



Ministère des Transports du Québec / Direction de l'Île-de-Montréal

Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)

Autoroute 40 au dessus de la Rivière-des-Prairies
à Montréal

No de projet : 154070637

No de contrat : 850792963

N/Réf. : 102551.001



Avant-projet





Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal

Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)

Autoroute 40 au dessus de la Rivière-des-Prairies
à Montréal

N/Réf. : 102551.001

Avant-projet



Équipe de projet

Lazhar Hamza ing, Msc, P.ENG. (OIQ n° 140873)

Rabah Benmerlaoui ing, Ph.D (OIQ n° 139654)

Sylvain Chapdelaine, ing., M.Sc.A. (OIQ n° 108162)



Préparé par :

Fauzi Méribout, ing. (OIQ n° 5005239)

Martin Perreault, ing (OIQ n° 502795)

Véronique Dorval, ing. (OIQ n° 5014990)

Mustapha Bounsiar, ing. jr. (OIQ n°5020321)

Adriana Sato, Techn.

Maria-Victoria Villamil, Techn.

Dominique Bourcier, Techn.

Vérifié par :

Lazhar Hamza ing, Msc, P.ENG. (OIQ n° 140873)

VERSION N°	DATE	COMMENTAIRES
0	17 octobre 2012	
1	22 novembre 2012	

Ce document est une réalisation de Roche ltée, Groupe-conseil

Table des matières

1	PORTÉE DU MANDAT	1
2	LOCALISATION ET DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA STRUCTURE	2
3	DOCUMENTS ET PLANS CONSULTÉS	4
4	HISTORIQUE DES ÉTUDES ET DES TRAVAUX RÉALISÉS SUR LE PONT CHARLES DE GAULLE	6
4.1	Travaux réalisés	6
4.2	Inspections récentes.....	7
4.2.1	Inspection sous-marine de 2008	7
4.2.2	Inspection générale 2009	8
4.2.3	Inspection afférente à un rapport d'évaluation de la capacité portante.....	9
4.2.4	Inspection générale 2012 (en cours de préparation).....	9
5	MÉTHODOLOGIE D'INSPECTION DES LIEUX	11
5.1	Introduction	11
6	ÉTAT GÉNÉRAL DE LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE	12
6.1	Vue générale du pont	13
6.2	Culées creuses	14
6.3	Piles (Fûts).....	21
6.4	Piles (Colonnes)	30
6.5	Dessous du tablier	32
6.6	Caissons en acier	33
6.7	Blocs d'assise et assise.....	36
6.8	Appareils d'appui	39
6.9	Côtés extérieurs.....	40
6.10	Surface de roulement	41
7	TRAVAUX DE RÉPARATION RECOMMANDÉS.....	42
7.1	Généralités	42
7.2	Intervention d'entretien et de réfection	42
8	DESCRIPTION DES OPTIONS D'INTERVENTION POUR TRAVAUX DANS L'EAU.....	50
8.1	Introduction	50
8.2	Première Batardeau en palplanches	51
8.3	Enceintes rigides de confinement.....	52
8.4	Solutions proposées	54

8.4.1	Option 3A.....	54
8.4.2	Option 3B.....	55
8.4.3	Conclusion	55
9	SÉQUENCES DES TRAVAUX ET MAINTIEN DE LA CIRCULATION (ROUTIÈRE ET MARITIME).....	57
9.1	Maintien de la circulation maritime	57
9.1.1	Données de circulation	57
9.1.2	Contraintes	58
9.1.3	Entraves permises	58
9.1.4	Phases et plages horaires	58
9.2	Maintien de la circulation routière	59
9.2.1	Données de circulation	59
9.2.2	Contraintes	60
9.2.3	Entraves permises	61
9.2.4	Phases et plages horaires	62
9.3	Recommandations concernant le maintien de la circulation	64
9.3.1	Vitesse affichée	64
9.3.2	Signalisation existante	64
9.3.3	Dispositifs de protection.....	64
9.3.4	Camionnage	65
9.3.5	Transport en commun.....	65
9.3.6	Chemin alternatif.....	66
9.3.7	Panneaux à messages variables.....	66
9.3.8	Plan de communication	66
10	SERVICES PUBLICS.....	67
10.1	Services publics sur le pont.....	67
10.2	Services publics enfouis aux abords du pont	69
10.3	Services publics aériens aux abords de la structure	71
10.4	Conclusions	72
11	INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	73
11.1	Levé bathymétrique	73
11.2	Prélèvement de carottes en béton.....	73
11.3	Analyse chimique.....	74
12	MESURES ENVIRONNEMENTALES (TRAVAUX DANS L'EAU).....	76

12.1	Principes généraux de mesures de protection environnementale pour les travaux dans l'eau	76
12.1.1	Rideaux de sédimentation	76
12.1.2	Défecteur	77
12.1.3	Pompage de l'eau et bassin de sédimentation	78
12.2	Mesures complémentaires.....	78
12.3	Période de restriction des travaux dans l'eau.....	79
13	ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX	80
14	ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX.....	82
14.1	Réparation des semelles	82
14.2	Réparation des fûts des piles	83
14.3	Estimation des coûts des travaux selon l'option 3A	86
14.4	Estimation des coûts des travaux selon l'option 3B	87
14.5	Recommandation.....	87
15	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	88
15.1	Généralités	88
15.2	Travaux de réparation.....	88
15.3	Protection environnementale.....	88
15.4	Maintien de la circulation	89
15.5	Services publics.....	90
15.6	Études complémentaires	90

Liste des photos

Photo 1 :	Vue cartographique (Google)	2
Photo 2 :	Vue satellite (Google Earth)	2
Photo 3 :	Différentes réparations réalisées	43
Photo 4 :	Batardeau en digue de matériaux granulaire utilisé lors de la construction de la nouvelle Autoroute 30	50
Photo 5 :	Batardeau de palplanche, source (octobre 2012)	51
Photo 6 :	Chenal maritime assurant la circulation maritime sous le pont	57
Photo 7 :	Camion-remorque avec cage de protection (<i>mobile barriers</i>) – source : QMB inc.	64
Photo 8 :	Conduits de Bell et Vidéotron, photos inspection Roche 2012-08-07	68
Photo 9 :	Conduits électriques à l'intérieur des poutres caisson, photo inspection Roche 2012-08-16	68
Photo 10 :	Conduits et systèmes électriques à l'intérieur des culées creuses, photos inspection Roche 2012-08-23	69
Photo 11 :	Présence d'une borne d'incendie et de lampadaire d'éclairage près du pont Charles-de-Gaulle, intersection boulevard Gouin et bretelle, photo Google	70
Photo 12 :	Position de la ligne Haute-Tension par rapport au pont	71
Photo 13 :	Position de la ligne électrique de distribution Hydro-Québec par rapport au pont Charles-de-Gaulle, intersection boulevard Gouin et bretelle, photo Google	71
Photos 14 a) et 14 b) :	Positions des carottes en béton à prélever	73
Photo 15 :	Efficacité d'un rideau de turbidité source (octobre 2012)	76
Photo 16 :	Défecteur	77

Liste des figures

Figure 1 :	Géométrie et dimensions du pont	3
Figure 2 :	Différentes numérotation utilisées	5
Figure 3 :	Enceinte rigide de confinement pour travaux dans l'eau protégés	52
Figure 4 :	Dégagement sous le pont Charles de Gaulle	56
Figure 5 :	Vue en plan base de lampadaire et coupe de la glissière de béton sur le pont, extrait des plans tel que construit de DESSAU 2001-02-26	67
Figure 6 :	Conduits de Bell et Vidéotron, extrait des plans de réfection de SNC-Lavalin 2010-04-23	67
Figure 7 :	Conduits de Bell et Vidéotron, extrait des plans de réfection de SNC-Lavalin 2010-04-23	68
Figure 8 :	Investigations complémentaires	75
Figure 9 :	Coupe typique d'un rideau de sédimentation	77
Figure 10 :	Coût des travaux de réparation des semelles	82
Figure 11 :	Coût des travaux de réparation des fûts	83
Figure 12 :	Coût des travaux de réparations des piles et semelles dans l'eau	84
Figure 13 :	Coût des travaux de réparations des piles et semelles à sec	85
Figure 14 :	Plan de localisation	93
Figure 15 :	Spectre de la pompe Boom S42X	102
Figure 16 :	Conduits de Bell, plan reçu par requête info-excavation 2012-09-21	106
Figure 17 :	Conduits de Vidéotron, plan 1 de 3 reçu par requête Info-excavation 2012-09-27	107
Figure 18 :	Conduits de Vidéotron, plan 2 de 3 reçu par requête Info-excavation 2012-09-27	108
Figure 19 :	Conduits de Vidéotron, plan 3 de 3 reçu par requête Info-excavation 2012-09-27	109
Figure 20 :	Levé bathymétrique	130

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Travaux de réparation recommandés	44
Tableau 2 :	Phases et plages horaires pour la circulation maritime	59
Tableau 3 :	Phases et plages horaires pour la circulation routière	63
Tableau 4 :	Nombre de voies à maintenir ouvertes	100
Tableau 5 :	Estimation du coût pour le maintien de la circulation	104

Liste des Plans

Plan-01 :	Batardeaux en palplanches	95
Plan-02 :	Batardeaux en enceinte rigide	96
Plan-03 :	1 ^{re} proposition recommandée	97
Plan-04 :	2 ^e proposition recommandée	98
Plan-05 :	Mesures de protection environnementales	111

Liste des annexes

ANNEXE A :	Plan de localisation de la structure	92
ANNEXE B :	Scénarios d'interventions dans le cours d'eau	94
ANNEXE C :	Maintien de la circulation	99
ANNEXE D :	Les services publics	105
ANNEXE E :	Mesures de protection environnementale pour les travaux dans l'eau	110
ANNEXE F :	Estimation du coût des travaux projetés (par option)	112
ANNEXE G :	Investigation complémentaire (Levé bathymétrique)	122
ANNEXE H :	Investigation complémentaire (Carottage du béton)	131
ANNEXE I :	Investigation complémentaire (Analyse chimique des endroits de béton)	155

1 PORTÉE DU MANDAT

Dans le cadre de la préparation de l'avant projet définitif des travaux de réparation du Pont Charles-de-Gaulle (P-9782) situé sur l'autoroute A40 au dessus de la Rivière-des-Prairies, Roche Itée, Groupe-conseil a été mandatée par le ministère des Transports du Québec (MTQ) dans le cadre du contrat à exécution sur demande de services professionnels numéro 8503-10-GE08 pour préparer le rapport de l'avant-projet définitif (PC-03) et de le présenter au comité de cheminement des projets du MTQ.

Le présent mandat vise à la préparation des différents documents requis et nécessaires pour l'étape d'avant-projet. La préparation des plans et devis des réparations du pont sera réalisée à l'intérieur d'un autre mandat de services professionnels.

Lors de la collecte des données, une analyse détaillée des intrants a été faite et des investigations supplémentaires ont été menées auprès des services concernés (Info-excavation, MDDEFP, SPG Hydro), et finalement plusieurs visites des lieux ont été réalisées. Étant donné que le relevé de dommages est exclu de ce mandat, les visites des lieux étaient axées seulement sur une inspection visuelle.

Le présent rapport traite de l'état du pont dans sa globalité, les travaux de réparation proposés, sont basés principalement sur les observations faites lors des visites des lieux effectuées aux mois de juillet, août et septembre 2012 de tous les éléments visibles hors de l'eau. Pour les parties immergées sous l'eau (neuf unités de fondation : #7 à #15), la préconisation des travaux est faite selon les observations et recommandations élaborées dans le rapport d'inspection sous-marine établi au mois d'octobre 2008 par le groupement Teknika et SPG Hydro International inc.

Pour l'élaboration du présent rapport, il a été tenu compte des conditions environnementales et de maintien de la circulation sur le pont, étant donné que ces conditions peuvent avoir un impact direct sur le déroulement des travaux (coût et échéancier).

2 LOCALISATION ET DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA STRUCTURE

Le pont Charles de Gaulle (P-09782) est situé sur l'autoroute 40 au-dessus de la Rivière-des-Prairies (Latitude : 45°42'08", Longitude : 73°30'37"). Il relie l'île de Montréal à la ville de Terrebonne.

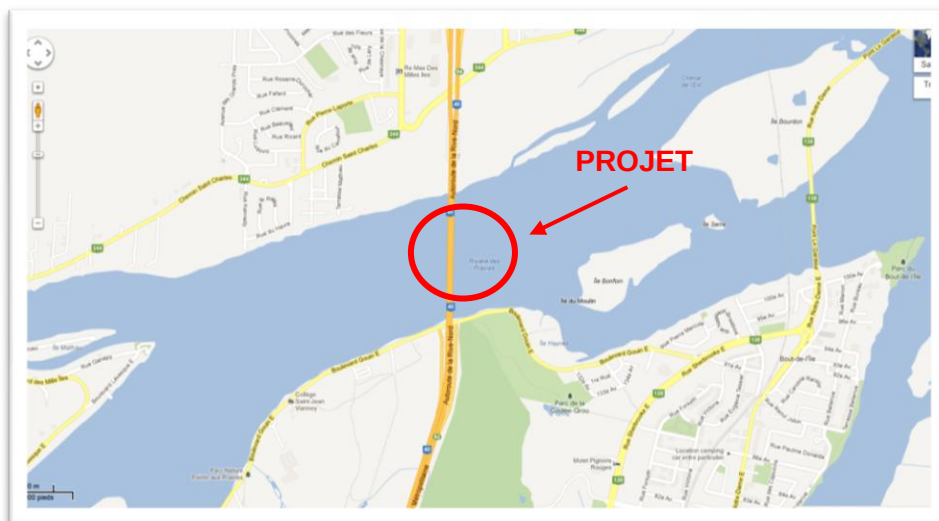


Photo 1 : Vue cartographique (Google)



Photo 2 : Vue satellite (Google Earth)

Le pont Charles-De Gaulle a été construit en 1965 dans le cadre de la construction de l'autoroute de la Rive-Nord. Le pont est composé de deux (2) fois huit (8) travées continues, soit un total de seize (16) travées. Des joints de dilatation sont présents au début, au milieu et à la fin du pont. La superstructure du pont est composée de deux (2) tabliers adjacents, indépendants, séparés longitudinalement par un joint. Chaque tablier est constitué d'une dalle en béton armé faisant une action composite avec deux (2) poutres-caissons en acier. Les poutres-caissons s'appuient sur quinze (15) piles et quatre (4) culées creuses en béton armé. Dix (10) des quinze (15) piles sont implantées dans le lit du cours d'eau. Trois (3) voies de circulation dans chaque direction sont aménagées sans trottoir.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PONT

Type : Pont continu à poutres-caissons en acier, formant une action composite avec le tablier en béton

Année de construction : 1965

Nombre de voies : 06

Chargement de conception initiale : Camion H20-S16 selon la norme AASHO 1961

Nombre de travées : 2 sections de 8 travées continues

Longueur totale : 1045.5 m

Biais : 0°

Portées des sections d'acier : [1x 60,58 m et 7x 60,96 m] x 2

Portée des sections d'extrémité en béton : 36,19 m

Largeur hors tout : 27.9 m

Largeur carrossable : 26,3 m

Épaisseur de l'enrobé bitumineux selon les plans : 65 mm

DJMA : ± 114 000 dont 11% camions

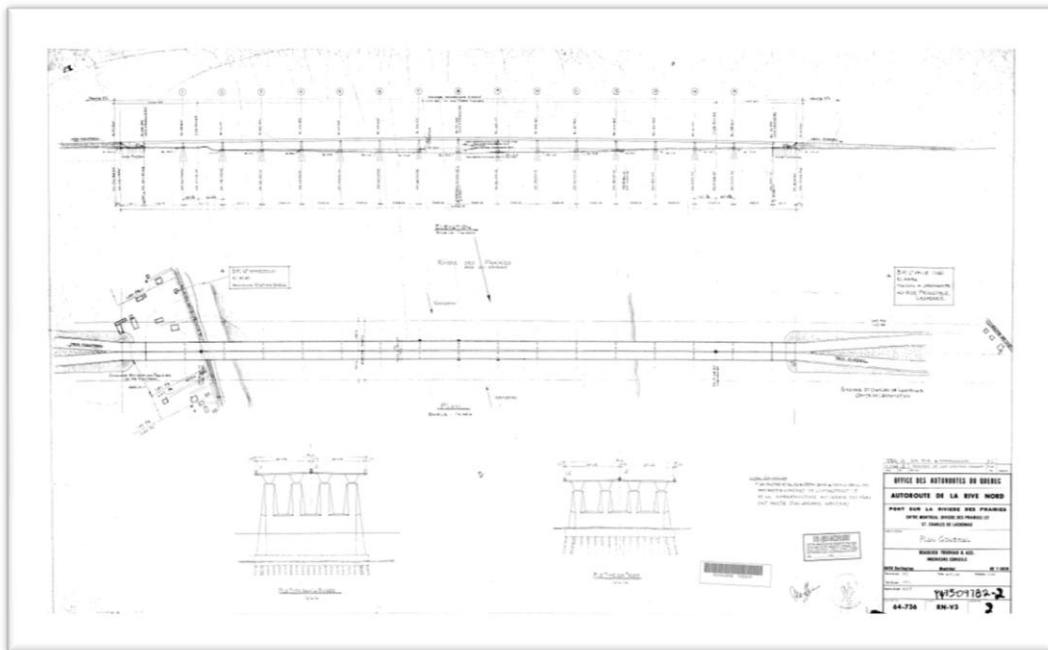


Figure 1 : Géométrie et dimensions du pont

3 DOCUMENTS ET PLANS CONSULTÉS

Dans le cadre de cette étude, les documents suivants ont été consultés :

- Présentation « Power-Point » de l'étude des besoins et des solutions (PC-0/PC-1) du 13 décembre 2011;
- Le mémoire de projet du 25 avril 2012;
- Le rapport d'inspection sous-marine (SPG Hydro D'octobre 2008);
- La fiche d'inspection – Complément (Cima plus) du 24 août 2009;
- Le rapport d'inspection générale (Cima plus) du 24 août 2009;
- L'Inspection générale-Rapport photos (Cima plus) du 24 août 2009;
- Le rapport d'évaluation de la capacité portante du pont Charles-de-Gaulle (SNC-Lavalin) du 15 mars 2010;
- Le procès verbal de réunion spéciale du laboratoire LVM du 27 septembre 2011;
- Le rapport d'intervention du laboratoire LVM du 19 et 20 octobre 2011;
- La fiche d'inventaire du dossier 09782 du Ministère des Transports du Québec (MTQ);
- Le rapport d'inspection générale du pont Charles-de-Gaulle (Roche Ltée), en préparation;
- Les recommandations du MTQ suite aux courriels émis en dates du 21 novembre 2011 et du 28 novembre 2011, respectivement par messieurs Daniel Boulet et Bernard Pilon, Ingénieurs de la Direction des Structures;
- Les plans "tel que construit" (des travaux de réfection) :
 - Série N° PO-1975-1-09782, datée d'avril 1965 (29 plans par Beaulieu Trudel & Ass.);
 - Série N° PO-1982-1-09782, datée d'octobre 1981 (03 plans par l'office des autoroutes du Québec);
 - Série N° PO-1995-1-09782, datée d'octobre 1995 (02 plans par Z-Tech);
 - Série N° PO-1996-1-09782, datée de février 1998 (36 plan par Dessau);
 - Série N° PO-1997-1-09782, datée de janvier 1998 (44 plans par INFRASTRUCTEL inc. Experts conseils);
 - Série N° PO-1999-1-09782, datée de juillet 1998 (01 plan par Mario Trottier ing.);
 - Série N° PO-2004-1-09782, datée de juillet 2004 (02 plans par Bernard Pilon ing.);
 - Série N° PO-2005-1-09782, datée de juillet 2005 (02 plans par Bernard Pilon ing.);
 - Série N° PO-2006-1-09782, datée de juillet 2005 (02 plans par Bernard Pilon ing.);
 - Série N° PO-2010-1-09782, datée d'avril 2010 (04 plans par SNC-Lavalin).

Remarque :

La numérotation des éléments (piles, éléments de fondation, axes de référence utilisés par SNC-Lavalin, Dessau, Teknika HBA (SPG) est différente de celle utilisée dans la fiche d'inventaire détaillée (MTQ). Dans le présent rapport, la numérotation suivie est identique à celle de la fiche d'inventaire détaillée (MTQ), voir figure 2.

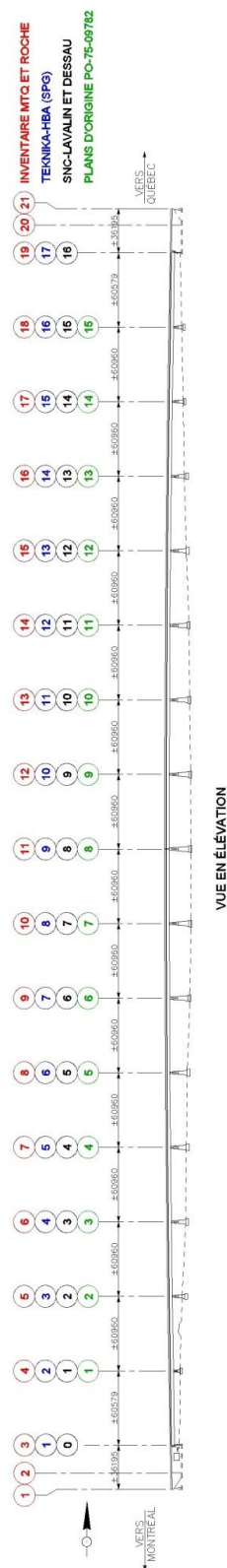


Figure 2 : Différentes numérotation utilisées

4 HISTORIQUE DES ÉTUDES ET DES TRAVAUX RÉALISÉS SUR LE PONT CHARLES DE GAULLE

Depuis la construction du pont en 1965, plusieurs travaux et inspections ont été effectués. Les principaux travaux sont résumés ci-dessous :

4.1 Travaux réalisés

En 1998 :

- Remplacement de la dalle du pont sur toute sa longueur;
- Remplacement des appareils d'appuis aux culées et aux piles 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 17 et 18;
- Renforcement des poutres-caissons par l'installation de nouveaux raidisseurs verticaux, à l'extérieur des deux faces de chacune des poutres-caissons ainsi que des raidisseurs horizontaux, à l'intérieur des mêmes faces;
- Renforcement des raidisseurs longitudinaux existants sur la semelle inférieure, à l'intérieur des poutres-caissons;
- Installation de plaques de renfort sur les semelles supérieures des poutres-caissons;
- Renforcement des semelles inférieures des poutres caissons par des plaques boulonnées;
- Remplacement des glissières de protection en béton sur les quatre cotés le long du pont;
- Mise en place de bases de lampadaires, à proximité de chacun des 17 axes des deux cotés du pont;
- Réfection des deux culées;
- Travaux de peinture des extrémités des poutres-caissons en acier et des entretoises aux culées Est et Ouest, ainsi qu'au joint de dilatation à l'axe 8.

En 2005 :

- Réparation du joint central du pont (pile no 11).

En 2006 :

- Travaux de pavage à la grandeur du pont.

En 2011 :

- Travaux de recouvrement de métallisation et de peinture sur les surfaces externes des poutres-caissons des 16 travées du pont, ainsi que quelques portions à l'intérieur des caissons avec des travaux de peinturage près des culées (3 mètres) et près de la pile centrale (10 mètres de part et d'autres);
- Réparation de la dalle d'approche ;
- Réparation des fissures de corrosion découvertes dans les raidisseurs, à l'intérieur des poutres caissons ;
- Remplacement du dalot déchiré sous le joint central de la pile no 11.

4.2 Inspections récentes

Les récentes inspections effectuées sur le pont Charles de Gaulle sont les suivantes :

- Lors de l'inspection sous-marine effectuée en septembre 2008, des défauts ont été observés, notamment la présence d'affouillements autour des fondations, de fissures, du délaminage et de l'éclatement du béton sur les fûts et les fondations des piles centrales de l'ouvrage.
- Lors de l'inspection générale du pont réalisée en 2009, d'autres défauts ont été constatés, principalement, des fissures sur le tablier, les poutres caissons, ainsi que sur les piles et les culées.
- Lors de l'inspection visuelle préalable à une évaluation de la capacité portante du tablier effectuée en 2009, des fissures et du délaminage dans les culées de l'ouvrage ont été observés.
- Une inspection générale du pont est en cours de réalisation (année 2012).

4.2.1 Inspection sous-marine de 2008

Cette inspection conduite entre le 17 et le 22 septembre 2008 par la firme SPG Hydro, a porté sur les dix piles centrales de l'ouvrage. Les principales constatations faites suite à cette inspection sont les suivantes :

- Le fond marin au contact des fondations immergées dans l'eau est resté pratiquement stable depuis la construction du pont. Néanmoins, l'amélioration de la protection des fondations contre les affouillements est recommandée.
- Des réseaux de fissures polygonales ayant des ouvertures de 1 à 2 mm ont été constatés sur les parois des fûts. Ces fissures suivent, de manière régulière, la géométrie des armatures, dont le recouvrement est jugé insuffisant.
- Les semelles inspectées présentent un réseau de fissures aléatoires avec des ouvertures atteignant 2 mm par endroits.
- Certaines barres d'armature des fûts étaient exposées à la corrosion avec un taux de perte d'acier estimé entre 10 et 20%.

Les plaques d'acier couvrant l'avant-bec des nez des piles inspectées ne présentent pas de décollement au béton. Ces plaques étaient corrodées à 100% avec une présence de cratères d'une épaisseur de 1mm affectant les 80% de la surface sous l'eau.

Les recommandations retenues dans le rapport de cette inspection prévoient que les défauts de matériaux (fissuration et armature exposée), apparents sur les parois en béton inspectées, n'affectent pas le comportement des éléments structuraux.

Ces défauts sont imputés à un mauvais recouvrement du béton, auquel il pourrait être remédié par la mise en place d'un béton armé en surépaisseur localisée ou généralisée.

De même, une protection contre les affouillements autour des fondations des piles dans l'eau est recommandée dans un délai ne dépassant pas 5 ans, à partir de la date d'inspection.

4.2.2 Inspection générale 2009

L'inspection générale du pont réalisée en 2009 a fait ressortir les dommages suivants :

- Fissures verticales avec ouvertures atteignant 3 mm sur les faces de plusieurs fûts.
- Délaminage et éclatement du béton à la base des piles P4, P5, P11 et P15.
- Éclatement du béton avec armature apparente aux piles 12 et 15.
- Délaminage et éclatement du béton sur toute la hauteur des colonnes des piles 11 et 15 ainsi que les faces Ouest des colonnes de la pile 16 et aux coins hauts des colonnes de la pile 13.
- Éclatement du béton au niveau de l'assise de la pile 3.
- Délaminage et éclatement du béton vis-à-vis du joint longitudinal et quelques fissures légères à moyennes avec traces d'efflorescence au dessous de la dalle à l'intérieur des caissons, principalement sur les travées n° 1 et 4.
- Présence d'efflorescence, fissures étroites et traces de rouille avec humidité, au dessous de la bande médiane principalement aux travées n° 2, 17 et 18.
- Présence de rouille légère sur les plaques des appareils d'appui (quantité : 4, pile n° 3).
- Membrane en élastomère déchirée du côté Sud de l'appareil d'appui 4 (pile n° 4), affectant légèrement la qualité et la stabilité du support de tablier.
- Rouille de l'acier structural des caissons atteignant jusqu'à 5G, principalement sur les travées 15, 16 et 17.
- Accumulation de fiente de pigeons à divers endroits des éléments structuraux à l'intérieur des caissons, principalement dans les travées n° 3, 10, 11 et 18.
- Obturation de certains drains par des nids d'oiseaux, surtout aux travées n° 4 et 10.
- Affouillement des fondations des piles immergées dans l'eau (P6 à P15).
- Surface de roulement à nettoyer sur la totalité du pont.

Les recommandations émises suite à cette inspection se résument aux travaux de réparation et d'entretien suivants :

- Enrochement autour de neuf unités de fondations.
- Réparation des semelles de fondations numéros 5 à 14.
- Réparation des surfaces des piles en béton fissurés.
- Réparation ou modification d'un bloc d'assise et d'un appareil d'appui.

- Protection contre la corrosion par peinturage des poutres caissons sur la totalité du pont.
- Réfection de l'enrobé après réparation de la dalle.
- Nettoyage intérieur des poutre-caissons et des drains.

4.2.3 Inspection afférente à un rapport d'évaluation de la capacité portante

Cette inspection effectuée entre le début de septembre et la mi-octobre 2009, fait partie d'une étude de la capacité portante du tablier du pont. Elle consiste en une inspection visuelle du tablier de la structure, incluant l'examen de l'intérieur des poutres-caissons.

Les constatations suivantes ont été faites, suite à cette inspection :

- À l'exception de quelques fissures transversales et de quelques défauts locaux, la surface de roulement du pont est jugée en bon état.
- Le tablier du pont est en bon état, à part un délaminage limité aux joints de dilatation et des efflorescences locales de la dalle.
- Délaminage et éclatement du béton, corrosion de l'armature avec des pertes importantes de section aux culées Nord et Sud.
- Présence de corrosion légère à moyenne sur les surfaces extérieures des poutres-caissons, par endroits et particulièrement au joint de dilatation à l'axe 11 où le dalot sous le joint est défectueux.
- Les surfaces intérieures des poutres-caissons sont jugées en bon état, mis à part un délaminage limité du béton et une corrosion moyenne de l'acier aux joints de dilatation.
- La fissure transversale de la semelle inférieure et des deux âmes du caisson extérieur de la travée comprise entre les axes 9 et 10, relevée et réparée lors des travaux de 1998-1999, semble stable et aucun signe apparent de dégradation additionnelle n'a été observé.
- Délaminage et éclatement du béton de la dalle au niveau des culées, avec apparition de l'armature inférieure par endroits.
- Pertes de section de béton de plus de 100 mm d'épaisseur et d'armature de plus de 4 mm de diamètre ont été constatées dans la dalle de la culée Sud, en raison d'infiltrations d'eau à travers des anciens points de carottage mal scellés.
- Fissures de cisaillement et/ou de flexion ayant une ouverture variant de 0,8 à 1,2 mm sont apparentes sur les poutres longitudinales des culées.
- Fissure importante de 3 mm sur les deux côtés de la poutre longitudinale centrale de la culée Sud à 100 mm de la face inférieure. Cette fissure peut résulter du gonflement de l'armature longitudinale.

4.2.4 Inspection générale 2012 (en cours de préparation)

La campagne d'inspection générale du pont, menée actuellement par Roche ltée, Groupe-conseil, est en cours de réalisation en 2012 a fait ressortir principalement les résultats suivants :

- Délaminage et éclatement du béton avec armature apparente et corrodée sur les faces de béton de divers éléments structuraux (platelage, poutres) des deux culées Nord et Sud.
- Éclatement du béton et désagrégation moyenne avec armature apparente et corrodée sur les faces des fûts 5 à 15.
- Désagrégation légère par abrasion dans la zone de marnage des piles 6 à 15.
- Défauts de coffrage sur les faces de la pile de l'axe 10.
- Éclatement du béton avec armature apparente et corrodée avec fissures verticales sur les faces des colonnes des piles 9, 10, 11 et 15.
- Fissures transversales coïncidant avec les joints de construction dans le tablier sur plusieurs travées.
- Fissures polygonales sur la surface de roulement à l'approche immédiate est.
- Plaque verticale protectrice du dalot mal fixée au milieu du joint transversal de la travée no 2.
- Délaminage et éclatement du béton près du joint longitudinal avec armature apparente et corrodée aux travées 4, 6, 7 et 8.
- Rouille légère à importante avec perte de section dans les poutres-caissons, principalement aux travées 13, 14, 17 et 18.
- Voilement local de certains raidisseurs d'extrémité sur la pile centrale.
- Éclatement du béton avec fissures longitudinales et polygonales des assises des piles 3 à 12.
- Appareils d'appui endommagés avec élastomère déchiré ou écrasé aux piles 3, 4 et 19.
- Certaines réparations effectuées dans le passé sur certains éléments de fûts et colonnes sont en apparence non réussies.

5 MÉTHODOLOGIE D'INSPECTION DES LIEUX

5.1 Introduction

Afin de mener les inspections du pont Charles de Gaulle, il y a eu recours principalement à trois types d'équipements et ont eu lieu en quatre phases distinctes.



Passerelle MBI 200-66'-20m

(Groupe DIAMANTEX)

Portée maximale : 22 m

Portée verticale maximale : 10.50 m

Poids max sur la plateforme : 800 kg

La passerelle a été utilisée pour l'inspection sous le tablier du pont (extérieur des caissons, blocs d'assises, assises, appareils d'appui, coté extérieur du pont, drains, joint de tablier avec dalot, etc.)

Nacelle à échelle Warwick 34'

(SAUVAGEAU)

La nacelle a été utilisée pour l'inspection de l'intérieur des culées creuses (dessous de dalle, poutres, diaphragmes) et des côtés extérieurs de celle-ci.



Ponton avec Capitaine (Southland)

(SPG Hydro International inc.)

Le ponton était requis pour inspecter l'état général des piles, spécifiquement à leurs bases (au niveau de la zone de marnage),



Pour l'intérieur des caissons, les culées creuses ainsi que les piles accessibles (4 à 6 et 16 à 18), l'inspection a été faite en partie à pieds.

6 ÉTAT GÉNÉRAL DE LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE

Suite aux visites d'inspections visuelles menées du 11 août au 26 septembre sur la structure du pont Charles de Gaulle, il a été constaté plusieurs types de défauts et dommages. On cite principalement :

- Délamination et éclatement du béton sur les surfaces des fûts des piles, avec apparition des armatures légèrement corrodées sur certaines d'elles;
- Fissures sur les surfaces de section dans les parties immergées des fûts;
- Traces d'efflorescence et de calcite dues aux infiltrations d'eau à travers les joints des dalles;
- Rouille légère à moyenne au niveau des jonctions dalle-caisson;
- Structure vieillissante;
- Détérioration des unités de fondation;
- Insuffisance de recouvrement des armatures;
- Perte de fonctionnalité d'éléments d'appui;
- Présence de fissures dans le tablier;
- Infiltration des eaux et mauvaise étanchéité des joints;
- Présence de réaction alcali-agrégats (R.A.G).

Ci-dessous sera présentée une liste non exhaustive des différents constats observés sur les lieux du site. L'objet de cette section n'étant pas de présenter tous les défauts pour chaque élément de l'ouvrage, mais plutôt de les recenser par groupes de défauts et de les illustrer seulement par quelques photos représentatives.

6.1 Vue générale du pont

Photo No. 1	
<u>Élément</u> Vue en élévation- amont	
<u>Observation</u> Vue générale	



Photo No. 2	
<u>Élément</u> Vue en élévation- aval	
<u>Observation</u> Vue générale	



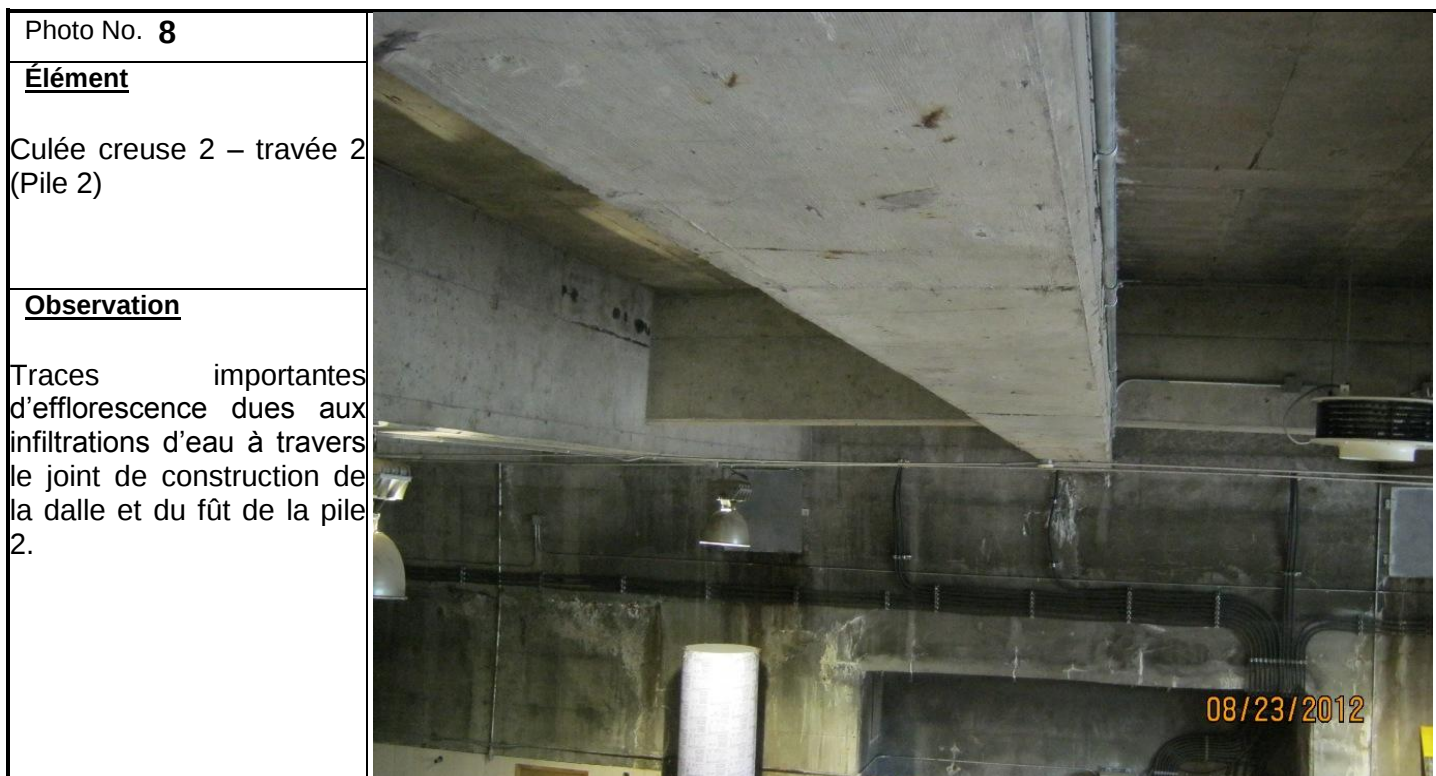
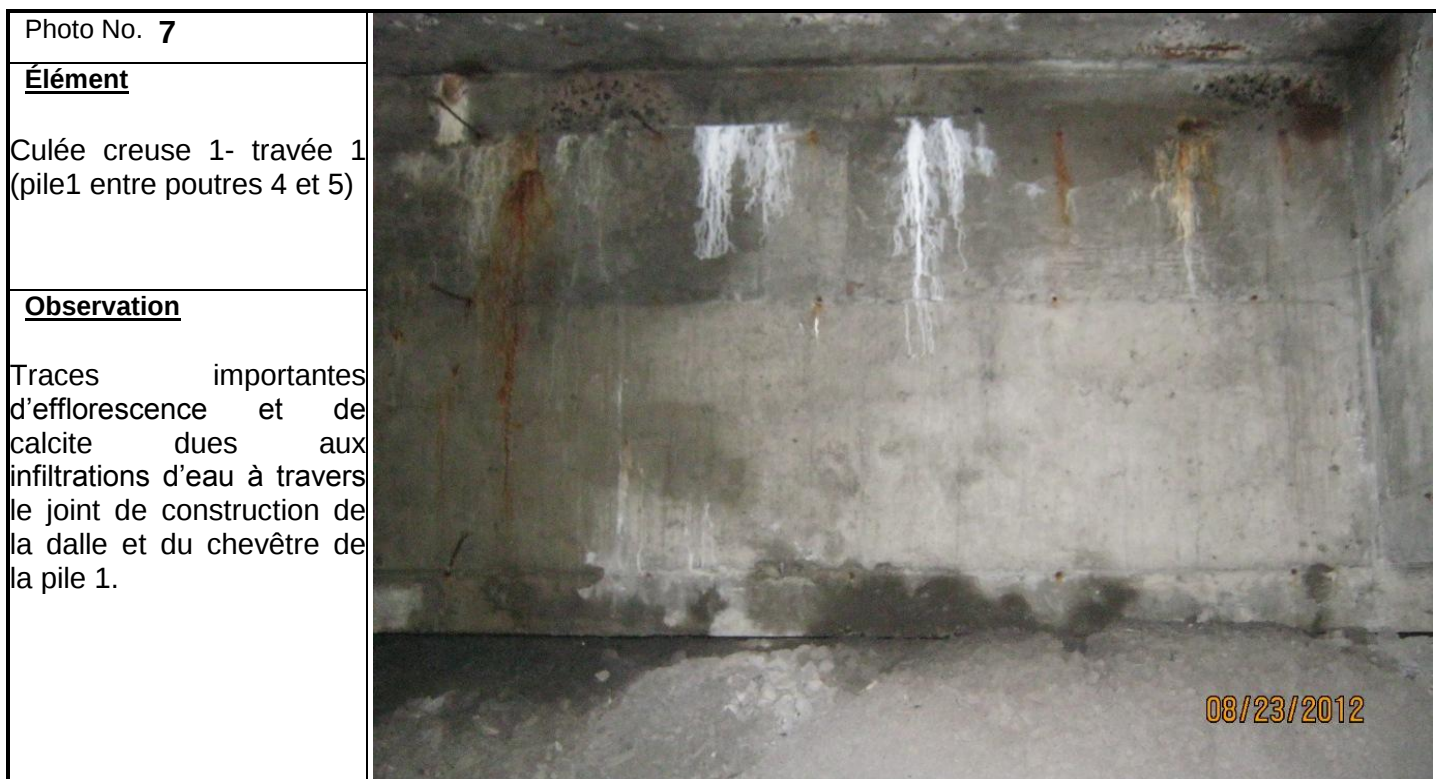
6.2 Culées creuses

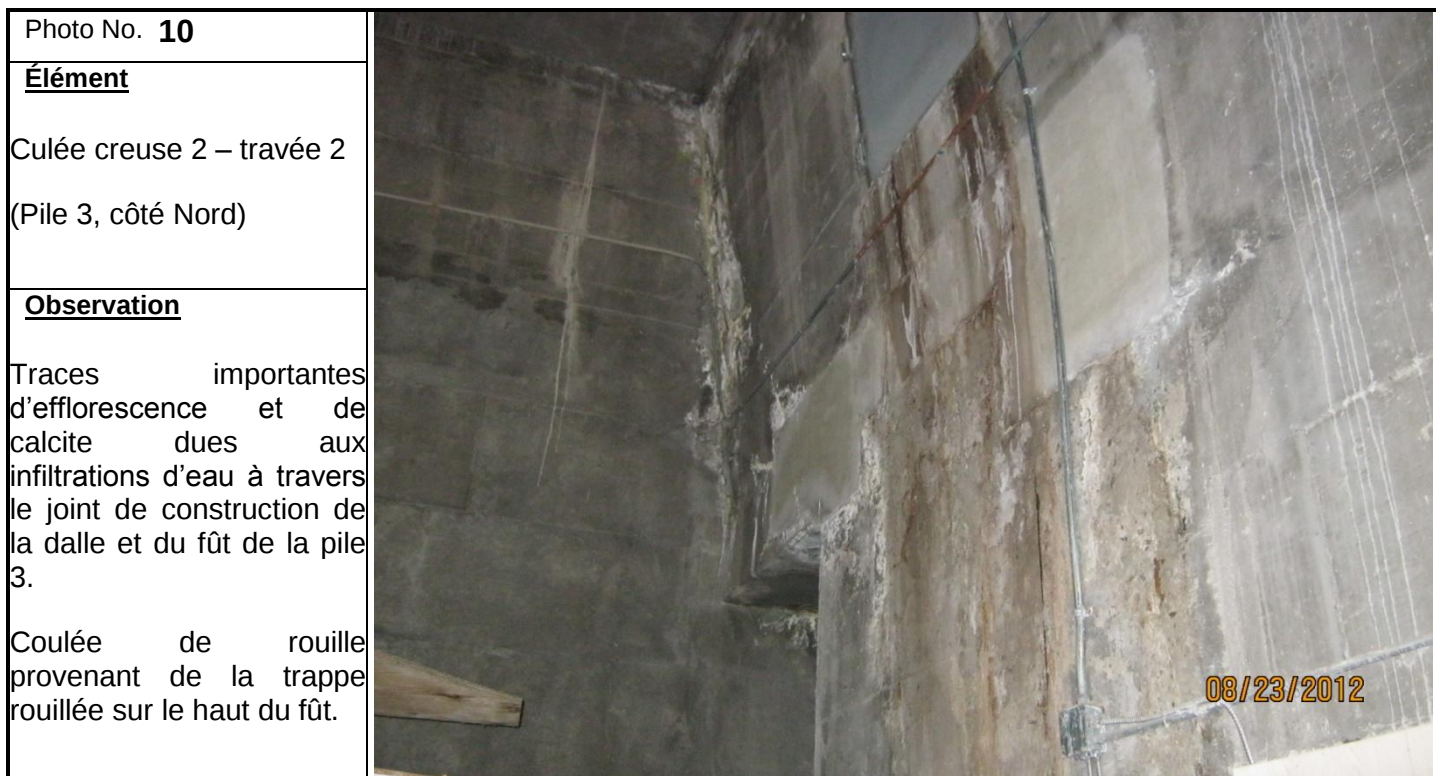
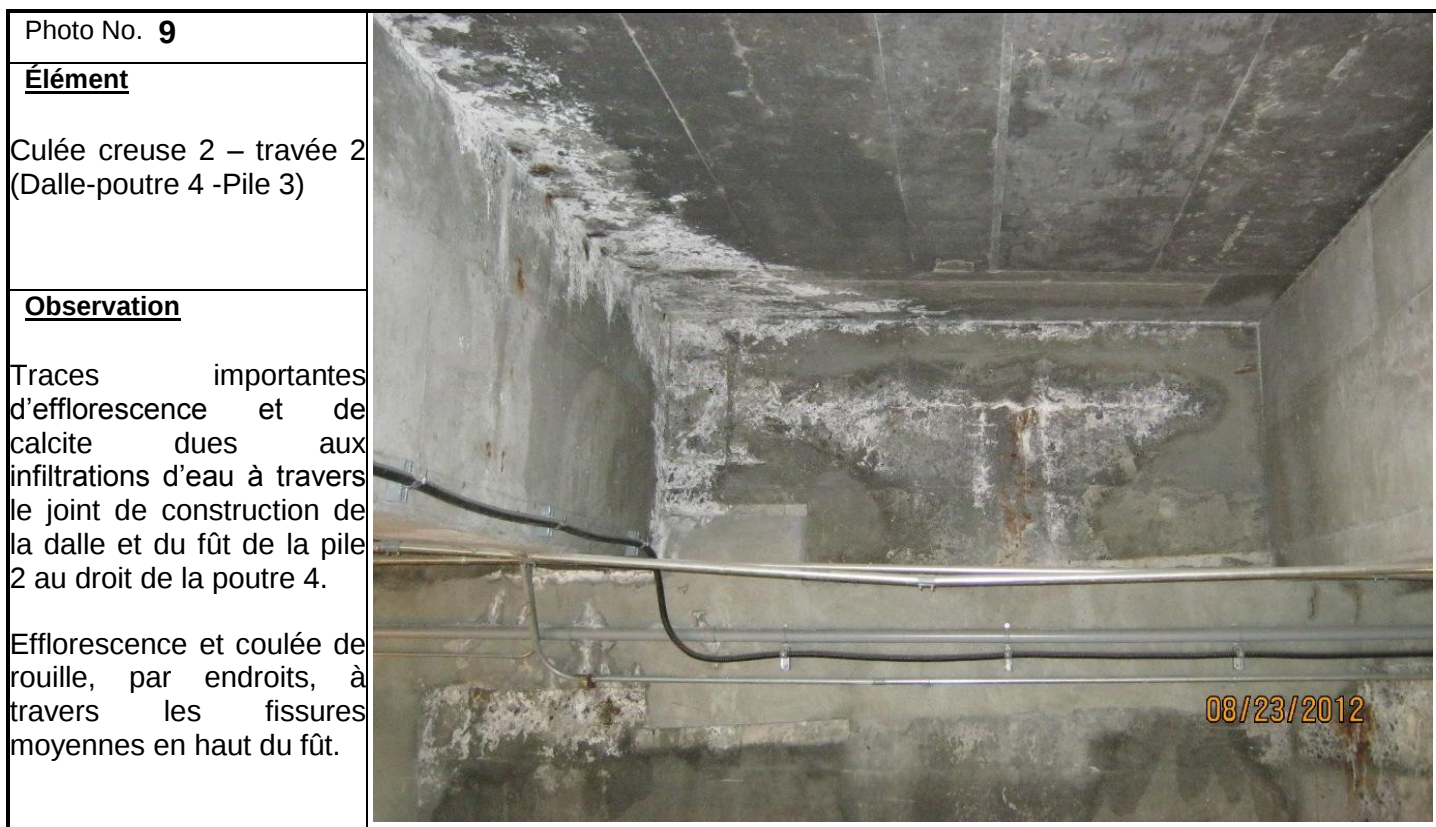
Photo No. 3	
<u>Élément</u> Culée creuse 1 - travée 1 (Jonction poutre 4-dalle au droit de la pile 1)	
<u>Observation</u> Béton délaminé et éclaté de la dalle vis-à-vis de la poutre 4 et du chevêtre de la pile 1. Coulée de rouille et efflorescence provenant de la corrosion des armatures de la dalle et des infiltrations importantes d'eau à travers les joints de construction.	

