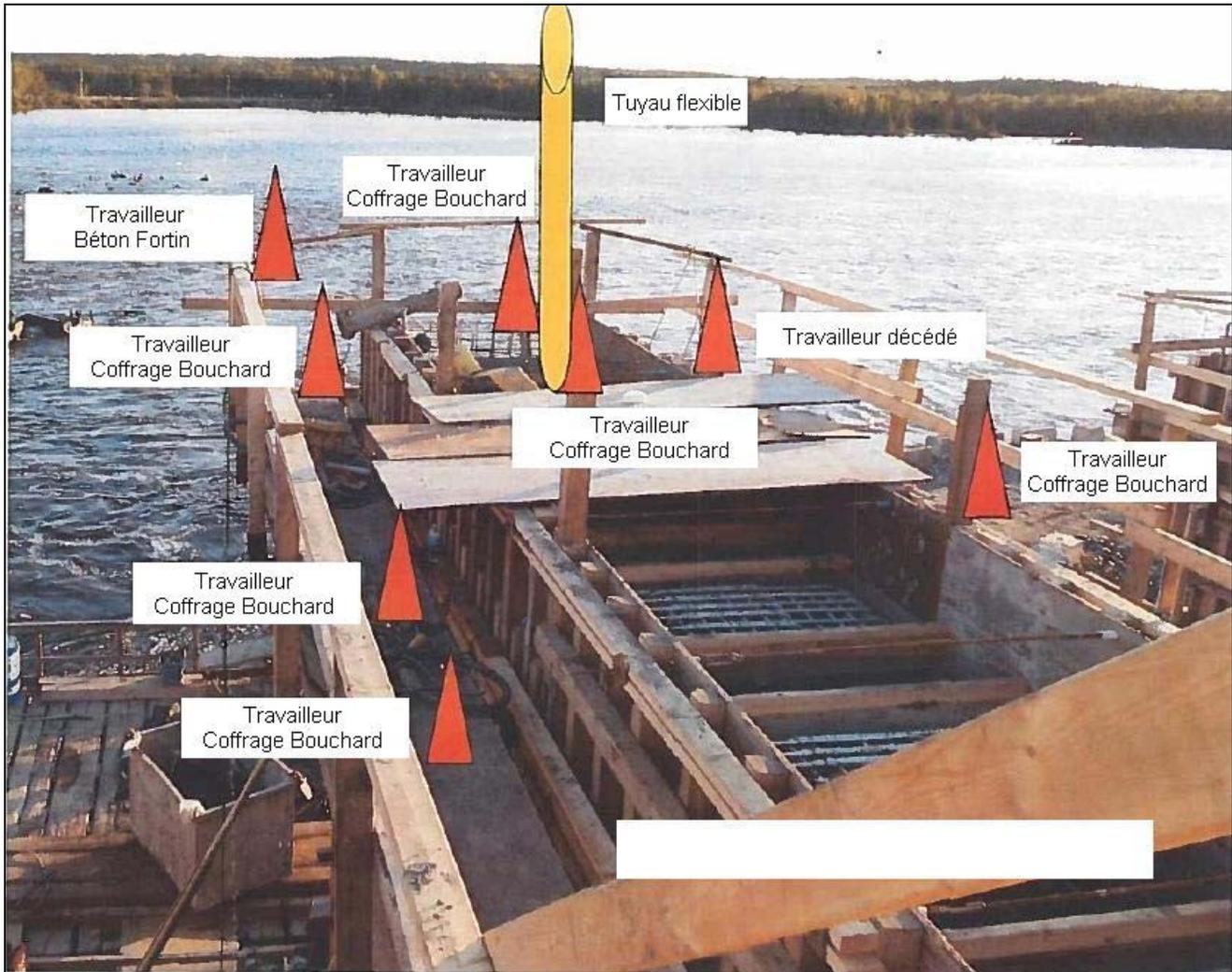
### 4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

#### 4.1 Chronologie de l'accident

Le vendredi 21 août 2015, vers 17 h, le camion-pompe de l'entreprise Béton Fortin inc. est installé sur une barge pour couler le béton dans un pilier du Barrage des Quinze à Angliers. La particularité du coulage de béton dans un pilier demande une longueur de flèche adaptée aux caractéristiques géométriques de l'ouvrage. Le pompage permet d'amener le béton avec précision au bon endroit. [ ... ] travailleurs localisés sur la plate-forme du pilier assurent la mise en place du béton (photo 4). Un travailleur, M. [ **E** ], de Coffrage Bouchard inc., guide le tuyau flexible de 10,16 cm (4 po) de diamètre et de 10,36 m (34 pi) de long suspendus à un tuyau réducteur. Le tuyau flexible est remonté simultanément avec le béton au fur et à mesure du remplissage du coffrage. Les autres travailleurs présents sur la plate-forme du pilier s'affairent à différentes tâches telles que le lissage et l'utilisation du vibreur afin de placer le béton. [ ... ] est aussi sur la plate-forme du pilier et opère la pompe avec une télécommande.

Afin de mettre en place le béton dans le coffrage, on arrête temporairement le pompage et le coulage du béton. Lorsque [ ... ] redémarre la pompe, le béton ne coule pas. [ ... ] donne un coup de pompe en augmentant la puissance à l'aide de la télécommande. C'est alors que le tuyau réducteur ainsi que le tuyau flexible se décrochent du mât et frappent un travailleur de Coffrage Bouchard inc., M. [ **F** ].

Le travailleur est déplacé afin de recevoir les premiers secours et est transporté par ambulance au centre hospitalier de Ville-Marie où son décès est constaté.



Source : EBC inc.

Photo n° 4 : Pilier et position des travailleurs

## 4.2 Constatations et informations recueillies

### 4.2.1 [ ... ] de Béton Fortin inc.

[ ... ] possède son [ ... ]. Il possède une carte d'attestation de [ ... ]. Il est [ ... ] pour l'entreprise depuis [ ... ] ans.

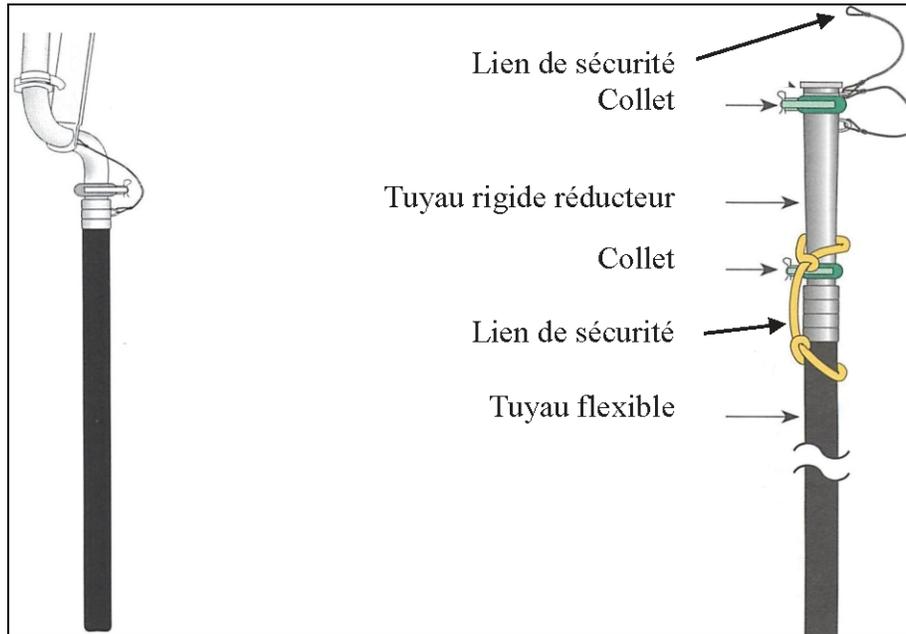
#### 4.2.2 Informations recueillies sur le lieu de l'accident

Des témoignages entendus, des constatations faites et des informations obtenues, il ressort principalement que :

- À notre arrivée sur les lieux, la pompe à béton est déjà déplacée, car, avec l'autorisation de la CNESST, celle-ci a dû être vidée afin d'éviter qu'elle ne soit endommagée par le durcissement du béton.
- Les photos prises par l'agent de sécurité nous démontrent que la pompe à béton est à une hauteur d'environ 10,36 m (34 pi).
- Les pièces tombées sont demeurées sur le lieu de l'accident.
- On retrouve sur la plate-forme le tuyau réducteur de 12,70 à 10,16 cm (5 à 4 po) de diamètre qui est décroché avec son collet ajustable.
- Le tuyau flexible est encore accroché après le tuyau réducteur par un câble de sécurité.
- Le câble de sécurité qui relie le tuyau réducteur au mât est rompu.
- Le maître d'œuvre a demandé au fournisseur de béton, Béton Fortin inc., de fournir un tuyau flexible d'une longueur de 10,36 m (34 pi).
- Le coulage du béton s'est effectué durant les jours précédents à l'aide de la même méthode de travail.
- [ ... ] mentionne dans son témoignage qu'il coulait depuis 7 heures le matin avec ce camion-pompe et qu'une inspection visuelle de la pompe a été faite le matin même.
- La pression exercée lors du coup de pompe donné par [ ... ] n'atteint pas la limite du système de l'arrêt d'urgence automatisé de la pompe.

