

Évaluation de l'état des ponts routiers et autoroutiers par méthodes non destructives

François Saint-Pierre ing., Ph.D.
Ghislain Houde ing., Alain Philibert ing., Ph.D., Omar Dous Ph.D.

Le Groupe S.M. International inc.
740, rue Galt Ouest
Sherbrooke (Québec) Canada, J1H 1Z3
fspierre@groupesm.com

RÉSUMÉ

Les ponts routiers et autoroutiers datant parfois du milieu du siècle dernier comportent des structures en béton qui ont subi de nombreuses réhabilitations dont l'envergure et la nature sont peu documentées. Il arrive parfois que l'on rencontre des différences notables entre les ouvrages dessinés sur les anciens plans et ce que nous observons sur le terrain avec les méthodes non destructives. De plus, l'endommagement des ouvrages en béton est souvent caché par de multiples couches de revêtement de surface ayant une belle apparence. Dans ce contexte, l'évaluation de l'état des ponts se transforme en une véritable enquête afin de recueillir les informations sur la vraie géométrie et les phases de réhabilitation.

Les ponts que nous allons présenter ont fait l'objet de relevés RADAR et de mesures du potentiel de corrosion. Ces deux méthodes nous ont permis non seulement d'évaluer l'état du béton et des aciers d'armature, mais aussi de compléter les informations dont nous disposions sur ces ouvrages anciens.

Enfin, nous verrons aussi comment ces méthodes non destructives permettent, dès le début de l'inspection d'un ouvrage, d'avoir une idée de la répartition des défauts probables dans le béton et d'orienter les autres travaux nécessaires pour évaluer l'état des structures en béton et diminuer significativement la quantité des essais destructifs.

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, le gouvernement québécois renforce le contrôle de l'état des ponts de la province. Ce contrôle se traduit, depuis 2007, par une accélération des investissements pour l'évaluation de l'état de certaines structures. Ces investissements ont pour but d'arrêter la dégradation des infrastructures routières et d'en rehausser significativement la qualité [1].

Ces trois dernières années, les sommes investies en « conservation des structures » ont plus que doublé. Le budget alloué à cette activité était de 440 M\$ entre 2007 et 2008 [2] et passera à 1 089 M\$ entre 2009 et 2010 [1]. Ces investissements colossaux ont pour objectif d'augmenter de quatre pour cent par an, la proportion des structures en bon état [1].

C'est dans ce contexte budgétaire que nous avons été sollicités pour réaliser des essais par méthodes non destructives dans le but d'évaluer l'état de ponts routiers et autoroutiers.

Dans les paragraphes suivants, nous montrons comment l'auscultation par méthodes électrique et RADAR a été utilisée dans le cadre de l'évaluation de l'état de corrosion des aciers d'armature de la dalle d'un tablier de pont situé à St-Sixte et d'un tablier d'un pont autoroutier à Gatineau.

2. DESCRIPTION DES OUVRAGES ET PROBLÉMATIQUE RENCONTRÉE

2.1 Pont sur la route 317 à St-Sixte

Le pont se situe sur la route 317 dans la municipalité de St-Sixte, au Québec (figure 1). Il a été construit en 1975 et permet de franchir la décharge du lac à la Perchaude. C'est un pont mixte constitué d'un tablier en béton et de poutres en acier. Son tablier repose sur deux culées et deux piles intermédiaires fondées dans le lit de la rivière. Cet ouvrage d'art mesure environ 42 m et possède une largeur totale de 13 m.



Fig. 1 : Photographie du pont sur la 317 à St-Sixte

Ce pont datant des années 70 est, malgré son âge, bien documenté. Un plan tel que construit, tracé à la main, nous indique le détail des armatures et la géométrie générale de l'ouvrage. Cependant, au fil des années, des désordres sont apparus à la surface et à l'intrados de la dalle en béton du tablier de ce pont. De multiples réparations apparaissent à la surface de la couche de roulement et l'ouvrage semble avoir été réparé au niveau des chasse-roues. Dans les sections suivantes, nous allons montrer que les essais *in situ* ont mis en évidence certains détails n'apparaissant pas dans les plans tels que construits ainsi que l'état de corrosion des armatures de la dalle du tablier du pont.