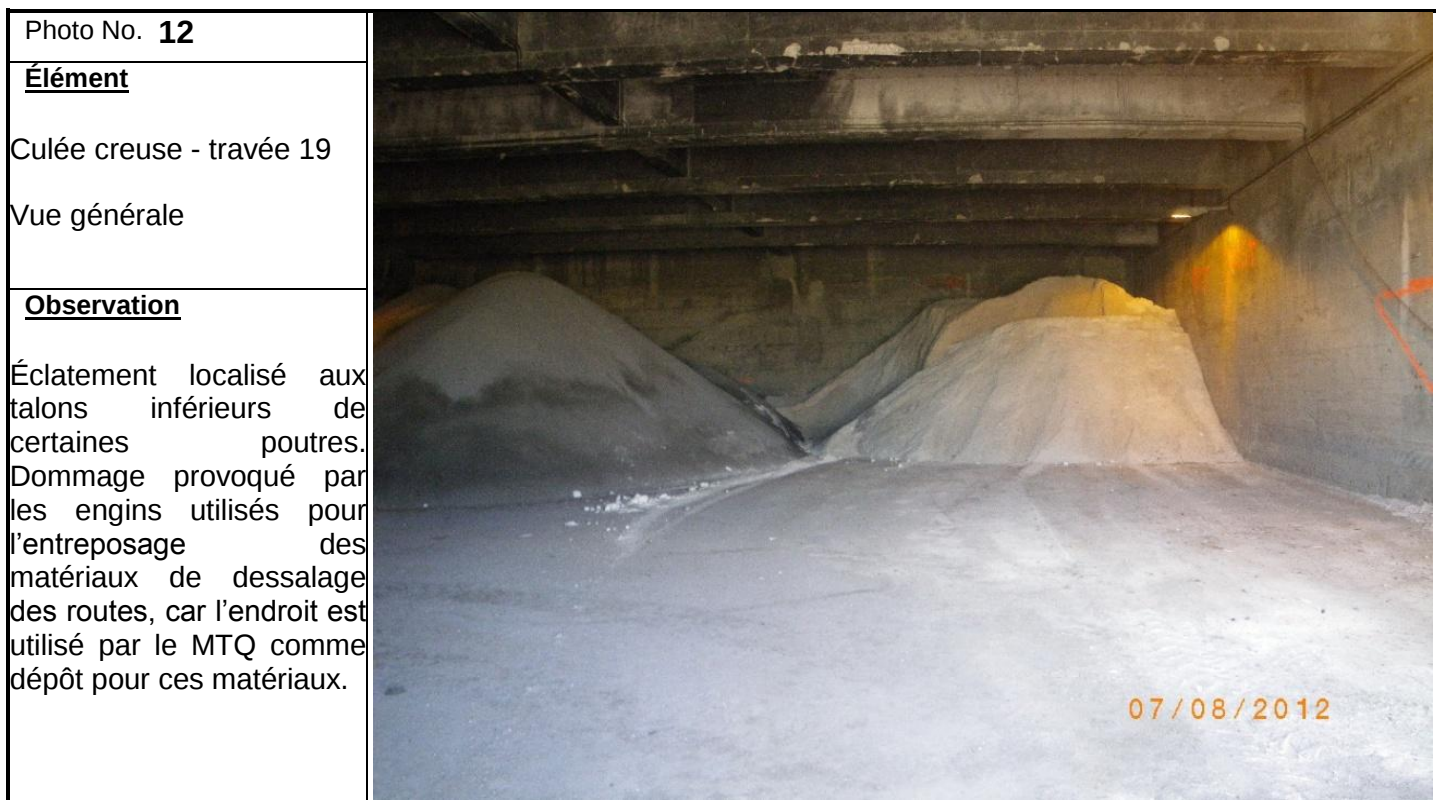
Photo No. 4	
<u>Élément</u> Culée creuse 1- travée 1 (Jonction poutre 4-dalle au droit de la pile 2)	
<u>Observation</u> Traces importantes d'efflorescence et de calcite dues aux infiltrations d'eau à travers les joints de construction.	

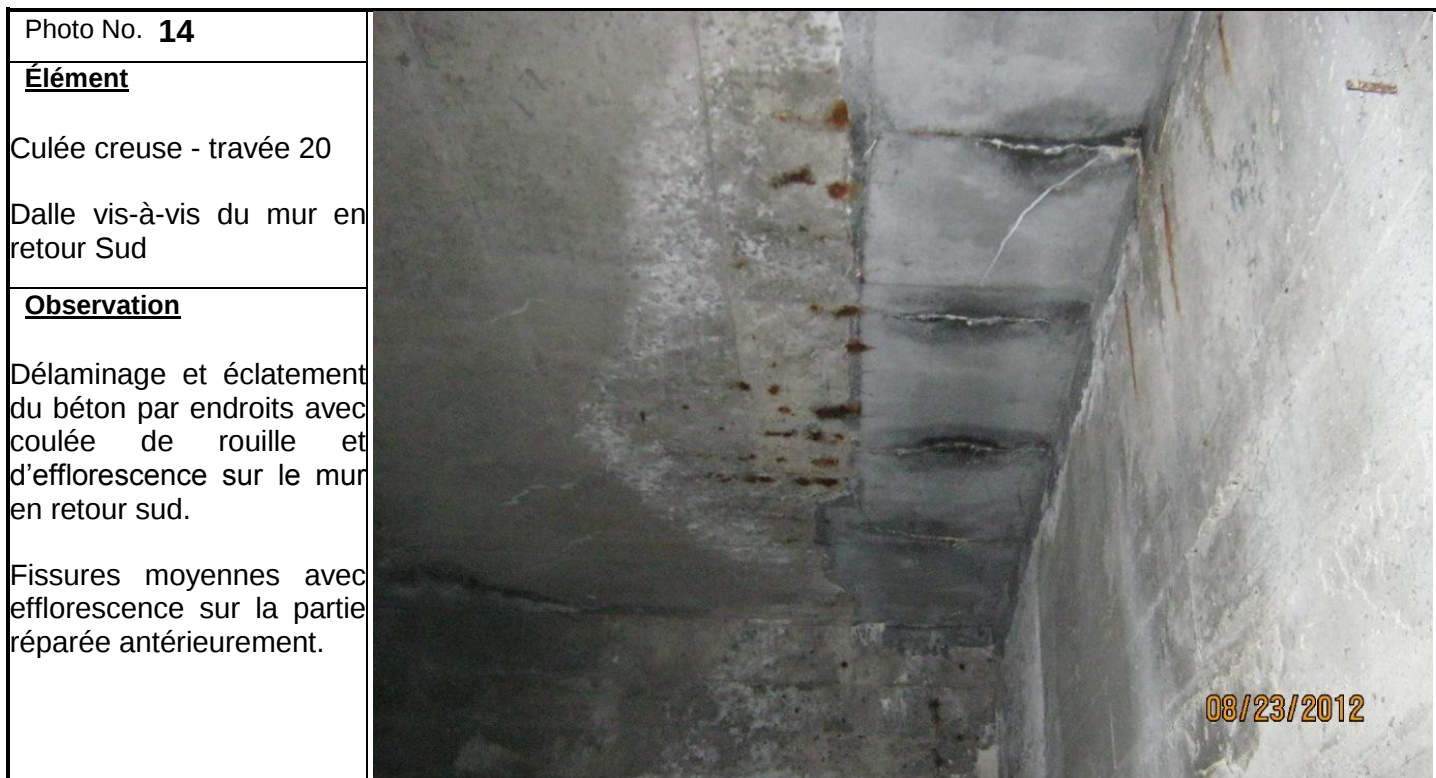
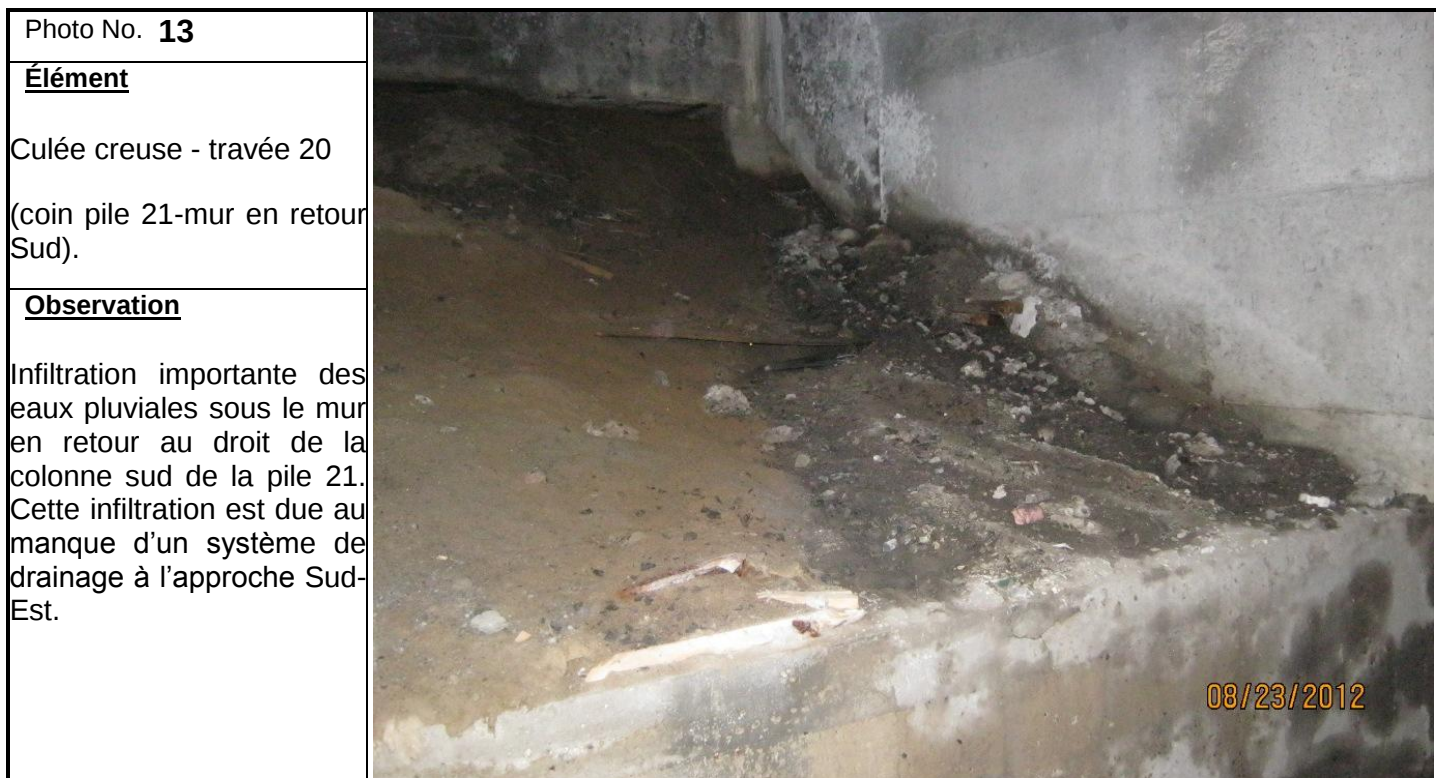
Photo No. 5	
<u>Élément</u>	
Culée creuse 1- travée 1 (Dalle entre les poutres 3 et 4)	
<u>Observation</u>	
Enrobage insuffisant des aciers de la nappe inférieure de la dalle, entraînant l'éclatement du béton au droit de l'armature. Défaut observé à plusieurs endroits de la dalle.	
Au droit de la pile 1, béton éclaté avec armature apparente et corrodée.	

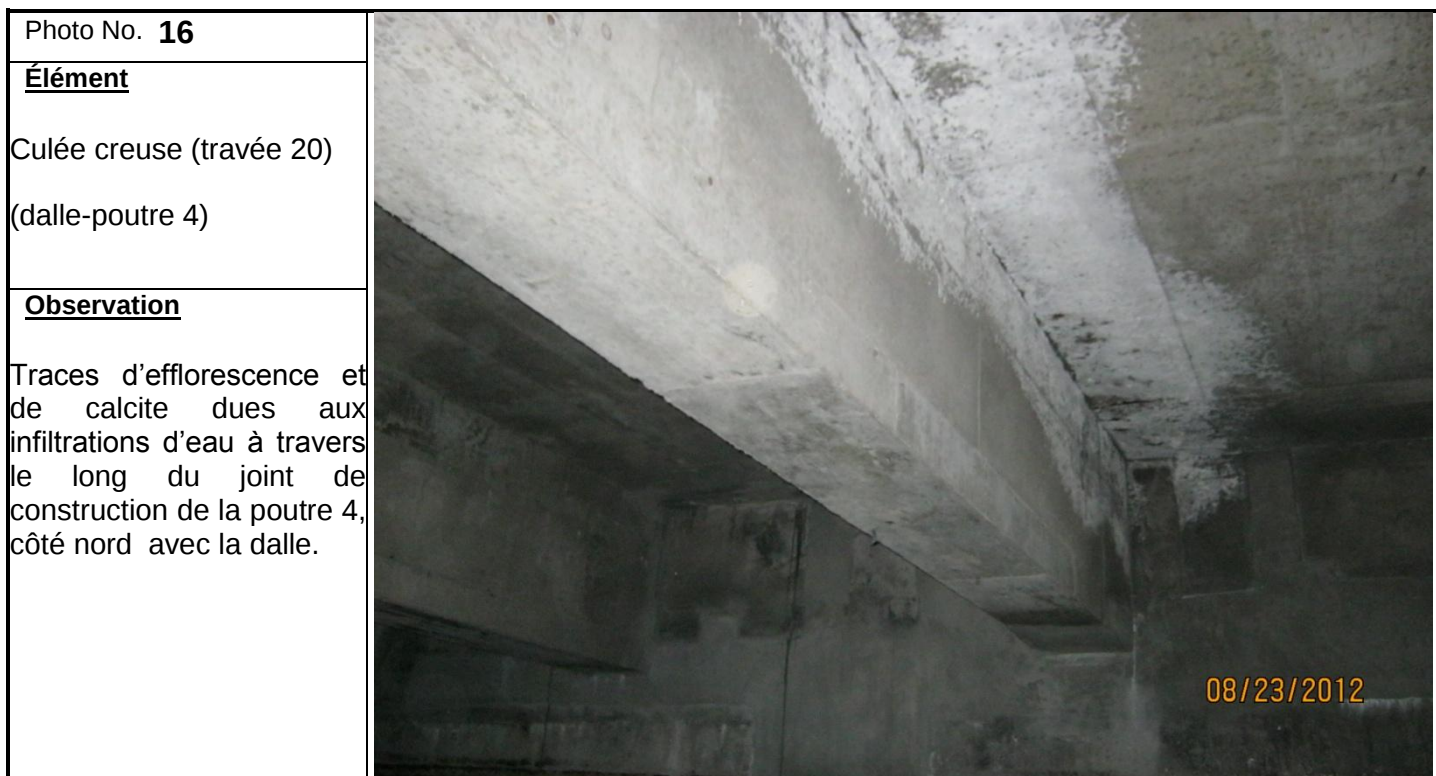
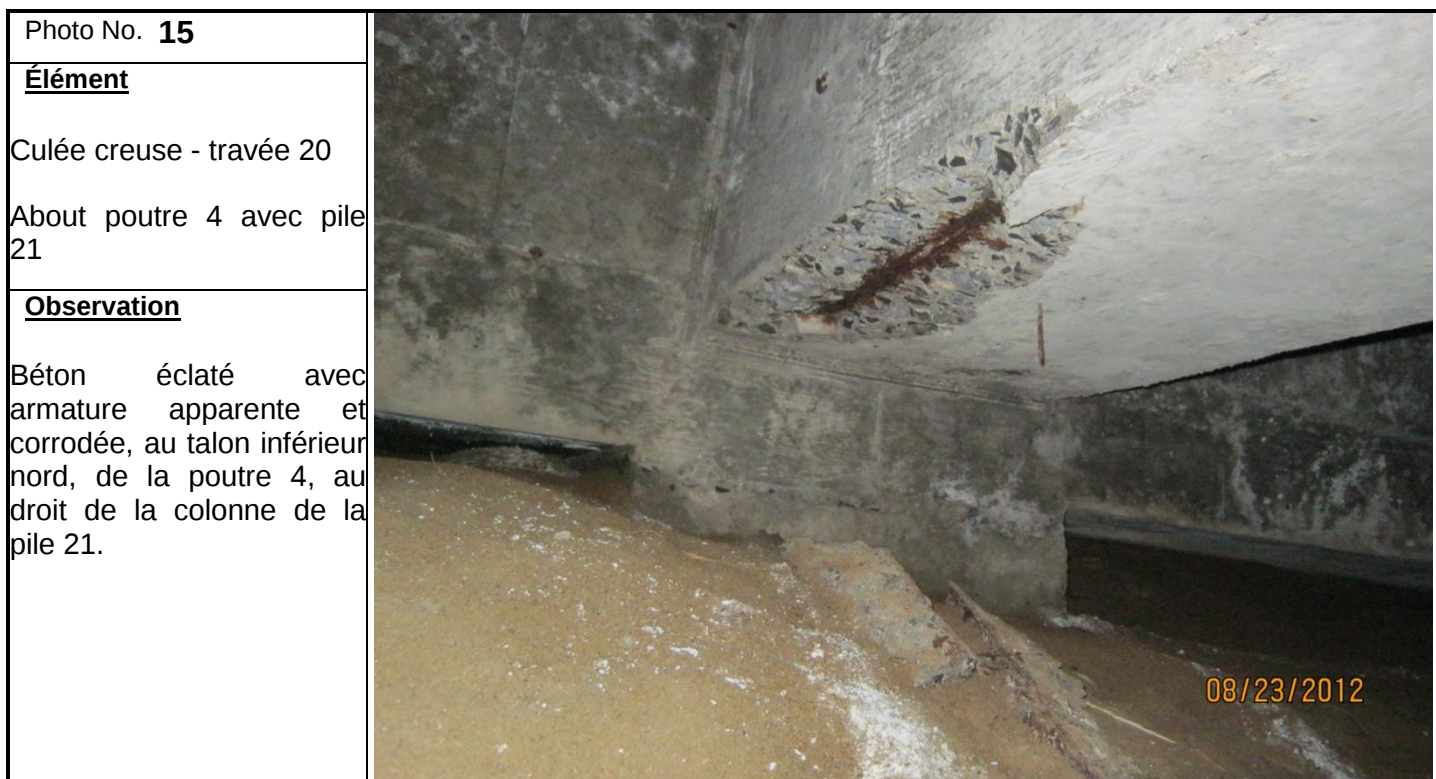
Photo No. 6	
<u>Élément</u>	
Culée creuse 1- travée 1 (Poutre 6, au droit de la colonne de la pile 1)	
<u>Observation</u>	
Béton éclaté avec armature apparente et corrodée sur la face inférieure de la poutre 6, au droit de la colonne de la pile 1.	



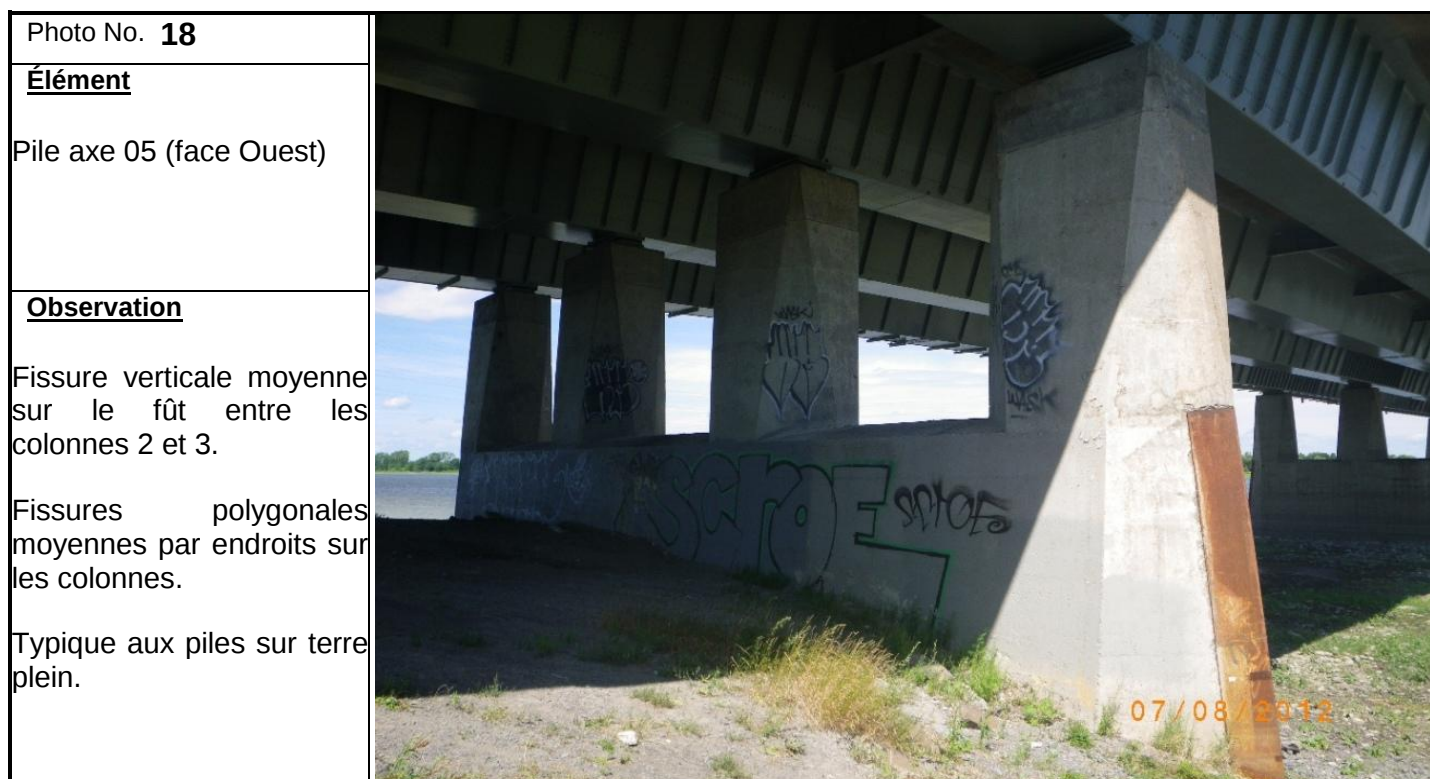
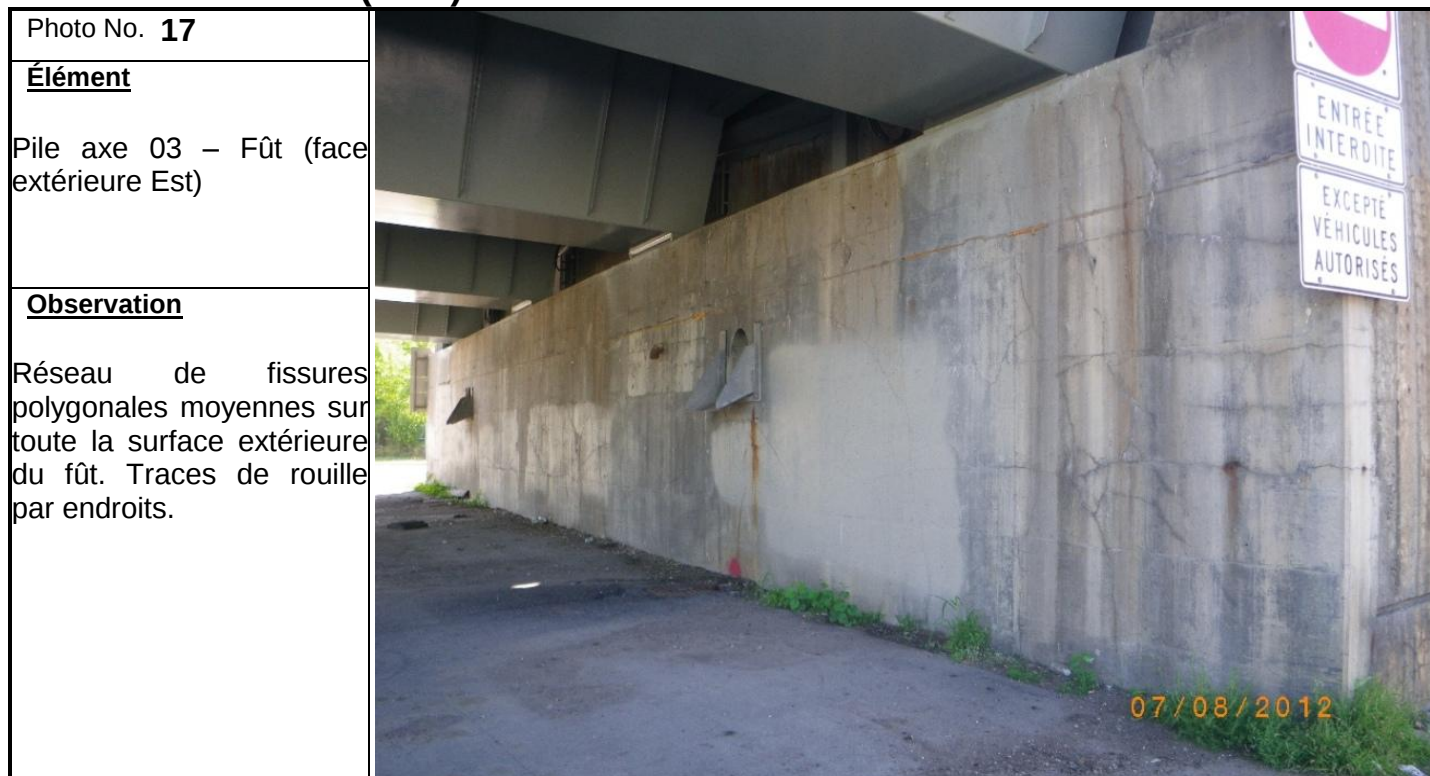


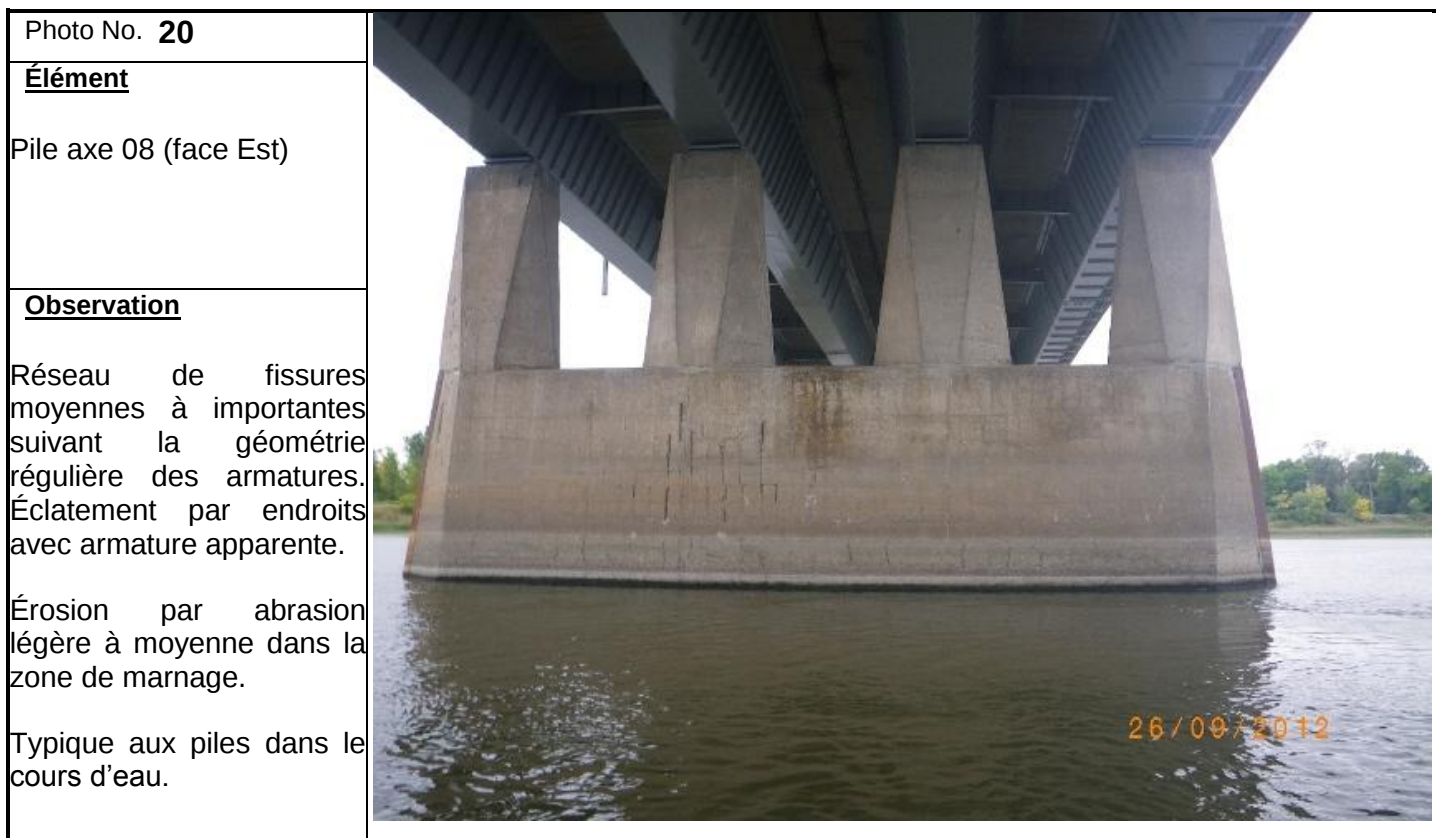
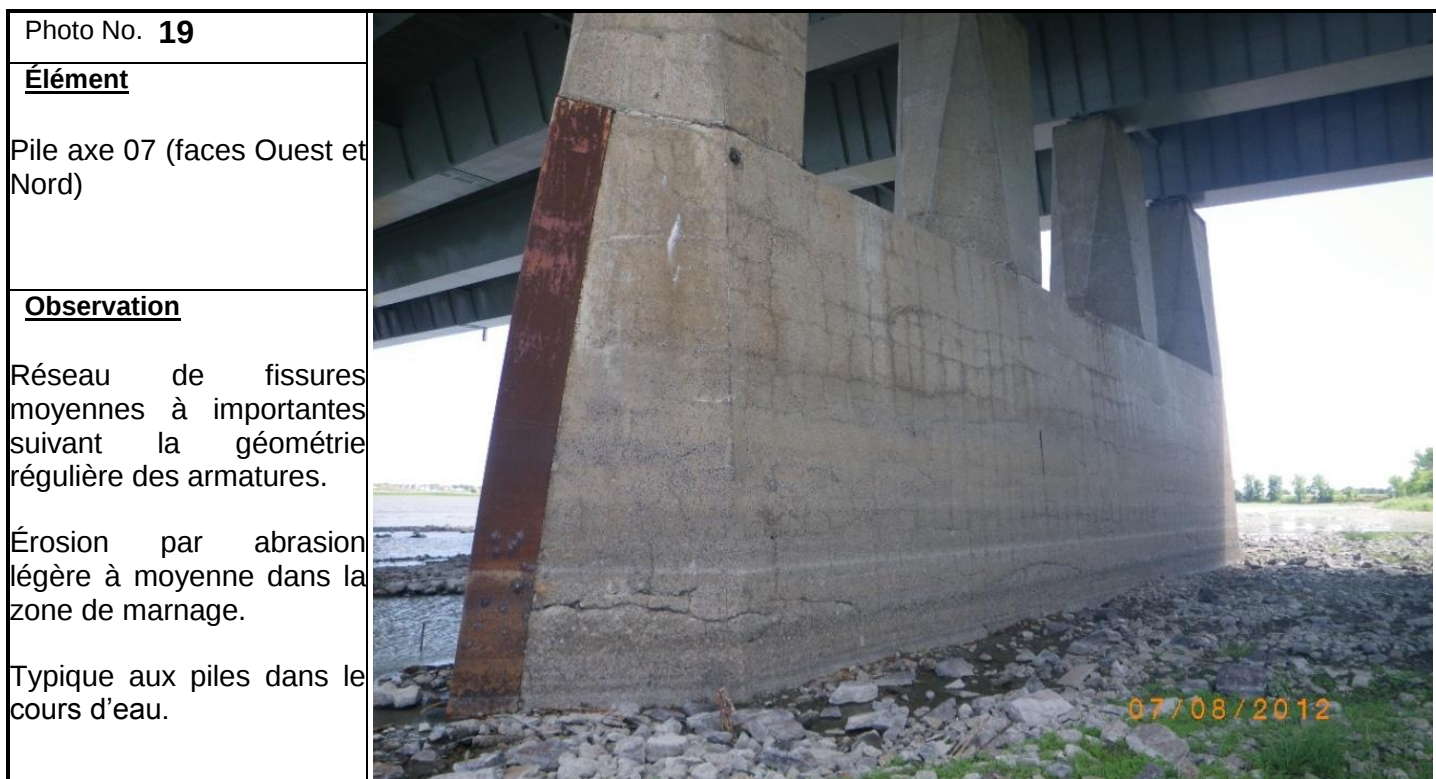


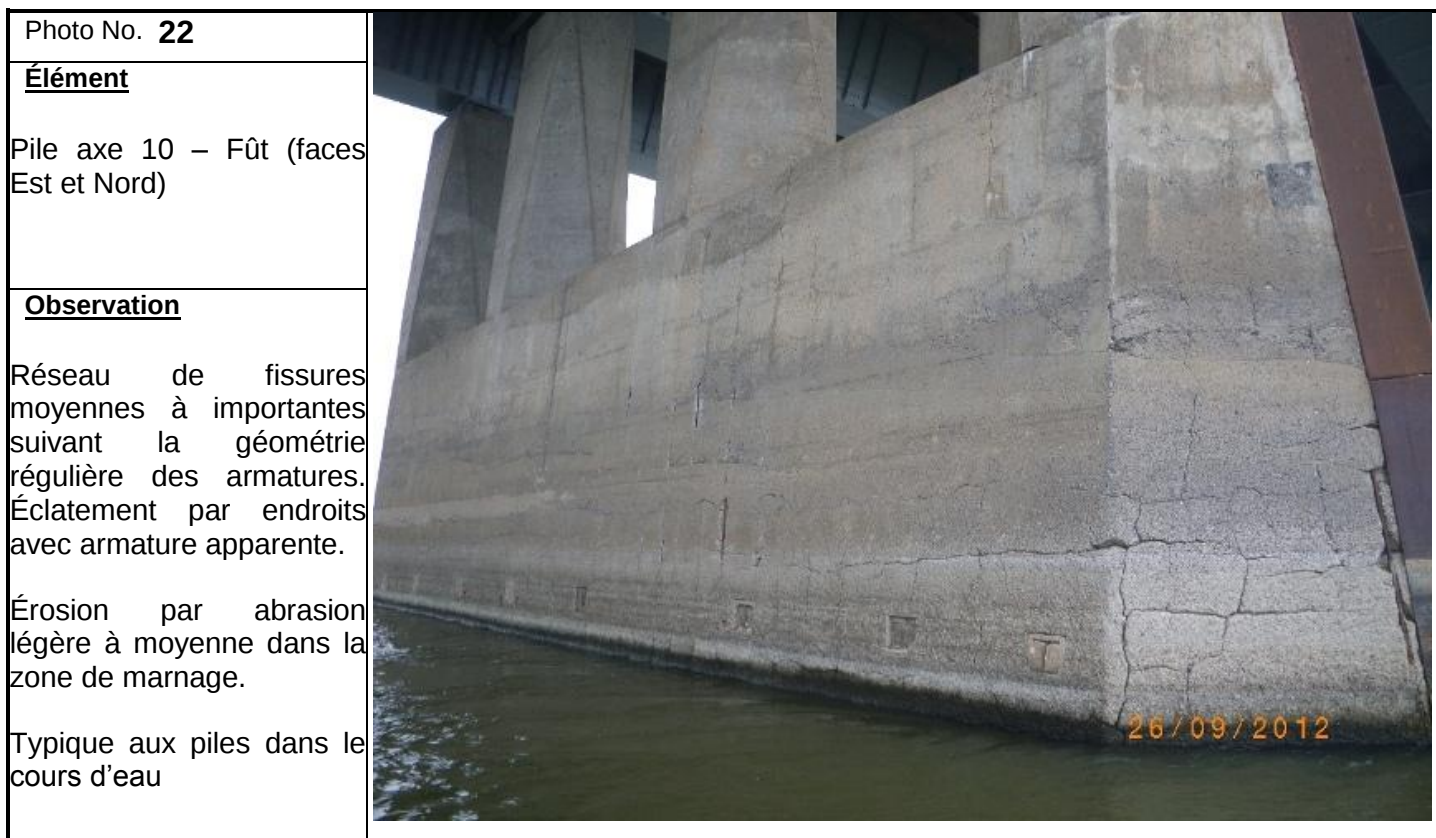
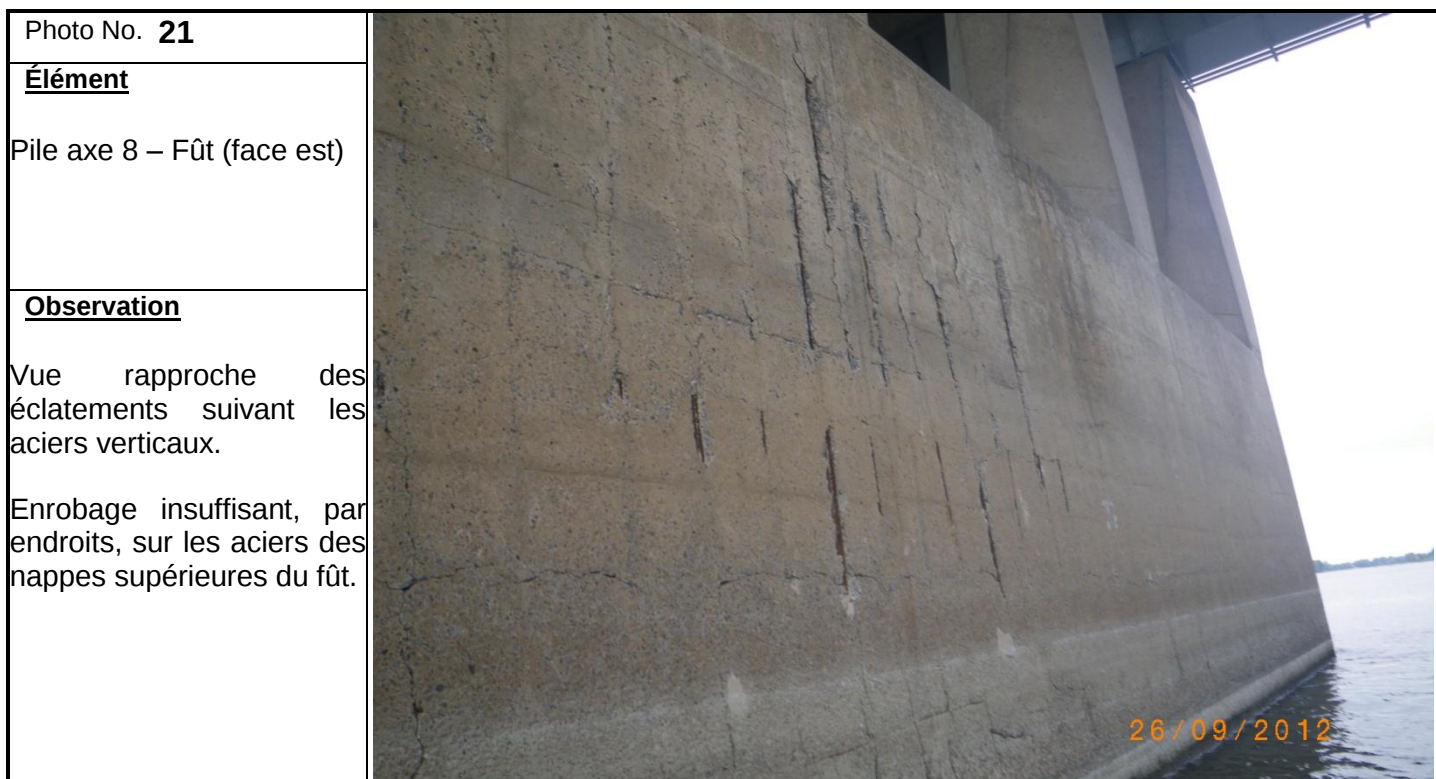


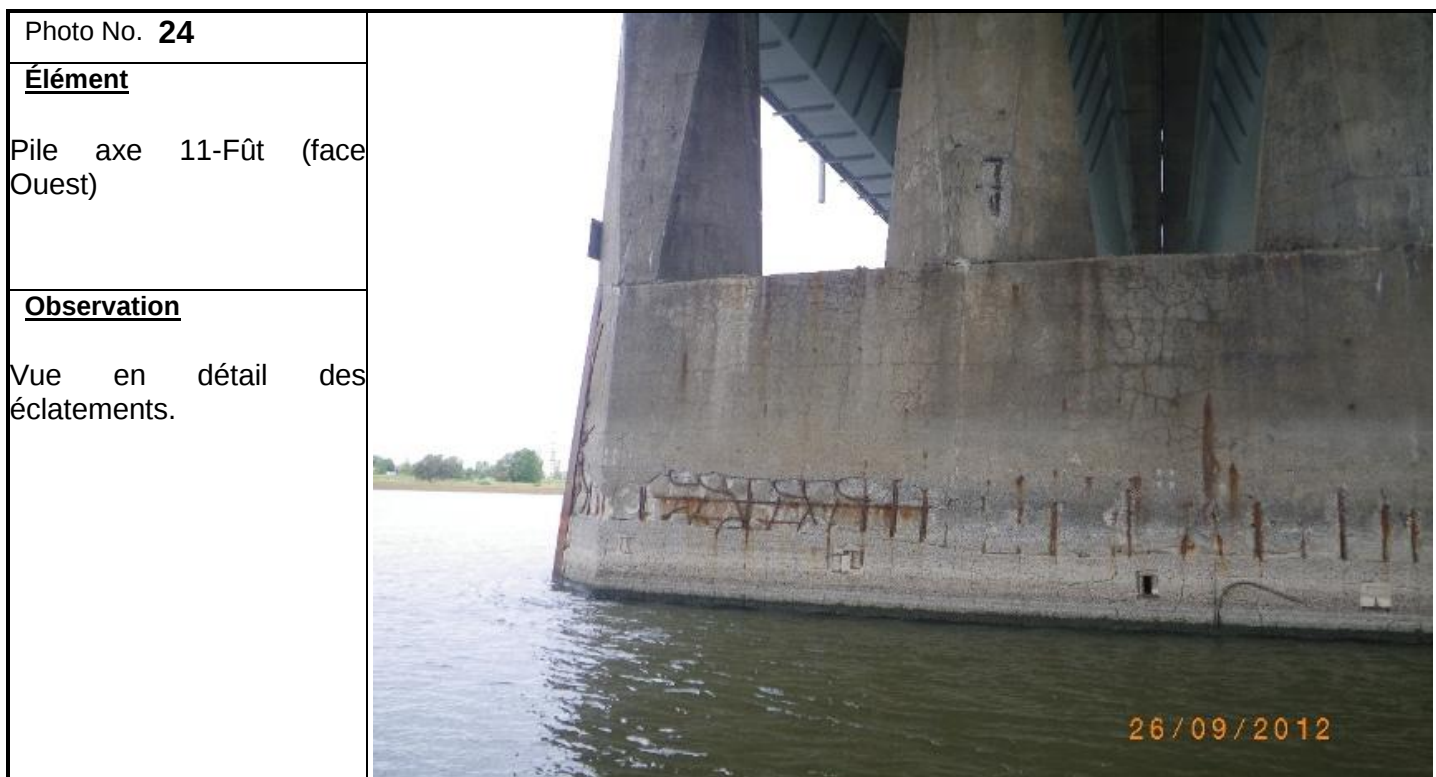
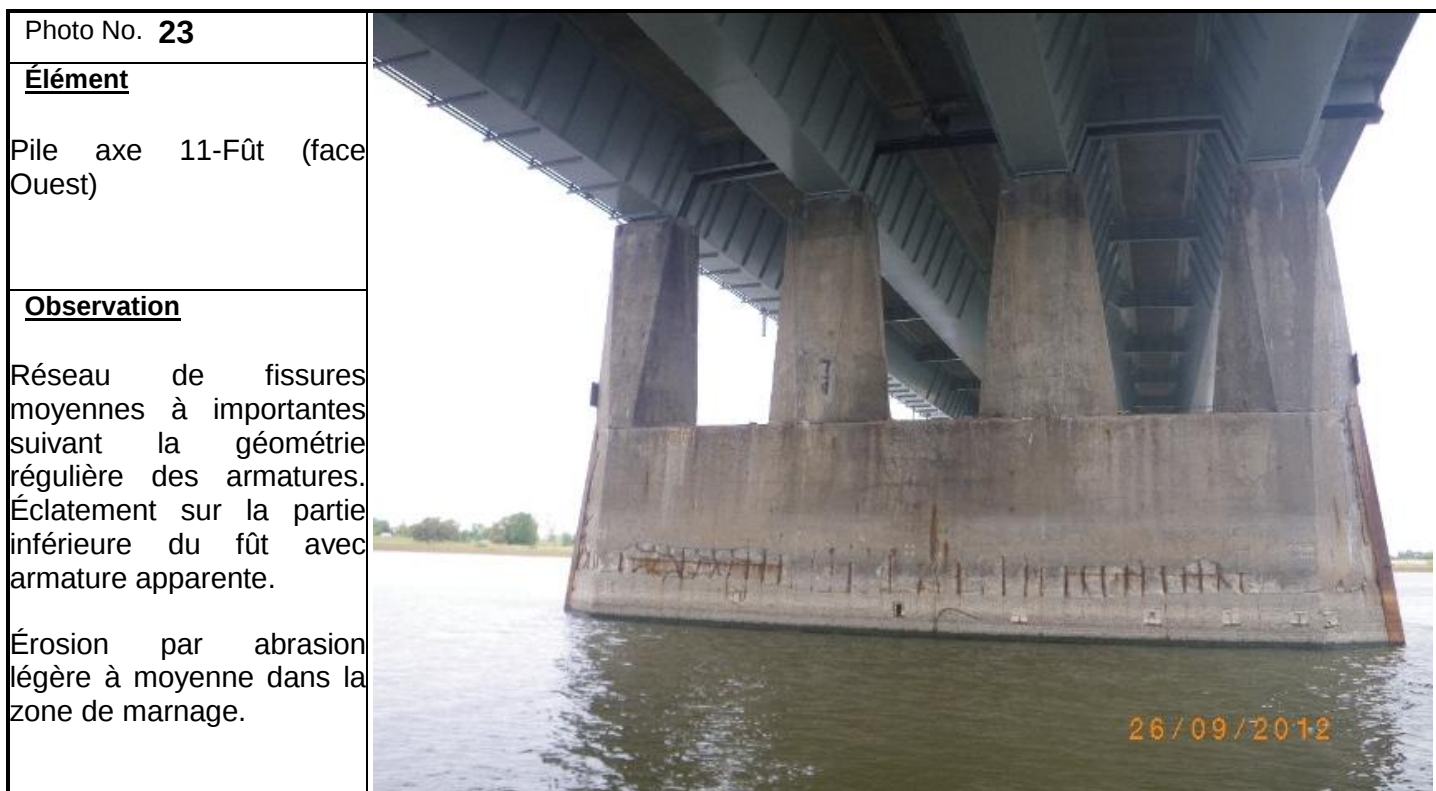