• Composantes de l'équipement

La figure suivante montre les différentes pièces théoriques placées en fin de flèche selon le résumé français du manuel du fabricant, Schwing America Inc. Il indique aussi que l'assemblage complet de l'équipement ainsi que le poids du béton à l'intérieur ne doivent jamais dépasser 170,55 kg (376 lb).



Source : Résumé français Model S 32 XL, Schwing America Inc.

Image n° 1 : Composantes de l'équipement

Les éléments suivants ont été recueillis lors de la première visite :

• Le tuyau réducteur de 12,70 cm (5 po) à 10,16 cm (4 po)

Le tuyau réducteur est retrouvé sur le lieu de travail, mais nous présumons qu'il a été déplacé pour permettre les premiers secours. Le collet ajustable est resté en place. Nous pouvons constater qu'il est obstrué par du béton et de la roche (photo 5).



Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultants inc.

**Photo n° 5 : Roche et béton dans le tuyau réducteur**

Il y a deux treillis déposés sur la trémie de l'entrée du béton. Selon les représentants de Béton Fortin inc., il y a régulièrement des roches dans le béton. Il est possible qu'une roche plate puisse passer en diagonale au travers du treillis.



Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultant inc.

**Photo n° 6 : Collet du tuyau réducteur**

- **Le collet ajustable du tuyau réducteur**

Le collet du tuyau réducteur est resté fixé sur celui-ci (photo 6). Il y a aussi accumulation de béton. Selon le représentant de Béton Fortin inc., le camion-pompe à béton retourne à Rouyn-Noranda chaque soir et les pièces sont nettoyées.



Source : CNESST

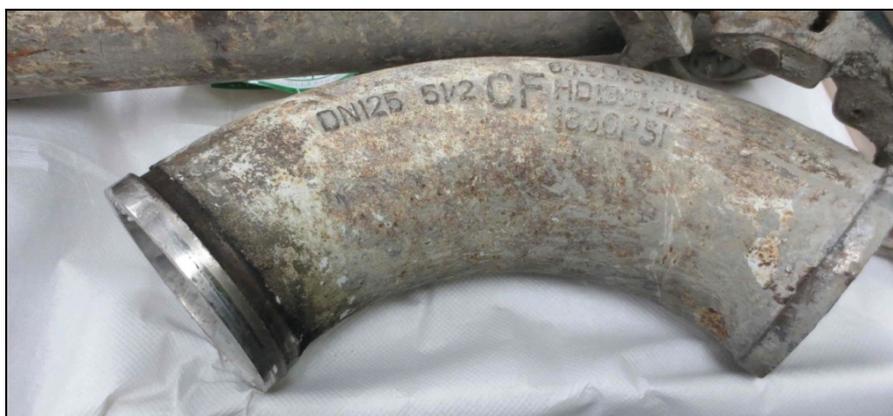
**Photo n° 7 : Coude et câbles de sécurité joints avec une manille**

- **Le câble de sécurité**

Le câble de sécurité brisé (photo 7) est lié à un autre câble qui est attaché au mât. Un représentant de l'entreprise Béton Fortin, nous déclare que ce n'est pas habituel d'avoir deux câbles, mais qu'il n'y avait pas de câble assez long disponible à ce moment pour permettre le mouvement du mât. Ils ont alors utilisé deux câbles installés bout à bout avec une manille.

- **Le coude**

Du béton couvre l'extrémité droite du dernier coude du mât (photo 8).



Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultants inc.

**Photo n° 8 : Coude**

• **Le tuyau flexible**

Le tuyau flexible est de marque Lay-Flat et mesure 7,32 m (34 pi) (photo 9).



Source : CNESST

**Photo n° 9 : Tuyau flexible**

La fiche technique du tuyau flexible provenant du manufacturier indique le poids d'un tuyau flexible de 7,62 m (25 pi) à 18,60 kg (41 lb) sans béton et de 195,95 kg (432 lb) avec béton (image no 2).

<b>LAY-FLAT TIP HOSE</b>				
Length	End Style	Dry Weight	F.W.C. Weight	Part Number
10'	Hevi-Duty	24 lbs.	180 lbs.	H40LF10D1A
12'	Hevi-Duty	26 lbs.	214 lbs.	H40LF12D1A
15'	Hevi-Duty	30 lbs.	264 lbs.	H40LF15D1A
20'	Hevi-Duty	36 lbs.	348 lbs.	H40LF20D1A
25'	Hevi-Duty	41 lbs.	432 lbs.	H40LF25D1A
10'	148mm	36 lbs.	209 lbs.	H40LF10RM1A
15'	148mm	42 lbs.	293 lbs.	H40LF15RM1A
20'	148mm	48 lbs.	377 lbs.	H40LF20RM1A

Other lengths available. Consult Factory.

Source : Lay-Flat Tip Hose

**Image n° 2 : Fiche technique des tuyaux flexibles**

La plaque signalétique de la pompe à béton numéro 82 indique que le mât de distribution supporte une masse maximale de 171 kg ou 376 lb (photo 10).



Source : Béton Fortin inc.

Photo n° 10 : Plaque signalétique du camion-pompe 82

### 4.2.3 Le camion-pompe

La dernière inspection structurale du camion-pompe impliqué dans l'accident remonte au 27 octobre 2014 par une firme d'ingénieurs et ne présente pas d'anomalie.

Les rapports d'inspection journalière du camion-pompe à béton ont été faits le matin du 21 août 2015 par l'opérateur de la pompe.

#### 4.2.4 Réglementation, norme et documentation

- **Loi sur la santé et la sécurité du travail (RLRQ, c. S-2.1)**

La Loi sur la santé et la sécurité du travail établit les droits et les obligations des travailleurs et des employeurs en matière de santé et de sécurité au travail. L'article 49 prévoit que :

49. Le travailleur doit:

- 1° prendre connaissance du programme de prévention qui lui est applicable;
- 2° prendre les mesures nécessaires pour protéger sa santé, sa sécurité ou son intégrité physique;
- 3° veiller à ne pas mettre en danger la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des autres personnes qui se trouvent sur les lieux de travail ou à proximité des lieux de travail;

[...]

L'article 51 prévoit :

51. L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Il doit notamment:

[...]

- 3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;

[...]

- 5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;

[...]

- 9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;

[...]

L'article 59 prévoit :

59. Un programme de prévention a pour objectif d'éliminer à la source même les dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs.

Il doit notamment contenir, en outre du programme de santé visé dans l'article 113 et de tout élément prescrit par règlement:

- 1° des programmes d'adaptation de l'établissement aux normes prescrites par les règlements concernant l'aménagement des lieux de travail, l'organisation du travail, l'équipement, le matériel, les contaminants, les matières dangereuses, les procédés et les moyens et équipements de protection collectifs;

[...]

- **Code de sécurité pour les travaux de construction :**

Voici quelques extraits pertinents :

- 3.10.1 Tout véhicule, grue, ou appareil utilisé sur un chantier de construction doit:

- a) être tenu en bon état, de sorte que son emploi ne compromette pas la sécurité des travailleurs;

[...]

- g) être utilisé conformément aux instructions du fabricant; et

[...]

- **Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution :**

Voici quelques articles pertinents dans le cas présent :

3. Nul ne peut fabriquer, fournir, vendre, louer, distribuer ou installer une pompe à béton, un mât de distribution, un tuyau de transport du béton et les équipements nécessaires à leur utilisation à moins qu'ils ne soient conformes aux articles 4 à 30.

De plus, tout équipement prévu au premier alinéa qui est fabriqué à compter du 1er janvier 2015 doit être conforme aux dispositions relatives à la conception, la fabrication, l'installation et au marquage prévues à la norme CAN/CSA Z151, Pompes à béton et flèches de distribution, en vigueur l'année de la fabrication.

En cas de conflit entre les exigences prévues aux articles 4 à 30 et celles de la norme CSA qui sont visées au deuxième alinéa, l'exigence la plus sévère s'applique.

31. Une personne qui fournit, loue ou utilise un camion-pompe dont elle est le propriétaire doit s'assurer que le camion-pompe est vérifié et entretenu de façon à ce qu'il puisse être utilisé de façon sécuritaire.
43. Il est interdit de rallonger un mât de distribution et les tuyaux souples terminaux au-delà des longueurs pour lesquelles ils ont été conçus par le fabricant.

Lorsque l'extrémité d'un tuyau souple terminal est reliée à une autre ligne de tuyaux, elle ne doit pas imposer une surcharge au mât de distribution.

• **Norme CAN/CSA Z151-09 (C2014) Pompes à béton et flèches de distribution :**

Voici quelques articles pertinents dans le cas présent :

6.2 Conduite par l'opérateur

Les exigences suivantes s'appliquent à la conduite par l'opérateur :

- a) L'opérateur doit manœuvrer les machines conformément aux recommandations du fabricant. En l'absence de recommandations, les articles 6.3 à 6.7 s'appliquent.