2.2 Pont de l'autoroute 50 à Gatineau

Ce pont en béton armé a été construit en 1981 pour franchir le boulevard Montclair et l'autoroute 5 (figure 2). Il appartient à l'autoroute 50 (autoroute de l'Outaouais) et se situe dans la municipalité de Gatineau, au Québec. Le tablier de ce pont repose sur deux culées et quatre piles intermédiaires et est composé de caissons séparés par cinq âmes d'une hauteur variable pouvant atteindre 1,8 m au-dessus des piles. La longueur des travées entre les piles est de 67,6 m et celle des travées aux extrémités du pont est de 43,6 m. Enfin, la longueur de cet ouvrage d'art est de 198,4 m et sa largeur totale est de 25,9 m.



Fig. 2 : Photographie du pont sur l'autoroute 50 à Gatineau

Un plan tel que construit nous informe sur la répartition des armatures et la géométrie générale de l'ouvrage. À la surface du tablier, les principaux désordres que l'on rencontre sont des fissures longitudinales dans l'asphalte, des zones humides (flaques d'eau), une réparation d'environ un mètre carré et enfin des réparations au niveau des joints de chaussées.

3. ESSAIS RÉALISÉS SUR LE PONT DE LA ROUTE 317 À ST-SIXTE

Le pont à l'étude, situé dans la municipalité de St-Sixte, présente des dégradations dans la dalle du tablier. Ces désordres sont visibles sur le dessus de la couche de roulement et sur l'intrados et sont localisés majoritairement sur l'axe des piles de ce pont. Cet ouvrage datant des années 1970 est bien documenté cependant quelques données sur la géométrie et les paramètres de construction de ce dernier étaient manquantes. Par exemple, nous n'avons aucune information sur la présence ou non d'une membrane d'étanchéité et sur l'épaisseur exacte de la couche d'asphalte depuis les derniers travaux de voirie. Dans la mesure où la dégradation de la dalle semblait être avancée et être attribuée à la corrosion des armatures, nous avons utilisé deux méthodes d'auscultation permettant de savoir précisément dans quelle mesure il faudra réhabiliter le tablier du pont.

3.1 Mesure du potentiel de corrosion par méthode électrique

La méthode repose sur la mesure de la différence de potentiel entre un courant circulant dans la cage d'acier d'armature et une électrode de référence (demi-cellule Cu/CuSO₄) placée en contact avec la surface en béton du tablier (Fig. 3) [3]. Pour assurer un bon contact entre le béton de la dalle et l'électrode de référence, des trous ont été percés dans la couche de roulement avec un foret de 10 mm de diamètre conformément à la norme ASTM [3].



Fig. 3 : Mesure de potentiel de corrosion

La figure 4 illustre les résultats de l'essai de potentiel de corrosion sous forme d'équipotential. Une échelle de valeur de potentiel de corrosion a été définie par le laboratoire du GRAI de l'Université de Sherbrooke. Selon cette échelle, les zones rouges et noires sont nommées respectivement « potentiel de corrosion avancé, à très avancé ». Notons aussi que, plus le potentiel de corrosion est négatif, plus le niveau de corrosion des armatures est susceptible d'être élevé.