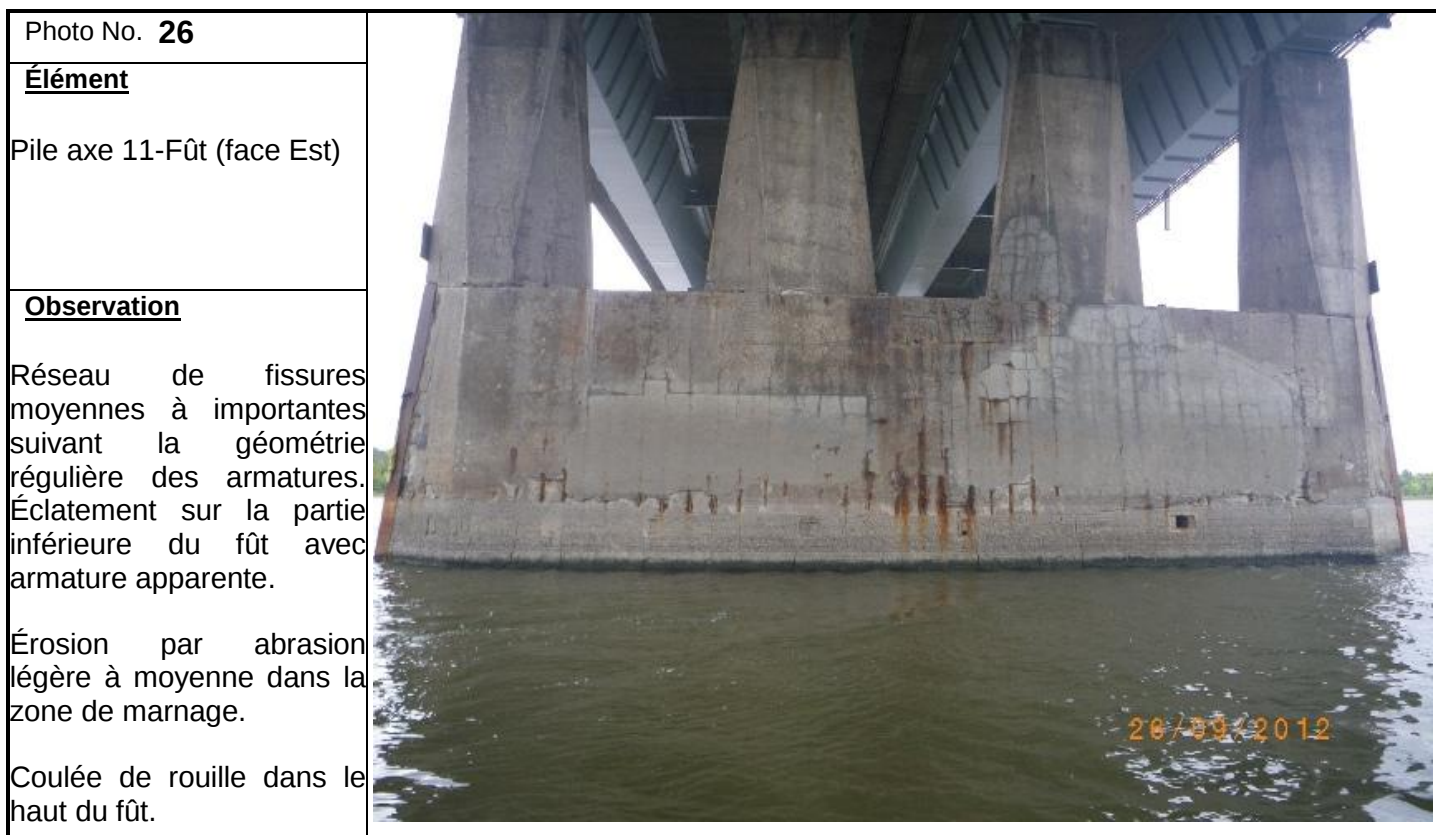
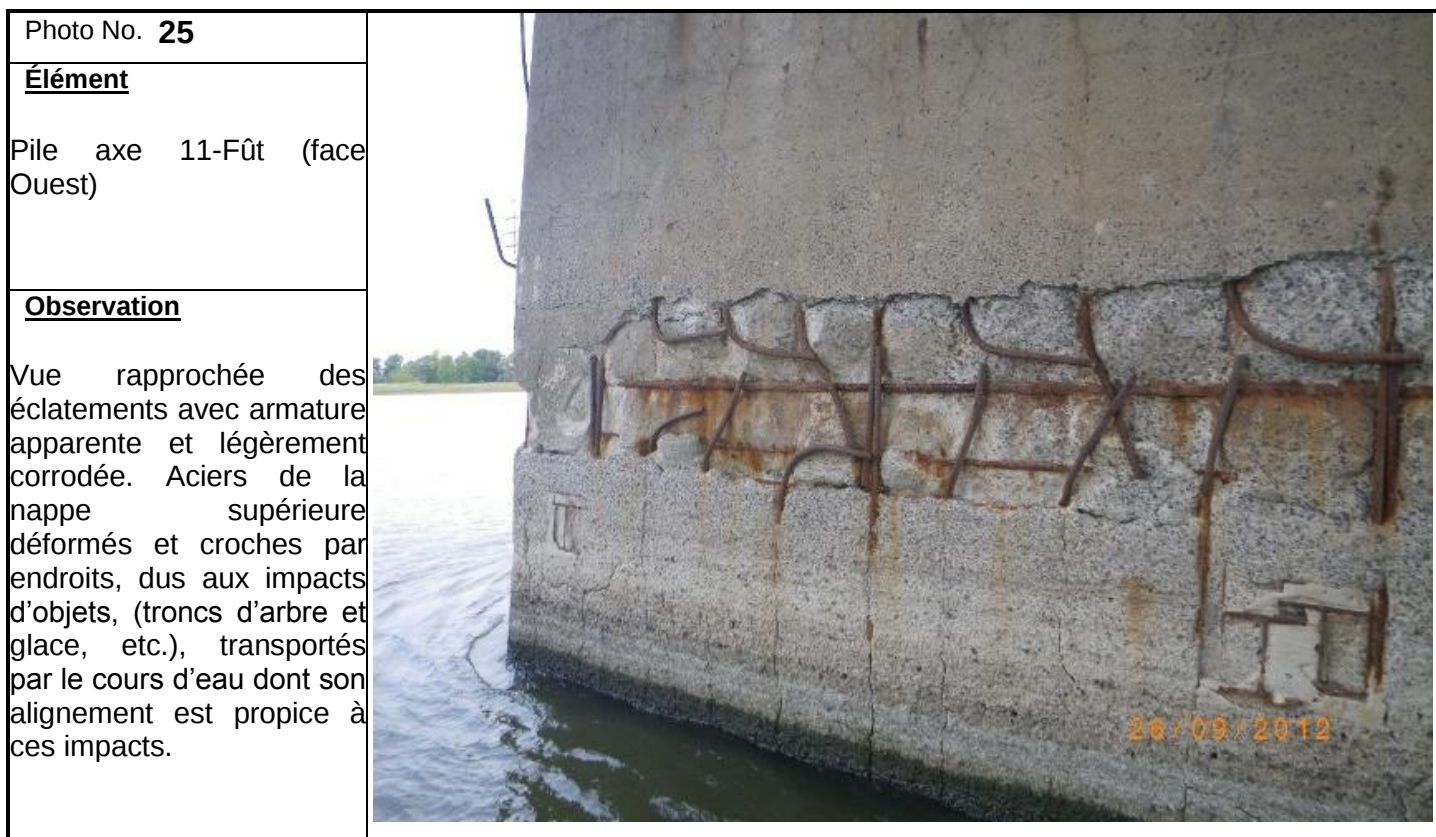
6.3 Piles (Fûts)

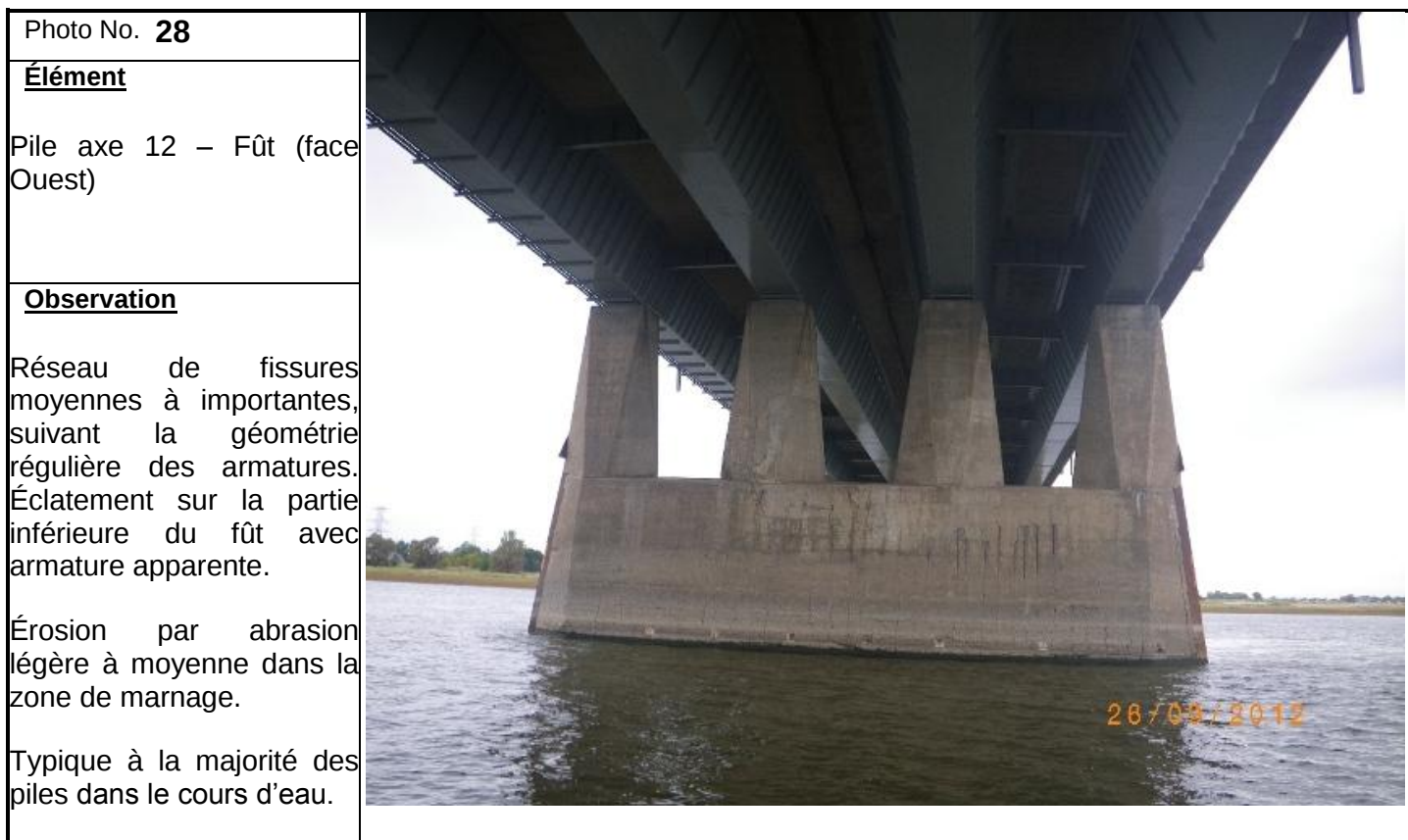
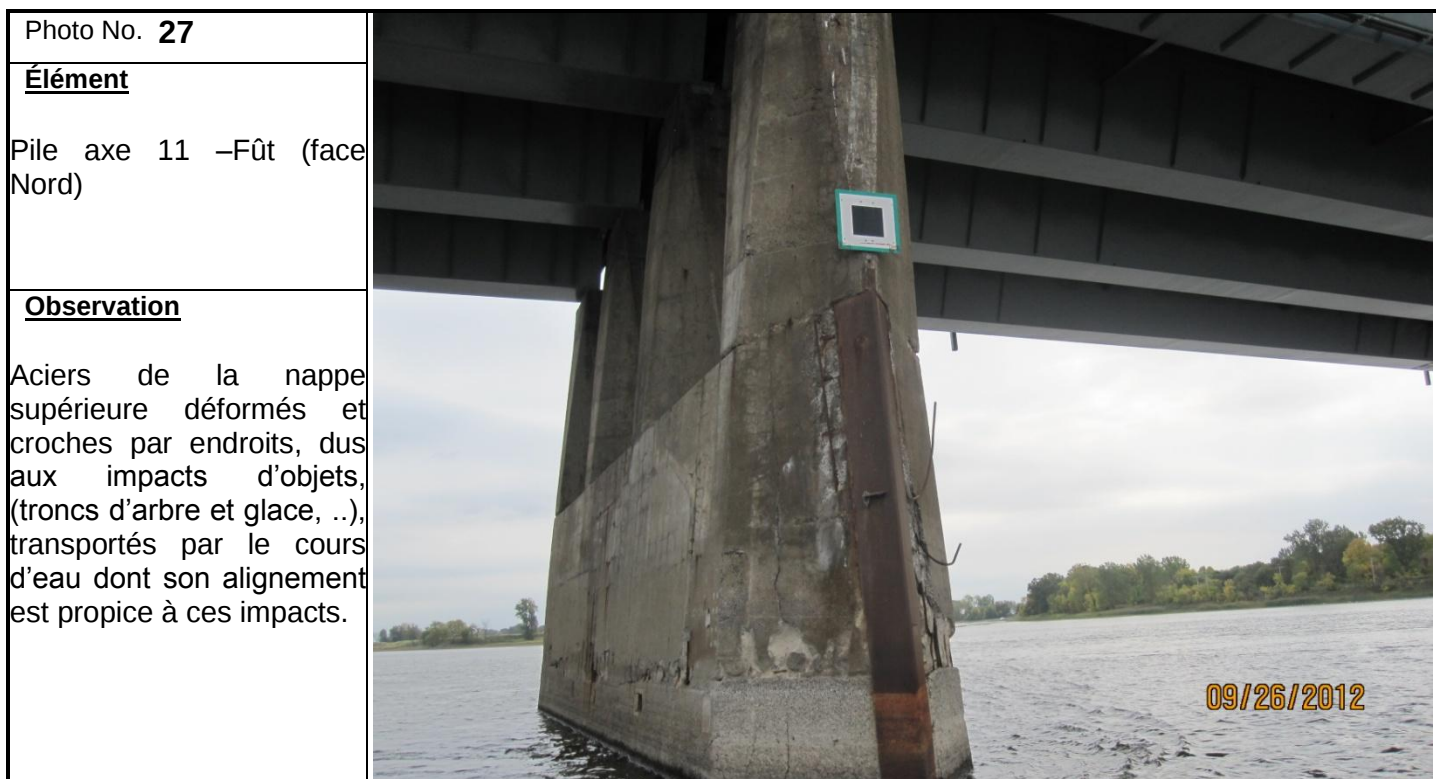


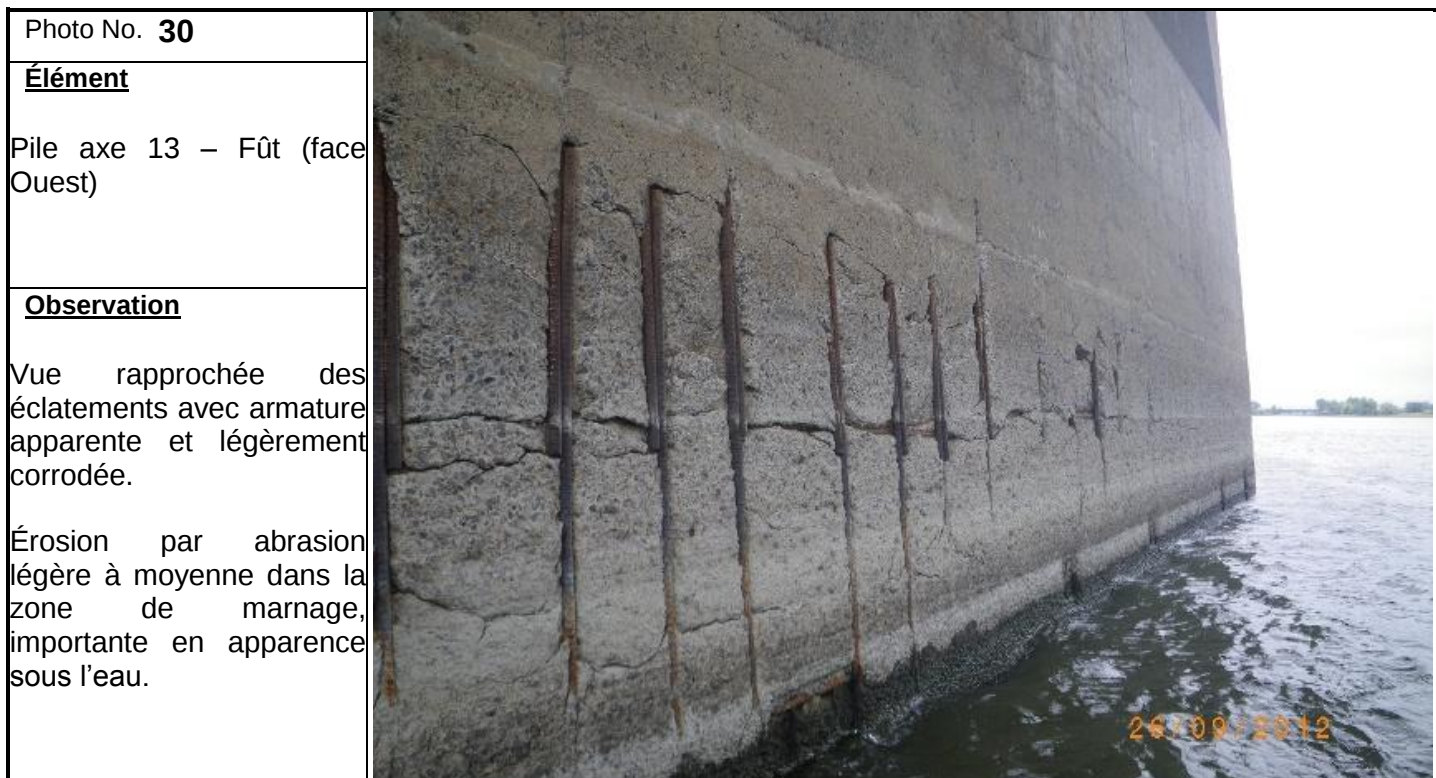


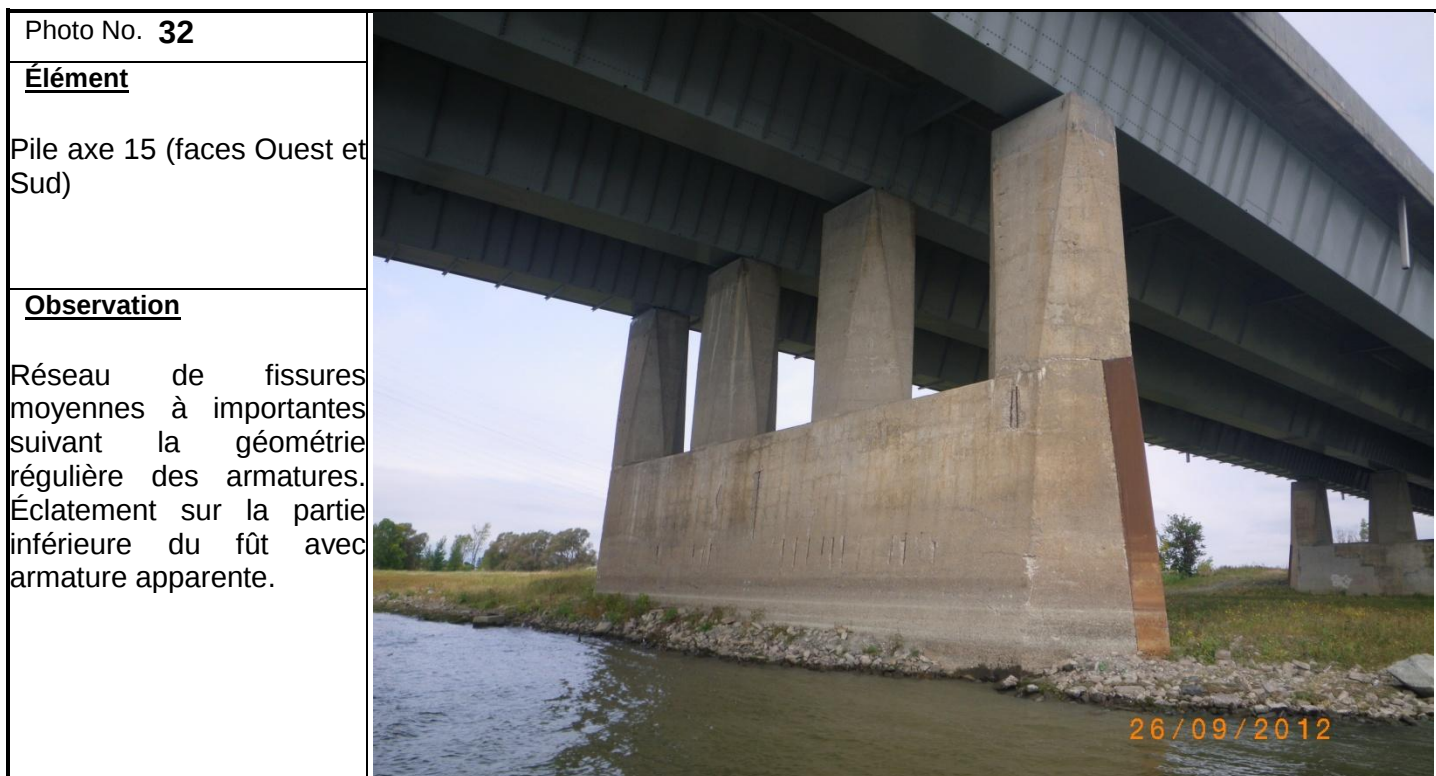


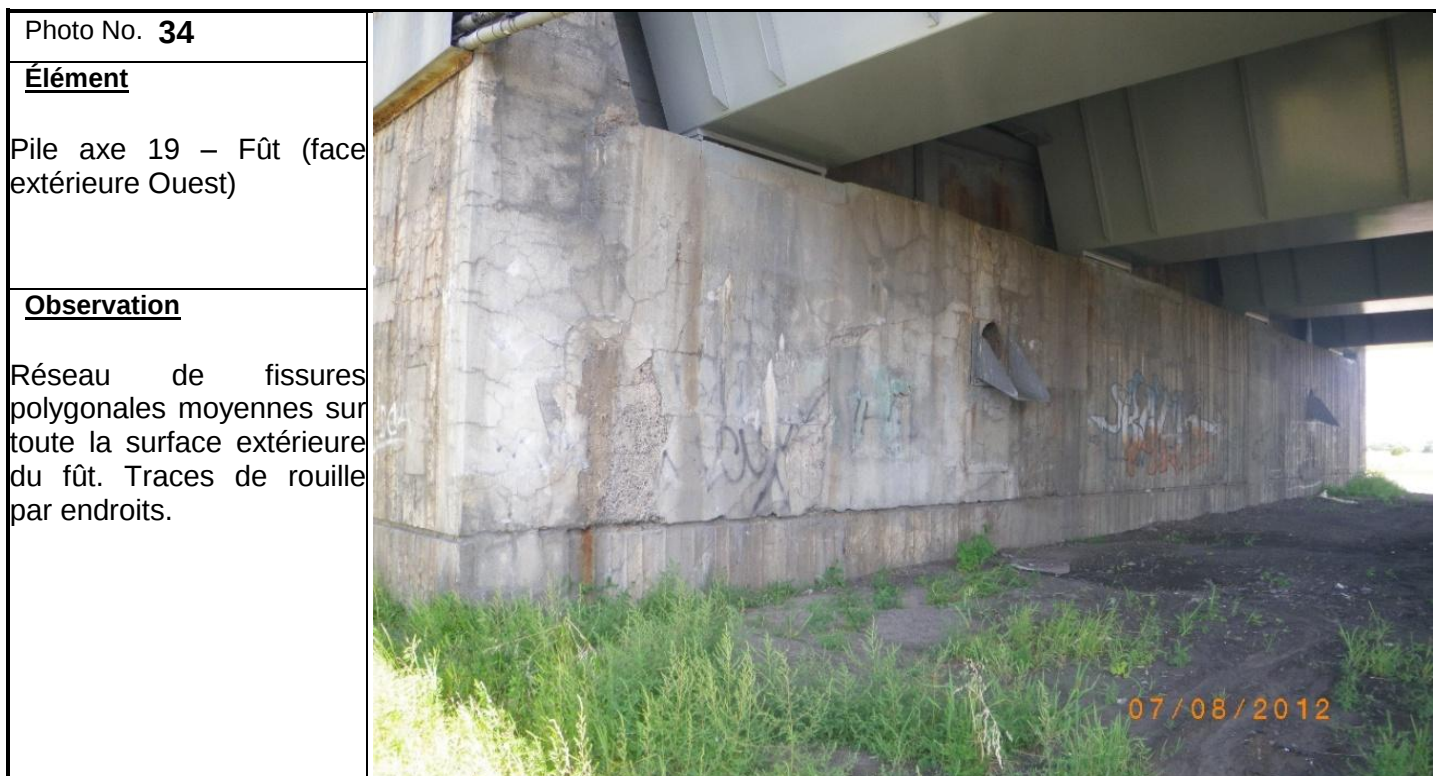
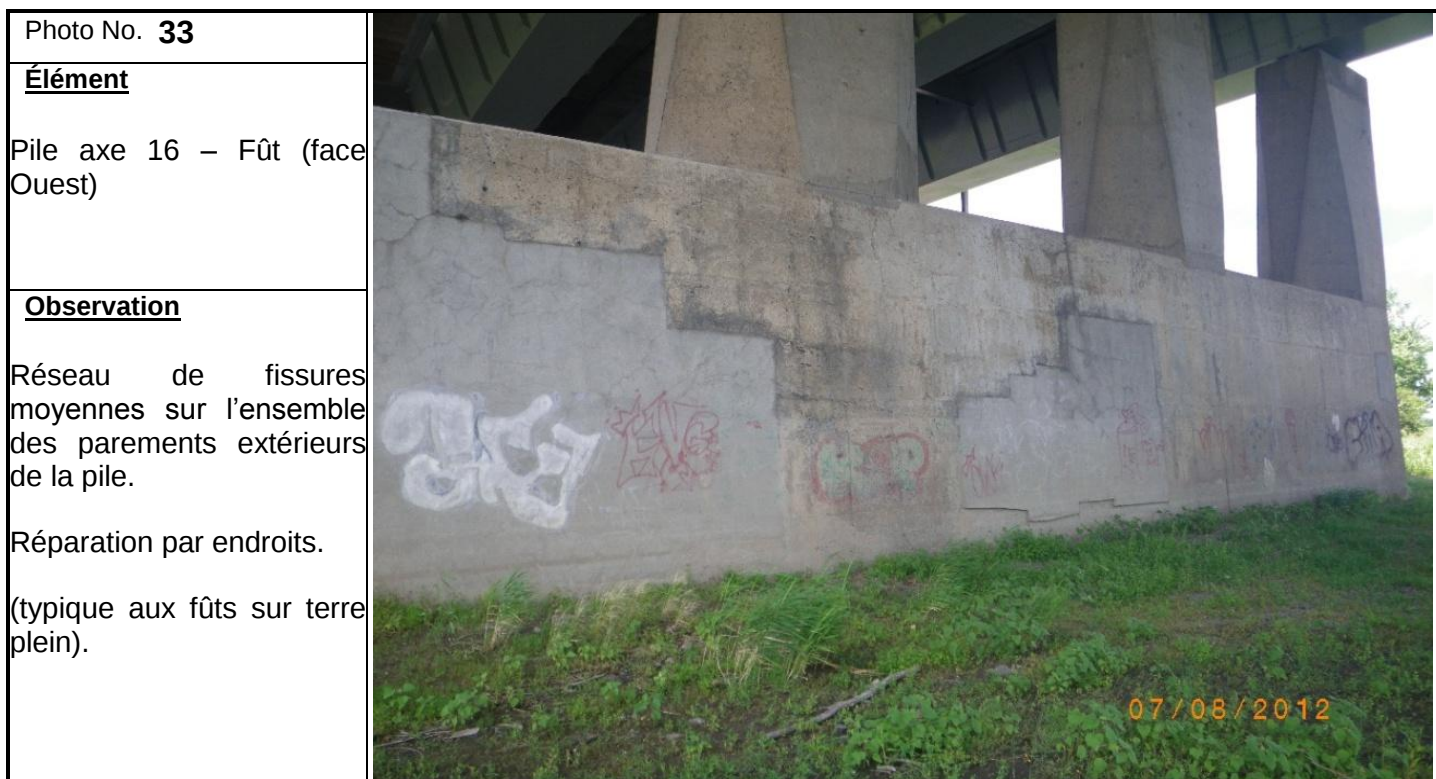




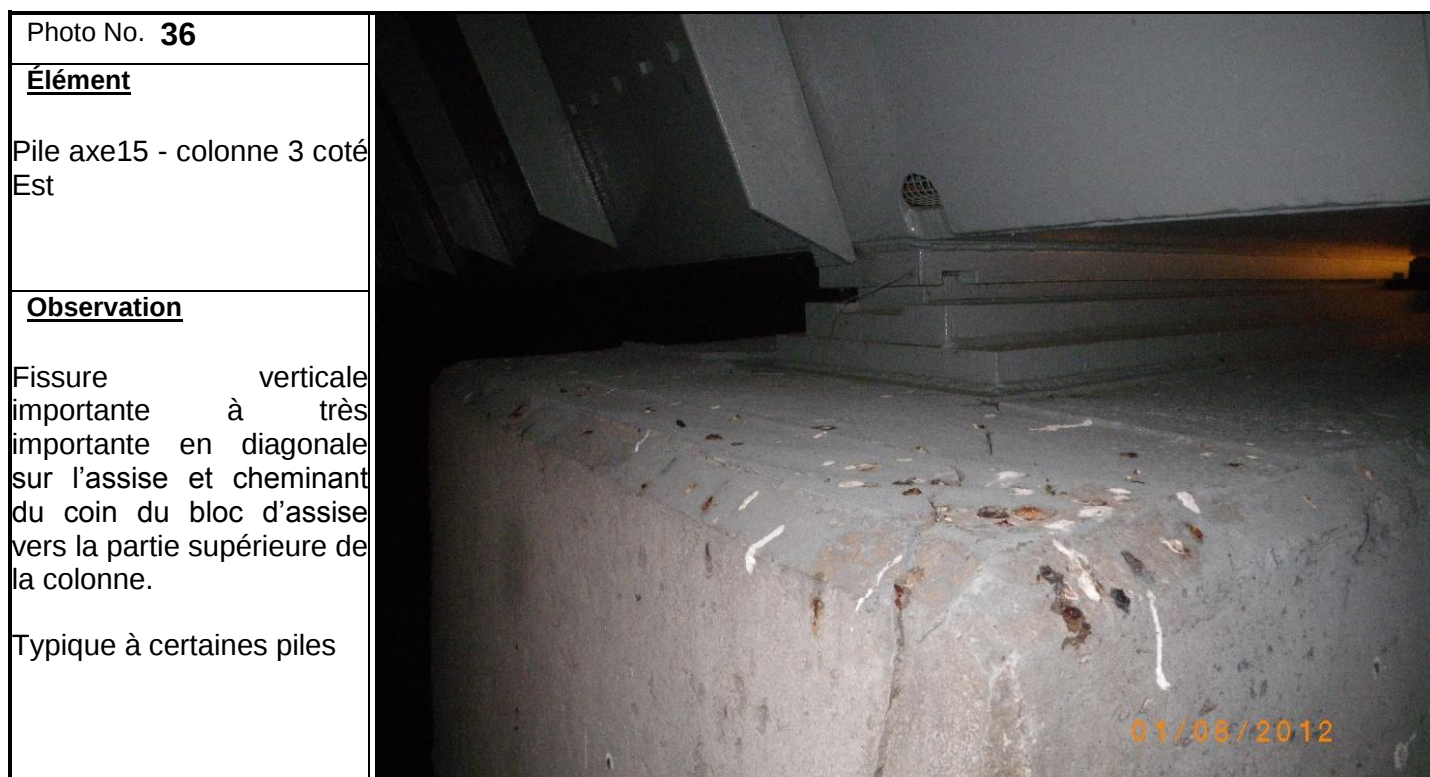
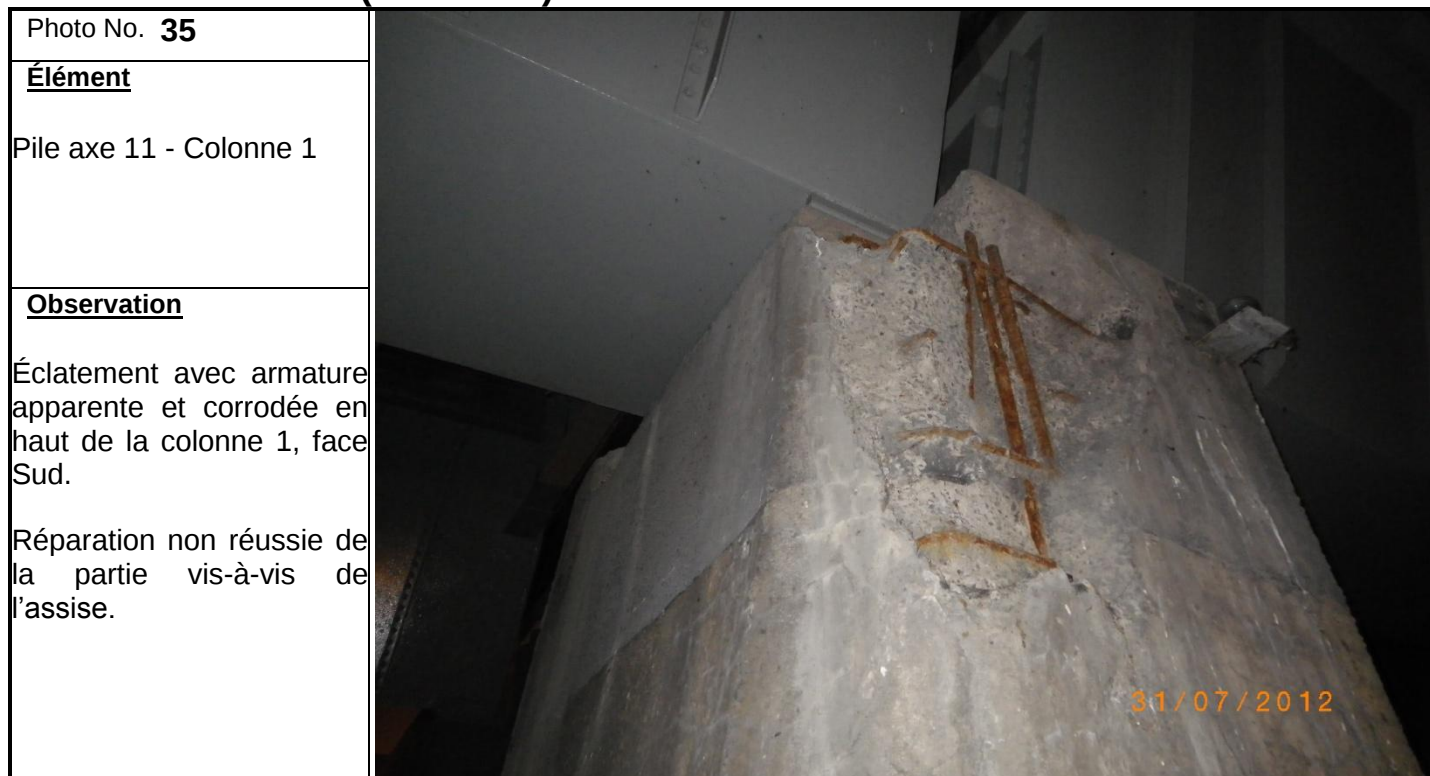


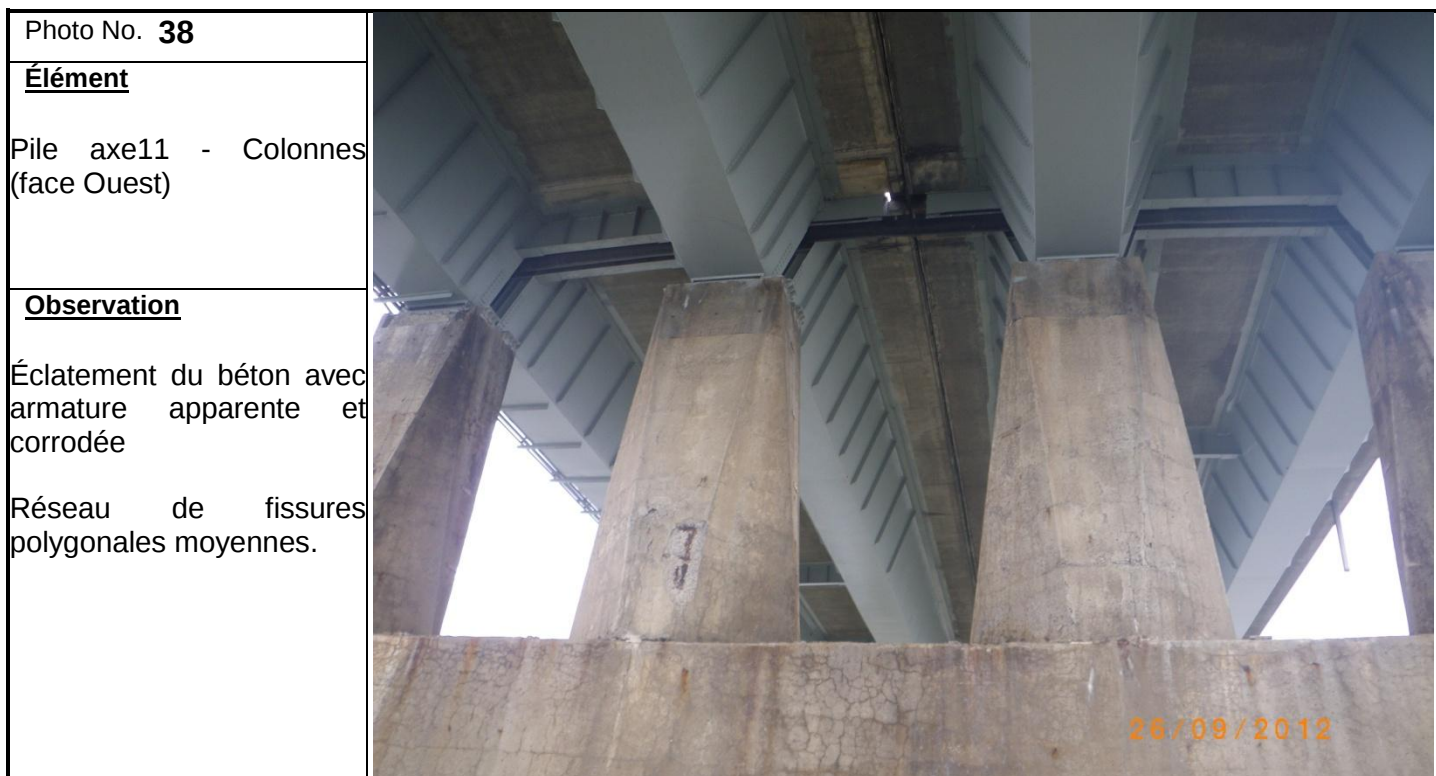
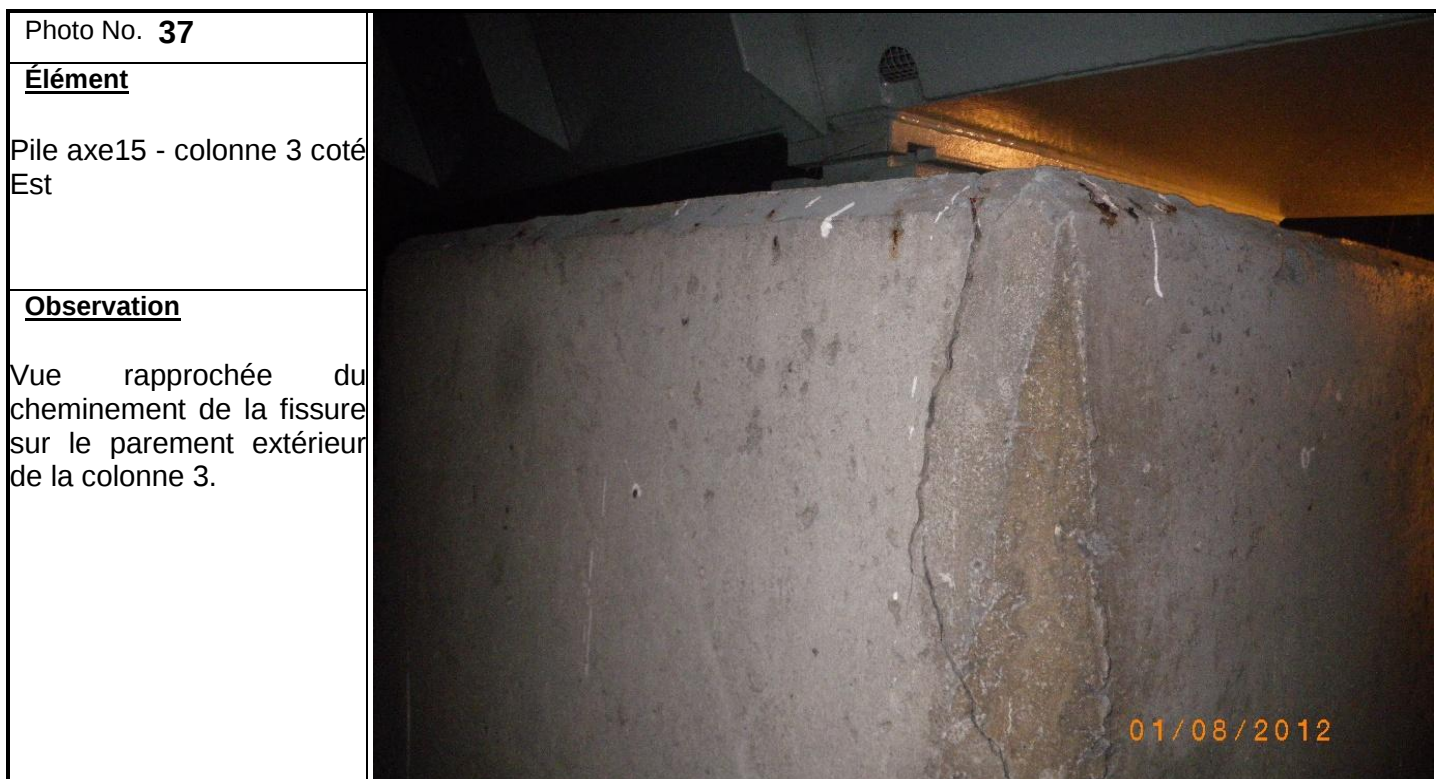






6.4 Piles (Colonnes)





6.5 Dessous du tablier

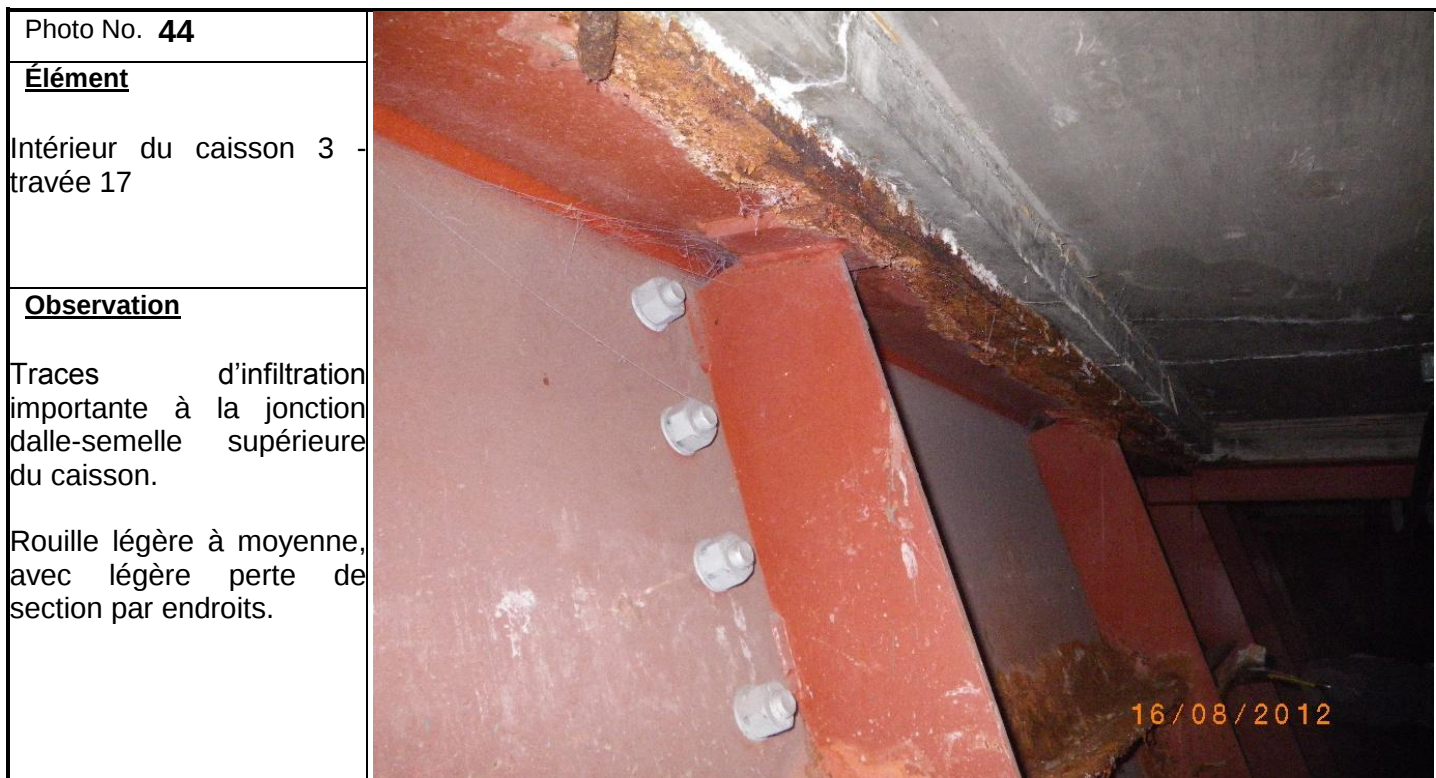
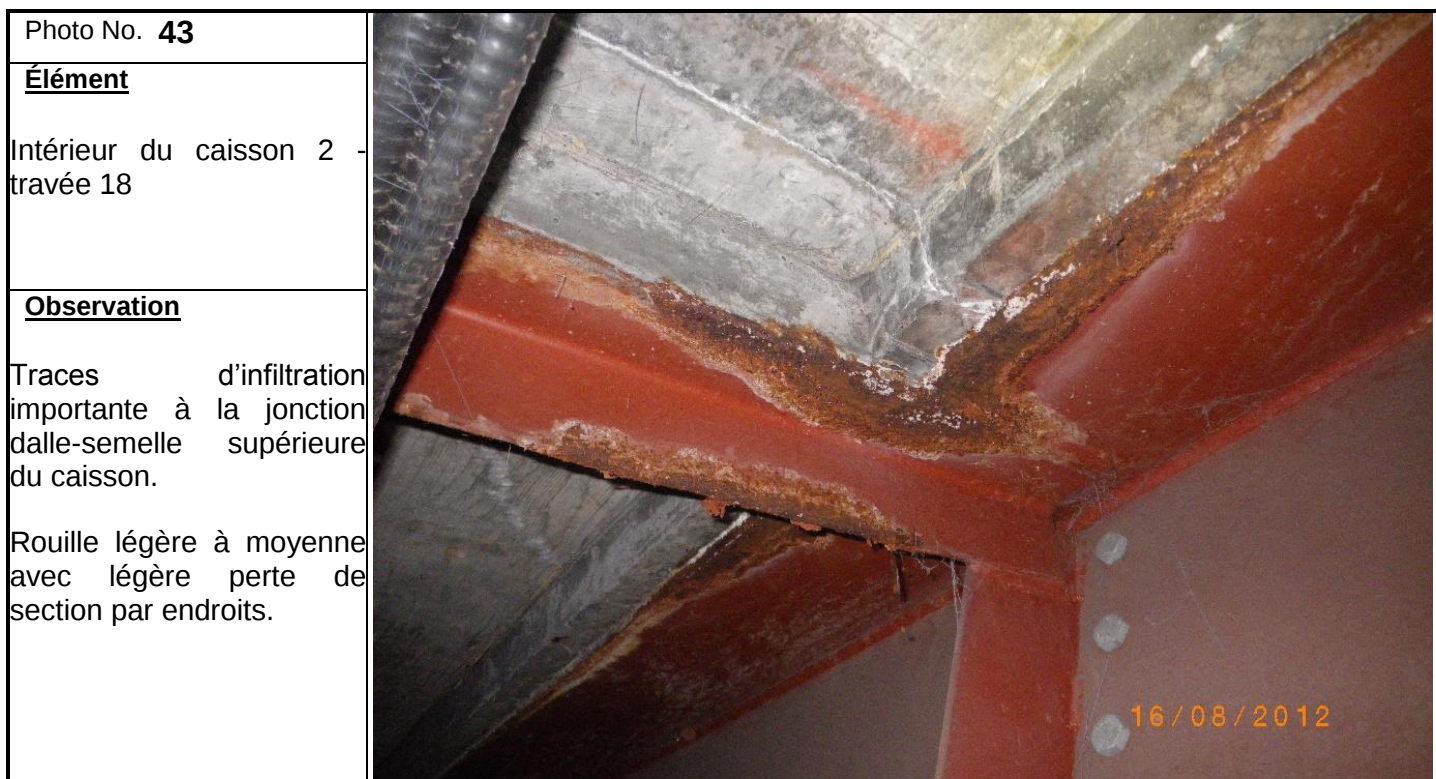
Photo No. 39	
Élément Platelage- travée 6	
Observation Délaminage et éclatement du béton vis-à-vis du joint longitudinal avec armature apparente et corrodée et traces d'efflorescence et de rouille. Fissures transversales coïncidant avec le joint de construction de la dalle. Typique sur toutes les travées.	