[...]

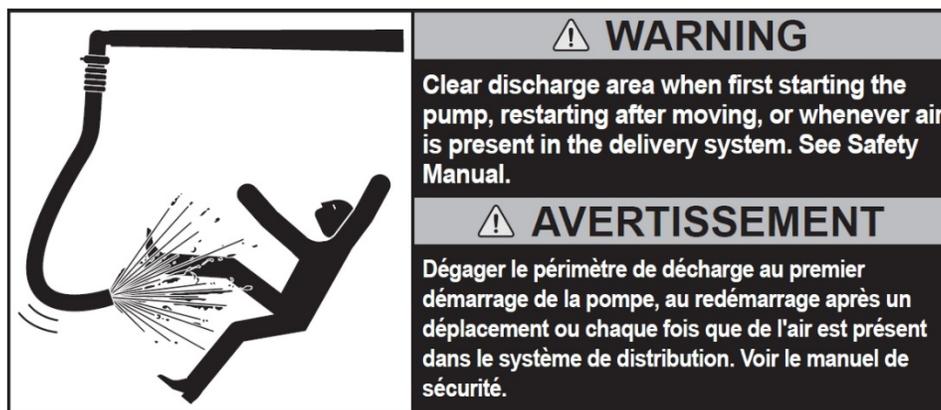
6.3.1 Les pompes à béton et les flèches de distribution ne doivent pas

[...]

- b) être surchargées par

- (i) le tuyau rigide ou souple du système au-delà des prescriptions du fabricant;

[...]



**Image n° 3 : Avertissement de sécurité tiré de la Norme CSA Z -151-9**

#### **4.2.5 Expertise de Camtech Consultants inc.**

La CNESST a mandaté l'entreprise Camtech Consultants inc. pour effectuer une expertise. Le mandat consiste à :

- Déterminer si l'usure des pièces a contribué au détachement du tuyau réducteur.
- Vérifier l'état du lien qui a cédé ainsi que sa capacité.
- Déterminer l'impact de la présence de roches dans le tuyau réducteur sur le détachement.
- Déterminer les forces exercées sur les composantes du mât compte tenu des longueurs des tuyaux (rigides et flexibles) observées lors de l'accident.

Une copie du rapport d'expertise est reproduite à l'annexe C.

Le 2 octobre 2015, l'expert de Camtech Consultants inc., M. Jean Grandbois, ingénieur, a fait l'inspection du camion-pompe à béton, unité 82, dans le garage de Béton Fortin inc.

- **Masse calculée des différentes composantes de la pompe à béton :**

Le rapport fait mention des résultats de mesures suivants :

Item	Masse à vide		Masse en charge (avec le béton)	
	kg	lb	kg	lb
Collet ajustable 5 po	5.7	12.6	5.7	12.6
Tuyau réducteur 5 à 4 po , longueur 36 po	19.5	43	42.2	93
Collet ajustable 4 po	4.7	10.4	4.7	10.4
Tuyau nylon Lay-Flat 34 pieds (estimé)	24	53	265	585
Total:	54	119	318	701

**Tableau 1 : Masse des items à l'extrémité du mât**

Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultants inc.

- **Tuyau flexible de 10,36 m (34 pi)**

Le rapport d'expertise mentionne que :

La masse du tuyau de 34 pieds a été estimée à partir de celle donnée par le manufacturier pour un tuyau de 25 pieds, en prenant une masse de 6 livres pour l'extrémité métallique et une règle de trois pour la masse restante.

La masse à vide était donc à 32 % de la masse maximale et la masse en charge, avec le béton, à 186 % de la masse permise par le manufacturier. Le tuyau flexible était donc en surcharge théorique importante par rapport à la capacité donnée de l'équipement. Nous ne pouvons savoir exactement la masse de béton présente dans le tuyau mais il est plus que probable qu'elle dépassait la masse autorisée à cause de la longueur du tuyau flexible. Celle-ci est habituellement de 12 pieds.

- **Collet du tuyau réducteur**

Le rapport d'expertise mentionne que :

[...] L'arrête de blocage du tuyau réducteur présente une coche et des dépôts de béton qui diminue sa capacité de retenue. [...]

[...] il y a d'autres raisons qui expliquent que l'extrémité du tuyau en coude ait pu sortir du collet sans qu'il n'y ait de bris. Il s'agit de l'ajustement du collet et de la propreté de l'arrête de l'extrémité du coude. L'arrête de celle-ci n'est plus perpendiculaire [*sic*] à cause de la présence importante de vieux béton qui remplit le coin à 90 degrés pour plutôt former un arc de cercle. L'ajustement du collet est aussi très déficient puisque son diamètre

intérieur est de 14,6 cm au minimum, sans nettoyage, alors que celui d'un collet sans ajustement est de 14,2 cm au maximum. Il y a aussi un jeu de 7 mm entre les faces intérieures de la surface de fermeture du collet. Cet espace est supposé être nul puisque ces faces sont supposées être appuyées une sur l'autre.

Des essais ont été effectués afin d'évaluer la force de fermeture de la poignée des collets. À l'aide d'une balance, nous avons mesuré la force nécessaire à la poignée pour ouvrir celle-ci dans différents cas. Les valeurs obtenues sont au tableau 2.

Essais d'ouverture de différents collets	Force nécessaire	
	N	lbf
Collet sans ajustement et tuyaux neufs:	533	120
Collet avec ajustement bien ajusté et tuyaux neufs:	391	88
Collet sur le tuyau réducteur (première ouverture) :	76	17
Collet sur le tuyau réducteur après nettoyage partiel:	445	100

**Tableau 2 : Force d'ouverture de différents collets**

Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultants inc.

Le résultat obtenu sur le collet de l'accident est à 15 % de l'effort normal pour un collet de 5 pouces, ce qui confirme la problématique de l'ajustement du collet.

- **Câbles de sécurité**

Le rapport d'expertise mentionne que :

[...] il y avait deux câbles de sécurité installés bout à bout avec une manille. L'importance de ce deuxième lien est au niveau de la force d'impact lorsque le tuyau tombe. Puisque le lien est plus long, la vitesse atteinte par le tuyau au moment où celui-ci arrive en fin de course du câble de sécurité est beaucoup plus importante.



Source : Image tirée du rapport d'expertise de Camtech Consultants inc.

**Photo n°11 : Câble de sécurité**

En examinant les photographies et en tenant compte de la longueur de 750 mm d'un câble de sécurité, il a été estimé que 500 mm au minimum du câble était utilisé par la position et la méthode d'attache du câble, ce qui laisse une chute de 250 mm au maximum. Avec un deuxième câble en série, la longueur de chute passe à 250 mm plus 750 mm pour 1000 mm ou un mètre.

[...]

Dans le présent cas, avec le même tuyau (masse identique), cela donne donc une énergie 3,97 plus importante lorsque le tuyau arrive en fin de course des deux câbles en série que d'un seul câble. Il faut aussi noter que l'énergie est directement proportionnelle avec la masse du tuyau.

[...]

Le lien de sécurité reliant le mât de distribution et le tuyau réducteur semble être une pièce d'origine du fabricant Schwing conçu pour cet usage. Le câble d'acier a cédé complètement après un certain étirement. L'état du câble apparaît relativement bon pour les conditions d'utilisation à l'extérieur dans un tel environnement de travail, à l'exception de l'endroit qui a cédé et qui semble en moins bon état à cause de la présence de rouille dans le câble. Celui-ci devait avoir environ 75 à 90 % de sa capacité à l'état neuf, à l'exception de la partie qui a cédé qui devait être à environ 50 à 80 % de la capacité. Cet état n'était possiblement pas visible à cause de la gaine de protection.

L'autre point important à retenir au sujet du câble est le fait que les photographies des lieux de l'accident nous permettent d'affirmer qu'il y avait deux câbles installés bout à bout afin de donner plus de jeu, ce qui n'est pas acceptable et est très important dans le déroulement de l'accident. Nous n'avons malheureusement pas eu accès au deuxième câble. Celui-ci aurait permis de mesurer son étirement et conséquemment d'avoir une meilleure idée de la résistance du câble qui a cédé.

[...]

Le manufacturier demande un lien de sécurité entre toutes les pièces qui ne sont pas attachées à la structure de flèche supportant la ligne où coule le béton.

- **Roche dans le tuyau réducteur**

Le rapport d'expertise mentionne que :

[...] Ce qui apparaissait comme un ensemble de béton et de différentes roches s'est avéré après examen une seule grosse roche (environ 12 cm x 10 cm x 7 cm) qui s'est cassée en deux en se bloquant dans le tuyau réducteur et qui a bouché la ligne en combinaison avec le béton. L'augmentation de la pression de pompage lorsque la ligne était bloquée dans le tuyau réducteur a induit une force supplémentaire au niveau du joint précédent et le tuyau s'est séparé de la ligne.