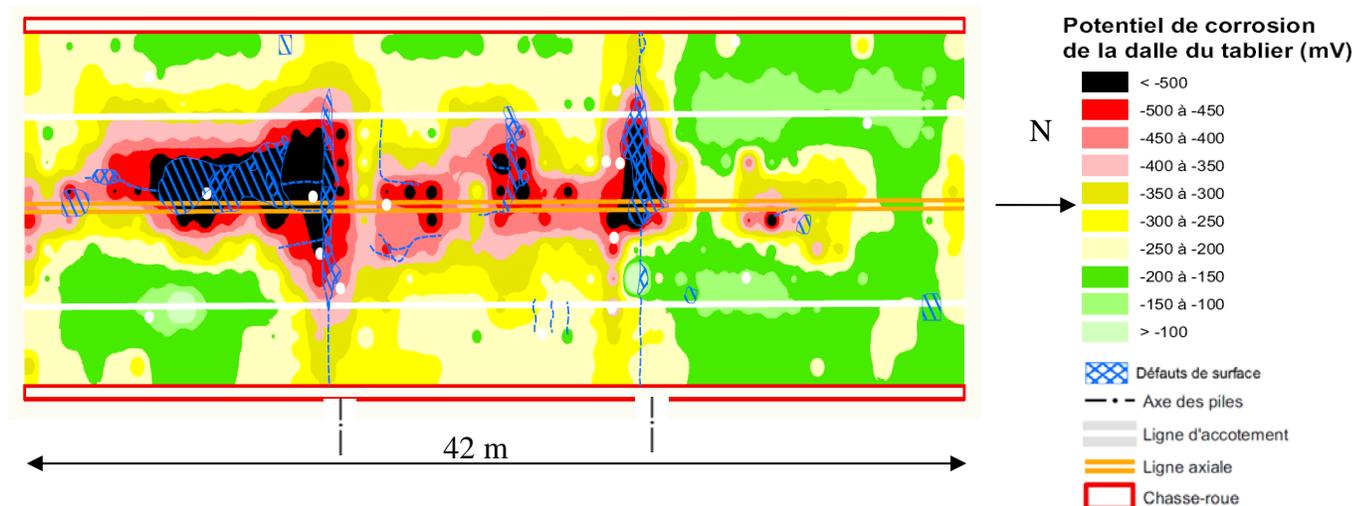


Fig. 4 : Potentiel de corrosion de la dalle du tablier du pont situé à St-Sixte

3.2 Mesure de l'épaisseur de la couche de roulement

L'épaisseur d'asphalte a été mesurée à l'occasion du perçage des trous nécessaires pour la réalisation des mesures de potentiel de corrosion. La figure 5 représente l'épaisseur d'asphalte recouvrant le tablier. L'épaisseur de ce recouvrement varie entre 38 et 102 mm et est majoritairement de 50 mm. Sur cette même figure, notons que la couche d'asphalte est plus épaisse près des chasse-roues situés à l'est ainsi que dans la partie sud-ouest de l'ouvrage. Enfin,

en effectuant le perçage de la couche de roulement nous avons pu confirmer qu'aucune membrane d'étanchéité ne se trouve sous l'asphalte.

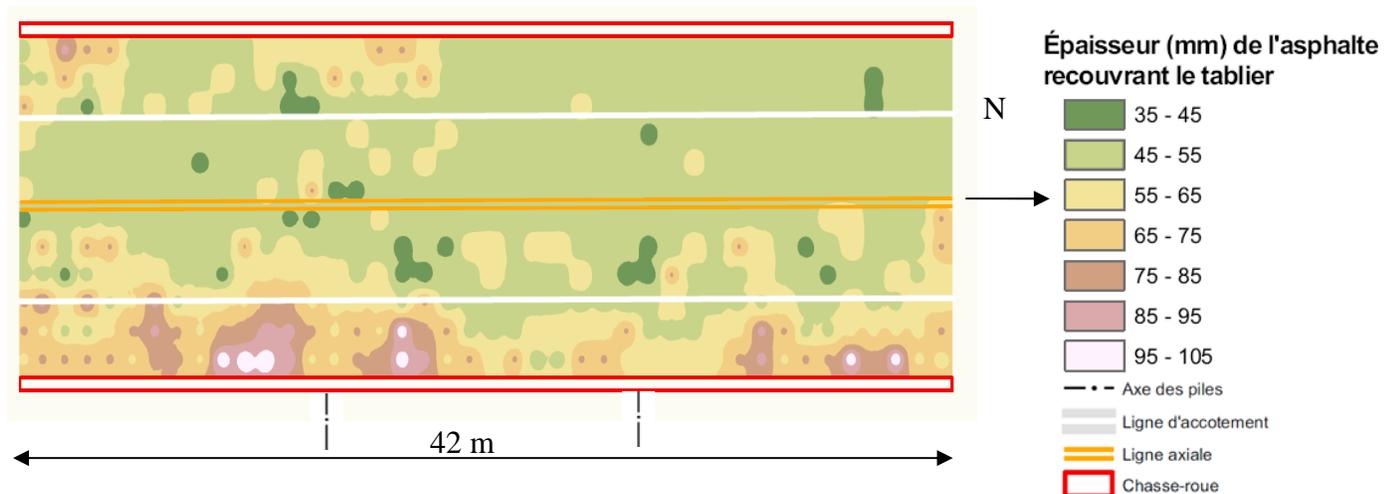


Fig. 5 : Épaisseur d'asphalte recouvrant la dalle du tablier du pont situé à St-Sixte

3.3 Mesure de probabilité de corrosion par méthode RADAR

Le « Ground Penetrating RADAR » est une méthode d'auscultation non destructive basée sur la propagation des ondes électromagnétiques dans le milieu. Elle permet de localiser les aciers d'armature, d'identifier les zones altérées ou fissurées près de la surface des ouvrages en béton ainsi que d'évaluer l'épaisseur d'une couche de béton [4]. La profondeur d'investigation de ce procédé varie entre 200 et 900 mm et dépend de la fréquence centrale de l'antenne ainsi que de la teneur en eau du béton. Dans le cadre de ces travaux, un appareil RADAR GSSI SIR-20 a été utilisé avec une antenne de fréquence 1,5 GHz.