Photo No. 40	
Élément Platelage- travée 10	
Observation Fissures transversales coïncidant avec le joint transversal de construction de la dalle. Coulée de rouille et efflorescence par endroits.	

Photo No. 41	
<u>Élément</u> Platelage à l'intérieur du caisson 1- travée 17	
<u>Observation</u> Traces d'infiltration d'eau.	

6.6 Caissons en acier

Photo No. 42	
<u>Élément</u> Intérieur caisson 1 - travée 13	
<u>Observation</u> Traces d'infiltration importante à la jonction dalle-semelle supérieure du caisson. Rouille légère à moyenne avec légère perte de section par endroits. Typique à plusieurs caissons.	



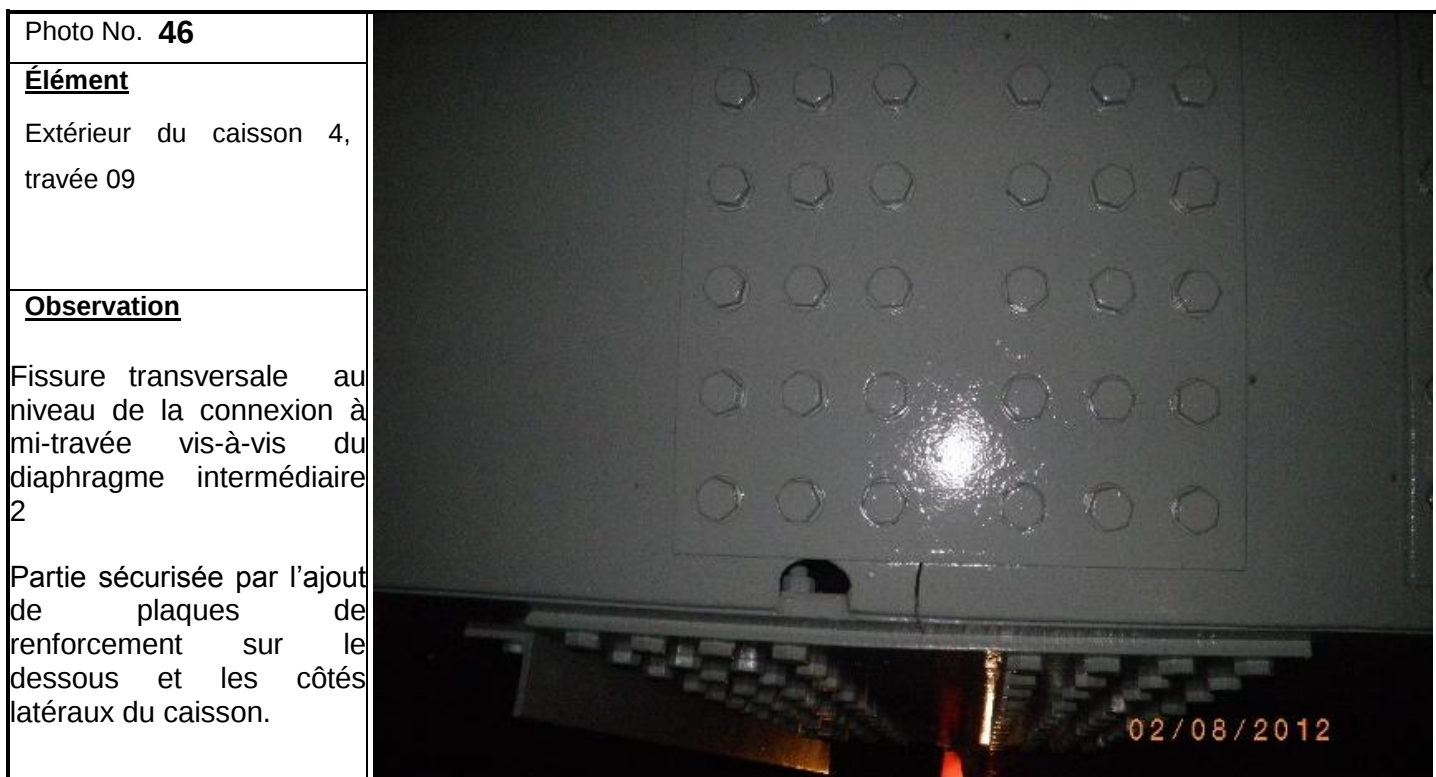
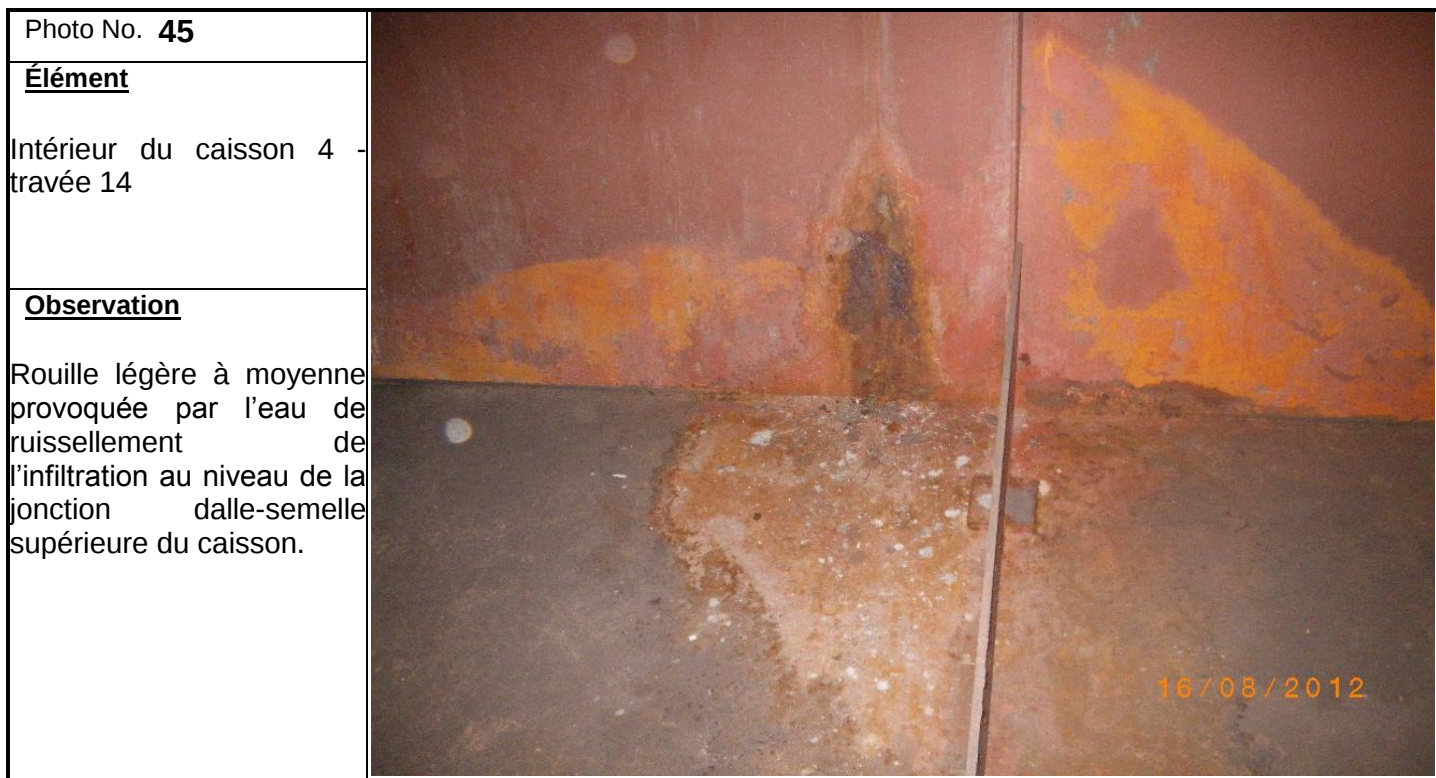


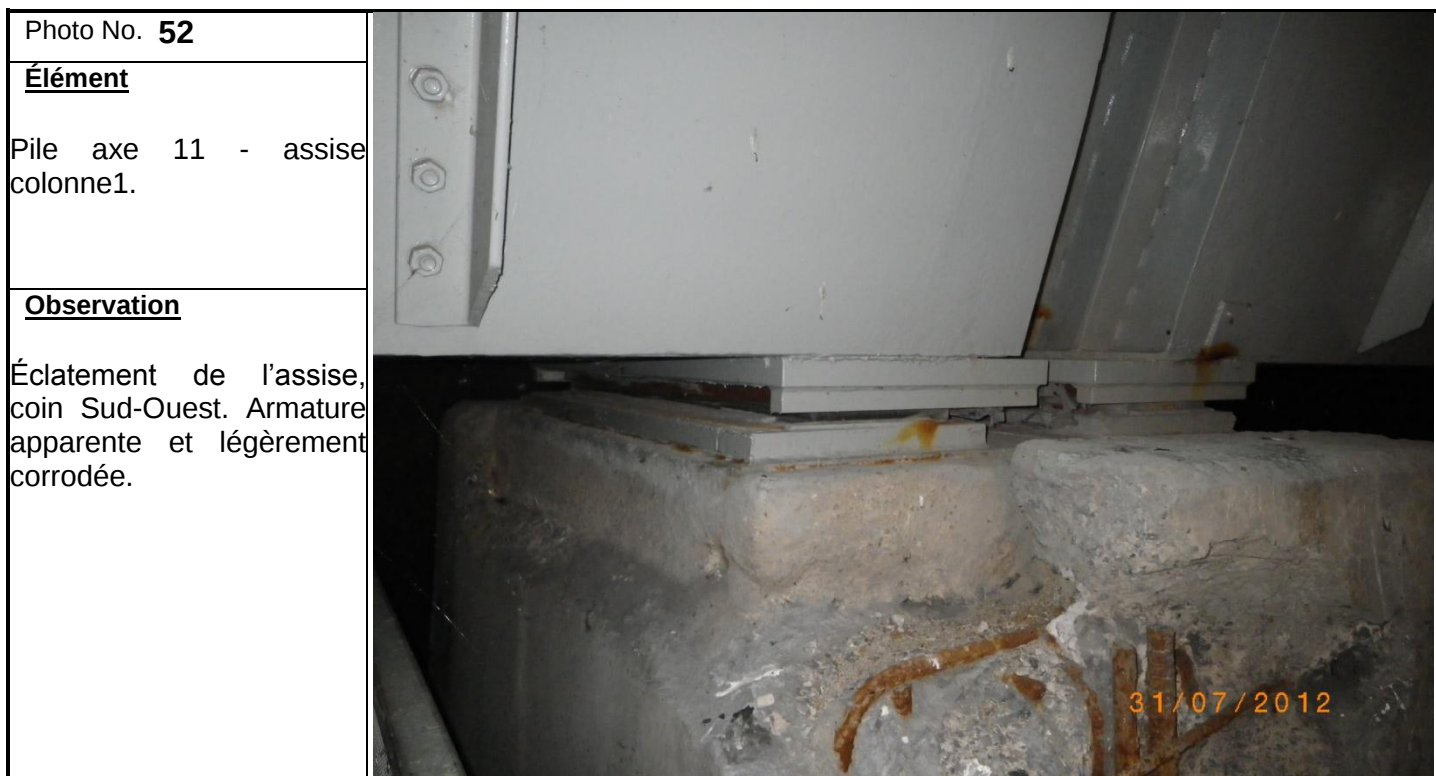
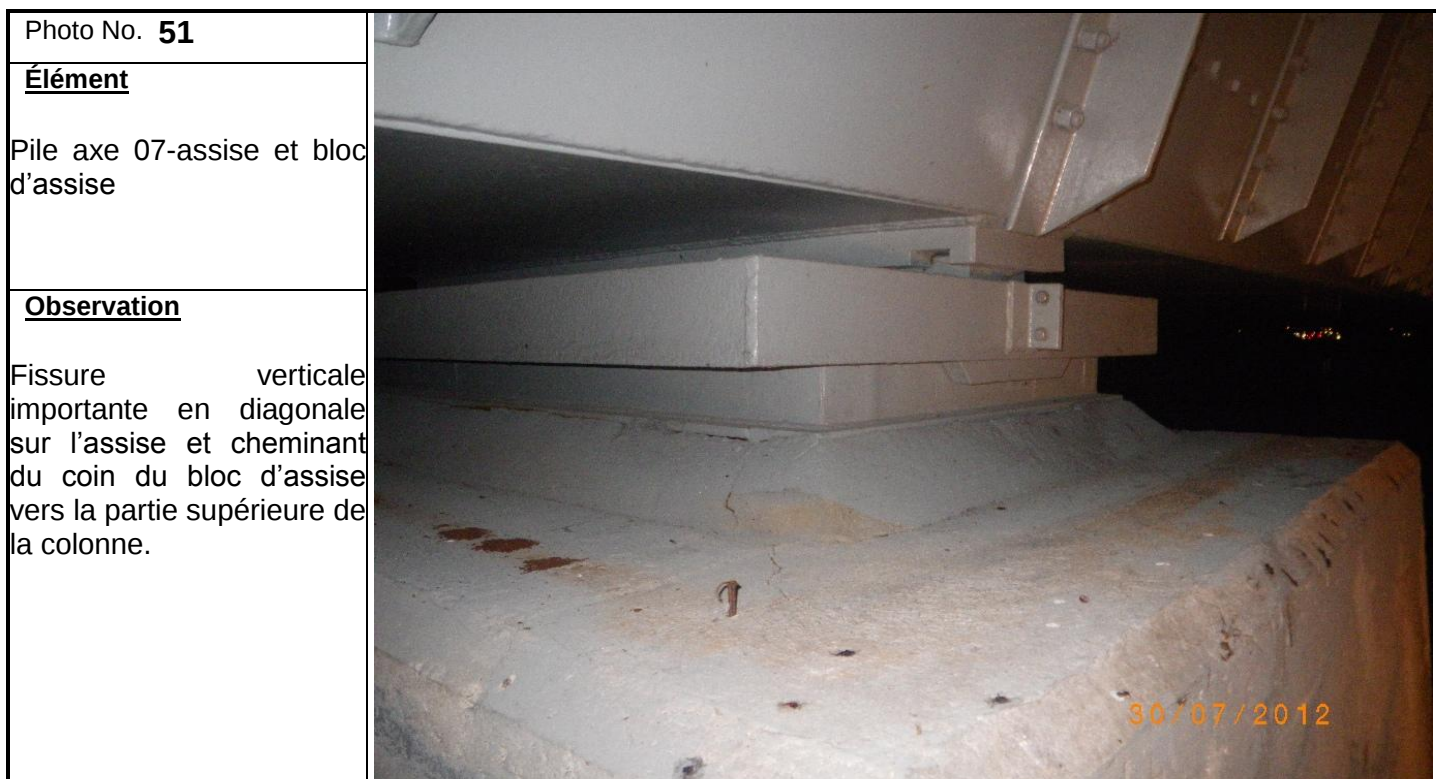
Photo No. 47	
Élément	
Intérieur du caisson 4, travée 09	
Observation	
Fissure transversale au niveau de la connexion à mi-travée vis-à-vis du diaphragme intermédiaire 2	
Partie sécurisée par l'ajout de plaques de renforcement sur le dessous et les côtés latéraux du caisson.	

6.7 Blocs d'assise et assise

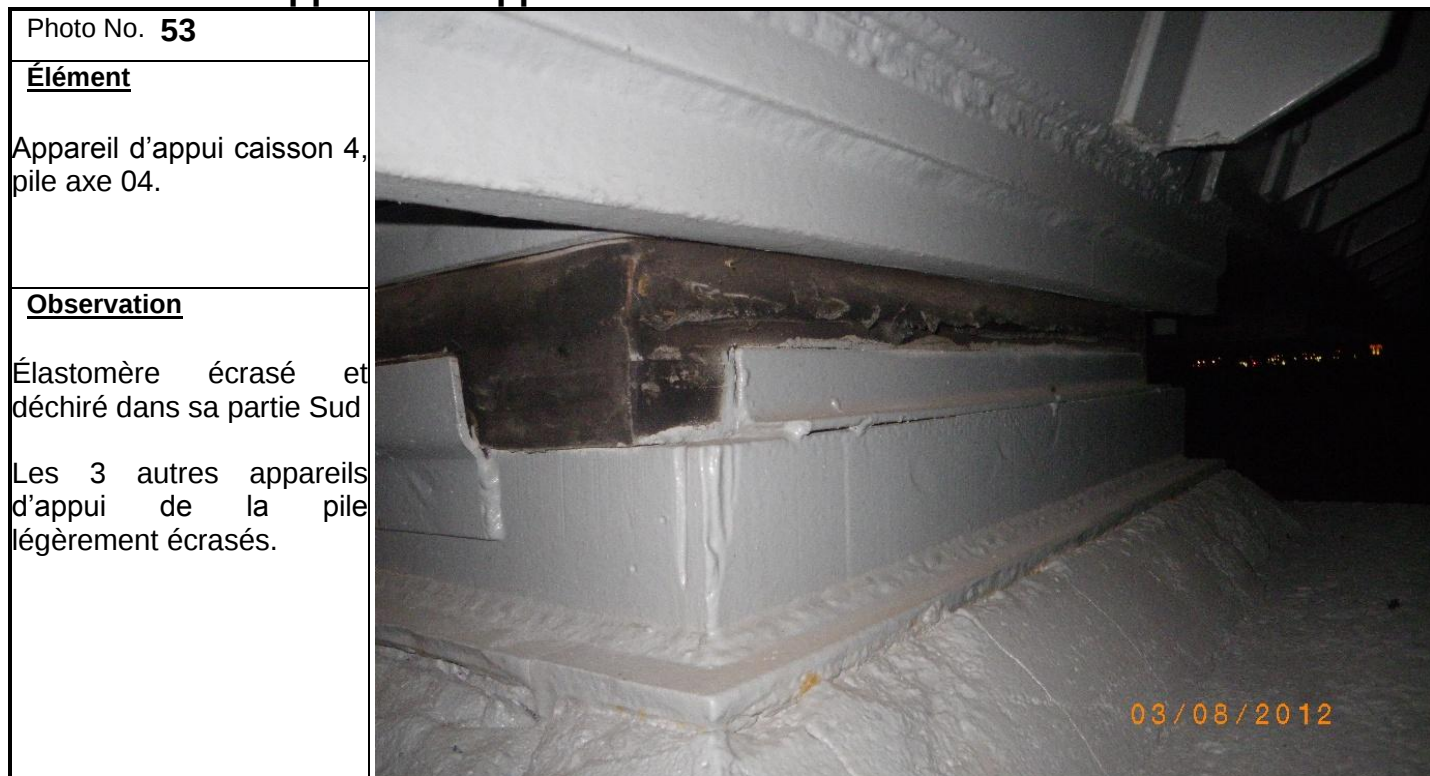
Photo No. 48	
Élément	
Pile axe 03 - assise	
Observation	
Béton éclaté entre les poutres 3 et 4. Accumulation de fientes.	
Typique pour les assises d'extrémités des caissons (piles 3 et 19).	

Photo No. 49	
<u>Élément</u> Pile axe 03 - bloc d'assise appui caisson 3.	
<u>Observation</u> Béton éclaté autour du bloc. Typique aux blocs d'assises des extrémités des caissons (piles 3 et 19)	

Photo No. 50	
<u>Élément</u> Pile 10 - Bloc d'assise	
<u>Observation</u> Éclatement du béton autour du bloc d'assise. Typique à certains blocs.	



6.8 Appareils d'appui



6.9 Côtés extérieurs

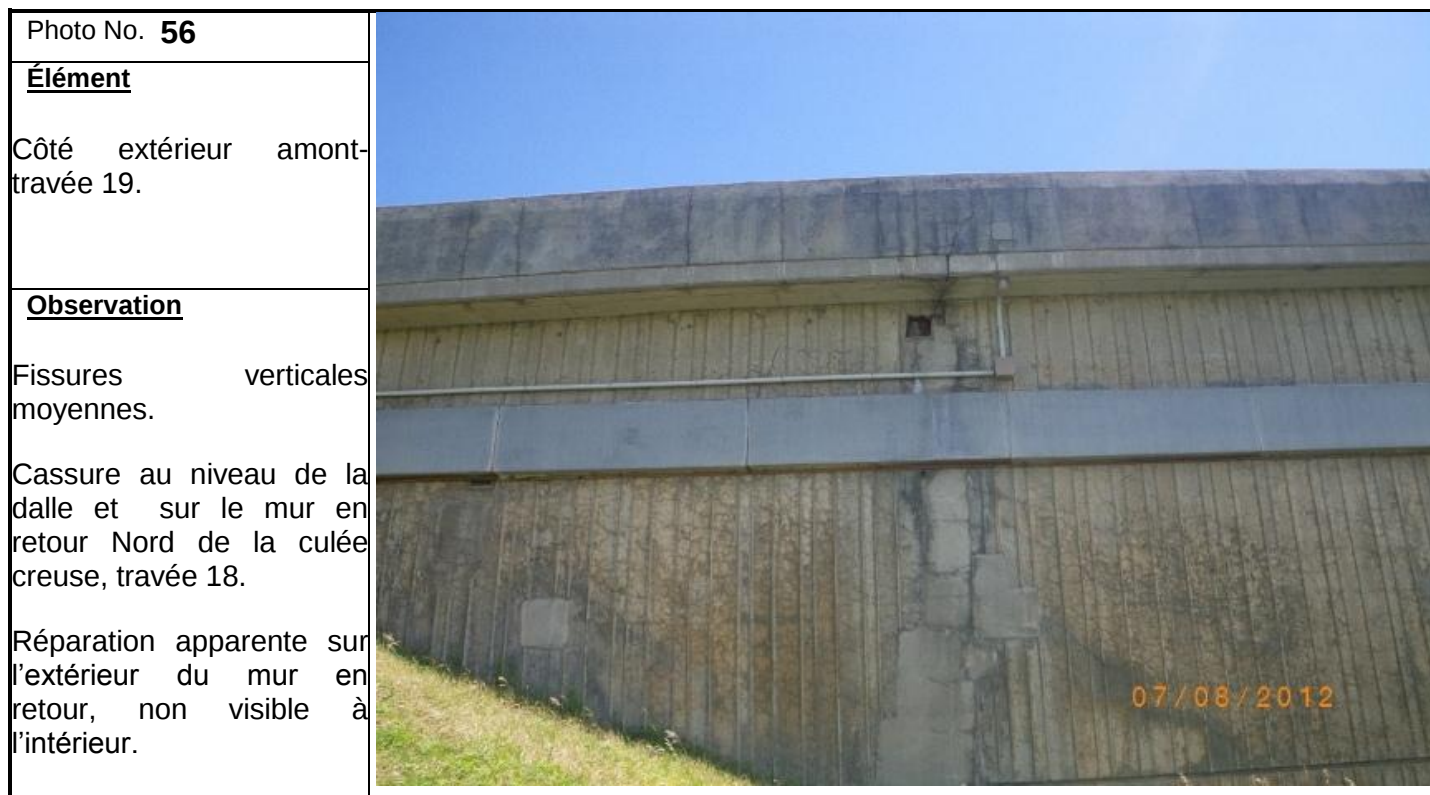
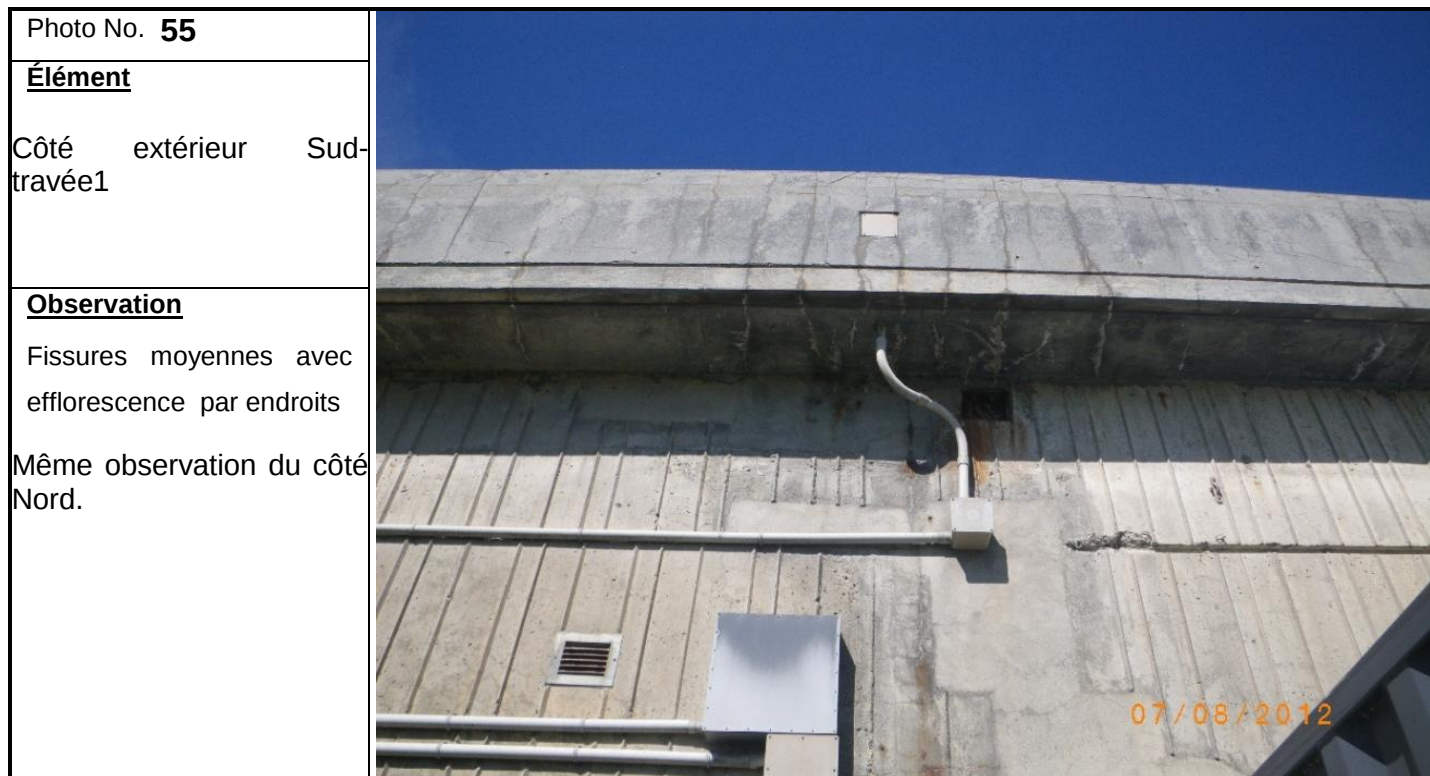


Photo No. 57	
<u>Élément</u> Côté extérieur amont-travée 19.	
<u>Observation</u> Vue rapprochée de la cassure au niveau de la dalle.	

6.10 Surface de roulement

Photo No. 58	
<u>Élément</u> Surface de roulement, approche Est.	
<u>Observation</u> Fissures polygonales longitudinales moyennes à importantes le long du joint de chaussée d'approche. Manque un trait de scie le long du joint.	

7 TRAVAUX DE RÉPARATION RECOMMANDÉS

7.1 Généralités

De manière globale, les observations faites lors des multiples visites du site ainsi que les recommandations émises dans le présent rapport précisent que les différents défauts de matériaux constatés n'affecteront pas le comportement général des éléments structuraux durant la prochaine décennie. En effet la majorité des défauts est imputée à l'insuffisance du recouvrement du béton, auquel des réparations peuvent y remédier. Il est aussi à noter que les infiltrations au joint de tablier central et au joint longitudinal entre les deux tabliers (à l'intérieur et à l'extérieur des culées creuses) ont causé énormément de dégradations. Les réparations effectuées sur ceux-ci n'ont pas donné les résultats escomptés. Cependant si aucune intervention n'est réalisée sur cette structure, elle se dégradera avec le temps à un rythme qui pourra varier en fonction des matériaux qui la composent et des sollicitations qu'elle subit. Les coûts d'interventions nécessaires à sa conservation auront tendance à augmenter de plus en plus rapidement.

7.2 Intervention d'entretien et de réfection

L'approche générale des interventions proposées vise à :

- Assurer la sécurité et le confort des usagers ;
- Préserver et prolonger la durée de vie utile de cet ouvrage, en effectuant des interventions durables et économiquement appropriées;
- Améliorer et corriger les conditions d'appui;
- Réparer les infiltrations du tablier;
- Éliminer les infiltrations des eaux aux joints;
- Réduire les effets de la R.A.G.

La majorité des travaux de réparations effectués sur les différentes surfaces de béton durant les années précédentes, a montré une insuffisance d'efficacité et de durabilité. En effet les réparations sans surépaisseur ont protégé les armatures seulement durant une courte période, et par la suite les mêmes fissures réapparaissaient à nouveau (voir photos 3 : a) à f)). L'explication principale demeure que le recouvrement minimal requis par les normes (75 à 100 mm selon la position de la section du béton) n'a pas été toujours respecté (voir photos ci-dessous). Les interventions qui seront proposées éviteront de répéter ce type de réparations, car l'expérience déjà vécue sur cet ouvrage a démontré son inefficacité. C'est la raison pour laquelle, pour la majorité de l'ouvrage, la réparation avec surépaisseur et la réparation sans surépaisseur avec augmentation de recouvrement, constituent la solution la plus recommandée.

De ce qui précède, les principaux travaux de réparation recommandés sont les suivants :

- Réparation des surfaces de béton des semelles et des fûts avec une surépaisseur générale ou localisée aux zones altérées;
- Enrochement autour des fondations immergées dans l'eau;
- Réparation des culées creuses;
- Réparation des fissures et de l'étanchéité au niveau de la dalle du tablier;

- Renforcement par confinement mécanique et surépaisseur des colonnes altérées;
- Remplacement des appareils d'appuis déchirés ou écrasés;
- Réparation mineur de raidisseurs en acier à l'intérieur des caissons.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Photo 3 : Différentes réparations réalisées

Les détails des travaux de réparation recommandés sont récapitulés dans les tableaux qui suivent. La majorité des activités est recommandée et prescrite, selon le manuel d'entretien des structures (M.E.S) du MTQ.

Tableau 1 : Travaux de réparation

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Culées creuses	-Délaminage et éclatement du béton ;	-Travées 1 et 20 ;	-Mal réparées et non entretenues ;	- Réparation sans surépaisseur ;	Act. 3102 Act. 3111
	-Fissuration du béton des poutres < 0.8 mm (en flexion et en cisaillement) ;	-Travées 1, 2, 19, 20 ;	-Augmentation des surcharges (Plus de trafic)	-Réparation avec surépaisseur ;	Act. 3102 Act. 3121
	-Infiltration des eaux à travers la dalle ;	-Pile 1	-Mauvaise étanchéité ;	-Réfection de l'étanchéité et réparation sans surépaisseur ;	Act. 3101 Act. 3131 Act. 3132
	-Infiltration des eaux derrière le mur en retour	-Pile 21	-Système de drainage inexistant à l'approche	-Prévoir un système de drainage	Act. 3063
Fondations	-Affouillement autour des fondations centrales (SPG-2008)	-Pile 6 @ Pile 15	-Inexistence de protection anti-affouillement au départ.	-Enrochement autour des unités de fondations	Act. 301 Act. 3011 Act. 303 Act. 3031, Act. 3032
	-Un réseau de fissures aléatoire atteignant 2 mm d'ouverture, délaminage et éclatement de béton (SPG-2008)	-Pile 6 @ Pile 15	-Manque de recouvrement des aciers	-Augmentation du recouvrement des aciers par une réparation avec surépaisseur	Act. 3102 Act. 3034 Act. 3114

Tableau 1 (Suite)

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Piles	-Fissures, délaminage et éclatement de béton ;	-Pile 6 @ Pile 15	-Recouvrement faible des armatures (les fissures suivent régulièrement la géométrie des armatures) ;	-Augmentation du recouvrement des aciers par une réparation avec surépaisseur,	Act. 3102 Act. 3112
	-Désagrégation légère par abrasion ;	-Zone de marnage des piles ;	-Courant d'eau fort favorisant l'érosion par abrasion ;	-Surépaisseur avec un béton compact ;	Act. 3102
	-Corrosion des plaques d'acier couvrant l'avant-bec des nez des fûts ;	-Toutes les piles	-État normal	-Réparation ou remplacement	Act. 3201
	-Fissure importante transversale ;	-Toutes les piles, au milieu	-Déséquilibre des charges durant les heures de pointe favorisé par les infiltrations du joint longitudinal entre les deux tabliers ;	-Surépaisseur avec un béton compact ;	Act. 3102
	-Désagrégation en profondeur et armatures pliées	-Pile 11 face Ouest	-Biais entre le courant d'eau et la face de la pile	-Prévoir des plaques protectrices en acier tout autour de la pile	Act. 3201
Colonnes	-Éclatement du béton, armatures apparentes et corrodées de façon aléatoire ;	-Piles 11, 13, 15, 16 ;	-Recouvrement insuffisant des armatures ;	-Réparation des surfaces affectées localement avec une surépaisseur ;	Act. 3102
	-Fissures verticales sur les faces des colonnes variant de 1 @ 3 mm d'ouverture.	-Piles 6 à 15	-Augmentation des surcharges (trafic routier), et concentration des forces suite à la rupture partielle des assises ;	-Renforcer par confinement mécanique les colonnes et réparer les fissures verticales	Act. 3123 Act. 3102

Tableau 1 (Suite)

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Blocs d'assises	-Éclatement du béton	-Piles 3 et 5 à 12 ;	-Manque de recouvrement des aciers.	-Réparer les assises en augmentant la résistance du béton et le recouvrement des aciers.	Act. 3042
	-Fissures longitudinales et polygonales des assises	-Piles 3 et 5 à 12 ;	-Concentration des charges		
Dessous du Tablier	- Fissures multiples avec traces d'efflorescence, de rouille et d'humidité. Ces fissures sont généralement :	-Elles coïncident avec les joints de construction de la dalle,	-Mauvaise étanchéité du joint de construction	-Réparation et scellement des fissures ;	Act. 3123 Act. 3131
	✓ transversales (bout à bout de la dalle < 0.8 mm) ; locales < 0.8 mm	-Au voisinage de la semelle supérieure du caisson ou de la semelle supérieure de l'entretoise.	-La membrane d'étanchéité est probablement déchirée	-Réparation de la membrane d'étanchéité	

Tableau 1 (Suite)

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Dessus du tablier	-À l'exception de quelques fissures et défauts locaux, la surface de roulement du pont est en bon état;	-Tout le pont ;	-Usure normale ;	-Aucune	-Aucune
	-Quelques fissures sur le pavage de l'approche du pont ;	-Approche est;	-Mauvais contrôle des fissures ;	-Réparation locale du pavage et revoir le trait de scie ;	Act. 3026
	-Plusieurs fissures verticales sur les dispositifs de retenues ;	-Tout le pont	-Manque de protection contre les éclaboussures ;	-Fermer les fissures et protéger les surfaces exposées par un enduit protecteur ;	Act. 1062 Act. 1061
Cotés extérieurs	-Plusieurs fissures verticales sur les dispositifs de retenues ;	-Tout le pont ;	-Manque de protection contre les éclaboussures ;	-Fermer les fissures et protéger les surfaces exposées par un enduit protecteur ;	Act. 1062 Act. 1061
	-Fissures transversale sur la face inférieure de la dalle;	-Coïncident avec les joints de construction de la dalle et aussi avec les drains et au niveau du joint central ;	-Mauvaise étanchéité du joint de construction. La membrane d'étanchéité est probablement déchirée ;	-Réparation des fissures et réfection de l'étanchéité ;	Act. 3134 Act. 3101 Act. 3136
	-Larmier non fonctionnel	-Localement ;	-Présence de baguette de bois de coffrage	-Dégager les baguettes de bois du larmier	

Tableau 1 (Suite)

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Caisson en acier	-Présence de zones corrodées avec une très légère perte de section	-À la verticale des fissures dans la dalle	-Infiltration des eaux à travers les fissures dans la dalle	-Nettoyage, brossage et peinture des zones corrodées	Act. 1052
	-Présence de fientes de pigeons par endroits ;	-Travées 3, 4, 10, 11, 17 et 18	-Ouvertures non protégées par endroits d'aération et de drainage;	-Nettoyage des caissons et fermetures des ouvertures avec du grillage	Act. 1016
		-Raidisseur (diaphragmes)	-Aucun	-Rétablir le lien entre les raidisseurs coupés et la semelle du caisson	Act. 3201 et recommandations de la Direction des structures du MTQ
Appareils d'appui	-Déchirure de l'élastomère et écrasement des appareils d'appui	-Piles 3, 4 et 19	-Augmentation des efforts ou des déplacements	-Changement des élastomères d'appareils d'appui.	Act. 3002 Act. 3044

Tableau 1 (Suite)

Élément	Constat	Position	Diagnostic	Action à entreprendre	Activité recommandée
Drains	-Obturation de certains drains	-Travées 3 et 10	-Présence de débris et de nids de pigeons	-Nettoyage des drains	Act.1014
Joints de tablier	-Dalot endommagé (fixation desserrée) au milieu du joint transversal	-Pile 3	-Rupture des fixations ;	-Réparer le dalot	Act.3063

8 DESCRIPTION DES OPTIONS D'INTERVENTION POUR TRAVAUX DANS L'EAU

8.1 Introduction

Les systèmes proposés sont des batardeaux conventionnels. Le batardeau peut être formé d'une digue de matériaux granulaire (photo 4) ou d'un système de palplanche battu dans le sol (photo 5). Le batardeau est installé au pourtour de chacune des unités de fondation, ou autour des unités de fondations dans leur ensemble. Il est installé de façon à former une zone de travail fermée du reste du cours d'eau. Le batardeau permet l'assèchement de la zone de travail et permet donc la réalisation des travaux au sec.

L'avantage du batardeau est qu'il peut enlever la nécessité d'autres mesures de protection utilisées lors de la réalisation de travaux sous-marins. Il permet une barrière physique complète entre les travaux et le cours d'eau. Les principaux inconvénients sont que sa construction peut être imposante et onéreuse, elle peut nécessiter une emprise contraignante dans le cours d'eau, l'habitat du poisson, (dans le cas d'une digue) ou nécessiter une géotechnique convenable pour le battage de palplanche.

Dans le cas du site du pont Charles de Gaulle, la grandeur et la profondeur des zones de travaux impliquent une construction de digues très imposantes. Ceci a pour effet que la surface du lit du cours d'eau touchée par les travaux sera tout aussi imposante ... empiètement égale à $\pm 42\,200\text{ m}^2$).

Vu les contraintes imposées pour ce scénario, le recours aux digues a été abandonné et ne sera pas traité dans la suite du présent rapport.



Photo 4 : Batardeau en digue de matériaux granulaire utilisé lors de la construction de la nouvelle Autoroute 30

8.2 Première Batardeau en palplanches

La première option présentée pour la réalisation des travaux autour des piles est l'utilisation de batardeaux conventionnels par l'utilisation de palplanches enfoncées dans le lit de la rivière. Le plan-01 présenté à l'annexe « B » et la photo 5 schématisent cette option.



Photo 5 : Batardeau de palplanche, source (octobre 2012)

<http://maurice.pichenet.free.fr/00000198660c9d618/04575f9b9a0c8700f/04575f9b9e0a9b709/04575f9b9e0d3df1d.html>

Contrairement à l'option précédente, les travaux peuvent être effectués en plusieurs phases, de façon à conserver une meilleure section hydraulique pour l'écoulement de la rivière. Les palplanches peuvent être plantées à partir de barges. Ensuite, le sol autour des piles à l'intérieur des palplanches sera excavé sur une certaine profondeur pour permettre les travaux autour des piles. Un béton d'étanchéité doit être mis en place sur le fond de l'excavation, pour éviter tout phénomène de boulangage du sol lors de l'assèchement de la zone de travail. L'intérieur des palplanches pourra ensuite être asséché, pour permettre les travaux de réfection des semelles et des fûts des piles.