**• Conclusion de l'expert**

- L'exigence du maître d'œuvre d'utiliser un tuyau flexible de 10,36 m (34 pi) ne respecte pas les critères du fabricant de la pompe.
- L'installation du collet entre le mât de distribution et le tuyau réducteur est très déficiente avec des tuyaux non nettoyés et un réglage inapproprié de la fermeture du collet.
- L'utilisation de deux câbles de sécurité en série augmente dangereusement les efforts dans le câble de sécurité s'il a à retenir le tuyau réducteur après son détachement.
- Une roche de la dimension de celle trouvée dans le tuyau réducteur ne devrait pas se retrouver dans le béton à pomper.

L'expert conclut : « L'accident nous apparaît avoir été causé par un ensemble de facteurs combinés qui, pris séparément, n'aurait pas dû provoquer un accident mortel mais qui, en survenant simultanément, ont eu cette conséquence. »

#### 4.2.6 Résumé français du manuel du fabricant Schwing America Inc.

À la page 283 de la version française, il est mentionné :

Quand vous engagez une pompe ou la réengagez pour toute sorte de raison, tous doivent se tenir à une distance raisonnable de la sortie du tuyau jusqu'à ce que le débit du béton soit stable et exempt d'air. L'air peut s'accumuler au démarrage, redémarrage, quand la trémie manque de béton, si la ligne a dû être ouverte. Une compression d'air peut faire fouetter le tuyau violemment. Voir manuel de sécurité.

Si vous avez été averti que de l'air a pu s'introduire, au niveau de la trémie avertir la personne qui manipule le tuyau, sécuriser la région autour et éloigner toute personne jusqu'à ce que l'air soit expulsé. Un tuyau qui fouette peut causer des blessures sérieuses.

Par ailleurs, à la page 280 il est mentionné que « Tout équipement installé au bout du mât doit être en parfaite condition et installé sécuritairement (collets, barrures, câbles, ...) ».

Voici une reproduction de la page 60 de la version anglaise qui détaille un peu plus les mesures de sécurité concernant l'opération de la pompe à béton :

5. Do not allow anyone near the discharge until concrete runs steadily from the end and there is no movement of the delivery system.
- If workers are positioned in high or precarious places, warn them to expect a loud sound as the air escapes the pipeline. (Warn them even if they are well away from the discharge.) That way, we can prevent the worker from falling as a result of being startled by the noise.



**Figure 72**  
Remove everyone from the discharge area whenever the pump is first starting, restarting after moving, or if air has been introduced into the line

**⚠ WARNING** When initially priming the delivery system, when restarting after moving, when restarting after adding or removing hoses, or whenever air has been introduced into the line, warn everyone to stay away from the discharge until concrete runs steadily and there is no movement of the delivery system. Personnel should stay back a reasonable and prudent distance beyond the reach of the end hose or point of discharge (Figure 72). Air will be in the line when first starting, when restarting after moving, when a blockage has been successfully removed by “rocking” the concrete, and after the line has been taken apart or opened for any reason.

Source : Operation Manual for Truck Mounted Concrete Pumps Model 32XL\_XG series 2, Schwing America Inc.

Image no 4 : Page 60 de la version anglaise du manuel du fabricant

À la page 19 de la section *Safety Manuel* du manuel du fabricant, il est écrit : « All hanging system components must be fastened with safety cables or straps, and each component must be capable of handling the maximum concrete pressure of the machine. »

### 4.3 Énoncés et analyse des causes

#### 4.3.1 L'utilisation d'un collet ajustable mal entretenu entre le tuyau en coude et le tuyau réducteur cause le détachement du tuyau réducteur en cours d'opération

Plusieurs accessoires sont installés sur une pompe à béton, à pied d'œuvre, avant son utilisation. Notamment, le tuyau flexible qui permet de mieux diriger le béton vers l'endroit où on le désire. L'assemblage du tuyau flexible se fait sur le tuyau réducteur qui est relié au coude avec un collet.

Le collet est donc l'élément de liaison entre le tuyau réducteur et le reste de la pompe à béton. Le poids du tuyau et du béton qu'il contient ainsi que l'écoulement du béton exerce une force qui tend à provoquer le détachement du tuyau flexible. Le collet doit pouvoir résister à cette force. Quand le collet est mal nettoyé après son utilisation, une accumulation du béton peut empêcher sa fermeture lors de la prochaine utilisation. Pour ceux qui se servent de collets ajustables, la solution facile dans ces circonstances, est d'augmenter le diamètre du collet afin de pouvoir le fermer. L'augmentation du diamètre du collet entraîne alors la diminution de la résistance qu'il peut offrir aux forces qui tendent à détacher le tuyau réducteur et par le fait même le tuyau flexible.

Dans le cas présent, l'ajustement du collet a permis d'amener son diamètre intérieur à 14,6 cm (5,75 po) au lieu de 14,2 cm (5,59 po) en plus d'un jeu de 7 mm (0,2756 po) entre les faces intérieures de la surface de fermeture du collet. Cette situation a diminué de façon substantielle la résistance que le collet peut offrir aux forces qui agissent sur les tuyaux.

Le collet ajustable offre une capacité de retenue de 15 % par rapport à sa capacité originale, ce qui n'a pas suffi pour retenir le tuyau réducteur et le tuyau flexible.

Cette cause est retenue.

#### 4.3.2 L'utilisation de deux câbles de sécurité installés en série, combinés au poids supplémentaire imposé par le tuyau flexible contribue à la rupture du câble de sécurité

Le fabricant de la pompe à béton recommande l'utilisation d'un tuyau flexible d'une longueur maximale de 3,66 m (12 pi). Le maître d'œuvre décide d'utiliser un tuyau flexible de 10,36 m (34 pi). La masse à vide de ce tuyau flexible est 32 % supérieure à la masse maximale à vide du tuyau flexible recommandée par le fabricant. La masse en charge, avec le béton, est 186 % supérieure à la masse permise par le fabricant.

Pour un câble de sécurité de 750 mm (29,5 po), 500 mm (19,6 po) sert à l'attache du câble. Le surplus de câble est donc de 250 mm (9,8 po) environ. Avec un deuxième câble en série, le surplus de câble passe à 250 mm (9,8 po) plus 750 mm (29,5 po). Ce qui signifie qu'en cas de détachement du tuyau

réducteur, ce dernier va faire une chute de 1000 mm (39,3 po) au lieu de 250 mm (9,8 po) avant de solliciter le câble de sécurité. L'énergie que le câble est appelé à dissiper dans ces circonstances est estimée à environ quatre fois l'énergie prévue par le concepteur.

La configuration de la pompe à béton a permis l'augmentation de la charge suspendue au tuyau réducteur de l'ordre de 186 % tout en favorisant une augmentation à quatre fois l'énergie à dissiper en cas de débarquement du tuyau réducteur. Cette quantité importante d'énergie a donc provoqué la rupture du câble de sécurité.

Lors des travaux de coulage de béton du 21 août 2015, on ne tient pas compte des recommandations du fabricant pour l'installation des pièces amovibles.

Les deux câbles de sécurité attachés ensemble ont contribué à réduire la résistance du câble. De plus, le tuyau flexible de 34 pieds dépassait probablement la masse permise de 50 %, ce qui explique la rupture du câble de sécurité.

Cette cause est retenue.

## SECTION 5

### 5 CONCLUSION

#### 5.1 Causes de l'accident

L'enquête permet d'identifier les causes suivantes :

- L'utilisation d'un collet ajustable mal entretenu entre le tuyau en coude et le tuyau réducteur cause le détachement du tuyau réducteur en cours d'opération.
- L'utilisation de deux câbles de sécurité installés en série, combinés au poids supplémentaire imposé par le tuyau flexible contribue à la rupture du câble de sécurité.

#### 5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

À la suite de l'événement, la CNESST a rendu une décision interdisant l'utilisation, toute modification ou réparation du camion-pompe à béton unité 82 (rapport d'intervention RAP0960137).

La CNESST a aussi émis une dérogation aux deux employeurs et au maître d'œuvre demandant d'élaborer une méthode de travail sécuritaire pour la reprise des travaux et pour les travaux de coulage de béton (rapport d'intervention RAP0985779).

Le 22 décembre 2015, un des éléments de l'enquête amène la CNESST à exiger à l'intérieur du rapport d'intervention RAP1008774 à Béton Fortin inc. de produire une procédure de travail ayant pour objectif de s'assurer que les collets d'accouplement et les joints des tuyaux d'une pompe à béton soient nettoyés de façon à éviter un mauvais ajustement du serrage du collet.

#### 5.3 Suivi d'enquête

Pour éviter qu'un tel accident ne se reproduise, la CNESST enverra à l'Association béton Québec les conclusions de son enquête afin qu'elle informe ses membres, notamment sur l'importance que les utilisateurs de camions de pompes à béton respectent les exigences du fabricant en ce qui concerne l'entretien et l'utilisation des composantes de l'équipement amovible.

Afin d'éviter la répétition d'événements semblables, la CNESST diffusera les conclusions de ce rapport d'enquête à l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec, à l'Association de la construction du Québec, à l'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec, à l'Association québécoise des entrepreneurs en infrastructure, à l'Association patronale des entreprises en construction du Québec et à l'Association des entrepreneurs en construction du Québec.