Les profils RADAR obtenus, appelés « radar grammes », permettent de visualiser, le long du chemin parcouru par l'antenne, une coupe perpendiculaire à la surface auscultée. Les figures 6 et 7 représentent des profils RADAR le long du tablier du pont de la route 317 à St-Sixte. Dans ces profils, les formes apparaissant sous forme d'hyperboles correspondent à des armatures. Cependant, lorsque le béton est humide ou endommagé, nous observons que les ondes électromagnétiques sont atténuées.

L'état de corrosion des armatures d'un tablier de pont peut être obtenu à partir du traitement des signaux des profils RADAR décrits précédemment. Ce traitement consiste à mesurer l'amplitude de l'onde électromagnétique qui se réfléchit ou se diffracte sur différents éléments de la dalle de béton. Les amplitudes mesurées sont ensuite exprimées en *dB normalisé* par rapport à une valeur de référence dépendante de notre système de mesure (probabilité de corrosion).

La difficulté de la méthode de mesure de potentiel de corrosion réside dans le fait que de nombreux facteurs, autres que la corrosion des armatures, peuvent aussi atténuer le signal. Parmi ces facteurs, notons : la géométrie de l'ouvrage, l'épaisseur d'asphalte, les variations des paramètres de construction, l'endommagement du béton et la présence des ions chlorure.

Il existe plusieurs approches pour mesurer l'atténuation des ondes électromagnétiques qui se sont réfléchies ou diffractées sur les éléments constituant la dalle du tablier du pont :

1. mesure de l'atténuation des ondes réfléchies sur l'intrados de la dalle [5 et 6];
2. mesure de l'atténuation des ondes réfléchies au contact couche de roulement béton (CR-B) [7 et 8];
3. mesure de l'atténuation des ondes diffractées sur la première rangée de barres d'armature [9 et 10].

La première approche n'a pas pu être utilisée dans le cadre des travaux relatifs au pont de St-Sixte, car l'intensité des signaux qui se réfléchissent sur l'intrados de la dalle augmente à mesure que l'on se rapproche des poutres en acier longitudinales espacées d'environ 3 m. En effet, la présence de ces poutres fausse les données d'atténuation mesurées sur l'intrados de la dalle.

Les deux autres approches ont pu être utilisées et leur principe est illustré par les figures 6 et 7. La figure 6, ci-après, illustre un profil RADAR obtenu avec une antenne 1,5 GHz, à partir duquel nous avons mesuré l'amplitude au niveau du contact entre la couche de roulement et le béton de la dalle. Enfin, la figure 7 représente la technique basée sur la mesure de l'amplitude au niveau de la première rangée d'armatures.

Les figures 8 et 9 illustrent les résultats des essais RADAR sous forme d'équipotentiel de probabilité de corrosion. Les zones rouges et noires indiquent l'emplacement où des désordres dans la dalle du tablier sont observés à partir des profils RADAR.

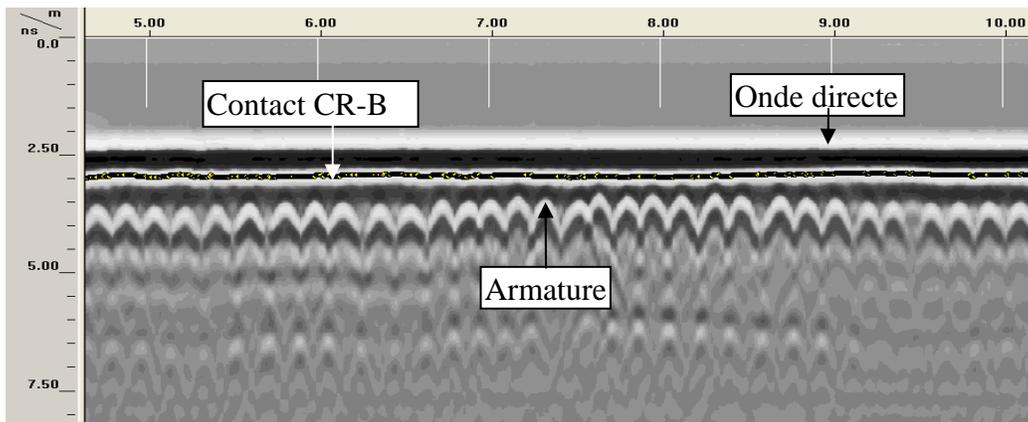


Fig. 6 : Profil RADAR – mesure de l'atténuation normalisée à l'interface entre la couche de roulement et le dessus de la dalle de béton (logiciel RADAN 6.5)