Cette option a pour avantage de permettre la réalisation des travaux au sec. Lorsque les travaux de réfection des fûts sont terminés, l'intérieur des palplanches peut être remblayé, jusqu'au niveau du fond marin existant et être arasé à un niveau donné. La partie de palplanche qui demeure dans le sol autour de la pile vient ajouter une protection contre l'affouillement à la semelle de la pile. Les phases des travaux peuvent être flexibles en fonction du besoin en section hydraulique d'écoulement de la rivière. La surface du fond marin affecté par les travaux est beaucoup moins imposante que celle nécessaire à la construction des batardeaux en digues. Le risque majeur de cette option est la limitation du dégagement du pont. La machine de vibro-fonçage ainsi que la barge requièrent un minimum de 13.5 m de dégagement sous le pont, ce qui ne peut être faisable (dans le cas des hautes eaux) que pour les trois piles centrales 10, 11, 12.

Toutefois, les coûts de réalisation sont à considérer. Selon la solution démontrée sur le plan-02 en annexe « B », l'estimation préliminaire révèle que l'ordre de grandeur de la quantité des palplanches nécessaire à la construction de ces batardeaux serait d'environ 8000 m², et nécessiterait 600 m³ de béton d'étanchement, pour une somme d'environ 7 200 000\$ de construction. Cette estimation est réalisée en dimensionnant les palplanches, selon les niveaux d'eau 0-2 ans. La surface d'empiètement dans le cours d'eau est d'environ 1716 m².

8.3 Enceintes rigides de confinement

L'enceinte rigide de confinement part du principe du batardeau, mais nécessite une mise en place beaucoup moins imposante. Le plan-02 présenté à l'annexe « B » schématise cette option. Comme le batardeau, le principe de l'enceinte de confinement est de créer une barrière physique entre l'eau du cours d'eau et la zone confinée pour la réalisation des travaux (figure 3). Toutefois, elle ne permet pas l'assèchement de la zone de travail, mais seulement la création d'une zone restrictive locale.

Le travail effectué dans cette zone se fait en plongée sous-marine et les parois de la zone restrictive assurent que l'eau présente dans la zone de travail qui pourrait contenir des particules en suspension et de la turbidité créée par les travaux, soit contenue et n'entre pas en contact avec l'eau du cours d'eau.

Les principaux avantages de ce principe sont une mise en place rapide nécessitant peu d'emprise dans l'eau, assure une barrière complète entre les travaux et le cours d'eau, peut jouer un rôle de déflecteur pour permettre les travaux dans une eau sans courant. Il est beaucoup moins onéreux que l'utilisation d'un batardeau. Les principaux inconvénients sont que les travaux doivent être effectués dans l'eau et la nature des travaux peut nécessiter un pompage de l'eau de la zone confinée.

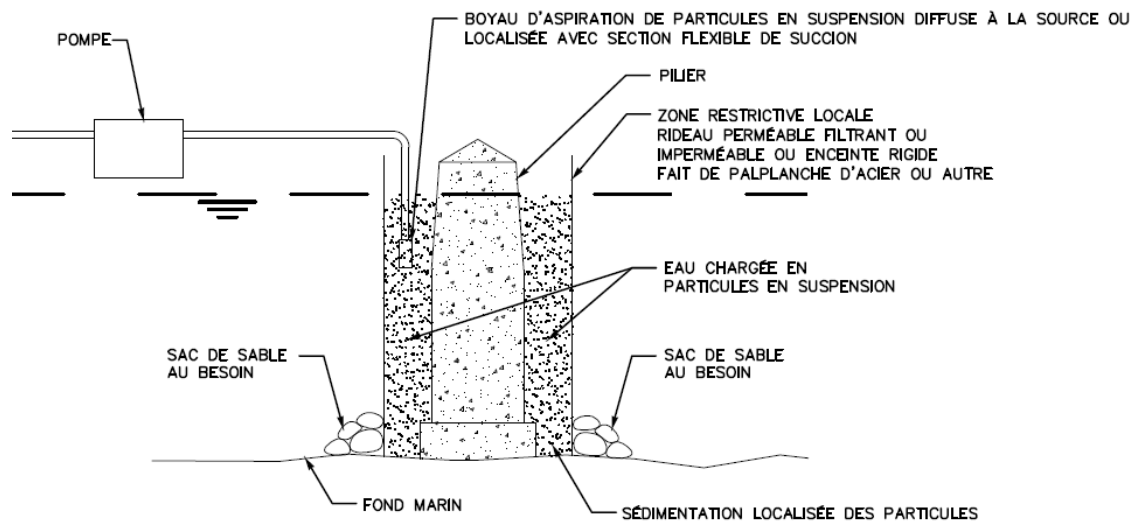


Figure 3 : Enceinte rigide de confinement pour travaux dans l'eau protégés

Afin de couvrir les travaux sur les 10 piles présentes dans la rivière, il a été déterminé que 2 systèmes devaient être construits pour effectuer les travaux en 5 phases.

Les coûts reliés à la construction et la mise en place de chacun de ces systèmes sont évalués à environ 250 000\$. Chacun des déplacements d'un système d'une pile à l'autre est évalué à 50 000\$. Suivant l'hypothèse précédente de construction de 2 systèmes pour effectuer les travaux sur 10 piles, les coûts reliés à l'implantation de ce système au projet sont évalués à 900 000 \$.

Le coût est relativement moins élevé pour les options 1 et 2, mais si nous voulons bien comparer les coûts des différentes options entre elles, nous devons inclure des frais supplémentaires engendrés par la modification de la nature des travaux de l'option 3, notamment pour les raisons suivantes:

- Les travaux doivent être effectués par des plongeurs certifiés;
- Les travaux sous l'eau sont effectués plus lentement qu'à l'air libre;
- Un système de pompage et de bassin de sédimentation doit être prévu;
- Au besoin, l'utilisation de rideaux de sédimentation peut être exigée ;
- Les matériaux de constructions doivent être prévus en conséquence, tels que le type de béton, coffrages, etc.

Les travaux de bétonnage proposés dans l'eau autour des piles seront effectués avec l'utilisation de coffrage et de béton anti-lessivage. Les coffrages assurent une barrière physique entre l'eau de la zone restrictive locale et l'eau en contact avec le béton coulé dans les coffrages. Afin d'assurer une protection supplémentaire, il est recommandé de pomper l'eau dans les coffrages au fur et à la mesure que la mise en place de béton sera faite. Ceci empêchera donc toute eau possédant des particules de béton en suspension de s'échapper du coffrage et contaminer l'eau de la zone restrictive locale.

Cette eau pompée sera dirigée dans des bassins de sédimentation aux abords du cours d'eau. Il est recommandé qu'aucun bassin ne soit creusé sur place. Le bassin de décantation doit être un bassin livré en chantier (bassin mobile). Un système d'aspiration avec section de succion flexible relié à un bassin de décantation avec toile filtrante (ou plusieurs bassins de sédimentation successifs au besoin) doit être mis en place. Pour les piles au centre du cours d'eau, il est possible d'aménager un bassin de sédimentation sur une barge.

Le pompage ne doit pas se limiter à l'eau présente dans les coffrages lors du bétonnage. Au besoin, lors des travaux de démolition de béton ou autres, il est recommandé de faire un pompage de l'eau à la source des travaux, afin de limiter la mise en suspension de particules de béton démolis dans l'eau de la zone restrictive locale. Ceci améliorera d'autant plus, la visibilité du plongeur qui effectue les travaux.

La différence des coûts de réfection réalisés au sec sur les piles par rapport au coût de réfection réalisés dans l'eau, incluant les différents systèmes à prévoir, est de l'ordre de 300 000\$. Si l'on ajoute ces frais au 900 000\$ d'enceinte de confinement précédemment mentionnés, les frais totaux à comparer aux autres options s'élèvent donc à 1 200 000\$. Cette estimation est faite en dimensionnant les enceintes, selon les niveaux d'eau 0-2 ans. La surface d'empiètement dans le cours d'eau est d'environ 2685 m².

8.4 Solutions proposées

Suivant les concepts généraux présentés et les différentes options réalisables, deux solutions sont présentées pour la réalisation des travaux proposés au projet. Ces deux solutions s'avèrent être une combinaison des différentes options et concepts présentés, afin d'optimiser les coûts de mise en place selon les différentes contraintes locales de chacune des piles. Le plan-03 et le plan-04 présentés à l'annexe « B » schématisent les deux solutions proposées. Les estimations sont réalisées en tenant compte des niveaux d'eau 0-2 ans.

8.4.1 Option 3A

Piles 5 à 7 et 15 à 16

L'installation de digue en matériaux granulaires est recommandée pour la réfection des piles près des berges. Étant donné la faible profondeur de l'eau à ces endroits, la construction des digues aura une ampleur raisonnable, autant pour l'espace occupé dans l'eau que pour les coûts de construction. La mise en place des matériaux granulaires à partir des berges peut se faire sans complications. Ces digues permettront d'assécher la zone des travaux, afin d'effectuer les travaux à sec, sans avoir recourt au plantage de palplanche ou de plongeurs. De plus, il n'est pas recommandé de faire des travaux sous-marins avec de faible profondeur d'eau, puisque le plongeur lui-même aurait de la difficulté à s'immerger complètement dans l'eau. Les faibles coûts d'assèchement des zones où les niveaux d'eau bas, justifient grandement l'utilisation de batardeau en digues. L'estimation préliminaire révèle que la quantité de matériaux nécessaire à la construction de ces digues serait d'environ 8460 m³, pour une somme d'environ 340 000 \$ de réalisation. Le plan-03 présenté à l'annexe « B » récapitule cette option.

Piles 10 à 12

En ce qui concerne les piles intermédiaires dont les niveaux d'eau sont plus imposants, l'option des batardeaux en palplanches devient plus intéressante que celle des digues, de façon à limiter l'espace empiété dans le cours d'eau. L'option des enceintes rigide de confinement peut aussi être intéressante, puisqu'elle est moins coûteuse que les palplanches. Toutefois, les travaux à effectuer dans l'eau sont beaucoup plus onéreux que s'ils pouvaient être effectués au sec.

Pour choisir la solution optimale à ces piles, une comparaison budgétaire entre les prix totaux de mise en place des mesures de protection et les prix des coûts de travaux doit être faite.

L'estimation préliminaire révèle que les coûts reliés à l'installation du système de palplanche pour les piles intermédiaires 10, 11, 12 s'élèvent à près de 2 600 000 \$.

Piles 8, 9, 13, et 14

En ce qui concerne les piles 8, 9, 13, 14, dont les dégagements sous le pont sont bien inférieurs à 13.5 m (en considérant le niveau des eaux 0-2 ans), l'option du système des palplanches devient pratiquement irréalisable (figure 4), par conséquent le système d'enceinte de confinement présenté précédemment à l'option 2 devient plus intéressant que celui des palplanches, bien que les travaux à effectuer dans l'eau sont beaucoup plus onéreux que s'ils pouvaient être effectués au sec. Afin de réaliser les travaux dans un délai convenable, la construction d'un système serait nécessaire pour

réaliser les travaux en 2 phases de 4 piles. Le coût du système est de 250 000\$, 2 déplacements des systèmes seraient nécessaires pour réaliser les travaux complets au montant de 50 000\$ chacun, pour un total de 600 000 \$.

Pour toutes les piles, le système de batardeaux composé est au coût de 3 200 000\$. La surface d'empiètement dans le cours d'eau est d'environ 10 060 m².

8.4.2 Option 3B

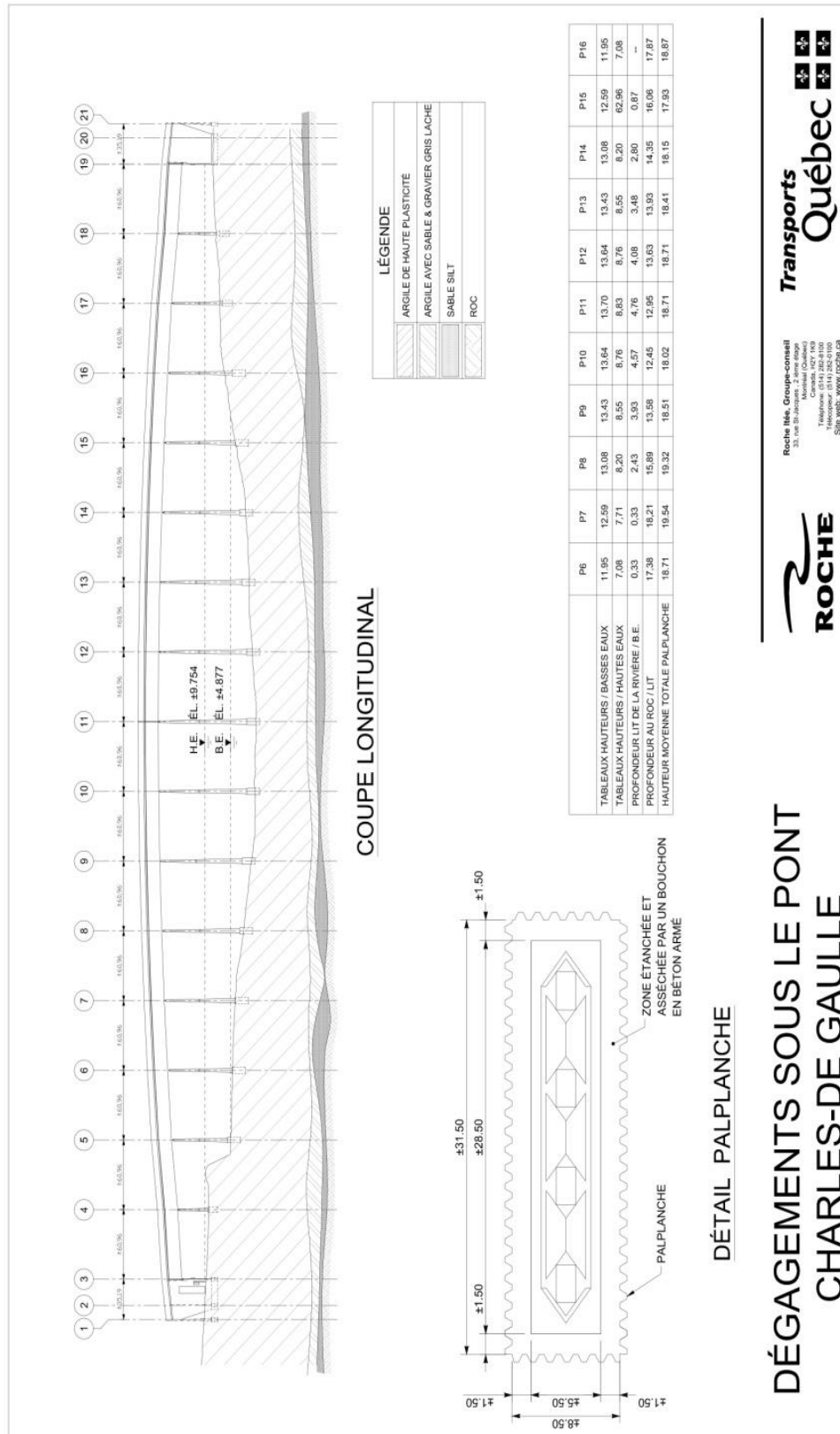
L'option 3B est partiellement identique au scénario 3A, sauf que les piles 8 à 14 seront réalisées en palplanches, afin de pouvoir réaliser tous les travaux (fûts et semelles) à sec. Le bas niveau des eaux aux mois d'août et septembre augmente les chances de planter les palplanches autour des piles aux axes 8, 9, 13 et 14, même s'il y a lieu d'utiliser des palplanches courtes et les souder les unes aux autres une fois fichées. Cette intervention doit être rapide et nécessite le recours à deux ou trois machines vibro-fonceuses en même temps. Le plan-04 présenté à l'annexe « B » schématise ce scénario.

Pour toutes les piles, le système de batardeaux composé est au coût de 6 000 000\$. La surface d'empiètement dans le cours d'eau est d'environ 9665 m².

8.4.3 Conclusion

Option	Avantages	Inconvénient
3A	-Les travaux se réalisent en 1 phase en 2014	-Coût des travaux dans l'eau
3B	-Plus économique	-Les délais risquent de s'étirer en 2015

L'option 3B est recommandée comme procédure d'intervention pour les travaux de réparation des fûts et semelles dans le cours d'eau.



9 SÉQUENCES DES TRAVAUX ET MAINTIEN DE LA CIRCULATION (ROUTIÈRE ET MARITIME)

Afin de réaliser les travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle, des entraves à la circulation maritime et routière sont nécessaires. La gestion de ces entraves, présentées dans les sections suivantes, vise à protéger les travailleurs ainsi que les usagers de la voie navigable et de la route, tout en assurant une réalisation de travaux efficaces. Autant que possible, ces travaux doivent se réaliser sans entraver la circulation routière du pont, soit à partir du dessous de la structure.

9.1 Maintien de la circulation maritime

9.1.1 Données de circulation

La circulation maritime sous le pont Charles-de-Gaulle est composée de bateaux de plaisance et récréatifs ayant des dimensions variables. La haute saison de navigation se déroule entre la mi-mai et la mi-octobre. Un achalandage plus élevé est notable lors des congés fériés.

La circulation se fait actuellement entre les piles 11 et 12. Des balises fixées aux piles du pont et des feux de navigation délimitent respectivement le chenal pour la circulation maritime de jour et de nuit. La circulation entre les autres piles n'est pas interdite, mais il est de la responsabilité de l'utilisateur de valider la présence de hauts-fonds.

La largeur pour la circulation dans le chenal est d'un peu plus de 60 mètres, ce qui est amplement suffisant pour assurer une circulation à contresens. La photo (6) montre ce chenal, ainsi que les balises de jour localisées sur les piles 11 et 12.



Photo 6 : Chenal maritime assurant la circulation maritime sous le pont Charles-de Gaulle

9.1.2 Contraintes

Les contraintes suivantes se posent concernant la gestion de la circulation maritime:

- La circulation maritime doit être maintenue en tout temps entre les piles 11 et 12 ;
- Les niveaux des basses eaux et des hautes eaux sont respectivement de 4,877 et 9,754 mètres¹ ;
- Le plus gros utilisateur connu est l'aéroglisser de la Garde côtière qui est appelé à transiter à l'occasion dans ce secteur. La largeur de cette embarcation est de 12,0 mètres²;
- Le dégagement vertical est de 11,0m³;
- Selon la méthode de travail et la nature des travaux à venir, des avis à la navigation et/ou du balisage maritime pourraient être exigés (à valider avec Transport Canada lors de la conception).

9.1.3 Entraves permises

Deux modes de gestion de la circulation maritime sont à prévoir lors de la réalisation des travaux au-dessus de la rivière des Prairies, à partir du pont Charles-de-Gaulle :

- Circulation maritime en alternance entre les piles 11 et 12 pour les usagers circulant à l'intérieur du chenal. Une voie de circulation d'une largeur minimale de 20 mètres doit être maintenue en tout temps. Les travaux s'effectueront de façon séquentielle sur les piles 12 et 13. Des mesures de protection des usagers, de la signalisation horizontale adéquate (panneaux de signalisation fixés aux piles) ainsi que du balisage maritime, devront être fournis;
- Circulation maritime interdite de part et d'autre des piles situées à l'extérieur du chenal, lorsque des travaux sont réalisés sur ces piles.

9.1.4 Phases et plages horaires

Les phases suivantes comprennent toutes les entraves permises et énumérées à la section précédente, en fonction des travaux à réaliser et des plages horaires accordées, afin de réduire les impacts sur la circulation maritime.

Le délai accordé pour réaliser les travaux lors de chacune de ces phases n'est pas déterminé. Par contre, les entraves à la circulation maritime à l'intérieur du chenal devront être limitées à un maximum de 16 jours.

¹ Plan de recouvrement des surfaces d'Acier du pont Charles-de-Gaulle sur l'autoroute 40 au-dessus de la Rivière-des-Prairies, SNC Lavalin, 2010

² Flotte de la Garde côtière canadienne – Région du Québec, Garde côtière canadienne, site Internet consulté en octobre 2012, <http://www.marinfo.gc.ca/fr/Flotte/SipuMuin.asp>

³ Carte marine #1509, Transport Canada (intrant numéro 09)

Tableau 2 : Phases et plages horaires pour la circulation maritime

Phase	Description de l'entrave	Plage horaire		Travaux concernés
		Début	Fin	
A	Circulation interdite de part et d'autres des piles sur lesquels des travaux sont réalisés.	Aucune contrainte		Travaux sur et/ou vis-à-vis les piles 6 à 10 et 13 à 15 (piles dans l'eau et ne délimitant pas le chenal)
B	Restriction de la circulation de part et d'autre de la pile 11 en interdisant la circulation entre les piles 10 et 11 et en déviant de son axe et rétrécissant le chenal localisé entre les piles 11 et 12.	Aucune contrainte		Travaux sur et/ou vis-à-vis la pile 11 (pile délimitant le chenal)
C	Restriction de la circulation de part et d'autre de la pile 12 en déviant de son axe et rétrécissant le chenal localisé entre les piles 11 et 12 et en interdisant la circulation entre les piles 12 et 13.	Aucune contrainte		Travaux sur et/ou vis-à-vis la pile 12 (pile délimitant le chenal)

Si les entraves sont maintenues de nuit, la signalisation devra être visible en période nocturne (exemple : balises lumineuses).

Les travaux à réaliser sur et/ou vis-à-vis les piles, à partir du dessous de la structure, incluent notamment les travaux de réparation des culées creuses, les fondations, le dessous du tablier, les côtés extérieurs, les caissons d'acier et les appareils d'appuis

Lors de la conception, les plans de maintien de la circulation maritime devront être validés par Transport Canada.

9.2 Maintien de la circulation routière

9.2.1 Données de circulation

La valeur du DJMA sur le pont Charles-de-Gaulle était de 114 000 véhicules en 2011. Une croissance nulle suivie d'une décroissance des débits de circulation ont été observées entre 2009, 2010 et 2011. Une croissance moyenne de 0.02% a été observée entre 2007 et 2011. Selon les données d'une station de comptage permanente à l'approche Est du pont (section de trafic 00040 260 00), l'achalandage est davantage élevé lors des mois de juin, juillet et août. Une forte directionnalité des débits est observée en direction de Montréal durant la période de pointe du matin (environ 70%) et en sens inverse, lors de la pointe de l'après-midi. Il est à noter que la variation des débits entre les périodes hors pointe et les périodes de pointe ne constitue pas un extrême, puisque les débits demeurent élevés tout au long de la journée. Sur la base des données de circulation de l'année 2012 (janvier à juillet), la répartition horaire des débits de circulation d'une journée moyenne de semaine varie entre 1 et 7.%, où 1% est observée la nuit et 7% lors de la pointe du soir. Les données de circulation disponibles ne permettent pas de définir le pourcentage de véhicules lourds empruntant cet axe, mais ce dernier a été identifié comme un étant axe majeur pour le camionnage, notamment pour le camionnage entre les provinces maritimes et l'Ontario.

9.2.2 Contraintes

Les contraintes suivantes se posent concernant la gestion de la circulation routière :

- Les fissures peuvent s'étaler sur les trois voies de circulation d'une même chaussée. Les travaux de réparation de fissures comprennent le scellement de la fissure, la pose d'une membrane et la pose d'un enrobé bitumineux. Ces trois étapes, pour une même fissure, doivent être réalisées lors de journées consécutives;
- Les transitions entre deux phases ne sont pas permises lors d'une même plage horaire;
- Une largeur minimale de 5,0 mètres doit être maintenue lorsqu'une seule voie de circulation est disponible entre deux glissières rigides. Cette largeur peut être réduite à 3,2 mètres, lorsque plus d'une voie de circulation sont maintenues ouvertes, avec une largeur minimale d'accotement de 0,6 mètre;
- Les plages horaires doivent être restreintes, afin de respecter la capacité actuelle des voies de circulation. Cette capacité a été évaluée (données de comptage de janvier à juin 2011) à 2 140 véh./h en direction Est (vers Charlemagne) et à 2 210 véh./h en direction Ouest (vers Montréal). Les figures présentées en annexe, illustre le nombre de voies nécessaires pour respecter cette capacité, en fonction de l'heure;
- Toute fermeture de voies de circulation sur le pont est effective sur la longueur totale du tablier du pont et aucune transition n'est permise sur la structure;
- Le nombre d'interventions à partir du dessus de la structure doit être réduit au minimum;
- Le béton des piles situées dans un même axe transversal doit être coulé lors d'une même plage horaire;
- Les travaux de bétonnage des piles peuvent s'étendre jusqu'à une durée de 8 heures;
- Les piles 6 à 15 sont dans l'eau (donc gestion de la circulation maritime ou travaux à partir du dessus de la structure avec entrave de la circulation routière).

9.2.3 Entraves permises

Des entraves sont à prévoir pour réaliser les travaux suivants :

- coulée du béton des piles;
- réparation de fissures transversales sur le tablier (incluant pose d'une membrane et pavage);
- réparation de glissières et autres petits travaux.

Concernant l'entrave nécessaire pour la coulée du béton des piles du pont, les scénarios suivants sont possibles :

- Fermeture de la voie de droite et entrave partielle de la voie de centre dans les deux directions;
- Fermeture des voies de droite et de centre dans une seule direction.

Pour le premier scénario, la coulée du béton peut s'effectuer avec de l'équipement standard. Une seule voie de circulation d'une largeur de 5,0 mètres serait maintenue ouverte dans chaque direction. Sur la base des données d'achalandage du pont, aucune plage horaire d'une durée de 8 heures ne permet la fermeture de deux voies en direction de Montréal et en direction de Charlemagne simultanément. Une fermeture graduelle des voies de circulation ne semble pas possible, puisque les étapes de mobilisation et de démobilisation des travaux nécessitent l'entrave de deux voies dès le début de la plage horaire. Ce scénario ne permettant pas d'offrir une plage horaire de 8 heures, tout en respectant la capacité actuelle des voies de circulation, il n'est pas retenu.

Pour le second scénario, l'équipement doit permettre de couler le béton des piles sur la pleine largeur du tablier (28 mètres). L'équipement actuellement disponible sur le marché et permettant d'atteindre une telle portée, a une largeur d'environ 8,2 mètres (voir annexe pour dimensions et portée de la pompe Boom S42X). Avec une telle largeur et considérant l'emprise disponible, il est possible de maintenir une voie de circulation d'une largeur de 4,8 mètres lors de ces travaux. Cette largeur est disponible vis-à-vis la localisation de la pompe (sur une longueur d'environ 15 mètres). Une largeur supérieure (par exemple 5,0 mètres, devra être offerte sur le pont en amont et en aval de la localisation de la pompe. Un atténuateur d'impact fixé à un véhicule devra séparer la pompe des usagers de la voie de circulation. Les voies fermées sont en direction de Charlemagne, puisque les plages horaires dans cette direction sont davantage étendues et que les services publics sont moins présents sur cette chaussée.

Pour les travaux de réparation des fissures, considérant qu'une transition entre deux phases n'est pas permise lors d'une même plage horaire et considérant qu'il n'est pas permis de fermer en même temps trois voies de circulation sur une même chaussée (chemin de détour long et débit de circulation élevés), les entraves permises se limitent à deux voies de circulation par direction. La voie du centre doit être fermée lors des deux fermetures consécutives, afin que les fermetures couvrent toutes les deux la jonction (joint froid) entre les deux zones de travaux. Les travaux pourront donc être réalisés par phasages successifs, permettant de couvrir la pleine largeur de la chaussée, avec une même voie couverte lors de deux phases différentes.

En ce qui concerne les travaux de réparation de glissière, ainsi que divers autres travaux, la fermeture d'une seule voie par direction pourrait être permise.

Lorsque la nature des travaux sera précisée davantage (exemple : nombre de fissures à réparer), une séquence des travaux pourra être déterminée et certaines phases pourront être combinées, afin de limiter le nombre d'entraves à la circulation (exemple : réparation de fissures dans la voie de droite et de centre en direction de Charlemagne, en même temps que les travaux de coulée de béton).

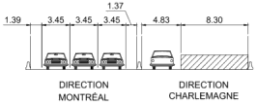
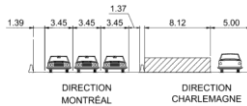
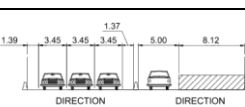
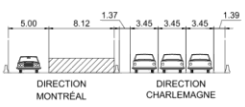
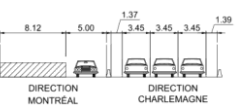
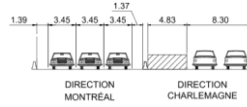
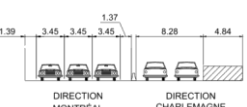
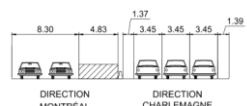
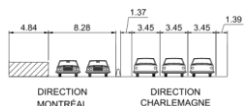
Ces entraves sont reprises à la section suivante selon un phasage déterminé.

9.2.4 Phases et plages horaires

Les phases suivantes comprennent toutes les entraves permises et énumérées à la section précédente, en fonction des travaux à réaliser et des plages horaires accordées, afin de réduire les impacts sur la circulation des usagers. Les plages horaires ont été déterminées en fonction de la capacité actuelle, par direction. Le délai accordé pour réaliser les travaux lors de chacune de ces phases n'est pas déterminé. Par contre, une contrainte limite la durée de la phase 1 à un maximum de seize (16) jours non-consécutifs et la durée de la phase 2 à un maximum de dix (10) fins de semaines consécutives.

.

Tableau 3 : Phases et plages horaires pour la circulation

Phase	Croquis de l'entrave	Description de l'entrave	Plage horaire		ET	Seconde plage horaire (même journée)		Travaux concernés
			Début	Fin		Début	Fin	
1		Voies de droite et de centre en direction Est	dimanche 22h	à lundi 6h;				Coulée du béton des piles du pont
			lundi 22h	à mardi 6h;				
			mardi 22h	à mercredi 6h;				
			mercredi 23h	à jeudi 8h;				
			samedi 0h	à samedi 8h				
2-A		Voies de gauche et de centre en dir. Est	samedi 1h	à lundi 6h;				Réparation de fissures et des joints
2-B		Voies de droite et de centre en dir. Est	même que pour phase 2A					
2-C		Voies de gauche et de centre en dir. Ouest	vendredi 23h	à lundi 3h				
2-D		Voies de droite et de centre en dir. Ouest	même que pour phase 2-C					
3-A		Voie de gauche en direction Est	Lundi 0h	à Lundi 13h;	ET	Lundi 19h	à Lundi 20h;	Réparation de glissières et divers petits travaux
			Mardi 0h	à Mardi 13h;	ET	Mardi 19h	à Mardi 20h;	
			Mercredi 0h	à Mercredi 13h;	ET	Mercredi 19h	à Mercredi 20h;	
			Jeudi 0h	à Jeudi 13h ;	ET	Jeudi 19h	à Jeudi 20h	
			Vendredi 0h	à Vendredi 11h	ET	Vendredi 21h	à Vendredi 23h	
			Samedi 0h	à Samedi 14h;	ET	Samedi 18h	à Samedi 23h	
			Dimanche 0h	à Dimanche 23h;				
3-B		Voie de droite en direction Est	Même que pour 3-A					
3-C		Voie de gauche en direction Ouest	Lundi 10h	à Lundi 23h;				
			Mardi 10h	à Mardi 23h;				
			Mercredi 10h	à Mercredi 23h;				
			Jeudi 10h	à Jeudi 23h;				
			Vendredi 0h	à Vendredi 13h;	ET	Vendredi 10h	à Vendredi 23h	
			Samedi 0h	à Samedi 23h59;				
3-D		Voie de droite en direction Ouest	Dimanche 0h	à Dimanche 13h;	ET	Dimanche 18h	à Dimanche 23h	
			Même que pour 3-C					

9.3 Recommandations concernant le maintien de la circulation

9.3.1 Vitesse affichée

Considérant qu'une ou deux voies de circulation seront fermées et l'étroitesse des voies de circulation sur la structure, il est recommandé de réduire la vitesse affichée de 100 km/h à 80 km/h. Afin d'éviter la confusion chez les usagers de la route, il est recommandé de maintenir cette réduction lors de toutes les phases des présents travaux. Il est également recommandé de masquer la signalisation de réduction de vitesse lors de la réouverture des voies de circulation, afin d'éviter une désensibilisation des usagers de la route face au respect de cette réduction de vitesse.

9.3.2 Signalisation existante

La signalisation existante doit être masquée lorsqu'elle est en contradiction avec la signalisation temporaire lors de la réalisation des travaux. La signalisation maritime existante sur les piles (balises de jour) qui doit être retirée afin de réaliser les travaux de réfection des piles doit être remise en place telle quelle à la suite des travaux. De la signalisation temporaire équivalente à celle retirée doit être prévue.

9.3.3 Dispositifs de protection

Considérant que les voies doivent être rouvertes à la circulation après chaque plage de travail, l'étroitesse de la chaussée et la nécessité de fermer deux voies de circulation sur trois à de nombreuses reprises (centre et gauche ou centre et droite), les combinaisons suivantes de dispositifs de protection ont été retenues :

- Scénario 1: Balises et glissières à déplacement rapide (quick) vis-à-vis la zone de travaux;
- Scénario 2: Balises et camion-remorque avec une cage de protection vis-à-vis la zone de travaux (*mobile barriers* –voir photo 7).



Photo 7 : Camion-remorque avec cage de protection (*mobile barriers*) – source : QMB inc.

Il est à noter qu'un atténuateur d'impact doit être fixé à l'arrière de la remorque. Ce dispositif de protection répond au niveau de test 3 (TL-3, pour 100 km/h)⁴ tel que stipulé par les normes du MTQ.

Une évaluation comparative des coûts n'a pas pu être faite, puisque le camion-remorque avec cage de protection est très peu utilisé au Québec. Le camion-remorque a toutefois l'avantage d'une installation rapide. Ceci peut être un atout considérable, notamment lors des phases nécessitant la fermeture de la voie de centre.

Les glissières à déplacement rapide sur la pleine longueur de l'entrave n'ont pas été retenues pour les raisons suivantes :

- Coût élevé des unités et de chaque déplacement;
- Temps élevé pour la mise en place des dispositifs.

Les glissières amovibles sur roues n'ont pas été retenues pour les raisons suivantes :

- Temps élevé pour la mise en place des dispositifs;
- Zone tampon supplémentaire derrière le dispositif (sauf lorsqu'ancrée);
- Coût élevé des unités et de chaque déplacement.

9.3.4 Camionnage

La signalisation (panneaux fixes, panneaux à messages variables (PMV), balises, etc.) devra être adaptée aux différents types d'usagers de la route, notamment les camionneurs. Les travaux seront situés à l'entrée de la métropole. L'environnement à l'Est de la zone des travaux diffère de celui à l'Ouest et il est probable que le niveau d'attention aux divers éléments routiers des usagers en provenance de l'Est ne soit pas le même. Des éléments lumineux, tels que des PMV, attirent davantage l'attention en période nocturne.

Afin d'éviter une circulation de véhicules hors-norme dans la zone des travaux, les largeurs de voies de circulation disponibles lors des travaux devront être communiquées au MTQ selon des délais raisonnables, afin que l'information soit divulguée aux intervenants concernés (centre de service, 511, etc.).

9.3.5 Transport en commun

Le Conseil régional de transport de Lanaudière (CRTL) offre un service d'autobus entre la Rive-Nord et Montréal, empruntant l'autoroute 40, soit le secteur à l'étude. Le circuit 101 effectue des déplacements en périodes de pointe du matin et du soir, donc, hors des périodes de travaux prévus. Le circuit 200 est actif toute la journée. Par conséquent, le CRTL devra être informé de la réalisation de ces travaux à l'avance et en temps réel afin que ce dernier puisse prendre une décision quant à sa stratégie à adopter afin d'assurer la régularité de son service.

⁴ Information fournie par QMB Inc.

9.3.6 Chemin alternatif

Un chemin alternatif pourrait être identifié afin de détourner une partie de la circulation lors des entraves majeures telles que lors des phases 1 et 2.

L'itinéraire empruntant l'autoroute 640 Est, le boulevard Notre-Dame-des-Champs, la rue Notre-Dame (route 138), la rue Sherbrooke puis le boulevard Henri-Bourassa peut s'avérer une alternative à considérer pour les usagers en transit dans l'axe "Est-Ouest" désirant accéder ou sortir de l'Île-de-Montréal. Une coordination pourra être faite afin de réduire les entraves sur cet itinéraire lors de la réalisation des présents travaux. Au besoin, une signalisation appropriée pourra être mise en place pour signifier ces itinéraires.

9.3.7 Panneaux à messages variables

Des panneaux à messages variables (PMV) devront être installés en amont de la zone des travaux, afin d'en informer les usagers. Les panneaux devront indiquer la nature des entraves, fournir de l'information en temps réel quant à la présence de congestion, afin qu'ils puissent adapter leur conduite en conséquence. Il serait également possible d'informer les usagers de l'itinéraire alternatif qui leur est possible d'emprunter.

9.3.8 Plan de communication

Malgré les mesures d'atténuation proposées, de la congestion routière est probable, c'est pourquoi un plan de communication devra être mis en place. En fonction de ces informations (travaux, entrave, durée, plage horaire, etc.), les usagers pourront se rediriger vers un autre axe routier ou adapter leur horaire en prévision d'une congestion routière.

10 SERVICES PUBLICS

10.1 Services publics sur le pont

Selon l'étude des plans de réfection antérieure et selon nos observations faites sur la structure lors des inspections générales, les services publics fixés à la structure du pont sont les suivants :

- Conduits électriques d'éclairage, se trouvant à l'intérieur des glissières de béton (figure 5);
- Conduits de Bell et Vidéotron, fixés sur la partie inférieure de la poutre de rive en amont (figures 6 et 7 et photo 8);
- Systèmes électriques d'éclairage de l'intérieur des poutres caissons et des culées creuses, fixés à l'intrados du tablier et sur les murs des culées (photos 9 et 10).

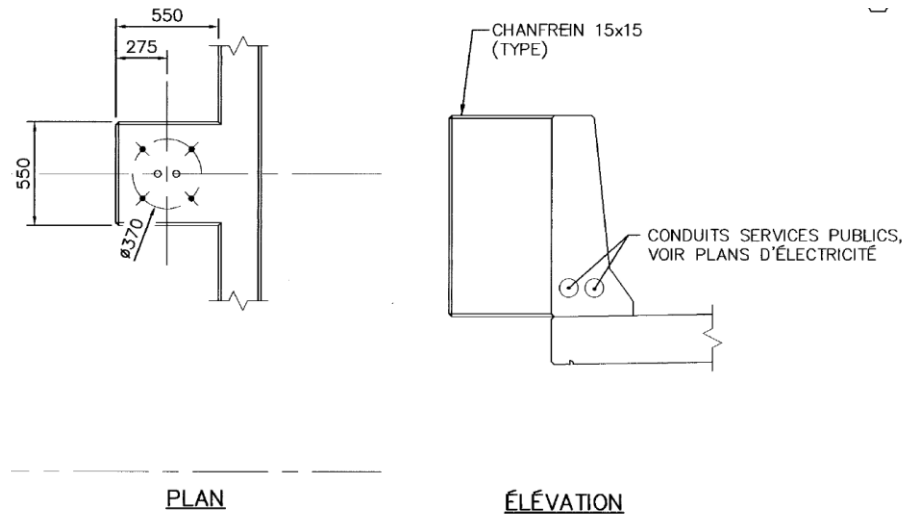


Figure 5 : Vue en plan base de lampadaire et coupe de la glissière de béton sur le pont, extrait des plans tel que construit de DESSAU 2001-02-26

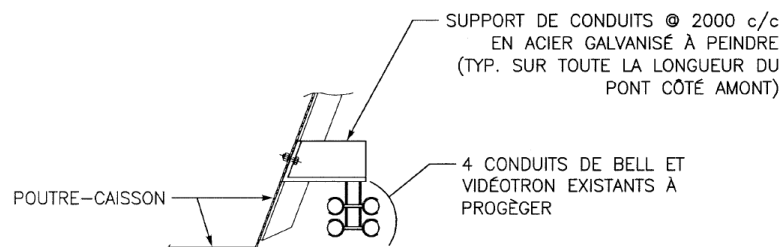


Figure 6 : Conduits de Bell et Vidéotron, extrait des plans de réfection de SNC-Lavalin 2010-04-23

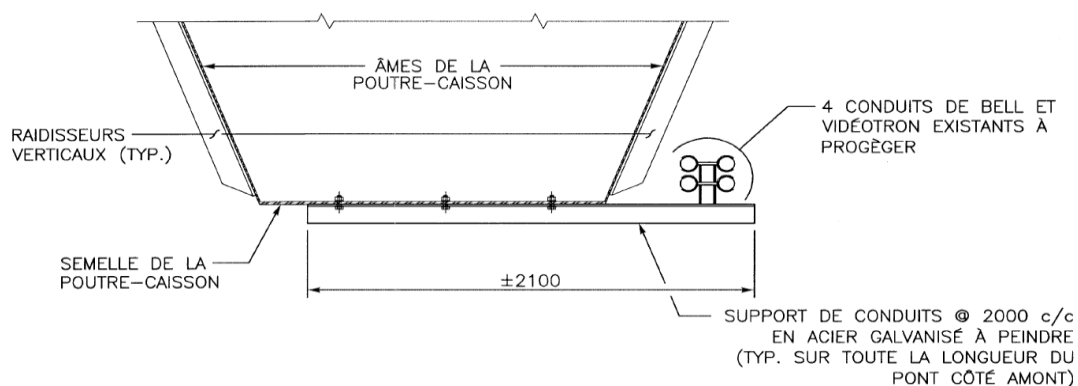


Figure 7 : Conduits de Bell et Vidéotron, extrait des plans de réfection de SNC-Lavalin 2010-04-23



Photo 8 : Conduits de Bell et Vidéotron, photos inspection Roche 2012-08-07



Photo 9 : Conduits électriques à l'intérieur des poutres caisson, photo inspection Roche 2012-08-16



Photo 10 : Conduits et systèmes électriques à l'intérieur des culées creuses, photos inspection Roche 2012-08-23

Selon les travaux proposés dans le présent avant-projet, les câbles électriques pour l'éclairage présent dans les glissières du pont ne posent aucun conflit.

Les conduits de Bell et Vidéotron fixés sur la poutre de rive amont devront être pris en compte lors de livraison de matériaux ou lors de bétonnage, à partir du tablier vers les piles au niveau de l'eau. Des mesures de sécurité doivent être prises de façon à ce que les conduits de pompe à béton ou les câbles des grues n'atteignent pas ces services publics. L'option la plus simple serait de procéder par le côté aval du pont.

10.2 Services publics enfouis aux abords du pont

Selon notre investigation auprès d'Info-excavation, la présence de service public de Bell et Vidéotron seraient enfouie près des unités de fondation aux extrémités du pont Charles-de-Gaulle, de même que dans la rue St-Charles (Lachenaie) et dans le boulevard Gouin (Montréal) (figures 16 à 19 annexe D).

Notre requête info-excavation a été transmise aux compagnies suivantes :

- HYDRO-QUEBEC-DISTRIBUTION;
- BELL CANADA;
- GAZ METRO;
- C.S.E.M. (Commission des services électriques de Montréal);
- VIDEOTRON LTEE.

De ces compagnies informées de nos travaux, Gaz métro et C.S.E.M nous ont aussi donné une réponse. Ils ont confirmé ne pas avoir de conduits enfouis dans le secteur.

Nous soupçonnons une imprécision sur le plan fourni par Bell, puisque sur ce dernier le conduit sur le pont semble être indiqué du côté aval, alors qu'il est en fait du côté amont, tel que mentionné au point 10.1 du présent rapport. Le plan de localisation de Vidéotron, pour sa part montre la position de ses conduits du côté amont, tel qu'existant. Ces services devront donc être localisés sur le terrain avant les travaux.

Des services municipaux enfouis sont présents dans le boulevard Gouin, (égout et aqueduc) telle qu'en témoigne la borne fontaine visible près du boulevard Gouin (photo 11). La présence de lampadaires au même endroit témoigne de la présence de conduits électriques enfouis. Toutefois, étant donné que la nature des travaux ne prévoit pas d'excavation dans ou près du boulevard, l'investigation auprès de la Ville de Montréal sur la position exacte de ces services n'est pas nécessaire.



Photo 11 : Présence d'une borne d'incendie et de lampadaire d'éclairage près du pont Charles-de-Gaulle, intersection boulevard Gouin et bretelle, photo Google

Selon nos investigations et observations, les services publics enfouis n'entrent pas en conflit avec les travaux proposés dans le présent avant-projet. Il sera par contre important que l'entrepreneur demande la localisation des services publics existants enfouis, avant tous travaux d'excavation autour des unités de fondations.

10.3 Services publics aériens aux abords de la structure

Selon nos observations sur le terrain, les services aériens suivants ont été repérés aux abords de la structure :

- Ligne aérienne haute tension traversant la Rivière-des-Prairies à environ 300m au Nord de la structure (photo 12);
- Services de distribution locale d'Hydro-Québec aux abords de la structure sur le boulevard Gouin (photo 13).

Ces services se retrouvent assez éloignés de la structure et n'entrent pas en conflit avec les travaux prévus.

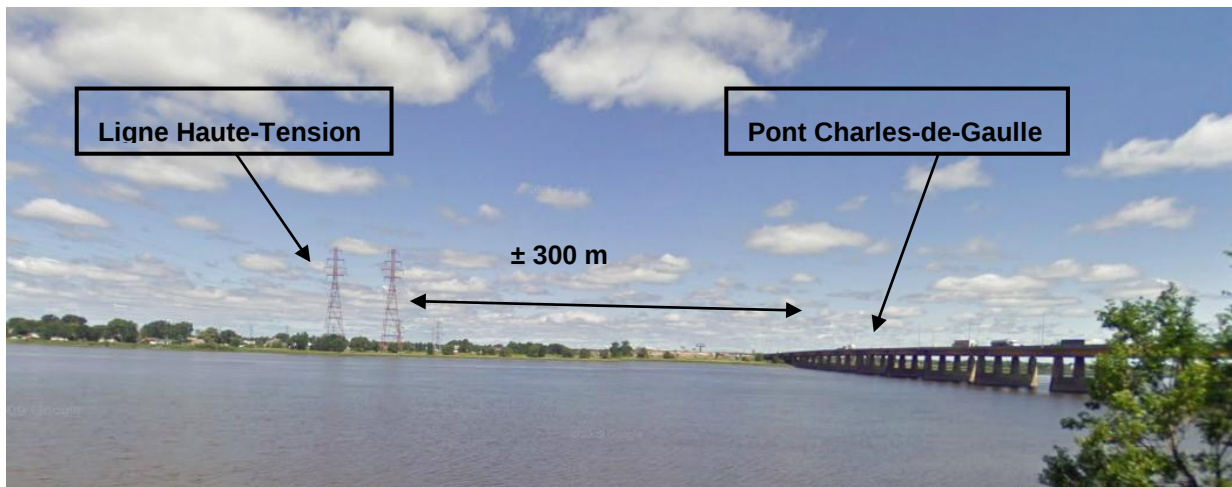


Photo 12 : Position de la ligne Haute-Tension par rapport au pont Charles-de-Gaulle, photo Google



Photo 13 : Position de la ligne électrique de distribution Hydro-Québec par rapport au pont Charles-de-Gaulle, intersection boulevard Gouin et bretelle, photo Google

10.4 Conclusions

De tous les services mentionnés dans les points précédents, les services aériens et enfouis présents aux alentours de la structure n'entrent pas en conflit avec les travaux proposés. À des fins de sécurité, il doit être demandé à l'entrepreneur de faire la localisation des services publics existants enfouis avant tous travaux d'excavation autour des unités de fondations.