**ANNEXE A**

## Accidenté

**Nom, prénom** : [ F ]

Sexe : masculin

Âge : [ ... ] ans

Fonction habituelle : [ ... ]

Fonction lors de l'accident : charpentier-menuisier

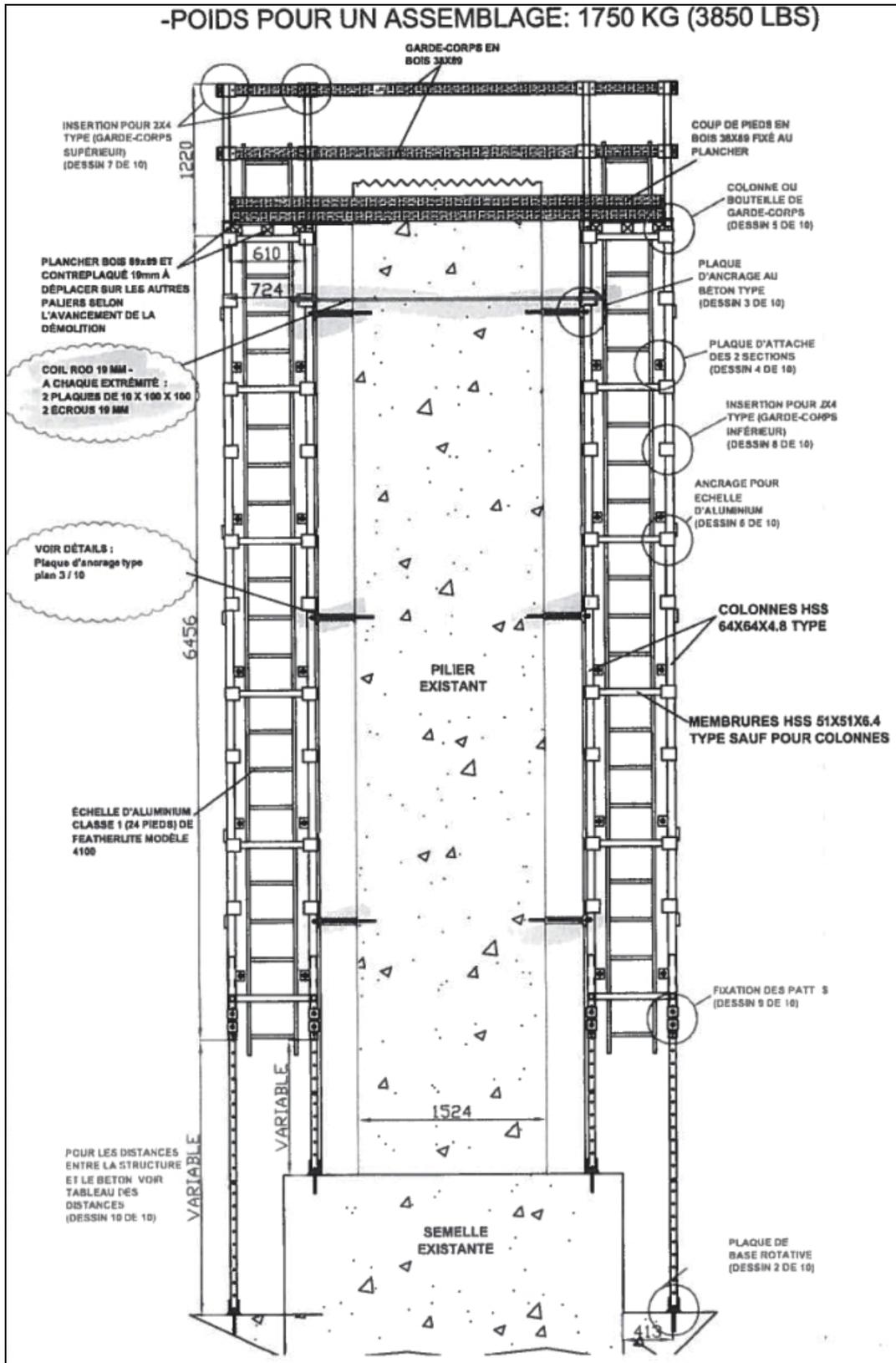
Expérience dans cette fonction : [ ... ]

Ancienneté chez l'employeur : [ ... ]

Syndicat : [ ... ]

**ANNEXE B**

Plan de travail pour la coulée de béton (plan du Centre d'expertise hydrique du Québec)



Source : EBC inc.

## **ANNEXE C**

Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton de  
Camtech Consultants inc.

**CAMTECH  
Consultants inc.**

---

Expertise

**CSST**

Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec

# dossier : DPI4223775

**Expertise sur le détachement de la dernière section  
du tuyau d'une pompe à béton**

**Accident survenu à Angliers, août 2015**

Jean Grandbois, ing.

**Décembre 2015**

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

**TABLE DES MATIÈRES**

1. INTRODUCTION .....	1
2. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT .....	2
3. EXAMEN DE LA SECTION DE TUYAU SOUPLE .....	3
3.1 Description .....	3
3.2 Évaluation de la masse à l'extrémité du mât.....	4
4. ÉTAT DU COLLET PROBLÉMATIQUE.....	4
4.1 Description des collets et du joint des tuyaux .....	4
4.2 État du collet et des extrémités des deux tuyaux.....	7
4.3 Ajustement et force d'ouverture.....	8
5. EXAMEN ET ANALYSE DU LIEN DE SÉCURITÉ .....	9
5.1 Description et état du câble de sécurité .....	9
5.2 Calcul de la différence d'énergie avec un câble plus long.....	11
5.3 Calcul du facteur de sécurité du câble de sécurité .....	12
6. BLOCAGE DU TUYAU RÉDUCTEUR .....	12
7. DISCUSSION .....	14
8. CONCLUSION .....	15

**Liste des photographies**

Photographie 1 : Pompe sur les lieux de l'accident.....	1
Photographie 2 : Tuyau flexible .....	3
Photographie 3 : Extrémité d'un tuyau rigide neuf .....	5
Photographie 4 : Collets neufs (sans et avec ajustement).....	5
Photographie 5 : Détail du collet sans ajustement neuf.....	6
Photographie 6 : Collet neuf avec ajustement.....	6
Photographie 7 : Dernier coude du mât avec l'extrémité couverte de béton à droite.....	7
Photographie 8 : Collet toujours en position sur le tuyau réducteur qui s'est séparé de la ligne.....	8
Photographie 9 : Force d'ouverture de la poigné d'un collet .....	8
Photographie 10 : Force d'ouverture de la poigné du collet fautif à sa première ouverture.....	9
Photographie 11 : Câble de sécurité rompu après étirement .....	10
Photographie 12 : Câble de sécurité rompu (2 <sup>e</sup> morceau).....	10
Photographie 13 : Câbles de sécurité rattachés au mât sur les lieux de l'accident .....	11
Photographie 14 : Tuyau réducteur bloqué .....	13
Photographie 15 : Débris délogés du tuyau.....	13
Photographie 16 : Roche reconstituée à partir des deux morceaux .....	13

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : Masse des items à l'extrémité du mât .....	4
Tableau 2 : Force d'ouverture de différents collets.....	9

**Liste des figures**

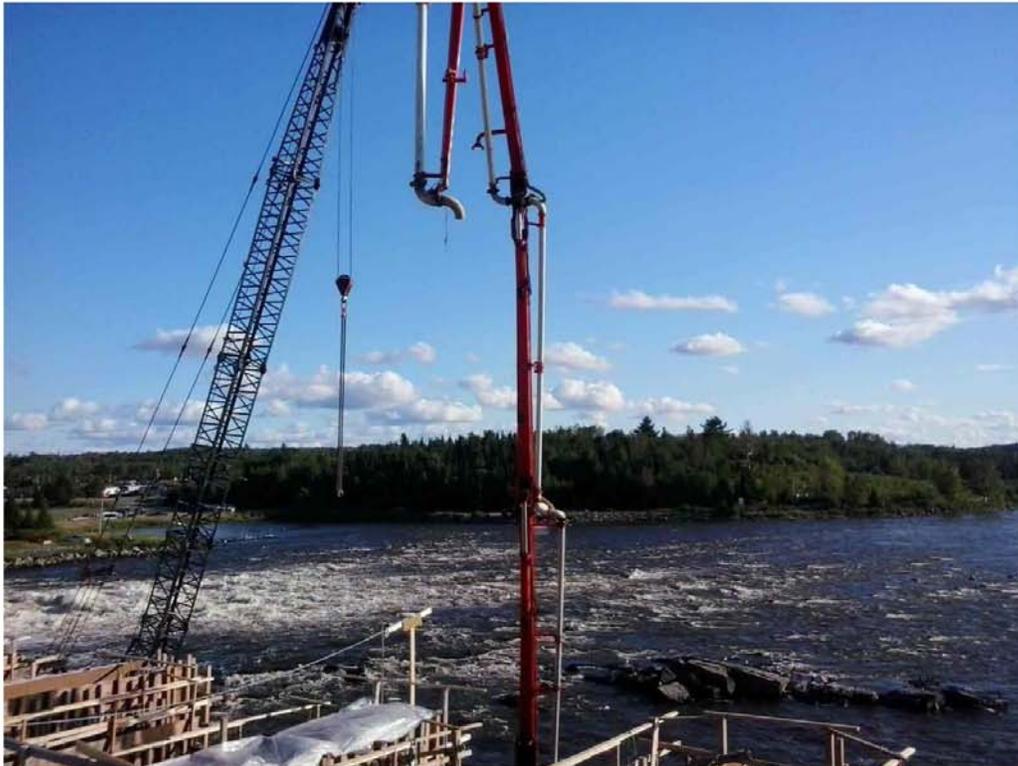
Figure 1 : Identification des pièces de fin de ligne de la pompe .....	2
--	---

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

## 1. Introduction

Ce rapport concerne un accident mortel survenu le 21 août 2015 au chantier du barrage des Quinze, situé à Angliers (Témiscamingue). La dernière section du tuyau d'une pompe à béton s'est détachée lors de l'opération de bétonnage et le tuyau est tombé au sol, frappant un travailleur occupé à finaliser la pose du béton. Le numéro de dossier de la CSST est le DPI4223775.