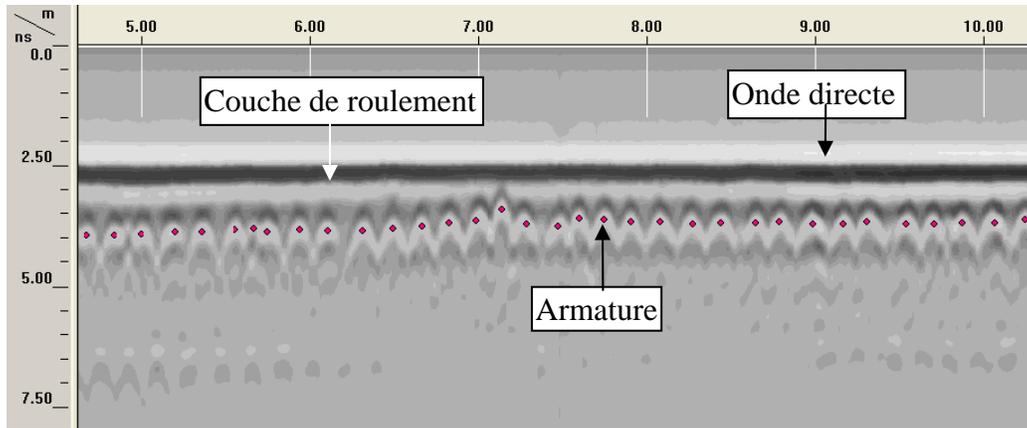


Fig. 7 : Profil RADAR – mesure de l'atténuation normalisée au niveau des armatures (logiciel RADAN 6.5)

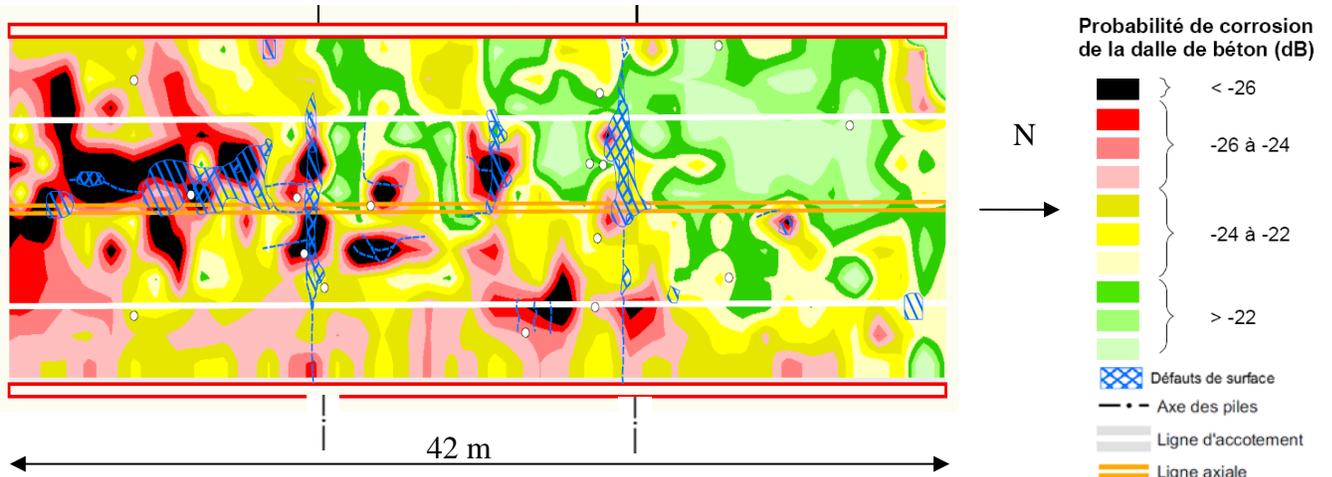


Fig. 8 : Probabilité de corrosion de la dalle du tablier du pont situé à St-Sixte – Atténuation au niveau des armatures