Les conduits électriques présents dans les glissières de sécurité du pont ne seront pas touchés par les travaux visés par le présent avant-projet.

Les services de Bell et de Vidéotron fixés sur la poutre de rive amont ne seront pas touchés par les travaux visés par le présent avant-projet. Toutefois, il est recommandé de stipuler à l'entrepreneur de prendre les précautions pour ne pas les toucher lors de livraison de matériaux (grues ou pompe à béton) par le dessus du tablier.

Les éléments d'éclairage des poutres caissons et de l'intérieur des culées creuses ne devraient pas entrer en conflits avec les travaux du tablier. Si lors de réparations ponctuelles du béton de la dalle certains conduits sont gênants, ils pourront facilement être déplacés localement par l'entrepreneur.

Étant donné que les services publics présents n'entrent pas directement en conflit avec les travaux prévus, l'estimation des coûts de travaux ne prévoit pas de coût spécifique à cet aspect.

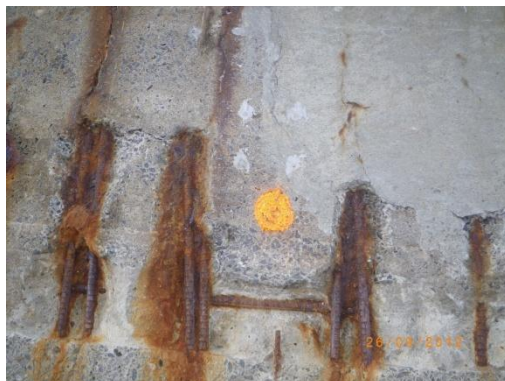
11 INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

11.1 Levé bathymétrique

Les documents consultés ne fournissaient pas d'informations suffisantes afin d'apprécier et d'évaluer les sections hydrauliques, l'ampleur des affouillements au voisinage des semelles, et la configuration générale du lit de la rivière aux alentours du pont. Un levé bathymétrique a été réalisé par GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC. qui a été mandatée par Roche. La zone concernée par ce levé est présentée dans le plan ci-dessous. Le rapport détaillé de cette investigation est présenté à l'annexe « F ».

11.2 Prélèvement de carottes en béton

Des multiples fissures ont été observées sur une grande partie des éléments structuraux en béton. Des prélèvements de carottes ont été proposés au MTQ, afin d'apporter des éclaircissements quant à la profondeur de ces fissures. Cinq (5) marques ont été matérialisées par de la peinture aux endroits où il est requis de prélever ces échantillons (voir photos ci-dessous). Les carottes c1, c3 sont destinées à estimer la profondeur de la propagation des fissures, par contre les carottes c2, c4, et c5 sont prélevées pour des fins d'écrasement et estimer la résistance du béton des piles. Le MTQ a mandaté le laboratoire LVM pour réaliser cette investigation. Les carottes à prélever sont montrées dans le plan ci-dessous. Le rapport détaillé de cette investigation est présenté à l'annexe « G ».



a)



b)

Photos 14 a) et 14 b) : Positions des carottes en béton à prélever

Les résultats du laboratoire ont montré que les résistances majeures des carottes écrasées est de l'ordre de 28.8 MPa.

Concernant la profondeur des fissures, il a été constaté que :

- Les fissures présentes dans les surépaisseurs de la culée est (axe 3), traversent toute la surépaisseur et s'arrêtent à l'interface du béton existant.

Généralement, ceci est le résultat du manque :

- d'efficacité des ancrages utilisés ;
- d'appui au niveau de la semelle.

Enfin, cette réparation est qualifiée de non satisfaisante.

- La carotte prélevée au niveau de la fissure verticale localisée au niveau de la face supérieure du fût à l'axe 5, montre que cette fissure est profonde et traverse toute la section du béton. Ceci confirme les soupçons initiaux. En effet, le déséquilibre des charges mobiles aux heures de pointe ainsi que les infiltrations des eaux à travers le joint longitudinal ont favorisé la naissance et la propagation de ce type de fissures.
- L'analyse visuelle de toutes les carottes prélevées a montré la présence de réaction alcali-granulat (RAG) information inconnue jusqu' à présent. Selon la classification de M. Marc-André Bérubé, la cote d'abondance des signes de RAG est peu nombreuse et la cote de sévérité des signes de RAG est peu sévère. Les risques de dégradation pouvant affecter les caractéristiques du béton sont à suivre et à contrôler.

11.3 Analyse chimique

L'analyse chimique de deux échantillons de béton prélevés aux axes 3 et 5 ont démontré la présence significative de plomb (8700 ppm) dans le pilier 5, alors qu'il y a peu dans la culée est (57 ppm). Par contre, l'analyse chimique mentionne qu'il n'y a pas de présence d'amiante. Les résultats ainsi que les rapports détaillés sont présentés dans les annexes « H » et « I ».

Vu les risques d'exposition des travailleurs aux poussières de plomb, des mesures préventives sont requises.

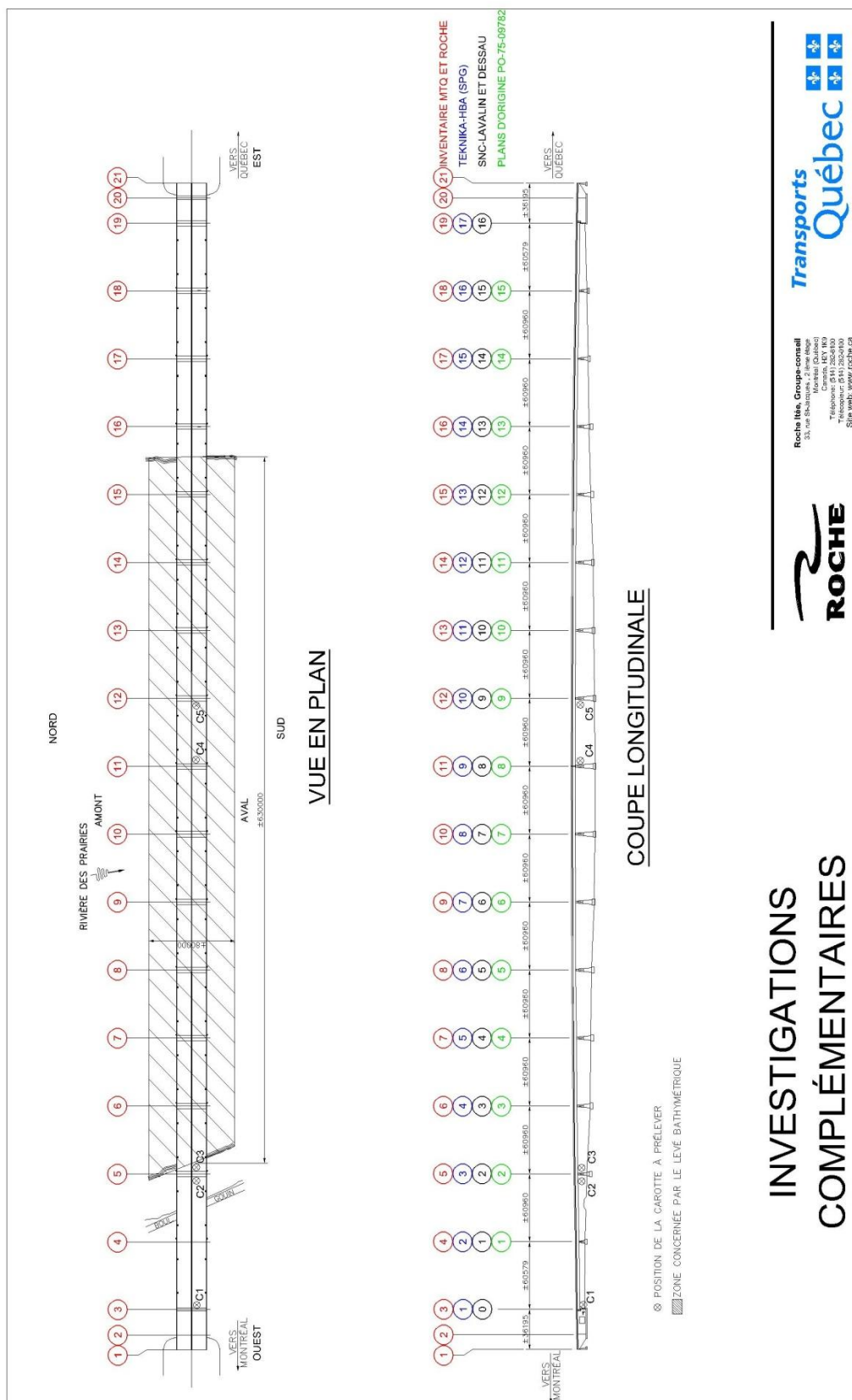


Figure 8 : Investigations complémentaires

12 MESURES ENVIRONNEMENTALES (TRAVAUX DANS L'EAU)

Les mesures de protections environnementales proposées dans le présent rapport couvrent les systèmes de protection qui peuvent être utilisés lors des travaux dans l'eau ou à sec près des piles du pont Charles-de-Gaulle. Ces systèmes de protection sont suggérés afin d'atténuer au maximum les répercussions que les travaux à effectuer (sections 7 et 8 du présent rapport) pourraient avoir sur le cours d'eau.

12.1 Principes généraux de mesures de protection environnementale pour les travaux dans l'eau

12.1.1 Rideaux de sédimentation

Le rideau de sédimentation, aussi appelé rideau de turbidité, est une barrière filtrante servant à atténuer la turbidité présente dans l'eau. Il est composé d'un boudin flottant, d'une paroi filtrante, ainsi qu'une base avec un poids imposant, afin de lester la barrière (photo 15 et figure 9). Il peut être utilisé en amont des travaux pour limiter l'entrée de turbidité présente dans le cours d'eau vers la zone de travaux dans l'eau, ou encore en aval, pour atténuer la turbidité générée par les travaux.

Le principal avantage est, qu'en courant très faible, l'utilisation d'un rideau de turbidité peut permettre un contrôle de turbidité adéquat pour éviter le recours à l'utilisation de batardeau ou d'enceinte de confinement. Il peut aussi être utilisé en combinaison avec ceux-ci, afin d'assurer une barrière supplémentaire. Il peut contrôler les turbidités générées par la construction d'un batardeau, ou encore agir de protection en cas de fuite d'une enceinte rigide de confinement. Le principal inconvénient est qu'il ne peut être utilisé où il y a présence d'un fort courant. En règle générale, son utilisation est recommandée pour des vitesses de courant inférieures ou égales à 0,5 m/s.



Photo 15 : Efficacité d'un rideau de turbidité source (octobre 2012)

<http://lamarcheetcorneau.com/index.php?www=ELC&nom=ELCrideauxturbidite&langue=FR>

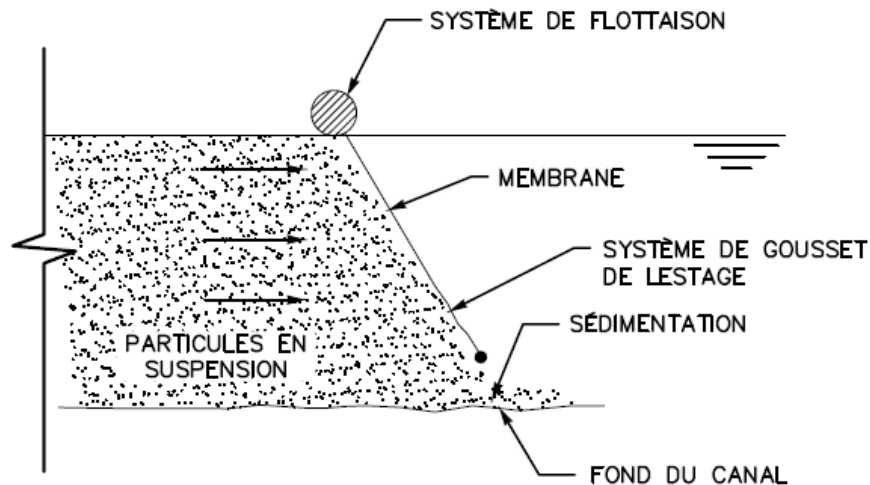


Figure 9 : Coupe typique d'un rideau de sédimentation

12.1.2 Déflecteur

Les déflecteurs sont utilisés afin de diminuer la vitesse du courant pour une zone donnée. Ils peuvent être fabriqués en palplanches ou autres matériaux pouvant faire une barrière physique au courant. Ils sont placés de façon à générer une zone en aval où le courant s'en retrouve diminué, afin de permettre aux barges de demeurer plus facilement en place et afin de permettre aux plongeurs de pouvoir travailler sans les contraintes reliées au courant.

Tel que vu dans les points précédents, les batardeaux et enceintes rigides de confinement peuvent jouer en eux-mêmes le rôle du déflecteur. Toutefois, il peut arriver que ce type d'installation ne soit que partiel et ne confine pas un espace donné (figure 16). Son installation est alors dans l'unique but d'atténuer le courant, ce qui constitue le déflecteur.

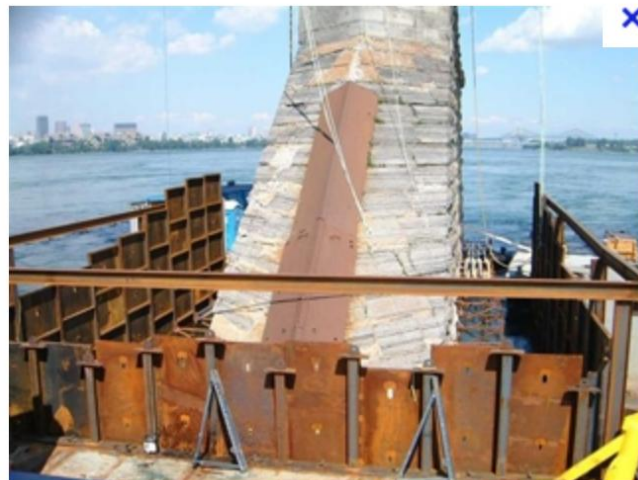


Photo 16 : Déflecteur

12.1.3 Pompage de l'eau et bassin de sédimentation

Lors de travaux dans l'eau, le pompage de l'eau peut être utilisé comme mesure de protection environnementale supplémentaire. Les particules en suspensions générées par les travaux peuvent être éliminées en partie, par le pompage de l'eau lors de ces travaux. L'eau doit être assimilée dans un bassin de sédimentation, afin qu'il y ait décantation des particules. Ceci permet donc de limiter l'émission de particules en suspension dans le cours d'eau.

Le plan-05 présenté à l'annexe « E » synthétise l'ensemble des recommandations mentionnées ci-dessus.

12.2 Mesures complémentaires

Se conformer à toutes les lois provinciales et fédérales concernant l'environnement, en particulier la *Loi sur les pêches*, au fédéral, et le *Règlement sur les déchets solides*, au provincial.

Prendre toutes les mesures d'atténuation nécessaires, afin de protéger la faune aquatique et les activités de reproduction des poissons.

Prendre toutes les précautions nécessaires, afin d'éviter que toute matière susceptible de dégrader la qualité des eaux ne soit rejetée dans le milieu aquatique ou à proximité.

Respecter les mesures d'atténuation environnementales suivantes:

- Prévoir les équipements nécessaires pour limiter la remise en suspension des sédiments.
- aviser le personnel affecté aux travaux de la présence de milieux sensibles et des mesures d'atténuation prévues pour protéger ces milieux ainsi que les règles de conduite qui y sont associées.
- Mettre à la disposition, tout le matériel d'urgence (produits absorbants, toiles, outils, etc.) en tout temps sur le site, en cas de déversement de produits dangereux (huile, gazole, etc.).
- Posséder et savoir utiliser des équipements d'urgence en cas de déversement accidentel.
- Advenant un déversement d'hydrocarbures ou de toute autre substance nocive, faire appel au réseau d'alerte **d'Environnement Canada (1-866-283-2333) et d'Environnement Québec (1-866-694-5454)** doivent être avisés sans délai.
- La machinerie et l'équipement de l'Entrepreneur doivent respecter ce qui suit, sans toutefois s'y limiter :
 - Effectuer le transport du béton ainsi que de tous matériaux granulaires et fins dans des camions fermés ou munis d'une bâche de recouvrement.
 - Restreindre la circulation des véhicules aux zones de circulation identifiées par l'Ingénieur sur le site des travaux.
 - Placer les bidons ou récipients contenant des hydrocarbures et autres produits dangereux dans un bac ou entre des bermes ayant la capacité de recueillir 110% des réserves entreposées.

- Faire le nettoyage, l'entretien et le ravitaillement de la machinerie de chantier et des véhicules sur un site désigné à cet effet. Prévoir sur place une provision de matières absorbantes ainsi que des récipients étanches bien identifiés, destinés à recevoir les produits pétroliers et les déchets.
- Entreposer des produits pétroliers à plus de 30 m de la rive.
- Acheminer les huiles usées découlant de l'utilisation de la machinerie et les déchets, en dehors des terrains du projet et en disposer dans un site prévu à cette fin.
- Choisir la machinerie et matériels nécessaires à la réalisation des travaux en fonction des particularités du milieu et de sa fragilité.
- Éloigner la machinerie à proximité du canal dès qu'elle n'est plus utilisée.
- Utiliser une machinerie en bon état de fonctionnement afin d'éviter toute fuite de graisse ou de carburant. Les parties d'équipement submergées devront être propres et exemptes de fuites.

12.3 Période de restriction des travaux dans l'eau

Selon les informations fournies par le service des inventaires et du Plan de la Direction de l'Île-de-Montréal du Ministère des Transports, la période de restriction des travaux dans l'eau dans le secteur du pont Charles-de-Gaulle s'étend du 1er avril au 1er août.

13 ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX

Les contraintes suivantes se posent concernant l'estimation des échéanciers :

- La circulation maritime doit être maintenue ou en tout temps;
- Les niveaux des basses eaux et des hautes eaux sont respectivement de 4,877 et 9,754 mètres;
- La période de restriction des travaux dans l'eau dans le secteur du pont Charles-de-Gaulle s'étend du 1er avril au 1er août;
- Les travaux touchant la dalle du tablier (réparation, levage de tablier,...etc.) sont déconseillés avant la période de dégel à savoir le 15 mai;
- Travaux répartis sur une longue distance env. 1 Km;
- Travaux doivent s'effectuer à partir de 2014.

Après analyse il en ressort qu'il est recommandé de planifier les travaux comme suit :

13.1. Échéancier optimiste

Appel d'offres pour plans et devis :	Décembre 2012
Début des plans et devis :	Juin 2013
Appel d'offres pour construction :	Décembre 2013
Décret (MDDEFP) :	Février 2014
Autorisation (MDDEFP) :	Mars 2014
Délai long :	42 semaines
Délai court :	40 semaines
Début des travaux :	mi-mars 2014
Début des travaux :	mi-décembre 2014

13.2. Échéancier réaliste

Appel d'offres pour plans et devis :	Décembre 2012
Début des plans et devis :	Juin 2013
Décret (MDDEFP) :	Mai 2014
Appel d'offres pour construction :	Mai 2014
Autorisation (MDDEFP) :	Août 2014
Délai long :	42 semaines
Délai court :	40 semaines
Début des travaux :	Septembre 2014
Début des travaux :	automne 2015

14 ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX

Dans cette section, seront présentées les différentes estimations des coûts des travaux selon les options recommandées.

14.1 Réparation des semelles

Scénario 1: Réparation avec surépaisseur générale sur toutes les semelles.

Scénario 2: Réparation avec surépaisseur générale sur les semelles ciblées 6 à 15

Scénario 3: Réparation avec surépaisseur localisée (selon le relevé de dommage) sur les semelles ciblées 6 à 15.

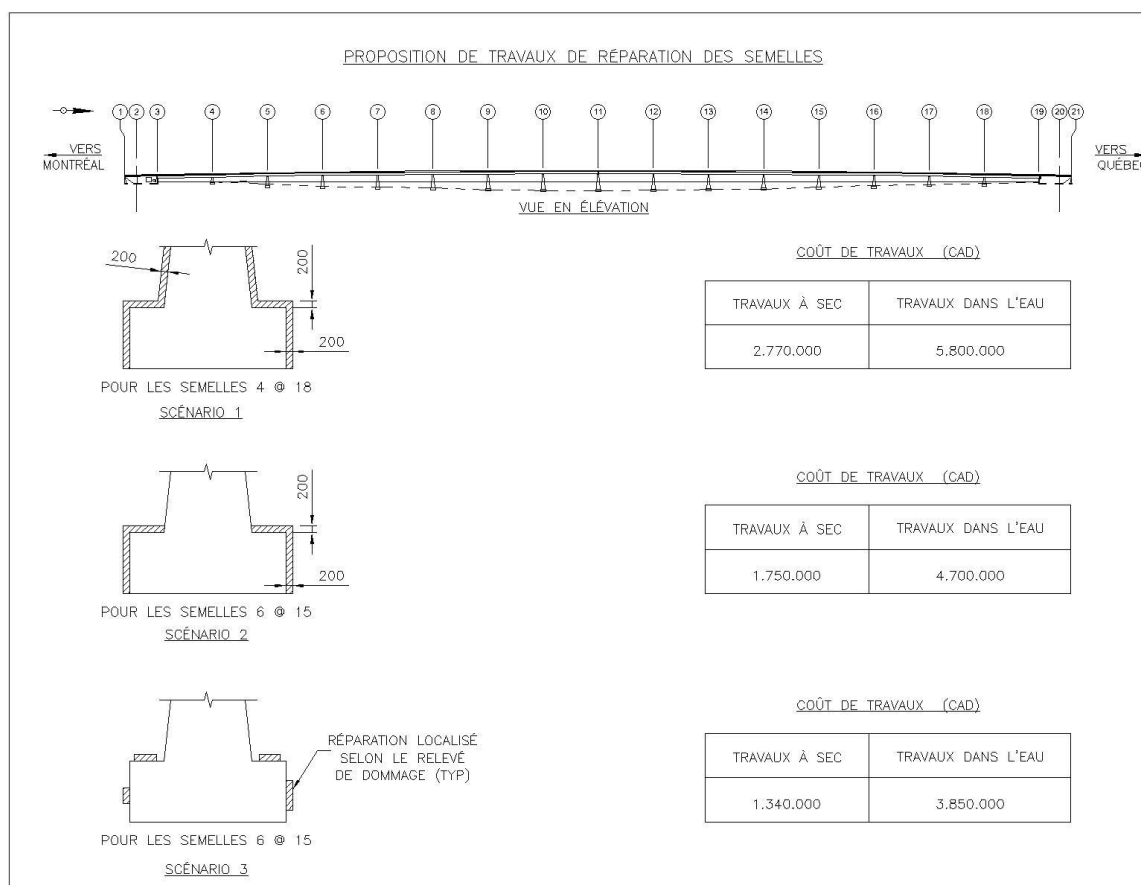


Figure 10 : Coût des travaux de réparation des semelles

Pour le détail des calculs des coûts, voir annexe « F ».

14.2 Réparation des fûts des piles

- Scénario 1: Réparation avec surépaisseur de toutes les piles et sur toutes leurs hauteurs.
- Scénario 2: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur, pour toutes les piles.
- Scénario 3: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur pour les piles dans l'eau (6 à 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) sur les autres piles.
- Scénario 4: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m pour les piles (6 à 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) pour le reste de la hauteur, ainsi que pour la totalité des piles (4, 5, 16, 17 et 18).

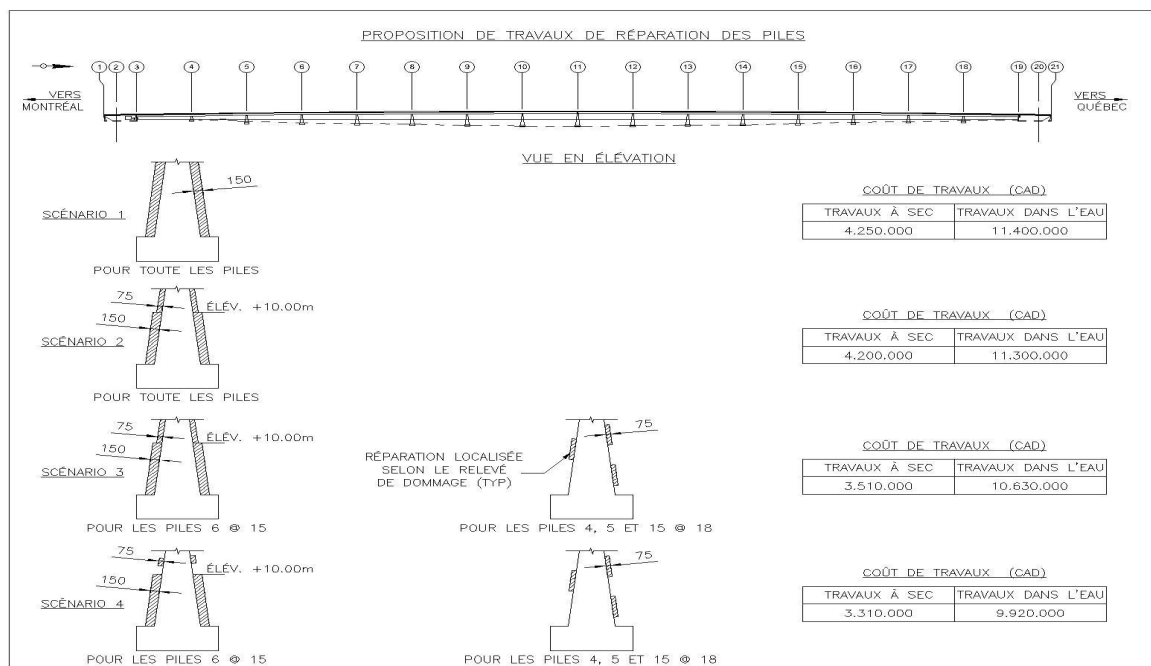
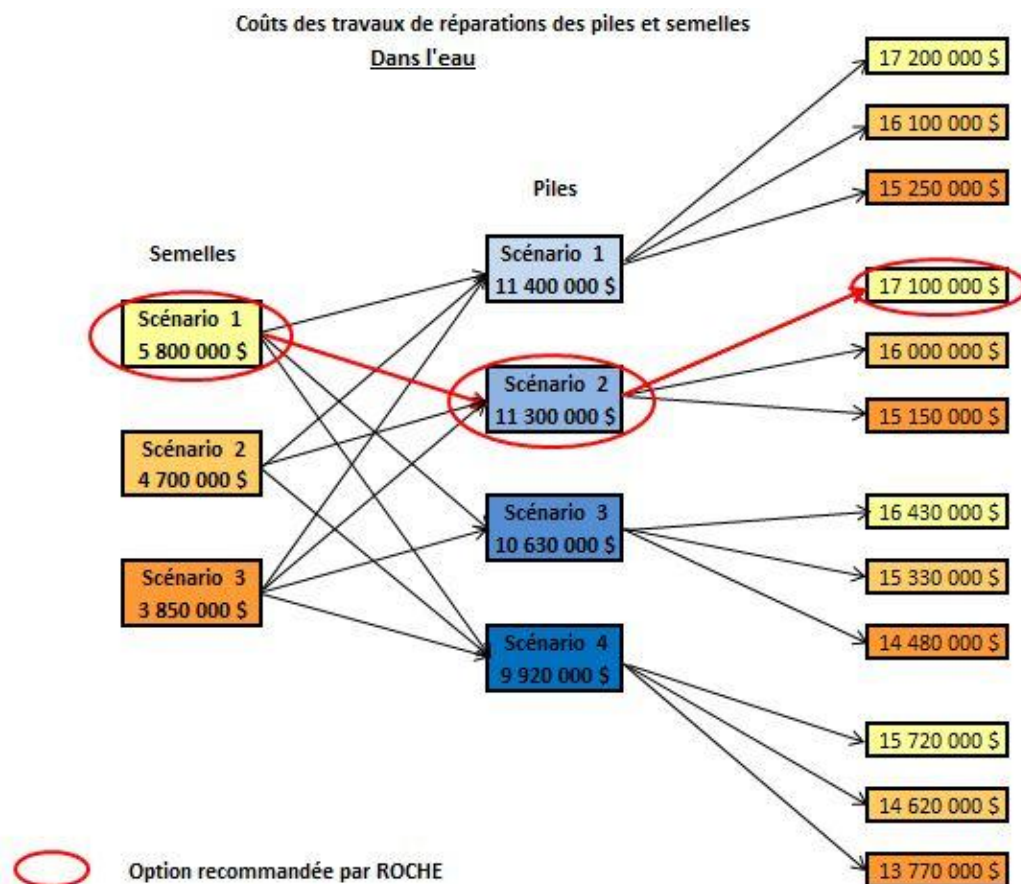


Figure 11 : Coût des travaux de réparation des fûts

Pour le détail des calculs des coûts voir annexe « F ».



Semelles

Scénario 1: Réparation avec surépaisseur générale sur toute les semelles.

Scénario 2: Réparation avec surépaisseur générale sur les semelles ciblées 6 @ 15.

Scénario 3: Réparation avec surépaisseur localisée (selon le relevé de dommage) sur les semelles ciblées 6 @ 15.

Piles

Scénario 1: Réparation avec surépaisseur de toutes les piles et sur toutes leurs hauteurs.

Scénario 2: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur pour toutes les piles.

Scénario 3: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur pour les piles dans l'eau (# 6 @ # 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) sur les autres piles.

Scénario 4: Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m pour les piles (# 6 @ # 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) pour le reste de la hauteur, et ainsi que pour la totalité des piles (#4, 5, 16, 17 et 18).

Figure 12 : Coût des travaux de réparations des piles et semelles dans l'eau

Coûts des travaux de réparations des piles et semelles

À sec

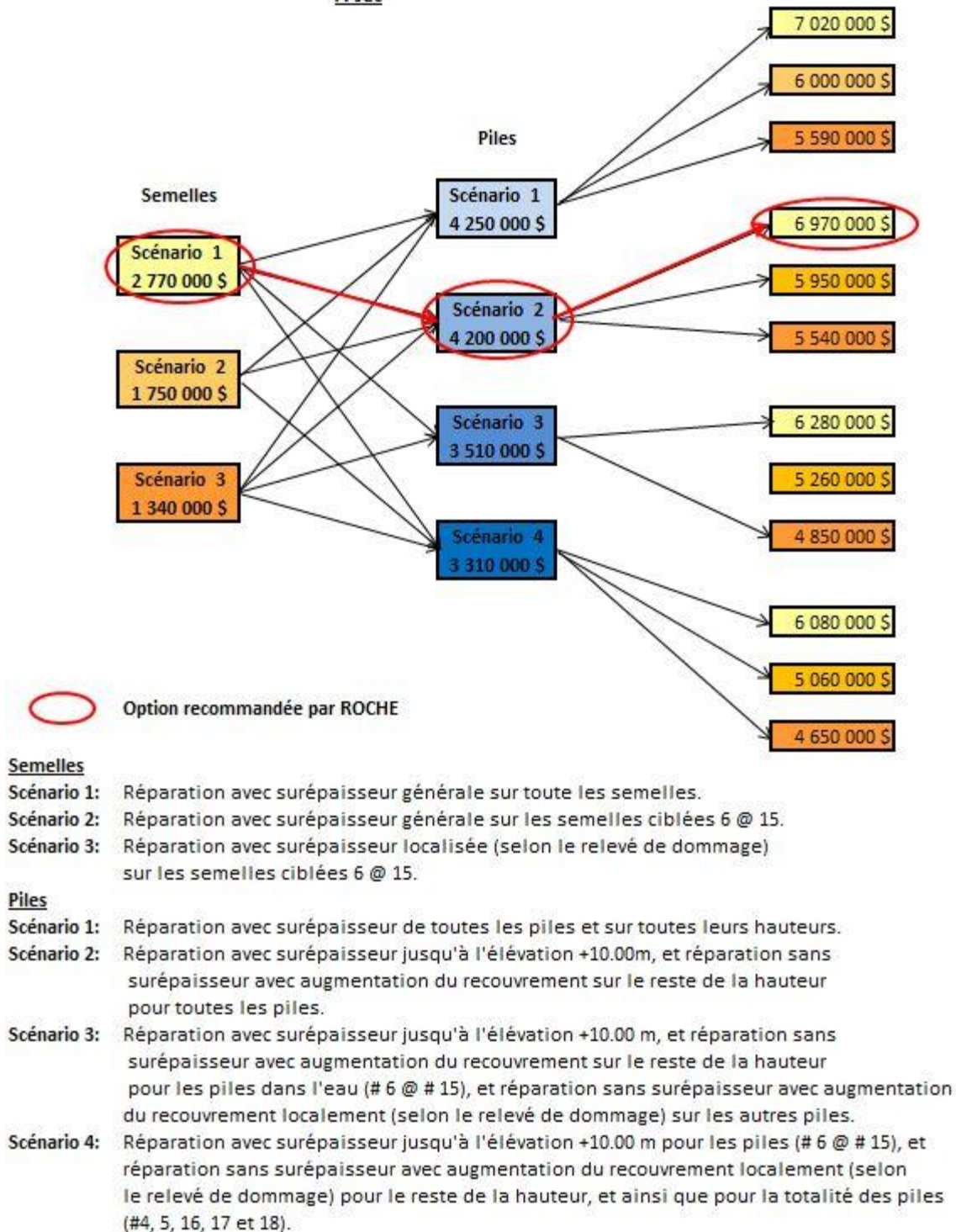


Figure 13 : Coût des travaux de réparations des piles et semelles à sec

14.3 Estimation des coûts des travaux selon l'option 3A

La ventilation du coût des travaux se résume comme suit :

Estimation du coût des travaux (Option 3A)

Désignation des travaux	Montant des travaux
Organisation du chantier	2 000 000 \$
Maintien de la circulation routière et de la navigation maritime	750 000 \$
Protection environnementale	300 000 \$
Batardeaux	3 000 000 \$
Réparation des poutres des culées creuses	30 000 \$
Réparation de la dalle des culées creuses	70 000 \$
Réparation des piles des culées creuses	130 000 \$
Drainage de la culée creuse	5 000 \$
Mise en place de l'enrochement autour des unités de fondations dans l'eau	400 000 \$
Réparations des semelles (# 4 à 7, 10 à 12 et 15 à 18) à sec	2 000 000 \$
Réparations des semelles (# 8, 9, 13 et 14) dans l'eau	1 900 000 \$
Réparation des piles (# 4 à 7, 10 à 12 et 15 à 18) à sec	3 100 000 \$
Réparation des piles (# 8, 9, 13 et 14) dans l'eau	4 000 000 \$
Plaque protectrices des piles 10, 11 et 12	80 000 \$
Réparation des colonnes	100 000 \$
Réparation des blocs d'assises	25 000 \$
Réparation des fissures dans la dalle du tablier	85 000 \$
Réparation de la dalle au joint central du pont	35 000 \$
Réparation des cotés extérieurs	160 000 \$
Nettoyage des caissons	8 000 \$
Réparation des éléments en acier (lier les raidisseurs au semelles)	25 000 \$
Remplacement des appareils d'appui	240 000 \$
Nettoyage des drains	1 500 \$
Nettoyage assises	1 000 \$
Réparation du dalot du joint de tablier	2 500 \$
Balayage de chaussée	12 000 \$
Réfection de la membrane et de l'enrobé	35 000 \$
Total partiel	18 495 000 \$
Contingences (10% + 5% + 5%) = 20%	3 699 000 \$
Total Général	22 194 000 \$

14.4 Estimation des coûts des travaux selon l'option 3B

La ventilation du coût des travaux se résume comme suit :

Estimation du coût des travaux (Option 3B)

Désignation des travaux	Montant des travaux
Organisation du chantier	2 000 000 \$
Maintien de la circulation routière et de la navigation maritime	750 000 \$
Protection environnementale	300 000 \$
Batardeaux	6 000 000 \$
Réparation des poutres des culées creuses	30 000 \$
Réparation de la dalle des culées creuses	70 000 \$
Réparation des piles des culées creuses	130 000 \$
Drainage de la culée creuse	5 000 \$
Mise en place de l'enrochement autour des unités de fondations dans l'eau	400 000 \$
Réparations des semelles (# 4 à 18) à sec	2 800 000 \$
Réparation des piles (# 4 à 18) à sec	4 200 000 \$
Plaque protectrices des piles 10, 11 et 12	80 000 \$
Réparation des colonnes	100 000 \$
Réparation des blocs d'assises	25 000 \$
Réparation des fissures dans la dalle du tablier	85 000 \$
Réparation de la dalle au joint central du pont	35 000 \$
Réparation des cotés extérieurs	160 000 \$
Nettoyage des caissons	8 000 \$
Réparation des éléments en acier (lier les raidisseurs au semelles)	25 000 \$
Remplacement des appareils d'appui	240 000 \$
Nettoyage des drains	1 500 \$
Nettoyage assises	1 000 \$
Réparation du dalot du joint de tablier	2 500 \$
Balayage de chaussée	12 000 \$
Réfection de la membrane et de l'enrobé	35 000 \$
Total partiel	17 495 000 \$
Contingences (10% + 5% + 5%) = 20%	3 499 000 \$
Total Général	20 994 000 \$

14.5 Recommandation

Il en découle que l'option 3B est la plus optimale, et c'est le scénario que Roche recommande pour la suite des travaux à venir.

15 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

15.1 Généralités

Les multiples systèmes de numérotation utilisés par les différents intervenants, ainsi que les plans d'origine différent et risquent de créer une confusion. Il serait souhaitable dans les futurs documents et communications de suivre une numérotation identique à celle des fiches d'inventaire détaillées (MTQ).

15.2 Travaux de réparation

Globalement, le présent rapport retient que les différents défauts de matériaux constatés n'affecteront pas le comportement général des éléments structuraux durant la prochaine décennie. La majorité des défauts est imputée à l'insuffisance du recouvrement du béton, auquel des réparations peuvent remédier. Il est aussi à signaler que les infiltrations au joint de tablier central et au joint longitudinal entre les deux tabliers, ainsi qu'à l'intérieur des culées creuses, ont causé énormément de dégradations et dont les réparations effectuées n'ont pas donné les résultats escomptés. Cependant, si aucune intervention n'est réalisée sur cette structure, elle se dégradera avec le temps à un rythme rapide, particulièrement en présence de R.A.G.

Les réparations sans surépaisseur effectuées sur les différentes surfaces de béton durant les années passées ont montré une insuffisance d'efficacité et de durabilité. La réparation avec surépaisseur, ainsi que la réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sera la solution la plus recommandée.

Des concepts généraux présentés en tenant compte des différentes options réalisables, une solution a été retenue et présentée pour la réalisation des travaux. Cette solution s'avère être une combinaison des trois concepts cités, afin d'optimiser les coûts de mise en place selon les différentes contraintes locales de chacune des piles. Les estimations sont réalisées en tenant compte des hautes eaux.

Lors de l'élaboration des plans et devis, il est souhaitable de procéder à une optimisation de cette estimation. Une réduction des coûts de l'ordre de 5% à 10% peut être obtenue en suivant les recommandations suivantes :

- Réaliser un relevé de dommages très précis (doigt sur la pièce);
- Prioriser les travaux de réparation des semelles et des piles à sec versus dans l'eau;
- Prioriser l'utilisation des batardeaux en palplanches versus les enceintes de confinement;
- Solliciter les services d'un laboratoire en géotechnique, afin d'élaborer une analyse approfondie sur le dimensionnement des palplanches, et aussi donner les recommandations requises pour l'étanchement et l'assèchement des batardeaux, selon les caractéristiques physiques du sol au voisinage de chaque pile;

15.3 Protection environnementale

Les mesures de protections environnementales proposées dans le présent rapport couvrent les systèmes de protection qui peuvent être utilisés lors des travaux dans l'eau près des piles du pont Charles-de-Gaulle. Ces systèmes de protection sont suggérés afin

d'atténuer au maximum les répercussions que les travaux à effectuer pourraient avoir sur le cours d'eau.

Les principes généraux des mesures de protection environnementale proposés sont présentés comme suit :

- Rideau de sédimentation;
- Pompage de l'eau et bassin de sédimentation;
- Respect de la période de restriction: la période de restriction des travaux dans l'eau dans le secteur du pont Charles-de-Gaulle s'étend du 1^{er} avril au 1^{er} août.

15.4 Maintien de la circulation

Afin de réaliser les travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle, des entraves à la circulation maritime et routière sont inévitables. La gestion de ces entraves vise à protéger les travailleurs, ainsi que les usagers de la voie navigable et de la route, tout en assurant une réalisation des travaux efficaces. Autant que possible, les travaux doivent se réaliser sans entraver la circulation routière du pont, soit à partir du dessous de la structure. Les principales recommandations se limitent à :

- Vitesse affichée: Il est recommandé de réduire la vitesse de circulation sur le pont affichée de 100 km/h à 80 km/h. Ceci en considérant la fermeture d'une ou deux voies de circulation, la transition lors d'une même plage horaire entre les phases 2-A/2-B et 2-C/2-D et l'étroitesse des voies de circulation sur la structure,
- Signalisation existante: la signalisation routière existante doit être adaptée aux exigences du scénario retenu
- Dispositifs de protection : considérant que les voies doivent être réouvertes à la circulation après chaque plage de travail, l'étroitesse de la chaussée et la transition lors d'une même plage horaire entre les phases 2-A/2-B et 2-C/2-D, les combinaisons suivantes sont proposées :
 - Balises et glissières à déplacement rapide (quick) vis-à-vis la zone de travaux;
 - Balises et camion-remorque avec une cage de protection vis-à-vis la zone de travaux.

Les dispositifs de glissières à déplacement rapide sur la pleine longueur de l'entrave n'ont pas été retenus pour des raisons de coûts, de temps et difficultés de la transition entre les phases

Il en est de même pour les glissières amovibles sur roues qui n'ont pas été retenues pour des raisons similaires.

- Chemin alternatif : un chemin alternatif et possible et pourrait être identifié, afin de détourner une partie de la circulation lors des entraves majeures;
- Panneaux à messages variables : des panneaux à messages variables (PMV) devront être installés en amont de la zone des travaux, afin d'en informer les usagers;
- Plan de communication : En plus des mesures d'atténuation proposées, de la congestion routière est probable.

15.5 Services publics

De tous les services publics mentionnés, les services aériens et enfouis présents aux alentours de la structure n'entrent pas en conflit avec les travaux proposés. À des fins de sécurité, il doit être demandé à l'entrepreneur de faire la localisation des services publics existants enfoui avant tous les travaux d'excavation autour des unités de fondations. Il est aussi recommandé de stipuler à l'entrepreneur de prendre les précautions pour ne pas les toucher lors de livraison de matériaux (grues ou pompe à béton) par le dessus du tablier. Si lors de réparations ponctuelles du béton de la dalle à l'intérieur des caissons, certains conduits sont gênants, ils pourront facilement être déplacés localement par l'entrepreneur.

Étant donné que les services publics présents n'entrent pas directement en conflit avec les travaux prévus, l'estimation des coûts de travaux ne prévoit pas de coût spécifique à cet aspect.

15.6 Études complémentaires

- Afin de réaliser des plans et devis répondants aux attentes requises, des études complémentaires sont nécessaires :
- Étude hydraulique pour le dimensionnement des batardeaux;
- Analyse approfondie par un laboratoire spécialisé pour le dimensionnement des palplanches selon les caractéristiques physiques du sol au voisinage de chaque pile;
- Analyse chimique plus détaillée et généralisée, concernant la présence de produits toxiques (plomb et amiante) à l'ensemble des éléments du pont (piles et culées);
- Mise en place d'un programme d'inspection et de contrôle spécifique à l'évolution de la R.A.G. à chaque 3 années ;
- Voir les exigences relatives aux quais et à l'utilisation de barges.