Le mandat consiste à évaluer l'état des pièces ayant un lien avec l'accident et leur influence sur celui-ci. L'expertise a été effectuée par Jean Grandbois, ing., de Camtech Consultants Inc. et elle s'est déroulée en deux parties. Le 2 octobre 2015 à Rouyn-Noranda, une rencontre s'est déroulée avec les inspecteurs de la CSST, les pièces saisies ont été remises à l'expert et certaines vérifications ont été effectuées sur la pompe. Les 30 octobre et 18 novembre 2015, des tests ont été effectués sur les pièces aux bureaux de Camtech Consultants inc.



Photographie 1 : Pompe sur les lieux de l'accident

Les points suivants sont traités dans le rapport: description de l'équipement en cause et de l'accident, étude sur la section de tuyau qui s'est détachée, examen du collet problématique, examen et analyse du lien de sécurité, le blocage du tuyau réducteur, une discussion sur les résultats de l'expertise et le déroulement de l'accident et finalement la conclusion sur les causes mécaniques de l'accident.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

## 2. Description de l'équipement

L'équipement utilisé lors de l'accident est une pompe à béton ayant une flèche de 32 m.

Les caractéristiques de base de l'équipement sont les suivantes:

Type:	Pompe à béton sur roues à flèche articulée
Configuration:	camion porteur 10 roues avec cabine haute
Marque de la pompe :	Schwing
Modèle de la pompe:	2025_5/32XL
# série de la pompe:	3201214
Portée :	32 m
Mât de distribution :	4 sections rigides
Masse maximale à l'extrémité du mât de distribution :	170 kg ou 376 lb (section du tuyau souple)
Année de fabrication:	2009
Marque du camion :	Mack
Modèle du camion :	MR688S
# série du camion :	1M2K189C17M039566
Immatriculation:	FHM8987 (Québec)
Propriétaire :	Béton Fortin
# unité :	82

Lors de l'accident, la flèche de la grue était en position formant un A avec un côté long, avec les sections de flèche 1 et 2 quasiment à la verticale et les sections 3 et 4 en A avec la section 4 quasiment à la verticale. La jonction de la quatrième section rigide avec la partie flexible (5<sup>e</sup> section ou tuyau souple) était parfaitement verticale. Les photographies de l'accident montrent qu'il y avait deux câbles de sécurité installés bout à bout pour relier le mât de distribution et le tuyau réducteur.

La figure suivante montre les différentes pièces théoriques placées en fin de flèche selon le manuel du fabricant.

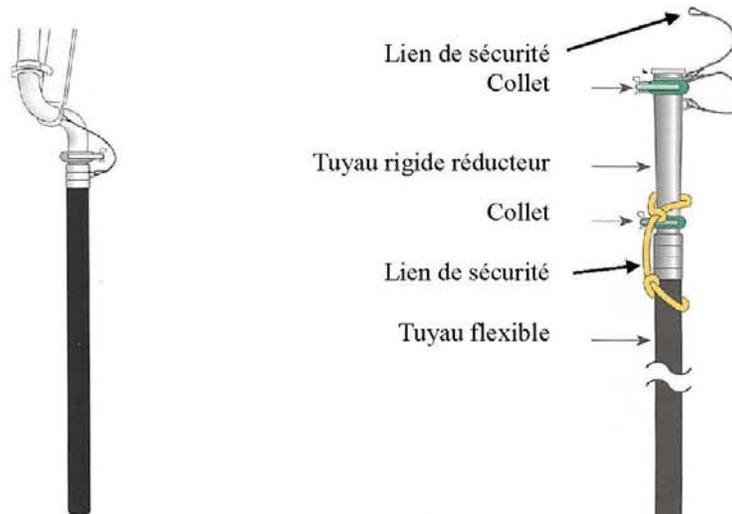


Figure 1 : Identification des pièces de fin de ligne de la pompe

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

Selon les témoignages recueillis par les inspecteurs de la CSST, la pompe venait de reprendre le pompage du béton après un arrêt quand le débit du béton a arrêté. La pompe a forcé (augmentation du régime moteur) et soudainement le tuyau souple (comprenant le tuyau réducteur rigide et le tuyau souple) est tombé.

### 3. Examen de la section de tuyau souple

#### 3.1 Description

La section du tuyau souple qui est tombée est composée des éléments suivant : un collet ajustable ayant un diamètre nominal de 5 pouces, un tuyau rigide réducteur de 5 à 4 pouces de diamètre ayant une longueur de 0.914 m (36 pouces), un collet ajustable de 4 pouces de diamètre nominal, un tuyau flexible en nylon caoutchouté d'un diamètre de 4 pouces et d'une longueur de 10,36 m (34 pieds) mesurée par les inspecteurs de la CSST.



Photographie 2 : Tuyau flexible

Nous n'avons pas eu accès au tuyau souple. Par contre, nous avons pu expertiser le dernier coude du mât de distribution, le collet de 5 pouces entre le mât de distribution et le tuyau réducteur (l'endroit de la séparation), le tuyau réducteur ainsi que les deux parties du câble de sécurité brisé. Le premier câble de sécurité, qui n'a pas cédé, n'était pas disponible.

Le collet ajustable de 5 pouces était toujours en position sur l'extrémité du tuyau réducteur, avec la poignée fermée et sa goupille de sécurité. Le collet n'est pas cassé ou fracturé, pas plus que le bout du coude terminant le mât de distribution. Le tuyau souple était toujours relié à l'extrémité de 4 pouces du tuyau réducteur après l'accident et il a été séparé par les secouristes.

Le tuyau réducteur était obstrué à environ 80 % de son aire effective par un amalgame de béton et roches. Ce point sera discuté à la section 6.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

### 3.2 Évaluation de la masse à l'extrémité du mât

Le fabricant de la pompe autorise une masse de 170 kg ou 376 lb à l'extrémité du mât de distribution.

Le calcul de cette masse lors de l'accident est présenté au tableau suivant.

Item	Masse à vide		Masse en charge (avec le béton)	
	kg	lb	kg	lb
Collet ajustable 5 po	5.7	12.6	5.7	12.6
Tuyau réducteur 5 à 4 po , longueur 36 po	19.5	43	42.2	93
Collet ajustable 4 po	4.7	10.4	4.7	10.4
Tuyau nylon Lay-Flat 34 pieds (estimé)	24	53	265	585
<b>Total:</b>	<b>54</b>	<b>119</b>	<b>318</b>	<b>701</b>

**Tableau 1 : Masse des items à l'extrémité du mât**

La masse du tuyau de 34 pieds a été estimée à partir de celle donnée par le manufacturier pour un tuyau de 25 pieds, en prenant une masse de 6 livre pour l'extrémité métallique et une règle de trois pour la masse restante.

La masse à vide était donc à 32 % de la masse maximale et la masse en charge, avec le béton, à 186 % de la masse permise par le manufacturier. Le tuyau flexible était donc en surcharge théorique importante par rapport à la capacité donnée de l'équipement. Nous ne pouvons savoir exactement la masse de béton présente dans le tuyau mais il est plus que probable qu'elle dépassait la masse autorisée à cause de la longueur du tuyau flexible. Celle-ci est habituellement de 12 pieds.

## 4. État du collet problématique

### 4.1 Description des collets et du joint des tuyaux

Le tuyau flexible s'est séparé du mât de distribution entre le dernier coude du mât et le tuyau réducteur rigide de 36 pouces. Il s'agit de deux pièces rigides, de diamètre parfaitement compatible (diamètre intérieur de 5 pouces) relié par un collet. Chaque pièce rigide se termine par un col métallique faisant un rebord perpendiculaire à l'extérieur du tuyau, qui fait une arrête. Le collet est une pièce en forme de U qui vient s'installer par-dessus les deux arêtes pour unir les deux tuyaux. Un joint de caoutchouc à l'intérieur du collet assure l'étanchéité. Une goupille de sécurité empêche la poignée de s'ouvrir en cas de choc ou autre.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



**Photographie 3 : Extrémité d'un tuyau rigide neuf**

Il y a deux types possibles de collets, sans ou avec ajustement au niveau de la fermeture.