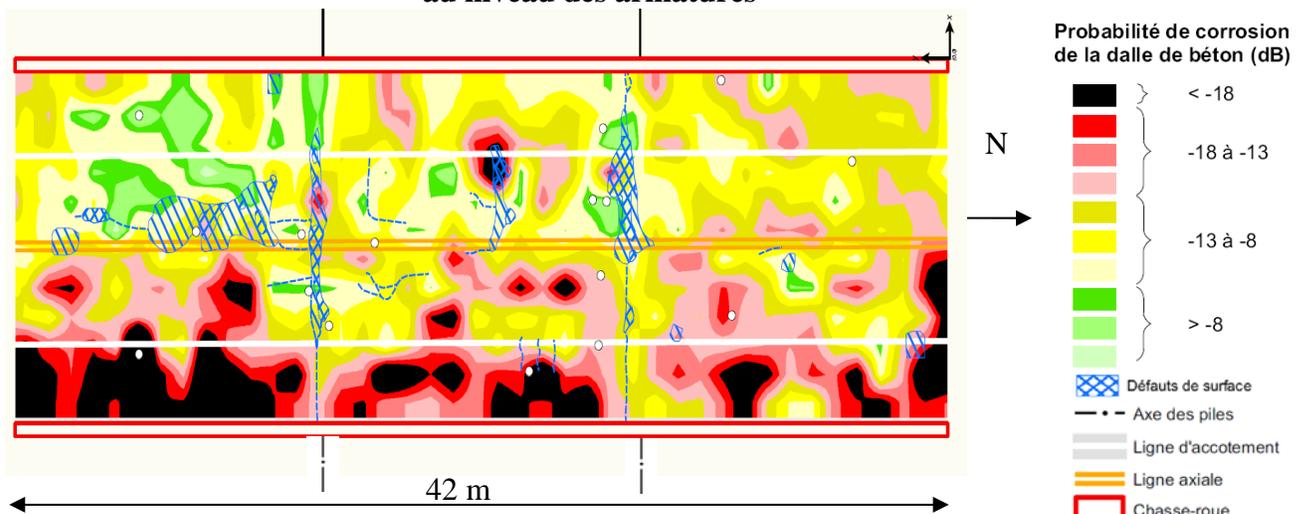


Fig. 9 : Probabilité de corrosion de la dalle du tablier du pont situé à St-Sixte – Atténuation au niveau du contact CR-B

3.4 Variation des résultats et essais en laboratoire

Pour valider les résultats des essais non destructifs, des points de contrôle et des prélèvements de carottes ont été réalisés dans différentes zones de potentiel de corrosion ou bien de probabilité de corrosion caractéristique.

Les points de contrôle ont consisté à dégager les armatures à l'aide d'un marteau pneumatique. Ils ont permis de confirmer les résultats des essais non destructifs en observant visuellement l'état de corrosion des armatures. La figure 10 représente un des points de contrôle que nous avons dégagé dans une zone où la probabilité et le potentiel de corrosion étaient élevés.

Le dégagement des armatures nous a permis de mettre en évidence, dans le cas du pont de St-Sixte, non seulement le niveau de la corrosion, mais aussi, une perte totale de section de la barre d'armature en acier.



Fig. 10 : Point de contrôle des armatures – perte totale de section

Les observations de l'état de corrosion sont en accord avec les résultats des essais de laboratoire qui montrent que les conditions en place sont favorables au développement de la corrosion. En effet les quelques essais en laboratoire réalisés sur les carottes de béton prélevées dans la dalle du tablier du pont afin de contrôler les résultats des essais destructifs montrent que la moyenne des valeurs de pH est de 12,5. Ces valeurs de pH font évoluer la corrosion selon les deux phases : d'abord, durant la phase d'amorçage et puis avec la propagation de la rouille. D'autre part, parmi tous ces échantillons testés, seul l'échantillon F présente une teneur en ions chlorure qui est très supérieure aux valeurs que l'on rencontre normalement dans les bétons structuraux. Notons aussi que le béton a une résistance à la compression supérieure à 30 MPa et que la résistivité électrique du béton varie entre 100 et 150 Ω .m (Tableau 1).