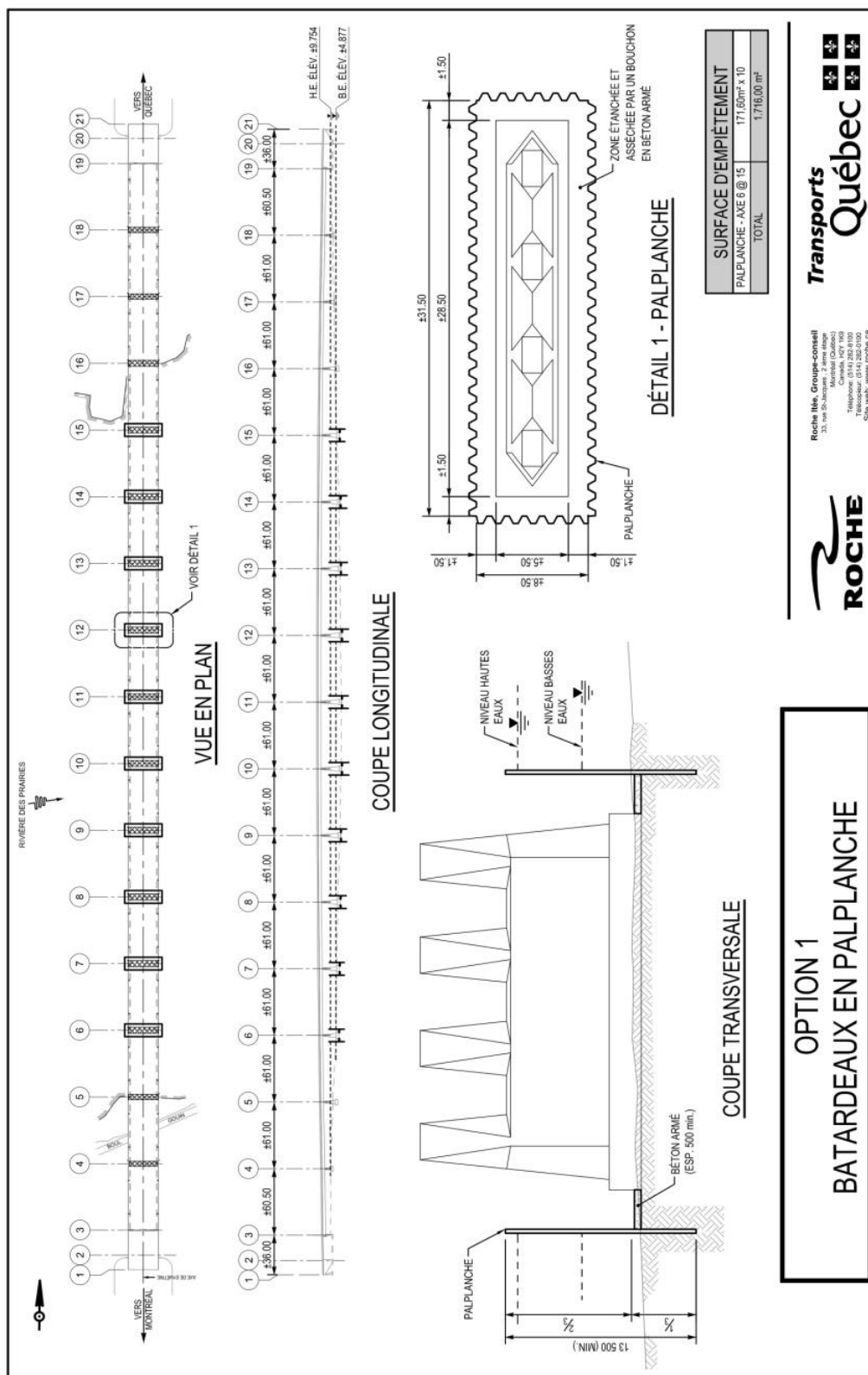
ANNEXES

ANNEXE A : Plan de localisation de la structure

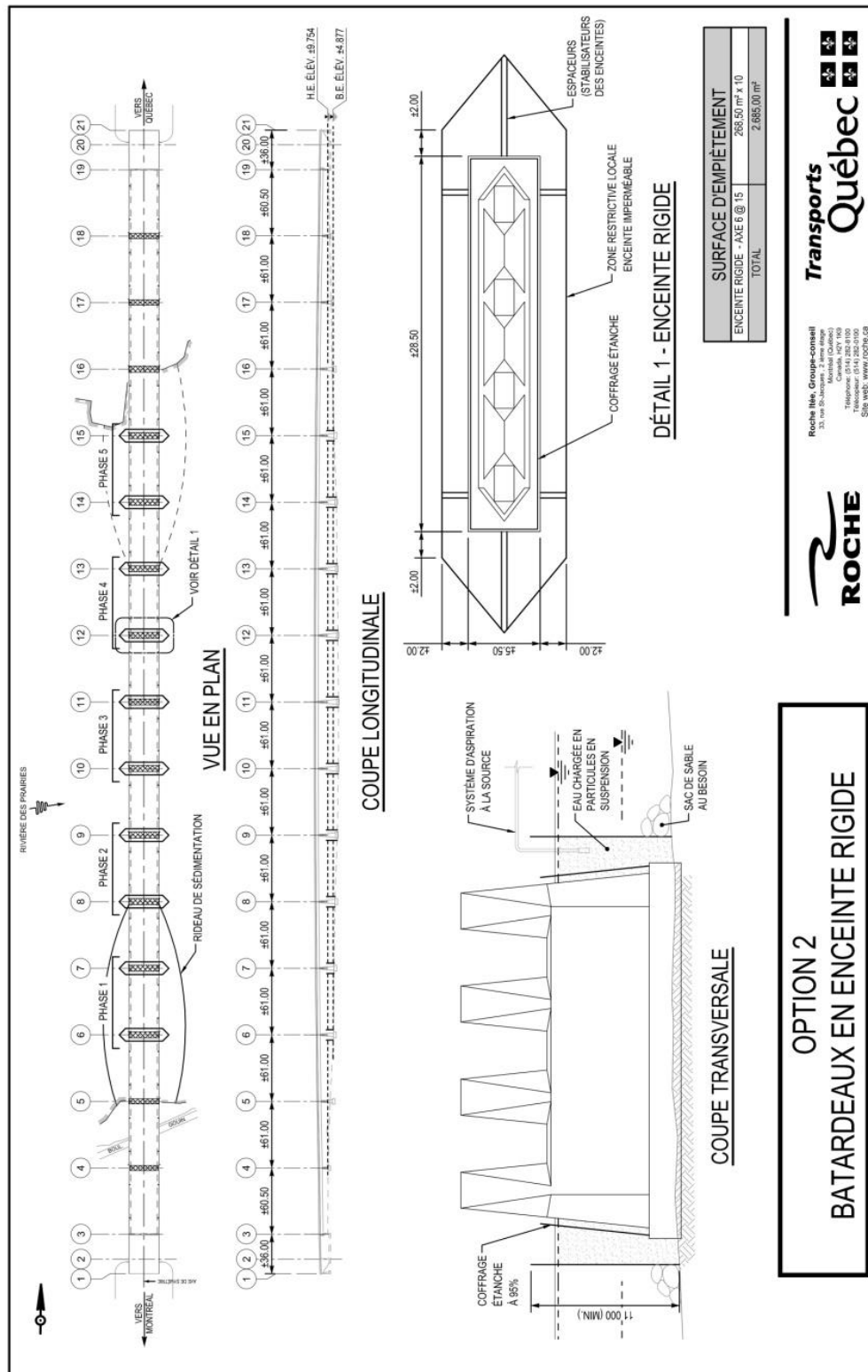


Figure 14 : Plan de localisation

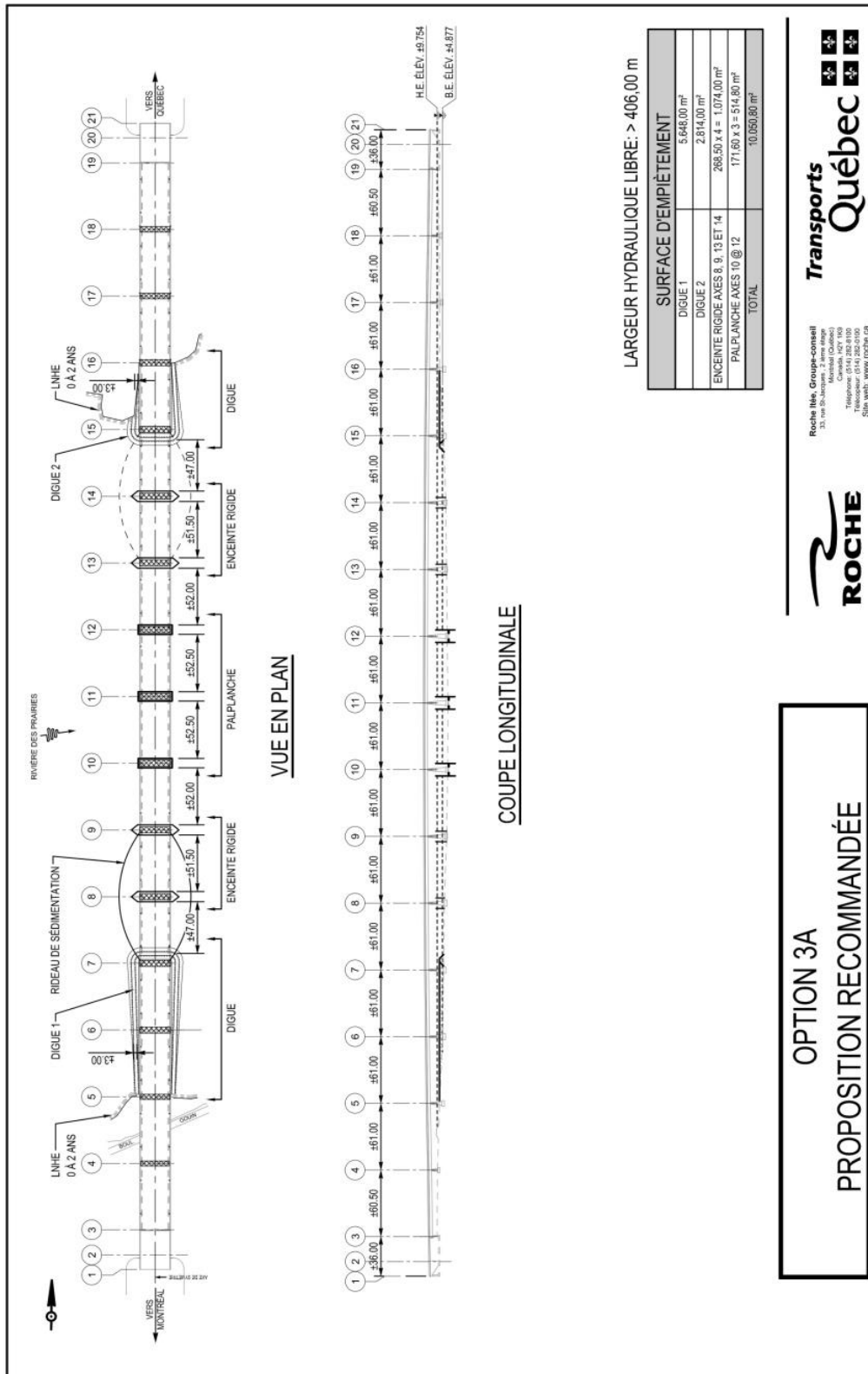
ANNEXE B : Scénarios d'interventions dans le cours d'eau



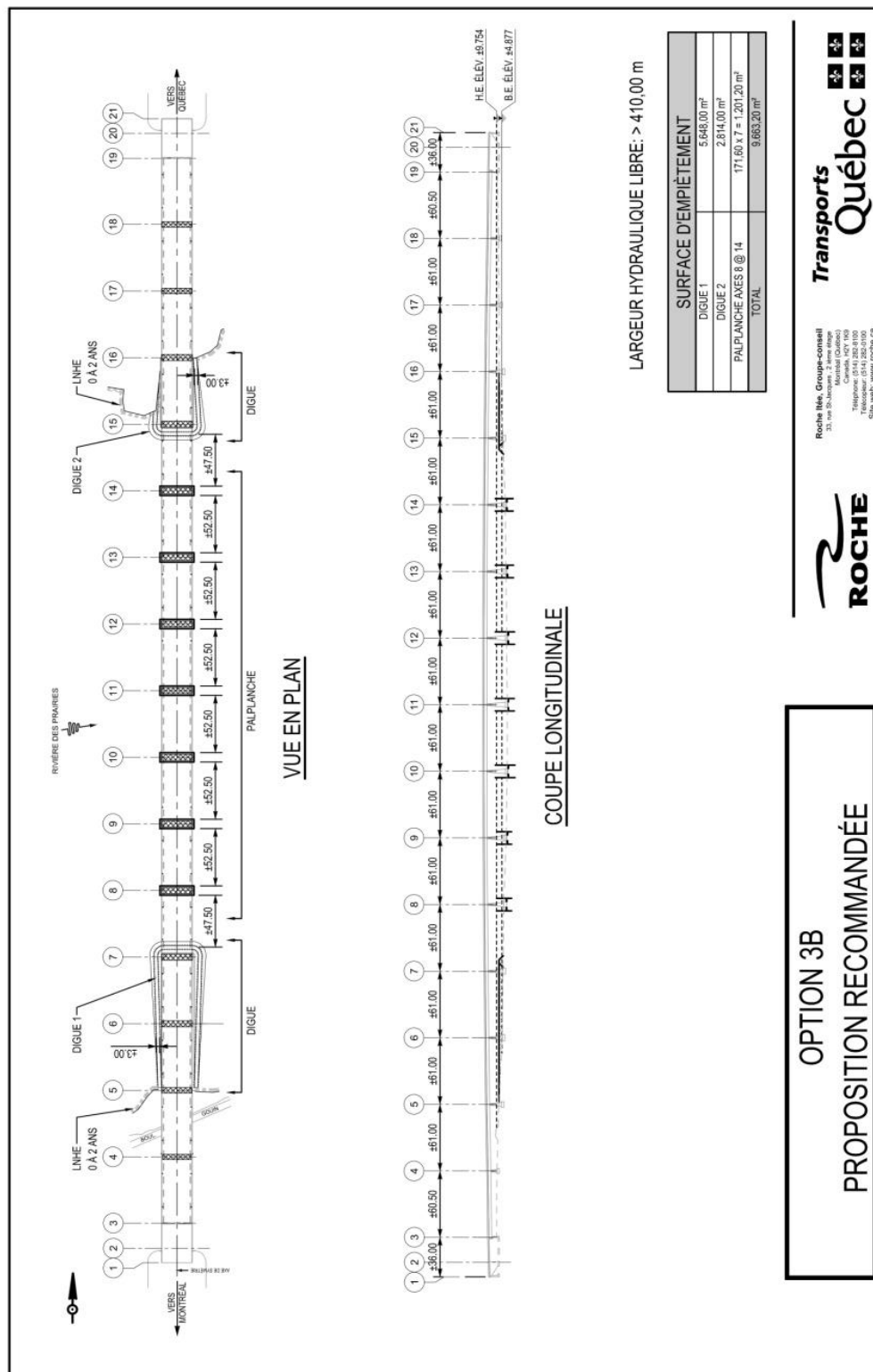
Plan-01 : Batardeaux en palplanches



Plan-02 : Batardeaux en enceinte rigide



Plan-03 : 1^{re} proposition recommandée



Plan-04 : 2^e proposition recommandée

ANNEXE C : Maintien de la circulation

Annexe C-1 : Nombre de voie à maintenir ouvertes afin de respecter la capacité actuelle par direction

Nombre de voies de circulation requis en fonction des débits horaires

Voie 11 (Direction Charlemagne)

Sur la base du débit de saturation calculé de :

2140 véh./h/voie

Heure	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
0	1	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	2	2	2	2	2	1
8	1	2	2	2	2	2	2
9	2	2	2	2	2	2	2
10	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2	3	2
13	2	2	2	2	2	3	2
14	2	3	3	3	3	3	2
15	2	3	3	3	3	3	2
16	2	3	3	3	3	3	3
17	2	3	3	3	3	3	2
18	2	3	3	3	3	3	2
19	2	2	2	2	2	3	2
20	2	2	2	2	2	2	1
21	2	1	1	2	2	2	2
22	2	1	1	1	2	2	2
23	1	1	1	1	1	2	2

Tableau 4 : Nombre de voies à maintenir ouvertes

Nombre de voies de circulation requis en fonction des débits horaires

Voie 12 (Direction Montréal)

Sur la base du débit de saturation calculé de :

2208 véh./h/voie

Heure	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
0	1	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	2	1
5	1	3	3	3	3	3	1
6	1	3	3	3	3	3	1
7	1	3	3	3	3	3	1
8	1	3	3	3	3	3	2
9	2	2	2	2	2	2	2
10	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	2	2
15	3	2	2	2	2	2	2
16	3	2	2	2	2	2	2
17	2	2	2	2	2	2	2
18	2	2	2	2	2	2	2
19	2	2	1	1	1	2	1
20	2	2	1	1	1	1	1
21	2	2	1	2	1	1	2
22	2	1	1	1	1	1	2
23	2	1	1	1	1	1	1

Tableau 4 : Nombre de voies à maintenir ouvertes (Suite)

NOTE :

Le calcul du nombre de voie requise pour respecter la capacité actuelle des voies de circulation a été fait à partir des données de circulation horaires disponibles pour la période couvrant le 1^{er} janvier 2012 au 1^{er} juillet 2012. Ce tableau a été préparé à titre indicatif. Il présente des données agrégées aux heures. Les besoins en termes de voies de circulation varient graduellement dans le temps, et non de façon ponctuelle lors d'un changement d'heure. Les débits en 2013 sont susceptibles de ne pas présenter les mêmes variations horaires qu'en 2012.

Annexe C-2 : Dimensions et portée de la pompe Boom S42X

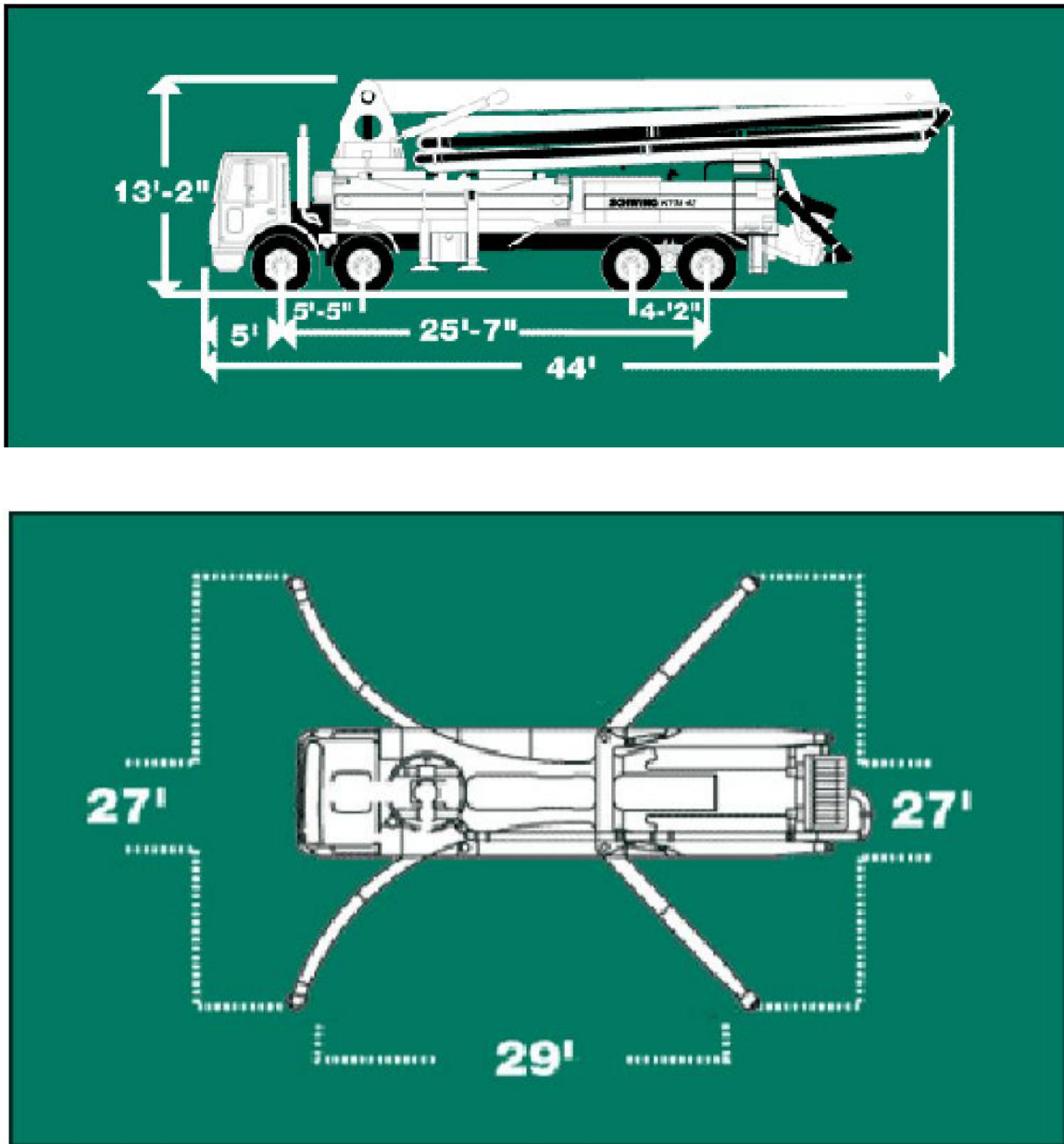


Figure 15 : Spectre de la pompe Boom S42X

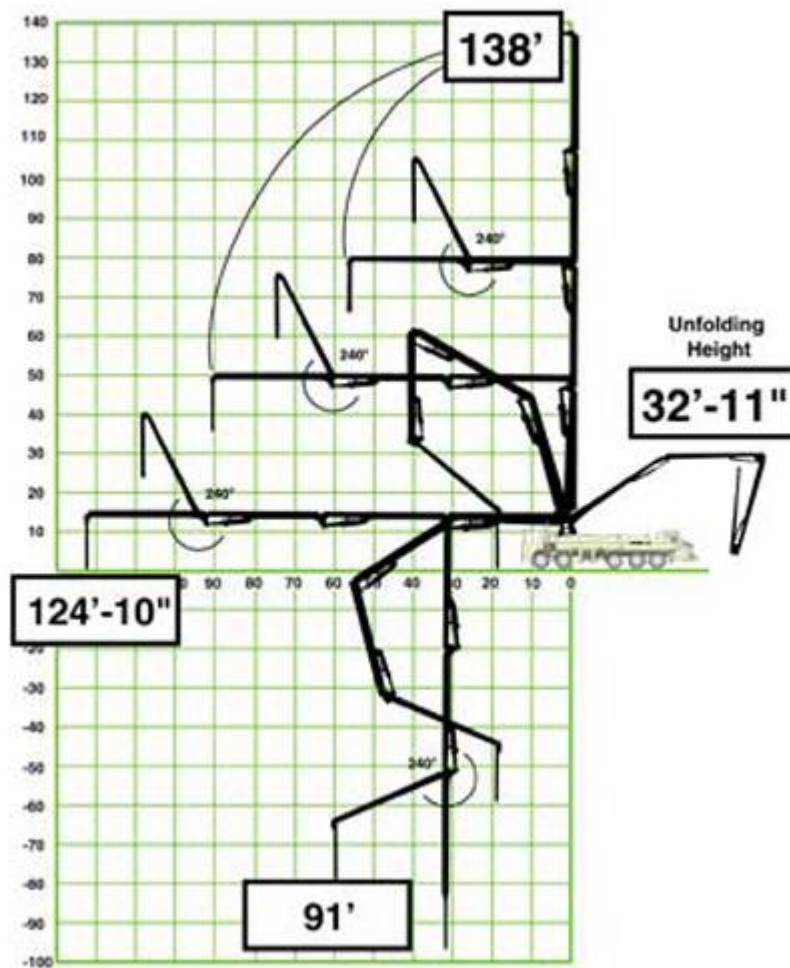


Figure 15 : Spectre de la pompe Boom S42X (Suite)

Durée totale des travaux 120 jours, soit 5 mois
Durée totale des travaux à partir du dessus de la structure 60 jours
Durée totale des travaux à partir du dessous de la structure 90 jours

Articles à inclure au bordereau

Article	Code	Désignation de l'ouvrage	Quantité estimée	Unité de mesure	Prix unitaire	Total
Maintien de la circulation routière et signalisation						
1	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 1	24	jour	4 100 \$	98 400 \$
2	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 2-A	15	jour	4 100 \$	61 500 \$
3	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 2-B	15	jour	4 100 \$	61 500 \$
4	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 2-C	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
5	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 2-C	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
6	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 3-A	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
7	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 3-B	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
8	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 3-C	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
9	620455	Maintien de la circulation routière et signalisation phase 3-D	2	jour	5 200 \$	10 400 \$
10	900005	Signalisation du chemin alternatif	24	Jour	130 \$	3 120 \$
11	630281	Glossière en béton pour chantier à déplacement rapide	1 200	Mètre-jour	0,75 \$	900 \$
12	630295	Fourniture et maintien d'un véhicule de transfert de glossière en béton à déplacement rapide (unité = jour)	2,0	mois	35 000,00 \$	70 000 \$
13	900011	Mobilisation d'un véhicule de transfert pour une nuit et déplacements et démobilitation	60	Unité	2 000,00 \$	120 000 \$
14	900052	Mobilisation, maintien pour vingt-quatre (24) heures et démobilitation de glossières en béton à déplacement rapide pour chantier	20	Mètres	25,00 \$	500 \$
15	600054	Maintien des glossières en béton à déplacement rapide au-delà de la période initiale de vingt-quatre (24) heures	1 200	Mètre-jour	0,75 \$	900 \$
16	900011	Déplacement latéral des glossières en béton à déplacement rapide au cours d'une plage horaire	50	Unité	950 \$	56 050 \$
17	630288	Fourniture d'un atténuateur d'impact temporaire	60	Jour	1 200 \$	72 000 \$
18	900011	Remplacement ou remise en état d'un atténuateur d'impact temporaire (au besoin)	1	Unité	7 000 \$	7 000 \$
19	900011	Déplacement d'un atténuateur d'impact temporaire à l'intérieur des limites du chantier	30	Unité	700 \$	21 000 \$
20	615100	Atténuateur d'impact fixé à un véhicule porteur (avec conducteur)	136	Heure	150 \$	20 400 \$
21	900055	Panneaux complémentaires	10	m²	400 \$	4 000 \$
22	104200	Panneaux à messages variables (unité = panneau-jour)	200	Unité	150 \$	30 000 \$
23	900010	Déplacement de panneaux à messages variables	4	Unité	300 \$	1 200 \$
24	615090	Patrouilleur pour la vérification de la signalisation	600	Heure	70 \$	42 000 \$
25	104800	Dédommagement pour annulation d'une fermeture par le Ministère	2	Unité	1 000 \$	2 000 \$
Sous-total - maintien de la circulation routière et signalisation						734 870 \$
Maintien de la circulation maritime et signalisation						
24	620455	Maintien de la circulation maritime et signalisation - piles 5 à 11 et 14	50	jour	120 \$	6 000 \$
25	620455	Maintien de la circulation maritime et signalisation - pile 12	10	jour	300 \$	3 000 \$
26	620455	Maintien de la circulation maritime et signalisation - pile 13	10	jour	300 \$	3 000 \$
27	620455	Embarcation d'accompagnement pour les besoins du surveillant et du Ministère	30	jour	150 \$	4 500 \$
Sous-total - maintien de la circulation maritime et signalisation						16 500 \$
TOTAL						751 370 \$

Tableau 5 : Estimation du coût pour le maintien de la circulation

ANNEXE D : Les services publics

N/Réf. : 102551.001

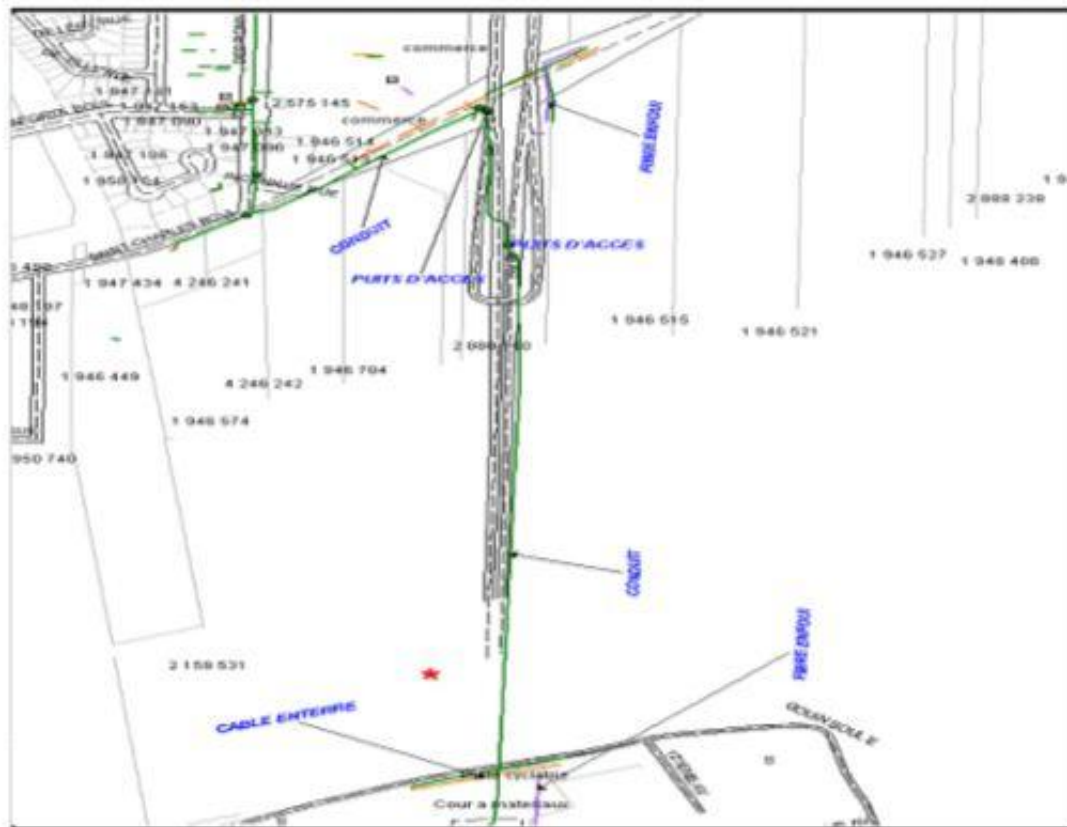


Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal
Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)

Émis le / Issued on:

Valable pour une période de 30 jours suivant la date d'émission de la demande.

Validity of this request: 30 days following the issuance.



Câble Enterré / Buried Cable	—	Conduit / Conduit	—	Fibre enfouie / Buried fiber	—
Abandonné / Abandon Cable	+	Conduit Abandonné / Abandon Conduit	+	Puits D'accès / Manhole	●
Enfouil Proposé / Proposed Buried	—	Enfouil En Construction / Under Construction	—	Autre Enfouil / Other Buried	- - -

Figure 16 : Conduits de Bell, plan reçu par requête info-excavation 2012-09-21



Figure 17: Conduits de Vidéotron, plan 1 de 3 reçu par requête Info-excavation 2012-09-27

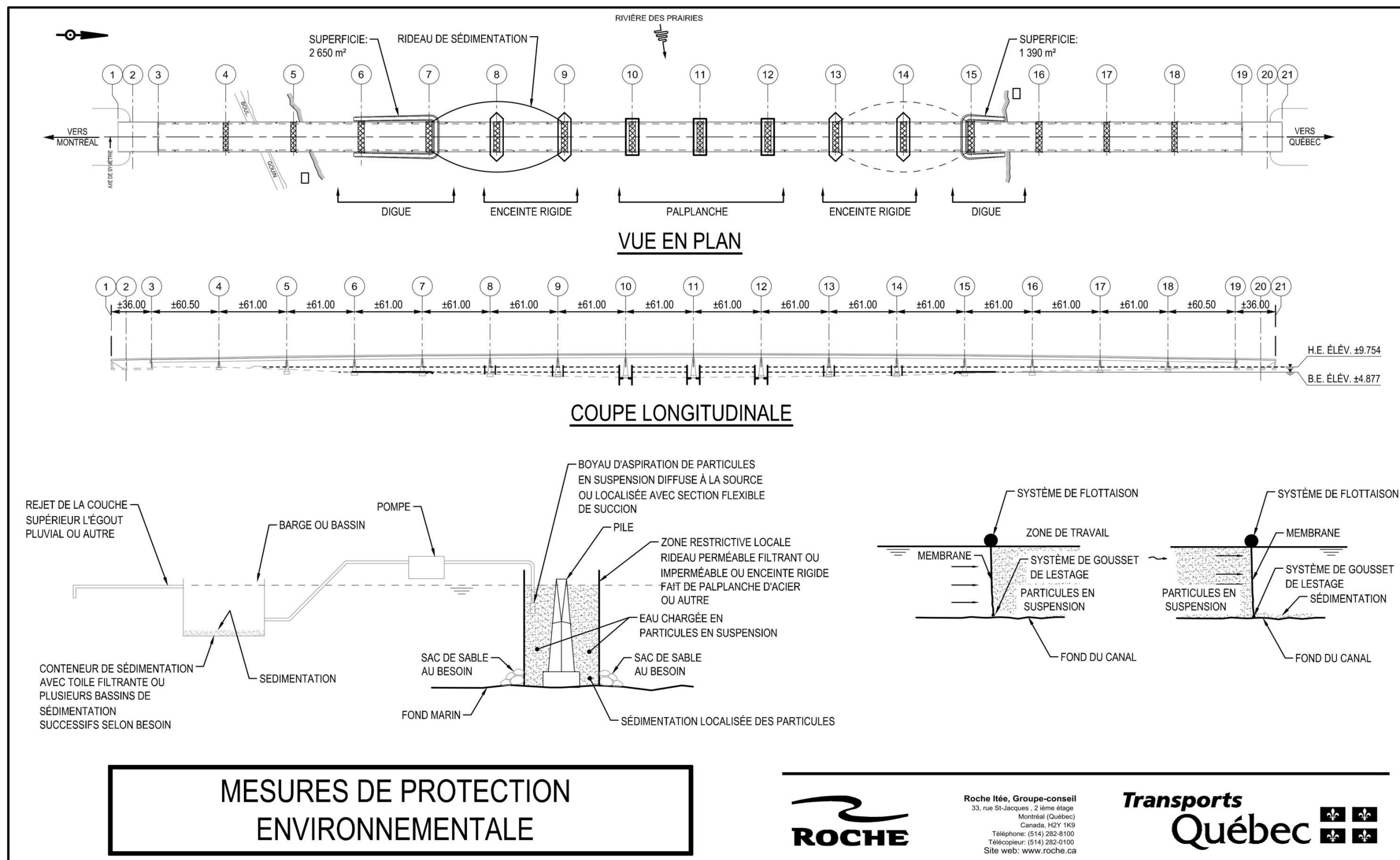


Figure 18: Conduits de Vidéotron, plan 2 de 3 reçu par requête Info-excavation 2012-09-27



Figure 19: Conduits de Vidéotron, plan 3 de 3 reçu par requête Info-excavation
2012-09-27

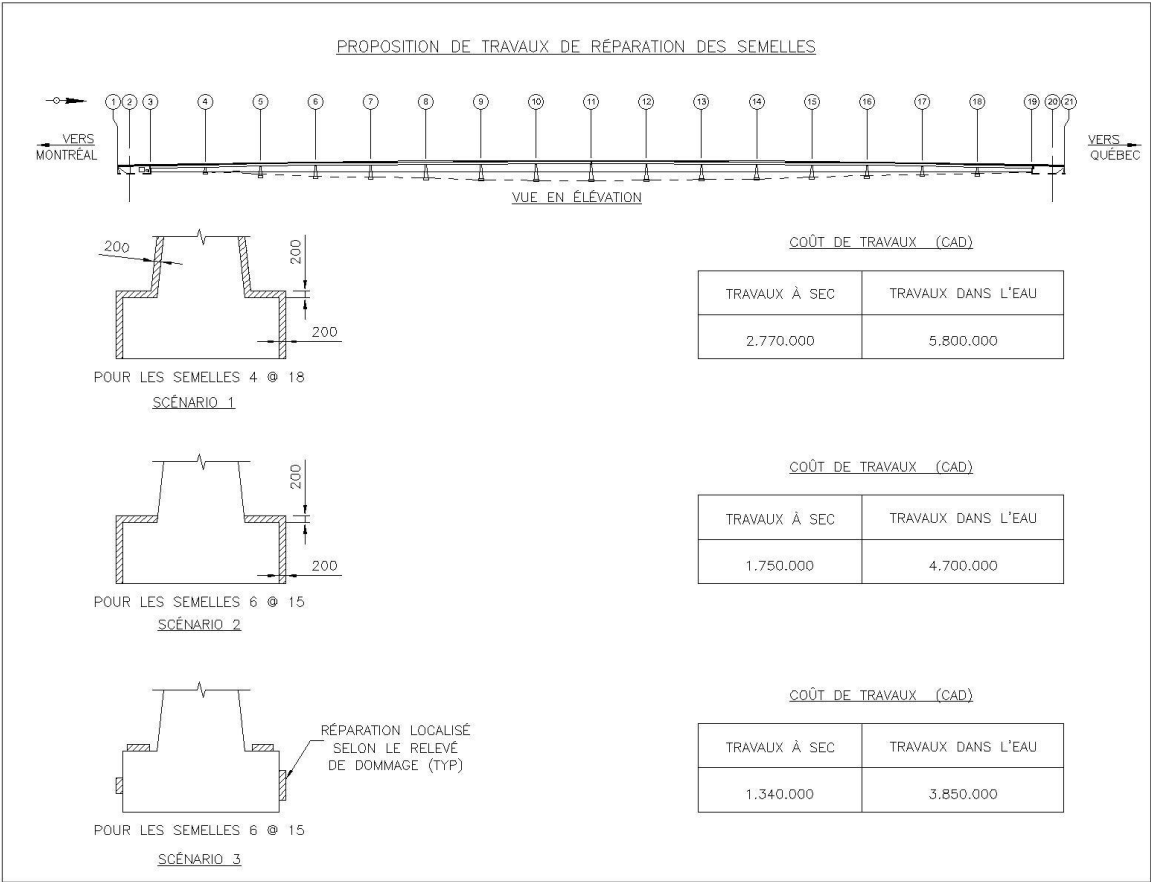
**ANNEXE E : Mesures de protection environnementale pour les travaux dans
l'eau**



Plan-05: Mesures de protection environnementales

ANNEXE F : Estimation du coût des travaux projetés (par option)

Réparation des semelles



Scénario 1 Réparation avec surépaisseur générale sur toute les semelles.

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Excavation (m ³)
Semelle 4	165.9	35.9	4311	124.4	299.1
Semelle 5	211.5	45.3	5435	172.1	367.5
Semelle 16	236.1	50.4	6043	181.5	402.8
Semelle 17	177.0	38.3	4596	132.4	326.3
Semelle 18	183.0	39.5	4740	132.4	326.3

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	32
	Total (\$)	194 686	230 320	150 755	222 840	55 106
	Total général (\$)	853 707				

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Excavation (m ³)
Semelle 6	236.1	50.4	6043	181.5	201.4
Semelle 7	230.3	49.2	5904	181.5	201.4
Semelle 8	225.0	48.1	5778	181.5	201.4
Semelle 9	218.5	46.8	5621	181.5	201.4
Semelle 10	221.3	47.4	5689	181.5	201.4
Semelle 11	212.4	45.6	5474	181.5	201.4
Semelle 12	221.3	47.4	5689	181.5	201.4
Semelle 13	218.5	46.8	5621	181.5	201.4
Semelle 14	225.0	48.1	5778	181.5	201.4
Semelle 15	0.0	0.0	0	0.0	0.0

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	150
	Total (\$)	803 364	472 976	773 960	2 613 312	271 877
	Total général (\$)	4 935 489				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	132
	Total (\$)	401 682	472 976	309 584	489 996	239 251
	Total général (\$)	1 913 489				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	2 767 196	5 789 196

Scénario 2 Réparation avec surépaisseur générale sur les semelles ciblées 6 @ 15

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Excavation (m ³)
Pile 6	236.1	50.4	6043	181.5	201.4
Pile 7	230.3	49.2	5904	181.5	201.4
Pile 8	225.0	48.1	5778	181.5	201.4
Pile 9	218.5	46.8	5621	181.5	201.4
Pile 10	221.3	47.4	5689	181.5	201.4
Pile 11	212.4	45.6	5474	181.5	201.4
Pile 12	221.3	47.4	5689	181.5	201.4
Pile 13	218.5	46.8	5621	181.5	201.4
Pile 14	225.0	48.1	5778	181.5	201.4
Pile 15	0.0	0.0	0	0.0	0.0

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	150
	Total (\$)	803 364	472 976	773 960	2 613 312	271 877
	Total général (\$)	4 935 489				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	32
	Total (\$)	401 682	472 976	309 584	489 996	58 000
	Total général (\$)	1 732 238				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	1 732 238	4 935 489

Scénario 3

Réparation avec surépaisseur localisée (selon le relevé de dommage) sur les semelles ciblées 6@15

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Excavation (m ³)
Pile 6	177.1	37.8	4532.4	136.1	201.4
Pile 7	92.1	19.7	2361.5	72.6	201.4
Pile 8	180.0	38.5	4622.2	145.2	201.4
Pile 9	87.4	18.7	2248.3	72.6	201.4
Pile 10	221.3	47.4	5689.4	181.5	201.4
Pile 11	212.4	45.6	5474.4	181.5	201.4
Pile 12	221.3	47.4	5689.4	181.5	201.4
Pile 13	163.9	35.1	4215.6	136.1	201.4
Pile 14	180.0	38.5	4622.2	145.2	201.4
Pile 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

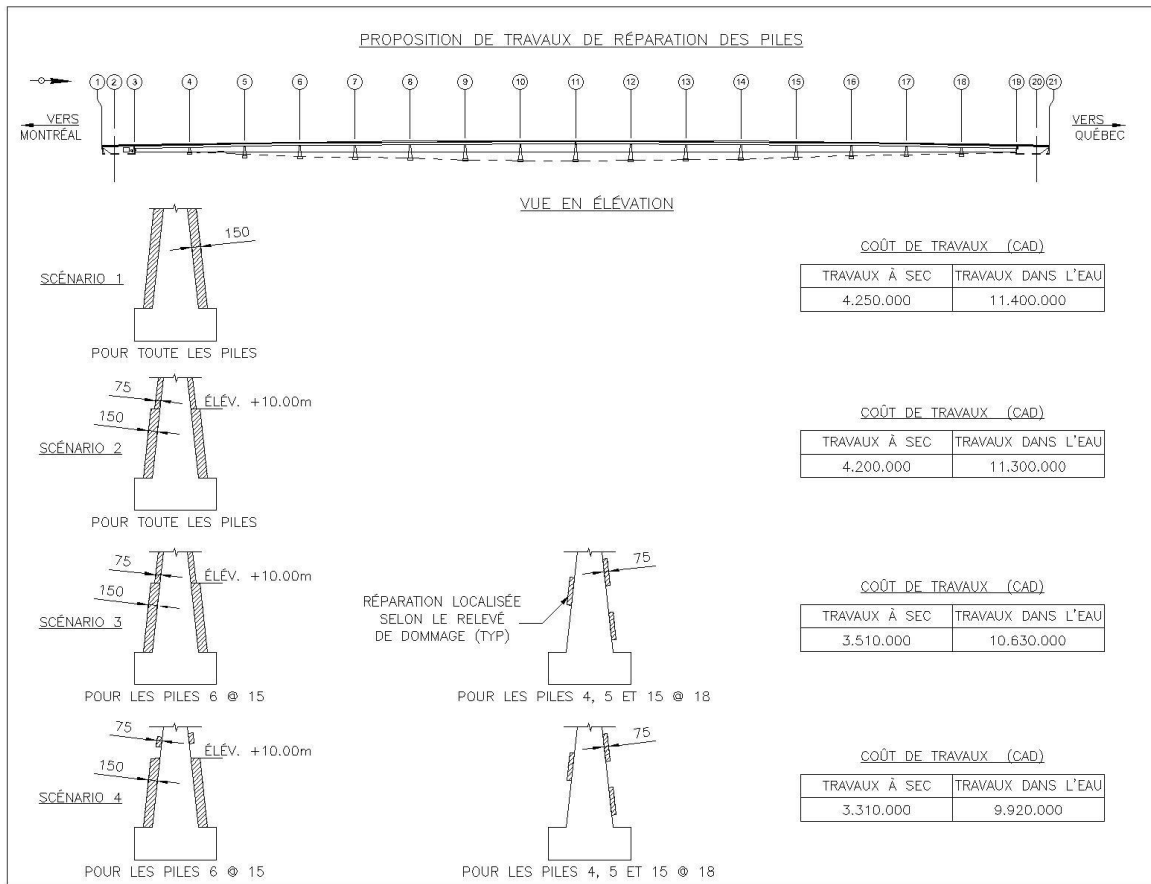
Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	150
	Total (\$)	614 205	361 676	591 833	2 003 539	271 877
	Total général (\$)	3 843 129				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	32
	Total (\$)	307 102	361 676	236 733	375 664	58 000
	Total général (\$)	1 339 175				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	1 339 175	3 843 129

Réparation des piles



Scénario 1 Réparation avec surépaisseur de toutes les piles et sur toutes leurs hauteurs.

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 4	77.6	11.3	1354	82.0	2786.8
Pile 5	275.8	39.7	4769	282.0	8317.8
Pile 16	327.0	46.8	5620	333.9	9674.8
Pile 17	224.3	32.4	3894	229.7	6963.8
Pile 18	192.7	28.0	3354	197.7	6063.6

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	219 491	174 083	113 945	337 599	33 807
	Total général (\$)	878 924				

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 6	327.0	46.8	5620	333.9	9674.8
Pile 7	363.3	51.8	6220	370.7	10574.6
Pile 8	409.0	58.2	6982	417.0	11777.8
Pile 9	467.9	66.4	7962	476.8	13431.2
Pile 10	479.3	65.9	7911	488.1	13795.2
Pile 11	494.8	69.9	8392	503.9	13794.4
Pile 12	479.3	65.9	7911	488.1	13795.2
Pile 13	467.9	66.4	7962	476.8	13431.2
Pile 14	409.0	58.2	6982	417.0	11777.8
Pile 15	363.3	51.8	6220	370.7	10574.6

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	1
	Total (\$)	1 704 307	661 484	1 082 428	6 948 740	122 627
	Total général (\$)	10 519 584				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	852 153	661 484	432 971	1 302 889	122 627
	Total général (\$)	3 372 123				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	4 251 048	11 398 508

Scénario 2

Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur pour toutes les piles.

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 4	77.6	9.0	1079	84.4	2786.8
Pile 5	275.8	37.3	4475	282.8	8317.8
Pile 16	327.0	44.5	5335	334.7	9674.8
Pile 17	224.4	30.0	3596	230.6	6963.8
Pile 18	192.7	25.3	3040	198.6	6063.6

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	219 503	160 655	105 156	339 307	33 807
	Total général (\$)	858 427				

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 6	327.0	44.5	5335	334.7	9674.8
Pile 7	363.3	49.5	5937	371.4	10574.6
Pile 8	409.0	55.7	6682	417.6	11777.8
Pile 9	468.0	61.8	7414	476.8	13431.2
Pile 10	479.3	63.5	7617	488.7	13795.2
Pile 11	494.8	67.3	8076	504.4	13794.4
Pile 12	479.3	63.5	7617	488.7	13795.2
Pile 13	468.0	61.8	7414	476.8	13431.2
Pile 14	409.0	55.7	6682	417.6	11777.8
Pile 15	363.3	49.4	5934	371.4	10574.6

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	1
	Total (\$)	1 704 323	629 819	1 030 613	6 956 712	122 627
	Total général (\$)	10 444 094				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	852 162	629 819	412 245	1 304 383	122 627
	Total général (\$)	3 321 236				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	4 179 663	11 302 521

Scénario 3 Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m, et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement sur le reste de la hauteur pour les piles dans l'eau (# 6 @ # 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) sur les autres piles.

	Taux de dommage (%)	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 4	20%	15.5	1.1	135	15.9	2786.8
Pile 5	25%	69.0	5.0	594	69.7	8317.8
Pile 16	20%	65.4	4.7	560	66.1	9674.8
Pile 17	20%	44.9	3.2	388	45.4	6963.8
Pile 18	25%	48.2	3.5	418	48.8	6063.6

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	48 587	19 213	12 576	73 740	33 807
	Total général (\$)	187 924				

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 6	327.0	44.5	5335	334.7	9674.8
Pile 7	363.3	49.5	5937	371.4	10574.6
Pile 8	409.0	55.7	6682	417.6	11777.8
Pile 9	468.0	61.8	7414	476.8	13431.2
Pile 10	479.3	63.5	7617	488.7	13795.2
Pile 11	494.8	67.3	8076	504.4	13794.4
Pile 12	479.3	63.5	7617	488.7	13795.2
Pile 13	468.0	61.8	7414	476.8	13431.2
Pile 14	409.0	55.7	6682	417.6	11777.8
Pile 15	363.3	49.4	5934	371.4	10574.6

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	1
	Total (\$)	1 704 323	629 819	1 030 613	6 956 712	122 627
	Total général (\$)	10 444 094				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	852 162	629 819	412 245	1 304 383	122 627
	Total général (\$)	3 321 236				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	3 509 160	10 632 017

Scénario 4 Réparation avec surépaisseur jusqu'à l'élévation +10.00 m pour les piles (# 6 @ # 15), et réparation sans surépaisseur avec augmentation du recouvrement localement (selon le relevé de dommage) pour le reste de la hauteur, et ainsi que pour la totalité des piles (#4, 5, 16, 17 et 18).