Le collet sans ajustement est conçu avec un système de fermeture exactement de la bonne dimension et il s'ajuste parfaitement aux pièces. Il exige que les pièces soient parfaitement nettoyées pour se fermer puisqu'il est impossible de l'agrandir s'il y a du vieux béton sur les extrémités des tuyaux et que ses dimensions ne permettent aucune variation pour la grosseur des extrémités de tuyaux.



**Photographie 4 : Collets neufs (sans et avec ajustement)**

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



**Photographie 5 : Détail du collet sans ajustement neuf**

Le collet ajustable a un mécanisme de fermeture ayant le même principe que celui non ajustable mais avec une vis ajustable au lieu d'une barre dans le système de fermeture. Cette vis permet de relâcher la tension dans le système de fermeture et conséquemment d'agrandir le diamètre du collet. Cela permet de compenser s'il y a des interférences sur les surfaces pour fermer le collet. Les opérateurs préfèrent ce type de collet parce qu'il est beaucoup plus rapide et facile à utiliser. L'inconvénient important est qu'il n'y a en pratique pas de limite au désajustement du collet.



**Photographie 6 : Collet neuf avec ajustement**

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

#### 4.2 État du collet et des extrémités des deux tuyaux

La jonction où le tube s'est séparé du mât était équipée d'un collet ajustable. Le collet ainsi que le joint de caoutchouc était toujours en place sur l'extrémité du tuyau rigide réducteur ayant un diamètre de 5 pouces. La barrure de sécurité du collet était aussi en place. Le collet n'était pas brisé. L'extrémité du coude n'avait pas de bris non plus. Par contre, le joint de caoutchouc commençait à être usé et il demandait plus d'attention pour l'installer correctement. L'arrête de blocage du tuyau réducteur présente une coche et des dépôts de béton qui diminuent sa capacité de retenue. Le collet étant encore en place sur ce tuyau, ce ne sont pas ces problèmes qui ont contribué directement à l'accident.

Cependant, il y a d'autres raisons qui expliquent que l'extrémité du tuyau en coude ait pu sortir du collet sans qu'il n'y ait de bris. Il s'agit de l'ajustement du collet et de la propreté de l'arrête de l'extrémité du coude. L'arrête de celle-ci n'est plus perpendiculaire à cause de la présence importante de vieux béton qui remplit le coin à 90 degrés pour plutôt former un arc de cercle. L'ajustement du collet est aussi très déficient puisque son diamètre intérieur est de 14,6 cm au minimum, sans nettoyage, alors que celui d'un collet sans ajustement est de 14,2 cm au maximum. Il y a aussi un jeu de 7 mm entre les faces intérieures de la surface de fermeture du collet. Cet espace est supposé être nul puisque ces faces sont supposées être appuyées l'une sur l'autre.



Photographie 7 : Dernier coude du mât avec l'extrémité couverte de béton à droite

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



Photographie 8 : Collet toujours en position sur le tuyau réducteur qui s'est séparé de la ligne

#### *4.3 Ajustement et force d'ouverture*

Des essais ont été effectués afin d'évaluer la force de fermeture de la poignée des collets. À l'aide d'une balance, nous avons mesuré la force nécessaire à la poignée pour ouvrir celle-ci dans différents cas. Les valeurs obtenues sont au tableau 2.



Photographie 9 : Force d'ouverture de la poignée d'un collet

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

Essais d'ouverture de différents collets	Force nécessaire	
	N	lbf
Collet sans ajustement et tuyaux neufs:	533	120
Collet avec ajustement bien ajusté et tuyaux neufs:	391	88
Collet sur le tuyau réducteur (première ouverture) :	76	17
Collet sur le tuyau réducteur après nettoyage partiel:	445	100

Tableau 2 : Force d'ouverture de différents collets

Le résultat obtenu sur le collet de l'accident est à 15 % de l'effort normal pour un collet de 5 pouces, ce qui confirme la problématique de l'ajustement du collet.



Photographie 10 : Force d'ouverture de la poignée du collet fautif à sa première ouverture

Il est à noter qu'après avoir ouvert le collet de l'équipement en cause, nous n'avons pas été en mesure de le refermer sans enlever du béton accumulé à plusieurs endroits sur le coude, le tuyau réducteur et le collet. Nous avons dû effectuer un nettoyage partiel avant de réussir à le refermer. Il restait encore du béton à beaucoup d'endroits, ce qui explique la force nécessaire pour le fermer et l'ouvrir.

## 5. Examen et analyse du lien de sécurité

### 5.1 Description et état du câble de sécurité

Le lien de sécurité reliant le mât de distribution et le tuyau réducteur semble être une pièce d'origine du fabricant Schwing conçue pour cet usage. Le câble d'acier a cédé complètement après un certain étirement. L'état du câble apparaît relativement bon pour les conditions d'utilisation à l'extérieur dans un tel environnement de travail, à l'exception de l'endroit qui a cédé et qui semble en moins bon état à cause de la présence de rouille dans le câble. Celui-ci devait avoir environ 75 à 90 % de sa capacité à l'état neuf, à l'exception de la partie qui a cédé qui devait être à environ 50 à 80 % de la capacité. Cet état n'était possiblement pas visible à cause de la gaine de protection.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



**Photographie 11 : Câble de sécurité rompu après étirement**

L'autre point important à retenir au sujet du câble est le fait que les photographies des lieux de l'accident nous permettent d'affirmer qu'il y avait deux câbles installés bout à bout afin de donner plus de jeu, ce qui n'est pas acceptable et est très important dans le déroulement de l'accident. Nous n'avons malheureusement pas eu accès au deuxième câble. Celui-ci aurait permis de mesurer son étirement et conséquemment d'avoir une meilleure idée de la résistance du câble qui a cédé.



**Photographie 12 : Câble de sécurité rompu (2<sup>e</sup> morceau)**

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



**Photographie 13 : Câbles de sécurité rattachés au mât sur les lieux de l'accident**

Le manufacturier Schwing nous a fourni les données du câble de sécurité. Il s'agit d'un câble d'acier de 6 mm par 750 mm de long, galvanisé et recouvert d'une couche protectrice en pvc. La charge de rupture est de 2320 kg (5114 lb) et le numéro de pièce est le 10017543.

Le manufacturier demande un lien de sécurité entre toutes les pièces qui ne sont pas attachées à la structure de flèche supportant la ligne où coule le béton.

Il est à noter que la protection de pvc du câble le protège à court terme contre les coupures ou les éraflures mais elle permet à long terme à l'eau et au sel d'endommager plus rapidement le câble. De plus, cela n'est pas visible à cause de la protection.

### **5.2 Calcul de la différence d'énergie avec un câble plus long**

Tel que précisé au point précédent, il y avait deux câbles de sécurité installés bout à bout avec une manille. L'importance de ce deuxième lien est au niveau de la force d'impact lorsque le tuyau tombe. Puisque le lien est plus long, la vitesse atteinte par le tuyau au moment où celui-ci arrive en fin de course du câble de sécurité est beaucoup plus importante.

En examinant les photographies et en tenant compte de la longueur de 750 mm d'un câble de sécurité, il a été estimé que 500 mm au minimum du câble était utilisé par la position et la méthode d'attache du câble, ce qui laisse une chute de 250 mm au maximum. Avec un deuxième câble en série, la longueur de chute passe à 250mm plus 750 mm pour 1000 mm ou un mètre.

La vitesse en chute libre se calcule selon la formule suivante :

$$V_{\text{chute libre}} = \sqrt{2 \times g \times h}$$

avec  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  et  $h = \text{hauteur de chute}$

Les vitesses obtenues sont de 2,22 m/s avec un câble et de 4.43 m/s avec deux câbles.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

Ces calculs ne tiennent pas compte de la vitesse initiale qui pourrait ne pas être zéro dans le cas du blocage du réducteur. Il est cependant très difficile de donner un bon estimé dans ce cas et c'est pourquoi il n'en est pas tenu compte dans ce rapport.

Le calcul de l'énergie lorsque le tuyau arrive en fin de course du câble est le suivant :

$$E = m \times \frac{v^2}{2}$$

Avec  $m$  = masse du tuyau et  $v$  = vitesse

L'énergie augmentera donc au carré de la vitesse. Dans le présent cas, avec le même tuyau (masse identique), cela donne donc une énergie 3,97 plus importante lorsque le tuyau arrive en fin de course des deux câbles en série que d'un seul câble. Il faut aussi noter que l'énergie est directement proportionnelle avec la masse du tuyau.

### 5.3 Calcul du facteur de sécurité du câble de sécurité

Le fabricant utilise un câble de sécurité ayant une charge de rupture de 5114 lb et il autorise une charge maximale de 376 lb. Sans tenir compte de la vitesse, cela donne un facteur de sécurité de 13.6. Avec un câble plus vieux gardant une capacité de 75 % de la capacité à neuf, le facteur de sécurité est encore à 10.2, toujours sans la vitesse d'impact. Étant donné la faible distance de chute avec un seul câble tel que requis par le manufacturier, le facteur de sécurité peut être diminué de 50 %, ce qui donne encore un facteur de sécurité de 5 avec un câble plus vieux en tenant compte de l'effet de la chute. Cela est dans les normes habituelles pour les appareils de levage (facteur habituel de 5 pour les élingues de levage) et le choix du manufacturier est sécuritaire.

Le problème dans le cas présent vient de la combinaison du poids supplémentaire du tuyau utilisé, qui dépassait probablement la masse permise de 50 % combiné avec l'utilisation du deuxième câble en série, qui augmentait l'énergie à contenir par le câble d'un facteur 4. La combinaison des deux ( $1.5 \times 4 = 6$ ) dépasse le facteur de sécurité du câble. Il est aussi possible que la section du câble ayant cédé ait été plus faible que 75 % à cause de la rouille.

## 6. Blocage du tuyau réducteur

Le tuyau réducteur était obstrué en partie (environ 80 %) par des morceaux lorsqu'il nous a été remis. [...] écrit dans son témoignage que le débit de la pompe n'a pas recommencé après un arrêt juste avant l'accident et qu'il a augmenté la pression de pompage pour voir ce qui se passait et que la ligne était bouchée. Il a constaté que le tuyau était tombé en se retournant. La raison du blocage du débit était bien dans le tuyau réducteur. Ce qui apparaissait comme un ensemble de béton et de différentes roches s'est avéré après examen une seule grosse roche (environ 12 cm x 10 cm x 7 cm) qui s'est cassée en deux en se bloquant dans le tuyau réducteur et qui a bouché la ligne en combinaison avec le béton. L'augmentation de la pression de pompage lorsque que la ligne était bloquée dans le tuyau réducteur a induit une force supplémentaire au niveau du joint précédent et le tuyau s'est séparé de la ligne.

Étant donné la grosseur de la roche, il est normal que la ligne ait bloqué dans le tuyau réducteur car la roche en un morceau était plus grosse que le diamètre intérieur du tuyau. Il faut cependant s'interroger sur la présence d'une roche d'une telle grosseur dans le béton à couler.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*



Photographie 14 : Tuyau réducteur bloqué



Photographie 15 : Débris délogés du tuyau



Photographie 16 : Roche reconstituée à partir des deux morceaux

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

## 7. Discussion

Cette expertise porte uniquement sur les aspects mécaniques concernant cet accident de travail. L'analyse de la méthode de travail ou du positionnement des travailleurs, par exemple, ne font pas partie des éléments étudiés.

Le poids exact réel du tuyau souple (tuyau réducteur plus tuyau souple en nylon) en opération est très difficile à évaluer. La méthode recommandée par les fabricants de pompe et de tuyau a été utilisée dans cette expertise. Il est cependant possible que le poids réel ait été moindre. Bien que cela n'ait pas été le cas pour cet accident, l'utilisation d'un tuyau flexible très long augmente certainement les risques que le tuyau fouette en cas de problème au pompage ou encore qu'il y ait un blocage de ligne à cause d'un coincement qui peut amener d'autres conséquences.

Cet accident démontre bien l'importance du nettoyage des pièces amovibles servant au coulage ainsi que de la formation des opérateurs. Le manufacturier demande un nettoyage après chaque utilisation. Il est primordial que ceux-ci reçoivent une formation suffisante sur les dangers d'utiliser du matériel mal nettoyé, non seulement par rapport au bris de matériel mais aussi par rapport à la sécurité des opérations.

L'utilisation de collet ajustable demeurera toujours un sujet de discussion. Un collet de ce type permet de faciliter les opérations et de sauver du temps. Cependant, lorsque utilisé par du personnel moins qualifié ou moins minutieux, il est possible et aisé de dépasser les limites acceptables de béton sur les extrémités des tuyaux ou du collet lui-même et conséquemment de désajuster la fermeture du collet pour continuer le travail dans des conditions moins sécuritaires. Un collet sans ajustement ne donne pas une telle latitude aux opérateurs. Les entrepreneurs doivent aussi être prêts à accepter les pertes de temps occasionnées par les collets sans ajustement.

Les liens de sécurité sont un élément régulièrement négligés. Ils sont en général toujours en place mais souvent de manière déficiente. Le lien (câble ou sangle) est souvent attaché à l'aide d'une attache rapide (manille, crochet fermé ou autres) de capacité insuffisante ou encore avec une méthode augmentant les efforts dans le lien au-delà de sa capacité ou finalement à un point d'attache de capacité insuffisante. Puisque cette pièce d'équipement ne sert habituellement pas, elle est souvent négligée. Il serait important que les entrepreneurs et les opérateurs soient conscients des conséquences importantes d'un câble de sécurité ne respectant pas les règles de l'art.

*CSST : Expertise sur le détachement de la dernière section du tuyau d'une pompe à béton*

## 8. Conclusion

L'expertise mécanique sur la cause de l'accident a permis de trouver plusieurs points ne respectant pas les règles de l'art lors de cet accident. L'exigence du maître d'œuvre d'utiliser un tuyau de 34 pieds ne respectait pas les critères du fabricant de la pompe. L'installation du collet entre le mât de distribution et le tuyau réducteur était très déficiente, avec des tuyaux non nettoyés et un réglage inapproprié de la fermeture du collet. L'utilisation de deux câbles de sécurité en série augmente dangereusement les efforts dans le câble de sécurité s'il a à entrer en fonction, ce qui arrive quasiment jamais. Finalement, une roche de la dimension de celle trouvée dans le tuyau réducteur ne devrait pas se retrouver dans le béton à pomper. Au niveau mécanique, aucun de ces points seul n'aurait pu provoquer l'accident.

L'accident nous apparaît avoir été causé par un ensemble de facteurs combinés qui, pris séparément, n'aurait pas dû provoquer un accident mortel mais qui, en survenant simultanément, ont eu cette conséquence. Plusieurs de ces points devraient faire l'objet de publicité auprès des opérateurs de pompes à béton pour éviter la répétition d'un tel accident.

RAPPORT COMPLÉTÉ À LÉVIS,  
LE VINGT-DEUXIÈME JOUR DE NOVEMBRE DEUX MILLE QUINZE.

*Jean Grandbois, ing.*

Jean Grandbois, ing.

**ANNEXE D**

## Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

**Témoins :**

M. [ **G** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **D** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **H** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **I** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **J** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **E** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
M. [ **K** ], [ ... ], Béton Fortin inc.  
M. [ **B** ], [ ... ], EBC inc.  
M. [ **L** ], [ ... ], EBC inc.  
Mme [ **M** ], [ ... ], EBC inc.  
Sgt Jonathan Doire, enquêteur, Sûreté du Québec

**Autres personnes rencontrées :**

Monsieur [ **N** ], [ ... ] de l'usine d'Amos de Béton Fortin inc.  
Monsieur [ **O** ], [ ... ], Cogésis Abitibi-Témiscamingue inc. pour Béton Fortin inc.  
Monsieur [ **P** ], [ ... ], Béton Fortin inc.  
Monsieur [ **B** ], [ ... ], EBC inc.  
Monsieur [ **L** ], [ ... ], EBC inc.  
Monsieur [ **K** ], [ ... ], Béton Fortin inc.  
Monsieur [ **D** ], [ ... ], Coffrage Bouchard inc.  
Madame [ **Q** ], [ ... ], EBC inc.  
Monsieur [ **C** ], [ ... ], EBC inc.  
Monsieur [ **R** ], [ ... ], Béton Fortin inc.

**ANNEXE E**

## Références bibliographiques

- QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 1<sup>er</sup> janvier 2016*, [En ligne], 2016.  
[[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S\\_2\\_1/S2\\_1.html](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_1/S2_1.html)] (Consulté le 25 février 2016).
- QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 4, à jour au 1<sup>er</sup> janvier 2016*, [En ligne], 2016.  
[[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S\\_2\\_1/S2\\_1R4.htm](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.htm)] (Consulté le 25 février 2016).
- QUÉBEC. *Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 9, à jour au 1<sup>er</sup> janvier 2016*, [En ligne], 2016.  
[[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S\\_2\\_1/S2\\_1R9.htm](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R9.htm)] (Consulté le 25 février 2016).
- ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION, et CONSEIL CANADIEN DES NORMES. *Pompes à béton et flèches de distribution*, Mississauga, CSA, 2009, vii, 33 p. (CAN/CSA Z151-09 (C2014)).
- SCHWING AMERICA INC. *Résumé français Model S 32 XL*, version 1.0.1 révision 04-2008, White Bear, Minnesota, Schwing America Inc., 2008.
- SCHWING AMERICA INC. *Operation Manual for Truck Mounted Concrete Pumps Model 32XL\_XG series 2*, version 5.0.3 révision 03-08, White Bear, Minnesota, Schwing America Inc., 2007, 288 p.