	Taux de dommage (%)	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 4	20%	15.5	1.1	135	15.9	2786.8
Pile 5	25%	69.0	5.0	594	69.7	8317.8
Pile 16	20%	65.4	4.7	560	66.1	9674.8
Pile 17	20%	44.9	3.2	388	45.4	6963.8
Pile 18	25%	48.2	3.5	418	48.8	6063.6

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	48 587	19 213	12 576	73 740	33 807
	Total général (\$)	187 924				

	Démolition (m ²)	Volume béton (m ³)	Acier (kg/m ³)	Coffrage (m ²)	Plaque d'acier avant-bec
Pile 6	300.8	42.8	5142	307.6	9674.8
Pile 7	337.2	47.9	5743	344.4	10574.6
Pile 8	381.3	54.0	6475	389.1	11777.8
Pile 9	417.1	58.4	7007	425.3	13431.2
Pile 10	451.3	61.8	7412	460.0	13795.2
Pile 11	465.4	65.5	7855	474.4	13794.4
Pile 12	451.3	61.8	7412	460.0	13795.2
Pile 13	417.1	58.4	7007	425.3	13431.2
Pile 14	381.3	54.0	6475	389.1	11777.8
Pile 15	336.9	47.8	5738	344.1	10574.6

Travaux dans l'eau	P.U. (\$)	400	1 100	15	1 600	1
	Total (\$)	1 575 912	607 442	993 995	6 431 018	122 627
	Total général (\$)	9 730 993				

Travaux à sec	P.U. (\$)	200	1 100	6	300	1
	Total (\$)	787 956	607 442	397 598	1 205 816	122 627
	Total général (\$)	3 121 438				

Récapitulatif

	Travaux à sec	Travaux dans l'eau
Total général (\$)	3 309 362	9 918 917

ANNEXE G : Investigation complémentaire (Levé bathymétrique)

LEVÉ BATHYMÉTRIQUE SOUS LE PONT CHARLES-DE-GAULLE A MONTRÉAL

Présenté à

ROCHE Ltée, Groupe Conseil
33 rue Saint-Jacques, 2^{ème} étage
Montréal (Québec) H2Y 1K9
Tél. : 514-282.4181, poste 271

Présenté par :

GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.
100 - 2545, rue Delorimier
Longueuil (Québec)
J4K 3P7

Octobre 2012

M-12482



TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	LOCALISATION DU SITE À L'ÉTUDE.....	1
3.	ÉQUIPEMENTS NAUTIQUES ET QUALIFICATION DU PERSONNEL.....	2
4.	MÉTHODOLOGIE.....	2
4.1	Bathymétrie.....	2
4.2	Positionnement planimétrique et navigation	3
5.	RÉSULTATS.....	3
6.	CONCLUSION	4

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	Localisation régionale des levés géophysiques.....	1
----------	--	---

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Résultats – Dessin N°12-10-014-PRE	
----------	------------------------------------	--



1. INTRODUCTION

ROCHE Ltée a mandaté Géophysique GPR International Inc. pour effectuer un levé bathymétrique sous le pont Charles-de-Gaulle sur une surface d'environ 80m par 600m. Le levé de bathymétrie a été réalisé du 12 au 15 octobre 2012.

Le document qui suit présente la localisation des travaux géophysiques réalisés, les principes des méthodes utilisées, la méthodologie des levés et les résultats obtenus. Une brève conclusion clôt ce rapport.

2. LOCALISATION DU SITE À L'ÉTUDE

La figure 1 ci-dessous présente la localisation du levé

FIGURE 1
Localisation régionale des levés géophysiques



3. ÉQUIPEMENTS NAUTIQUES ET QUALIFICATION DU PERSONNEL

Le levé de bathymétrie a été effectué avec une embarcation d'une longueur de 16 pieds avec un moteur de 25 HP. L'embarcation utilisée était dûment certifiée par Transports Canada comme étant conforme à la sécurité maritime. Les équipements de navigation, de sauvetage et de lutte incendie étaient tous conformes aux exigences de Transports Canada.

L'ensemble du personnel à bord des embarcations possédait les compétences requises pour conduire une embarcation de plaisance conformément au règlement sur la compétence des conducteurs d'embarcations de plaisance. Le personnel a suivi le cours FUM-A4 de formation aux fonctions d'urgence en mer exigé par Transports Canada pour le personnel à bord de petits bâtiments commerciaux. De plus, lors des travaux de terrain au moins un employé de GPR avait suivi un cours de premier répondant.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Bathymétrie

La bathymétrie consiste à mesurer les profondeurs dans le but de déterminer la topographie des fonds de plan d'eau. Le bathymètre obtient ces résultats grâce à un transducteur piézoélectrique installé sous la surface de l'eau. Le bathymètre utilisé pour ce levé était un SonarMite. Il possède une résolution de 1 cm et enregistre les données de façon numérique. Sa fréquence de résonance est de (200 ± 10) kHz et sa largeur angulaire de faisceau est de $9,5^\circ$, de forme conique. Les données de profondeur sont positionnées à toutes les secondes à partir de coordonnées mesurées par un système GPS RTK (Real Time Kinematic) et d'une station totale robotisée. Les mesures de profondeur sont ensuite converties en élévations par rattachement au niveau de l'eau, lors des levés.

Le bateau de sondage a couvert une zone approximative de 500m X 80m, en effectuant des lignes parallèles espacées de 5 mètres et orientées perpendiculairement à la rive. À proximité des piliers, l'espacement des lignes était d'environ 2 m.



4.2 Positionnement planimétrique et navigation

Le positionnement des mesures bathymétriques a été effectué à l'aide d'un récepteur GPS RTK Trimble 5700 relié à une station de base installée sur le point géodésique 95KM008. Sous le pont, les données GPS n'étant pas disponibles, une station totale robotisée Trimble S6 a été utilisée. L'antenne du GPS était placée directement au-dessus de la sonde bathymétrique au bout d'un mât.

Le logiciel de navigation *Hypack* était utilisé afin de faciliter l'acquisition des données GPS et bathymétriques. Il permet de voir, en temps réel, la position, la vitesse, la direction et le cheminement de la sonde sur l'écran du micro-ordinateur employé durant le levé.

Le positionnement de la sonde du bathymètre était enregistré sur un micro-ordinateur portable, selon le Système de Coordonnées Planes du Québec (SCoPQ), fuseau 8, WGS-84.

5. RÉSULTATS

Le traitement des données numériques consistait à examiner chaque ligne de levé et à éliminer les valeurs de profondeur non valides, ainsi qu'à vérifier le positionnement à certains endroits. Ensuite, les profondeurs ont été rattachées au zéro géodésique (NMM-29).

En général, la précision des valeurs de profondeur est de l'ordre de ± 20 cm, en tenant compte de tous les facteurs qui influencent les lectures, le mouvement du bateau, la vitesse du son dans l'eau, les vagues, la précision du système de positionnement, etc.

Le dessin N° présente les fonds en profondeur par rapport au zéro géodésique (NMM-29). Le dessin N°12-10-014-PRE est inséré à l'annexe 1.



6. CONCLUSION

Le levé bathymétrique a été réalisé par M. Christian Chatel, tech. sr du 12 au 15 octobre 2012. L'incertitude sur la détermination de l'élévation du fond de la rivière est de l'ordre de ± 20 cm, en tenant compte de tous les facteurs qui influencent les mesures.

Les résultats bathymétriques présentés sur le dessin en annexe 1 reflètent l'état du fond du fleuve sous le pont Charles-de-Gaulle.

Ce rapport a été rédigé par Christian Chatel tech. sr et, approuvé par Réjean Paul, ing., Géoph.

Christian Chatel, tech. sr
Chargé de projets

Réjean Paul, ing., géoph.
Président
(no membre O.I.Q. : 23848)



ANNEXE 1

Dessin N°12-10-014-PRE



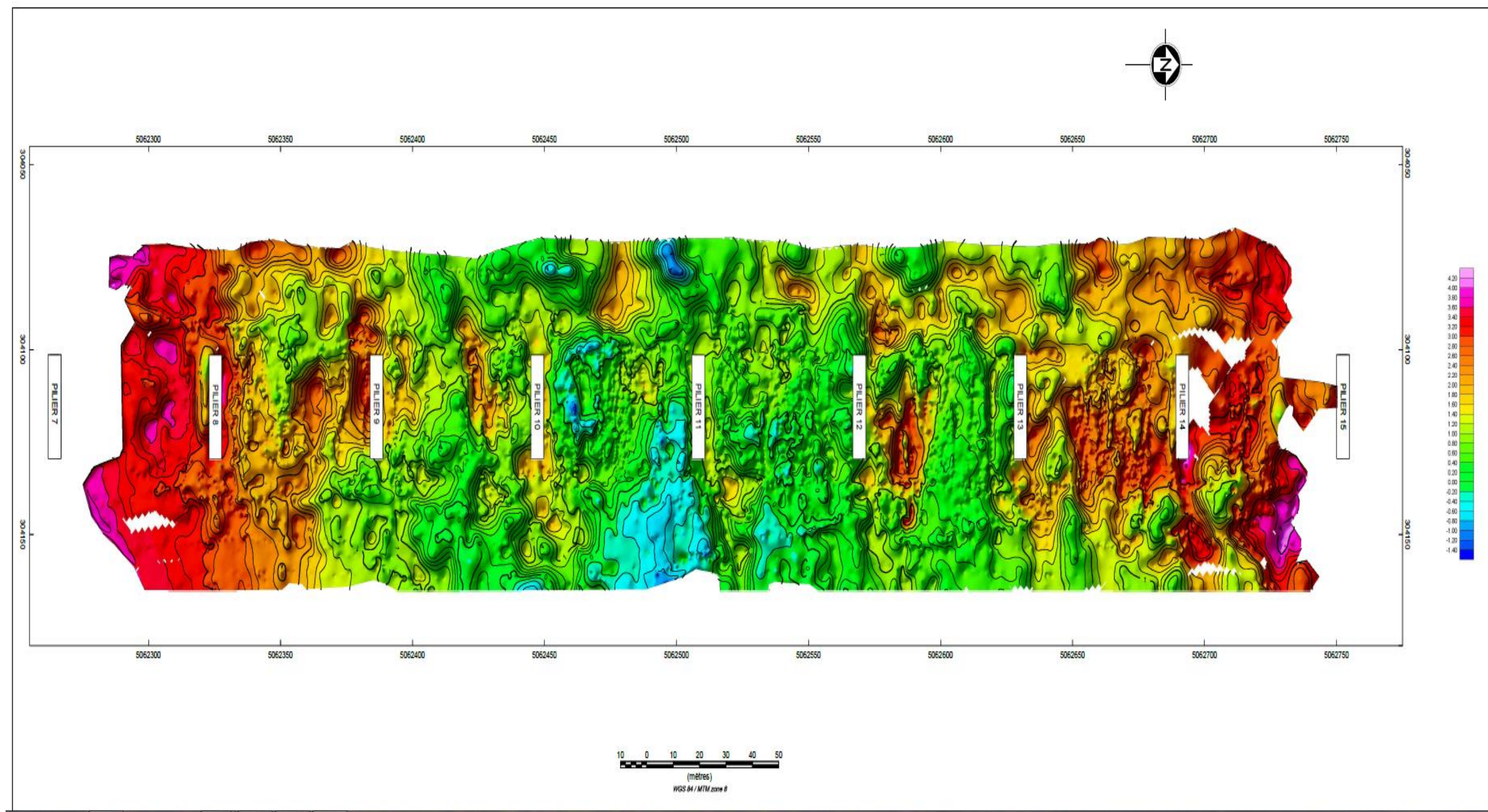
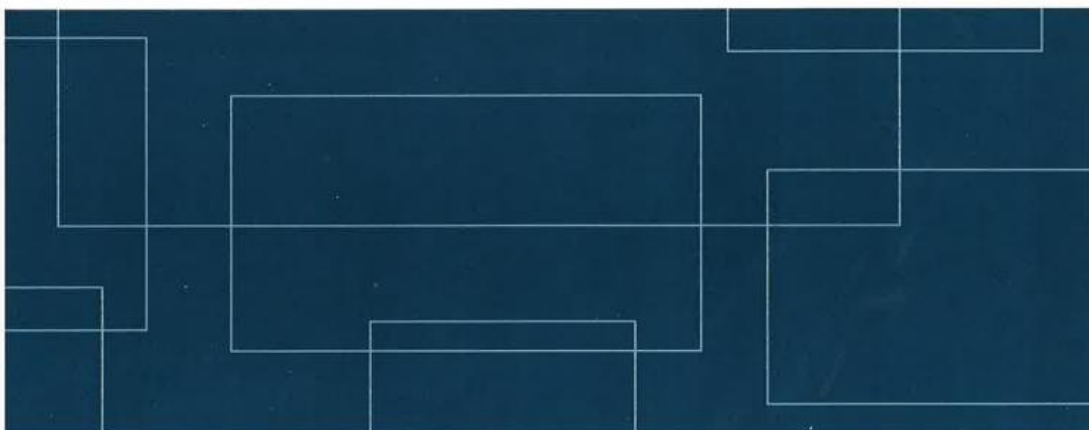


Figure 20 : Levé bathymétrique

ANNEXE H : Investigation complémentaire (Carottage du béton)



Ministère des Transports du Québec

Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle

Rapport d'expertise révisé

Date : 14 novembre 2012
N/Réf. : 023-P-0000502-0-07-500-IM-0001-01

LVM



PAR MESSAGERIE

Le 14 novembre 2012

M. Robert Arnoldo, ing.
Service des projets
Ministère des Transports du Québec
500, boulevard René-Lévesque Ouest, 12^e étage
Case postale 5
Montréal (QC) H2Z 1W7

Objet : *Rapport d'expertise révisé*
Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle
V/No projet : 154070637
V/Dossier CSP : 8503-12-LC04
N/Réf. : P-0000502-0-07-500-IM-0001-00

Monsieur,

Il nous fait plaisir de vous présenter le rapport final des services professionnels rendus par LVM inc. dans le cadre du projet intitulé «Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle».

Nous espérons le tout à votre entière satisfaction et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.
Directeur de service

SC/sf

c.c. M. Lazhar Hamza, ing., Msc., P.ENG./Roche

\\anjou-sf1\projets\023\p-0000502_pcad_dt_montréal\livrables\p-0000502_0_07_500\rapportfinal_lettre.doc

LVM.CA
Certifiée OHSAS 18001

T 514.355.3512
F 514.355.0108
montréal@lvm.ca

8320, rue Pauline-Vanier
Anjou (Québec)
Canada H1J 3B5



FICHE DE TRANSMISSION

N° P-0000502-0-07-500

À :	Monsieur Robert Arnoldo, ing.	Date :	Le 14 novembre 2012
Entreprise :	Ministère des transports 500, boul. René-Lévesque Ouest 12 ^e étage, C.P. 5 Montréal (Québec) H2Z 1W7	Objet :	Rapport d'expertise Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle
Projet N° :	P-0000502-0-07-500	Référence client :	8503-12-LC04
		Projet n°	154070637

Nous vous transmettons les documents suivants :

☐ par la poste ☐ par messenger ☐ de main à main ☐ autre : _____

Numéro	Description	Forme*	Code**	Quantité
023-P-0000502-0-07-500-IM-0001-01	Rapport d'expertise révisé	E	5	1
023-P-0000502-0-07-500-IM-0001-01	Rapport d'expertise révisé	I	5	1

Remarques :

Forme*	Code**
A. Ozalid	1. Pour approbation
B. Photocopie	2. Pour commentaires
C. Vélín	3. Pour information
D. Film	4. Émission préliminaire
E. Original	5. Émission finale
F. Tracé de DAO papier	6. À compléter et nous retourner
G. Tracé de DAO vélin	7. Fournir tel que soumis
H. Tracé de DAO film	8. Fournir tel que corrigé
I. CD	9. Réviser et resoumettre
J. DVD	10. Refusé
K. Disquette	11. Autre :
L. Autre :	

Documents émis par :

(Prénom, nom)

Stéphane Charpentier, ing., M. Ing

Documents reçus par :

(Prénom, nom et signature)

S.V.P. confirmer la réception

c.c. M. Lazhar Hamza, ing., M.Sc., P.ENG., ROCHE (1 cahier + 1 CD)



FICHE DE TRANSMISSION

N° P-0000502-0-07-500

À :	Monsieur Lazhar Hamza, ing., M.Sc., P.ENG.	Date :	Le 14 novembre 2012
Entreprise :	ROCHE 33, rue St-Jacques 12 ^e étage Montréal (Québec) H2Y 1K9	Objet :	Rapport d'expertise Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle
Projet N° :	P-0000502-0-07-500	Référence client :	8503-12-LC04
		Projet n°	154070637

Nous vous transmettons les documents suivants :

☐ par la poste ☐ par messenger ☐ de main à main ☐ autre : _____

Numéro	Description	Forme*	Code**	Quantité
023-P-0000502-0-07-500-IM-0001-01	Rapport d'expertise révisé	E	5	1
023-P-0000502-0-07-500-IM-0001-01	Rapport d'expertise révisé	I	5	1

Remarques :

Forme*	Code**
A. Ozalid	1. Pour approbation
B. Photocopie	2. Pour commentaires
C. Vélín	3. Pour information
D. Film	4. Émission préliminaire
E. Original	5. Émission finale
F. Tracé de DAO papier	6. À compléter et nous retourner
G. Tracé de DAO vélín	7. Fournir tel que soumis
H. Tracé de DAO film	8. Fournir tel que corrigé
I. CD	9. Réviser et resoumettre
J. DVD	10. Refusé
K. Disquette	11. Autre :
L. Autre :	

Documents émis par :
(Prénom, nom)

Stéphane Charpentier, ing., M.ing

Documents reçus par :
(Prénom, nom et signature)

S.V.P. confirmer la réception

c.c. M. Robert Arnoldo, ing., MTQ (1 cahier + 1 CD)



Ministère des Transports du Québec

Expertise sur béton de ciment, piles du pont Charles-De Gaulle

Rapport d'expertise révisé

Préparé par :

Stéphane Charpentier, ing., M.Ing.

Directeur de service

Approuvé par :

Stéphane Charpentier, ing., M.Ing.

Directeur de service

8320, rue Pauline-Vanier, Anjou (Qc) H1J 3B5 – T 514.355.3512 F 514.355.0108 – montreal@lvm.ca – www.lvm.ca

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 DESCRIPTION DES TRAVAUX ET LOCALISATION DES CAROTTES	2
2 RÉSULTATS DES EXAMENS ET DES ESSAIS	2
2.1 Examen visuel des carottes	2
2.2 Résistance à la compression	3
3 COMMENTAIRES ET CONCLUSION	4

Annexe

- Annexe 1 Schéma de localisation des carottes (1 page)
- Annexe 2 Fiches descriptives des carottes (5 pages)
- Annexe 3 Relevé photographique (3 pages)

P-0000502-0-07-500
 EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

i

Propriété et confidentialité

« Ce document d'ingénierie est la propriété de LVM et est protégé par la loi. Ce rapport est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite de LVM et de son Client.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants de LVM qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment qualifiés selon la procédure relative à l'approvisionnement de notre manuel qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS		
No de révision	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
00	2012-11-05	Émission finale
01	2012-11-14	Révision 01

P-0000502-0-07-500

EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

ii

INTRODUCTION

La Ministère des Transports du Québec a retenu les services de LVM inc., consultants en géotechnique, environnement et en contrôle qualitatif des sols et matériaux, pour réaliser une expertise technique sur certaines piles du pont Charles-De Gaulle.

Le pont Charles-De Gaulle enjambe la rivière des Prairies à l'extrémité est de l'Île-de-Montréal.

L'évaluation de la qualité du béton de ciment durci a été effectuée à partir d'opérations de carottage dans certaines piles du pont, d'un relevé visuel des carottes et de la réalisation d'essais visant à déterminer la résistance à la compression sur des carottes en laboratoire.

L'objectif de cette étude est, d'une part, de déterminer la résistance à la compression, la compacité et l'aspect général des granulats pour les carottes C-2, C-3 et C-4 et, d'autre part, de déterminer la profondeur des fissures présentes à la surface et de se prononcer sur l'aspect général du béton à l'interface de rupture pour les carottes C-1 et C-3. Il ne faut donc pas interpréter les résultats comme étant représentatifs de l'état actuel de l'ensemble des ouvrages mais uniquement des zones investiguées.

Il est important de mentionner que l'emplacement des prélèvements et les différentes analyses à réaliser ont été déterminés et définies par le représentant de la firme *ROCHE*.

Le présent document contient des explications et des informations concernant les équipements utilisés, la localisation des prélèvements, l'exécution des travaux, les résultats des essais en laboratoire de même que des commentaires concernant les essais réalisés en laboratoire. Les résultats détaillés des essais de laboratoire et les fiches descriptives des carottes sont présentés à l'annexe 2.

P-0000502-0-07-500

EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

1

1 DESCRIPTION DES TRAVAUX ET LOCALISATION DES CAROTTES

Au total, cinq (5) échantillons de béton ont été prélevés par carottages dans les piles du pont, soit trois (3) carottes sur la terre ferme et deux (2) en milieu de rivière. Ces échantillons ont été identifiés C-1 à C-5.

Les travaux de carottage ont été effectués à l'aide d'une carotteuse électrique munie de forets diamantés permettant d'obtenir des échantillons de 100 mm de diamètre.

Un schéma de localisation montrant l'emplacement des prélèvements est présenté à l'annexe 1.

2 RÉSULTATS DES EXAMENS ET DES ESSAIS

Les échantillons prélevés dans le cadre de ce mandat ont été acheminés à notre laboratoire où ils ont fait l'objet d'un examen visuel, réalisé par l'ingénieur chargé de projet. Les carottes échantillonnées ont été photographiées à l'état humide avant de subir les essais destructifs en laboratoire. Les fiches descriptives de chacune des carottes sont présentées à l'annexe 2.

2.1 EXAMEN VISUEL DES CAROTTES

De façon générale, le béton durci est dense et dur, et présente une texture relativement homogène. À l'exception de la carotte C-1, où une couche de béton de réparation a été observée en surface, toutes les autres carottes n'ont traversé qu'une seule couche. Le granulat grossier du béton d'origine est constitué de calcaire à grains fins avec présence de fossiles. Quant au béton de réparation, le granulat grossier est plutôt constitué de dolomie. La grosseur nominale des granulats pour le béton d'origine est de l'ordre de 25 mm et plus et 20 mm pour le béton de réparation. Le lien pâte / granulat peut être qualifié de bonne qualité. Partout dans le béton existant, la présence d'une réaction alcalis-granulats (RAG) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, de dépôts blanchâtres et de granulats fissurés a été observée. En se basant sur les critères d'attribution des cotes d'abondance et de sévérité des signes de RAG dans le béton de masse en service de M. Marc-André Bérubé, il est possible d'avancer que la cote d'abondance des signes de RAG est peu nombreux et la cote de sévérité des signes de RAG est peu sévères. Mentionnons toutefois, que ces observations visuelles ont été réalisées sur des carottes de 100 mm de diamètre alors que les cotes d'abondance et de sévérité de M. Marc-André Bérubé sont attribuées sur des carottes de 150 mm de diamètres.

P-0000502-0-07-500

EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

2

Outre ces observations d'ordre général, les informations suivantes ont également pu être tirées de l'examen visuel des échantillons :

- ▶ Des traces de corrosions ont été observées sur chacune des trois (3) barres d'armature rencontrées (C-2 et C-3);
- ▶ L'adhérence entre le béton de réparation et celui existant en C-1 peut être qualifié de bonne. Une fissure mécanique produite par les opérations de carottage a toutefois été observée dans le béton existant près du point de contact avec le béton de réparation.
- ▶ La surface exposée des carottes C-4 et C-5 est écaillée.
- ▶ La réalisation des carottes C-1 et C-3 au droit des fissures a permis de constater que la fissure en C-1 traverse complètement la couche de béton de réparation puis s'arrête au béton existant. Par contre, au droit de la carotte C-3, la fissure est présente sur toute la profondeur carottée, soit 420 mm.
- ▶ L'examen visuel de l'interface de rupture des fissures montre la présence d'un dépôt brunâtre jusqu'à environ 150 mm de profondeur en C-1 et sur toute la profondeur carottée en C-3. Ce dépôt brunâtre semble avoir été laissé en place suite au passage de l'eau (dépôt organique).
- ▶ Outre ces fissures longitudinales, des fissures ont été observées à proximité des barres d'armature en C-2 et C-3. De plus, des fissures multiples ont été observées en C-3.

2.2 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

Les mesures de résistance à la compression réalisées sur les carottes de béton ont été effectuées selon la norme CAN/CSA A23.2-14C « *Détermination de la résistance à la compression de carottes en béton* ». La résistance à la compression mesurée sur les échantillons a varié entre 26,4 MPa et 30,9 MPa. Le tableau ci-dessous résume les résultats des résistances à la compression mesurées sur les échantillons.

Tableau 2 : Résistance à la compression

LOCALISATION DU PRÉLEVEMENT	ÉCHANTILLON	RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (MPa)
Voir schéma de localisation	C-2	29,2
	C-4	30,9
	C-5	26,4

P-0000502-0-07-500

EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

3 COMMENTAIRES ET CONCLUSION

La présente expertise a permis de répondre aux objectifs soit, mesurer la résistance à la compression du béton et en décrire la composition à certains endroits et vérifier la profondeur des fissures à d'autres endroits.

Les résultats des essais de laboratoires et des examens visuels montrent que le béton est relativement sain. En effet, la résistance à la compression mesurée sur les carottes C-2, C-4 et C-5 a varié entre 26,4 MPa et 30,9 MPa pour une valeur moyenne de 28,8 MPa. Toutefois, la présence de fissures et de réactions alcalis-granulats dans le béton d'origine indiquent la présence de dégradation pouvant affecter les caractéristiques du béton.

Finalement, la réalisation des carottes en C-1 et C-3 a permis de constater que les fissures traversent le béton de réparation et se termine à l'interface avec le béton d'origine en C-1 alors qu'elle traverse en totalité le béton carotté en C-3, soit 420 mm de profondeur.

Nous espérons ces informations à votre entière satisfaction, et vous prions d'agréer, Monsieur, nos salutations distinguées.

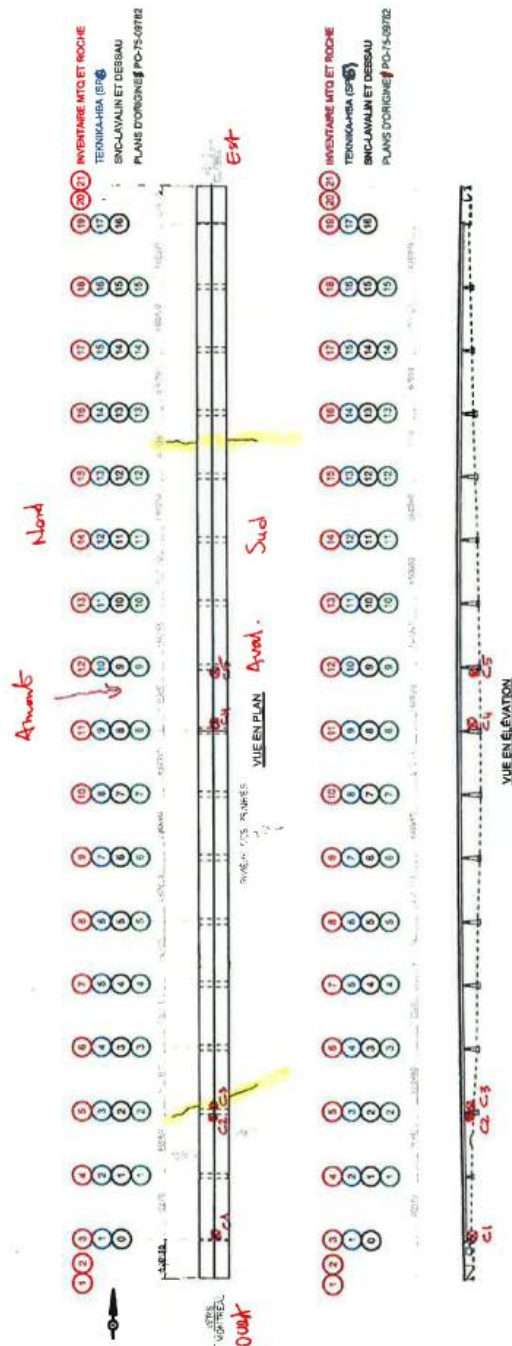
P-0000502-0-07-500

EXPERTISE SUR BÉTON DE CIMENT, PILES DU PONT CHARLES-DE GAULLE

4



Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal
Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)
– 143 – Avant-projet 22 novembre 2012



NOTE : Ce schéma a été
fourni par les consultants ROCHE.



Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal
Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)
– 145 – Avant-projet 22 novembre 2012

Requérant : Ministère des Transports du Québec	N° projet : P-0000502-0-07-500-01
Projet : Expertise sur béton de ciment	N° sondage : -
Localisation : Piles du pont Charles-De Gaulle	N° éch. : C-1
	Date : 2012-10-30

1.0 Croquis de la carotte



2.0 Caractéristiques du béton de la carotte

Diamètre (mm) – 2 mesures	100
Longueur totale (mm) – 4 mesures	330
Longueur du trou de carotte (mm)	330
Nombre de sections	2
Masse (g)	6 034

3.0 Caractéristiques des matériaux

Enrobé bitumineux			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm

Membrane :			
Adhésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible

Béton de ciment			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☒ Faible
	☐ N/A		
Dmax des granulats : 5-20 mm	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☒ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☐ Calcaire	☐ Granite	☒ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☐ Oui	☒ Non	
Réactions :	☐ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☒ N/A

Béton de ciment (si différent du premier)			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
	☒ N/A		
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☒ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☒ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☒ Oui	☐ Non	
Réactions :	☒ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

4.0 Caractéristiques des armatures

1^{er} rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

2^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

3^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

4^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

5.0 Essais réalisés

Essai	Résultat

6.0 Remarques

Carotte prélevée délibérément au droit d'une fissure de surface pour en connaître la profondeur. La fissure se termine à l'interface du béton de réparation et du béton d'origine (260 mm).

Présence d'un dépôt brunâtre dans la fissure jusqu'à environ 150 mm de profondeur.

Présence d'une réaction alcalis-granulats (béton avant réparation) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, des dépôts blanchâtres et des granulats fissurés.

Le gros granulat dans le béton de réparation est de type dolomitique.

Réalisé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

Approuvé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

EQ-09-IM-160c rév. 00 (09-11)

Requérant : Ministère des Transports du Québec	N° projet : P-0000502-0-07-500-01
Projet : Expertise sur béton de ciment	N° sondage : -
Localisation : Piles du pont Charles-De Gaulle	N° éch. : C-2
	Date : 2012-10-30

1.0 Croquis de la carotte



2.0 Caractéristiques du béton de la carotte

Diamètre (mm) - 2 mesures	100
Longueur totale (mm) - 4 mesures	385
Longueur du trou de carotte (mm)	385
Nombre de sections	1
Masse (g)	7 315

3.0 Caractéristiques des matériaux

Enrobé bitumineux			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm

Membrane :			
Adhésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible

Béton de ciment			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☒ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
5-20 mm	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☒ >25 mm
Type de granulat :	☒ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☒ Oui	☐ Non	
Réactions :	☒ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

Béton de ciment (si différent du premier)			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☐ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☐ Concassé	
Adhérence granulats :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☐ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☐ Non	
Signe de dégradation :	☐ Oui	☐ Non	
Réactions :	☐ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

6.0 Remarques

Fissures au-dessus du 1^{er} lit et au-dessous du 2^e lit d'armature.
Présence d'une réaction alcalis-granulats (béton avant réparation) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, des dépôts blanchâtres et des granulats fissurés.

Réalisé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

Approuvé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

EQ-09-IM-160c rév. 00 (09-11)

4.0 Caractéristiques des armatures

1^{er} rang	
Diamètre (mm) :	35
Profondeur (mm) :	90
État de corrosion :	☐ Corrodé ☒ Trace
Perte de section :	☐ Aucune ☐ Mauvais
Enrobage acier :	☒ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Rondé ☐ Carrée ☐ Treillis
	☒ Crênelée ☐ Lisse

2^e rang	
Diamètre (mm) :	35
Profondeur (mm) :	125
État de corrosion :	☐ Corrodé ☒ Trace
Perte de section :	☐ Aucune ☐ Mauvais
Enrobage acier :	☒ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Rondé ☐ Carrée ☐ Treillis
	☒ Crênelée ☐ Lisse

3^e rang	
Diamètre (mm) :	
Profondeur (mm) :	
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
Perte de section :	☐ Aucune ☐ Mauvais
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Rondé ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

4^e rang	
Diamètre (mm) :	
Profondeur (mm) :	
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
Perte de section :	☐ Aucune ☐ Mauvais
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Rondé ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

5.0 Essais réalisés

Essai	Résultat
Compression de 170 à 355 mm	29,2 MPa

Requérant : Ministère des Transports du Québec	N° projet : P-0000502-0-07-500-01
Projet : Expertise sur béton de ciment	N° sondage : -
Localisation : Piles du pont Charles-De Gaulle	N° éch. : C-3
	Date : 2012-10-30

1.0 Croquis de la carotte**2.0 Caractéristiques du béton de la carotte**

Diamètre (mm) – 2 mesures	100
Longueur totale (mm) - 4 mesures	420
Longueur du trou de carotte (mm)	420
Nombre de sections	1
Masse (g)	6 552

3.0 Caractéristiques des matériaux

Enrobé bitumineux			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Membrane :			
Adhésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Béton de ciment			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
	☒ N/A		
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
5-20 mm	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☒ >25 mm
Type de granulat :	☒ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☒ Oui	☐ Non	
Réactions :	☒ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A
Béton de ciment (si différent du premier)			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
	☐ N/A		
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☐ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☐ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☐ Non	
Signe de dégradation :	☐ Oui	☐ Non	
Réactions :	☐ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

4.0 Caractéristiques des armatures

1^{er} rang	
Diamètre (mm) :	35
Profondeur (mm) :	50
État de corrosion :	☐ Corrodé ☒ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☒ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☒ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☒ Crênelée ☐ Lisse
2^e rang	
Diamètre (mm) :	
Profondeur (mm) :	
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse
3^e rang	
Diamètre (mm) :	
Profondeur (mm) :	
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse
4^e rang	
Diamètre (mm) :	
Profondeur (mm) :	
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

5.0 Essais réalisés

Essai	Résultat

6.0 Remarques

Carotte prélevée délibérément au droit d'une fissure de surface pour en connaître la profondeur. La fissure est présente sur toute la longueur de la carotte (420 mm).

Présence d'un dépôt brunâtre sur toute la longueur de la carotte dans la fissure principale.

Présence de fissures multiples.

Présence d'une réaction alcalis-granulats (béton avant réparation) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, des dépôts blanchâtres et des granulats fissurés.

Réalisé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

Approuvé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

EQ-09-IM-160c rév. 00 (09-11)

Requérant : Ministère des Transports du Québec	N° projet : P-0000502-0-07-500-01
Projet : Expertise sur béton de ciment	N° sondage : -
Localisation : Piles du pont Charles-De Gaulle	N° éch. : C-4
	Date : 2012-10-30

1.0 Croquis de la carotte



2.0 Caractéristiques du béton de la carotte

Diamètre (mm) – 2 mesures	100
Longueur totale (mm) - 4 mesures	400
Longueur du trou de carotte (mm)	400
Nombre de sections	1
Masse (g)	7 262

3.0 Caractéristiques des matériaux

Enrobé bitumineux			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm

Membrane :			
Adhésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible

Béton de ciment			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
	☒ N/A		
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
5-20 mm	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☒ >25 mm
Type de granulat :	☒ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☒ Oui	☐ Non	
Réactions :	☒ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

Béton de ciment (si différent du premier)			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
	☐ N/A		
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☐ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☐ Concassé	
Adhérence granulats :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☐ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☐ Non	
Signe de dégradation :	☐ Oui	☐ Non	
Réactions :	☐ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

6.0 Remarques

Fissure mécanique à 255 mm de profondeur.

Surface écaillée.

Présence d'une réaction alcalis-granulats (béton avant réparation) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, des dépôts blanchâtres et des granulats fissurés.

Réalisé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

Approuvé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

EQ-09-IM-160c rév. 00 (09-11)

4.0 Caractéristiques des armatures

1^{er} rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

2^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

3^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

4^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

5.0 Essais réalisés

Essai	Résultat
Compression de 15 à 220 mm.	30,9 MPa

Requérant : Ministère des Transports du Québec	N° projet : P-0000502-0-07-500-01
Projet : Expertise sur béton de ciment	N° sondage : -
Localisation : Piles du pont Charles-De Gaulle	N° éch. : C-5
	Date : 2012-10-30

1.0 Croquis de la carotte



2.0 Caractéristiques du béton de la carotte

Diamètre (mm) – 2 mesures	100
Longueur totale (mm) – 4 mesures	335
Longueur du trou de carotte (mm)	335
Nombre de sections	1
Masse (g)	6 215

3.0 Caractéristiques des matériaux

Enrobé bitumineux			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm

Membrane :			
Adhésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible

Béton de ciment			
Cohésion :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
5-20 mm	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☒ >25 mm
Type de granulat :	☒ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☒ Concassé	
Adhérence granulats :	☒ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☒ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☒ Non	
Signe de dégradation :	☒ Oui	☐ Non	
Réactions :	☒ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

Béton de ciment (si différent du premier)			
Cohésion :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Adhérence avec couche inférieure :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Dmax des granulats :	☐ 5 mm	☐ 10 mm	☐ 15 mm
	☐ 20 mm	☐ 25 mm	☐ >25 mm
Type de granulat :	☐ Calcaire	☐ Granite	☐ Autre
	☐ Naturel	☐ Concassé	
Adhérence granulats :	☐ Bonne	☐ Moyenne	☐ Faible
Enrobage granulats :	☐ Bon	☐ Moyen	☐ Faible
Signe de ségrégation :	☐ Oui	☐ Non	
Signe de dégradation :	☐ Oui	☐ Non	
Réactions :	☐ Alcalis-granulats	☐ Sulfatation	
	☐ Pyriteuse	☐ Carbonatation	☐ N/A

6.0 Remarques

Signe d'un manque de consolidation.
Surface écaillée.
Présence d'une réaction alcalis-granulats (béton avant réparation) caractérisée par des auréoles foncées au pourtour des granulats, des dépôts blanchâtres et des granulats fissurés.

Réalisé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

Approuvé par : Stéphane Charpentier, ing., M. Ing.

EQ-09-IM-160c rév. 00 (09-11)

4.0 Caractéristiques des armatures

1^{er} rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

2^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

3^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

4^e rang	
Diamètre (mm) :	Profondeur (mm) :
État de corrosion :	☐ Corrodé ☐ Trace
	☐ Perte de section ☐ Aucun
Enrobage acier :	☐ Bon ☐ Mauvais
Caractéristique :	☐ Ronde ☐ Carrée ☐ Treillis
	☐ Crênelée ☐ Lisse

5.0 Essais réalisés

Essai	Résultat
Compression de 50 à 250 mm.	26,4 MPa

Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal
Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)
– 151 – Avant-projet 22 novembre 2012

Projet : Expertise sur béton de ciment, piles du pont
Charles-De Gaulle

N° projet : 023-P-0000502-0-07-500

Endroit : Pont Charles-De Gaulle

Date : 2012-11-05



La flèche montre l'emplacement où la carotte C-1 a été prélevée.



La flèche montre l'emplacement où la carotte C-2 a été prélevée.

Projet : Expertise sur béton de ciment, piles du pont
Charles-De Gaulle

N° projet : 023-P-0000502-0-07-500

Endroit : Pont Charles-De Gaulle

Date : 2012-11-05



Base de la carotteuse installée à l'emplacement où la carotte C-3 a été prélevée.



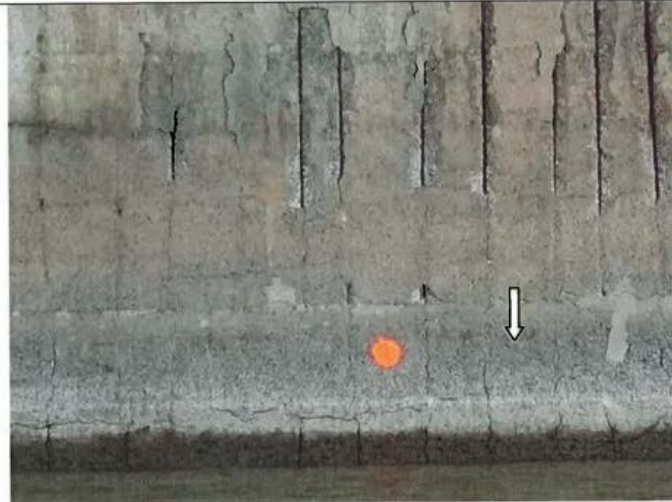
La flèche montre approximativement l'emplacement où la carotte C-4 a été prélevée.

Projet : Expertise sur béton de ciment, piles du pont
Charles-De Gaulle

N° projet : 023-P-0000502-0-07-500

Endroit : Pont Charles-De Gaulle

Date : 2012-11-05



La flèche montre approximativement l'emplacement où la carotte C-5 a été prélevée.



Présence de réaction alcalis-granulats dans la carotte C-5.

**ANNEXE I : Investigation complémentaire (Analyse chimique des endroits de
béton)**

Attention: RENÉ LEBLANC
 INSPEC-SOL INC
 MONTRÉAL
 4600 COTE VERTU
 SUITE 200
 VILLE ST-LAURENT, PQ
 H4S 1C7

Votre # du projet: Z100040-01
 Adresse du site: PONT CHARLES GAULE
 Votre # Bordereau: E451932, E-451932

Date du rapport: 2012/11/07

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER MAXXAM: B263105
Reçu: 2012/11/02, 13:00

Matrice: PEINTURE
 Nombre d'échantillons reçus: 2

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Référence primaire
Frais de gestion	2	N/A	2012/11/02		
Métaux extractibles totaux	2	2012/11/05	2012/11/06	STL SOP-00006	MA.200- Mét 1.2

* Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

clé de cryptage



Maxxam
 07 Nov 2012 14:55:01 -05:00

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

Karima Dilimi, B.Sc., chimiste, Chargée de projets
 Email: KDilimi@maxxam.ca
 Phone# (514) 448-9001 Ext:4270

=====

Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.
 Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les
 "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de
 validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



Le succès par la science®

Dossier Maxxam: B263105
Date du rapport: 2012/11/07

INSPEC-SOL INC
Votre # du projet: Z100040-01
Adresse du site: PONT CHARLES GAULE

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (PEINTURE)

Identification Maxxam		S81825	S81826		
Date d'échantillonnage		2012/10/31	2012/10/31		
# Bordereau		E-451932	E-451932		
	UNITÉS	1-CULÉE EST	2-PILIER NORD DE GOUIN	LDR	Lot CQ

MÉTAUX					
Plomb (Pb)	mg/kg	57	8700	5	1078132
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot Contrôle Qualité					





Le succès par la science®

Dossier Maxxam: B263105
Date du rapport: 2012/11/07

INSPEC-SOL INC
Votre # du projet: Z100040-01
Adresse du site: PONT CHARLES GAULE

REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (PEINTURE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai.

INSPEC-SOL INC
 Attention: RENÉ LEBLANC
 Votre # du projet: Z100040-01
 P.O. #:
 Adresse du site: PONT CHARLES GAULE

Rapport Assurance Qualité
 Dossier Maxxam: B263105

Lot Lot				Date Analysé				
Num Init	Type CQ	Groupe		aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	UNITÉS	Limites CQ
1078132 KK	ÉTALON CQ	Plomb (Pb)		2012/11/06		100	%	54 - 146
	Blanc fortifié	Plomb (Pb)		2012/11/06		92	%	75 - 125
	Blanc de méthode	Plomb (Pb)		2012/11/06	ND, LDR=5		mg/kg	

Matériau de référence certifié: Matériau dont une ou plusieurs valeurs des propriétés sont certifiées par une procédure techniquement valide, délivré par un organisme de certification et accompagné d'un certificat. Sert à évaluer l'exactitude d'une méthode analytique.
 Blanc fortifié: Blanc auquel a été ajouté une quantité connue d'un ou de plusieurs composés chimiques d'intérêts. Sert à évaluer la récupération des composés d'intérêts.
 Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.
 LDR = Limite de détection rapportée
 Réc = Récupération

Page des signatures de validation**Dossier Maxxam: B263105**

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:



Alexandre Lemire, M.Sc., Analyste 2

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

**EMSL Canada Inc.**

10 Falconer Drive, Unit #3 Mississauga, ON L5N 3L8
Phone/Fax: 289-997-4602 / (289) 997-4607
<http://www.emsl.com> / torontolab@emsl.com

EMSL Canada Order 551205334
Customer ID: 55INSO62
Customer PO:
Project ID:

Attn: Rene LeBlanc
Inspec-Sol, Inc.
4600 Cote Vertu Blvd.
Ville St. Laurent, QC H4S 1C7

Phone: (514) 33-5151
Fax: (514) 33-4674
Collected:
Received: 11/13/2012
Analyzed: 11/13/2012

Proj: CHARLES DE GAULE/ Z100040-01

Summary Test Report for Asbestos Analysis via EPA 600/R-93/116

Client Sample ID: 1 **Lab Sample ID:** 551205334-0001

Sample Description: PILIER NORD DE GOUIN

TEST	Analyzed Date	Color	Non-Asbestos		Asbestos	Comment
			Fibrous	Non-Fibrous		
PLM	11/13/2012	Gray	0%	100%	None Detected	

Client Sample ID: 2 **Lab Sample ID:** 551205334-0002

Sample Description: CULEE EST

TEST	Analyzed Date	Color	Non-Asbestos		Asbestos	Comment
			Fibrous	Non-Fibrous		
PLM	11/13/2012	Gray/Yellow	0%	100%	None Detected	

Analyst(s)

Matthew Davis PLM (2)


Kevin Pang
or other Approved Signatory

Any questions please contact Kevin Pang.

Samples analyzed by EPA 600/R-93/116 consistent with IRSST Method 244-2. The estimated limit of detection for non-detect samples is <0.1%. Due to magnification limitations inherent in PLM, asbestos fibers in dimensions below the resolution capability of PLM may not be detected. The above test report relates only to the items tested and may not be reproduced in any form without the express written approval of LA Testing Analytical, Inc. LA Testing's liability is limited to the cost of analysis. EMSL bears no responsibility for sample collection activities or analytical method limitations. Interpretation and use of test results are the responsibility of the client. Samples received in good condition unless otherwise noted. This report must not be used to claim product endorsement by NVLAP or any agency of the US Government.

Test Report:EPAMultiTests-7.26.0 Printed: 11/13/2012 02:49PM

Page 1 of 1



N/Réf. : 102551.001

Ministère des Transports du Québec / Direction de l'île-de-Montréal
Travaux de réparation du pont Charles-de-Gaulle (P-09782)
- 161 -
Avant-projet 22 novembre 2012