Tab. 1 : Résultats des essais en laboratoire

Échantillon	Résistance en compression simple (MPa)	Teneur en chlorure (mg.kg⁻¹)	Mesure de pH	Mesure de résistivité électrique (Ω.m)
A	35,4	-	-	102,45
B	31,6	-	-	148,80
C	-	42,7	12,5	-
D	-	212	12,5	-
E	-	27,6	12,6	-
F	-	1230	12,4	-

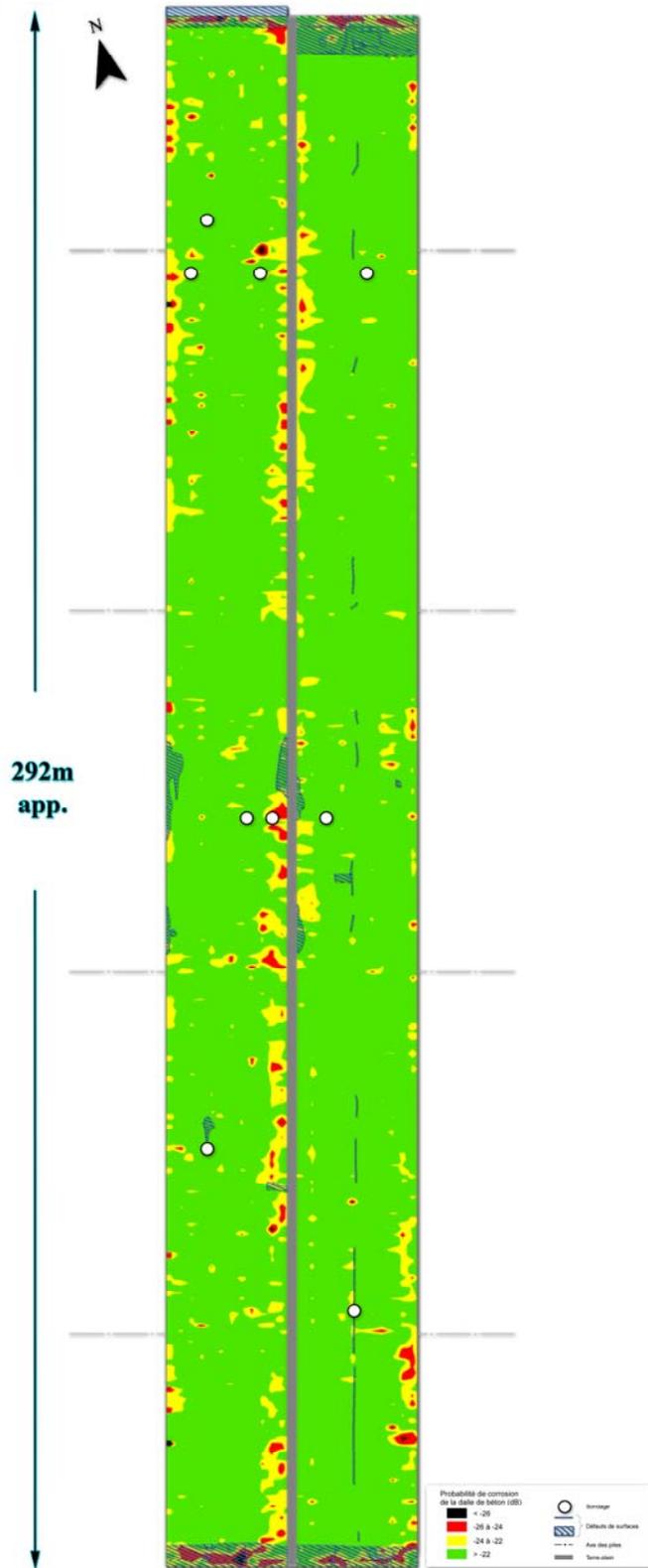
4. ESSAIS RÉALISÉS SUR LE PONT DE L'AUTOROUTE 50 À GATINEAU

Les dégradations observées sur le dessus de dalle du tablier de ce pont sont essentiellement des fissures horizontales dans la couche de roulement. Des réparations sont visibles au niveau des joints de chaussée; par endroits, il est observé de légères dépressions remplies d'eau (flaques d'eau). Le tablier de ce pont n'a pas été imperméabilisé par une membrane. En surface, aucune dégradation majeure n'est observée. C'est pour cela que seule la méthode RADAR associée à quelques essais destructifs a été utilisée afin de vérifier que l'absence de membrane n'ait pas favorisée la pénétration des ions chlorure et la corrosion des armatures.

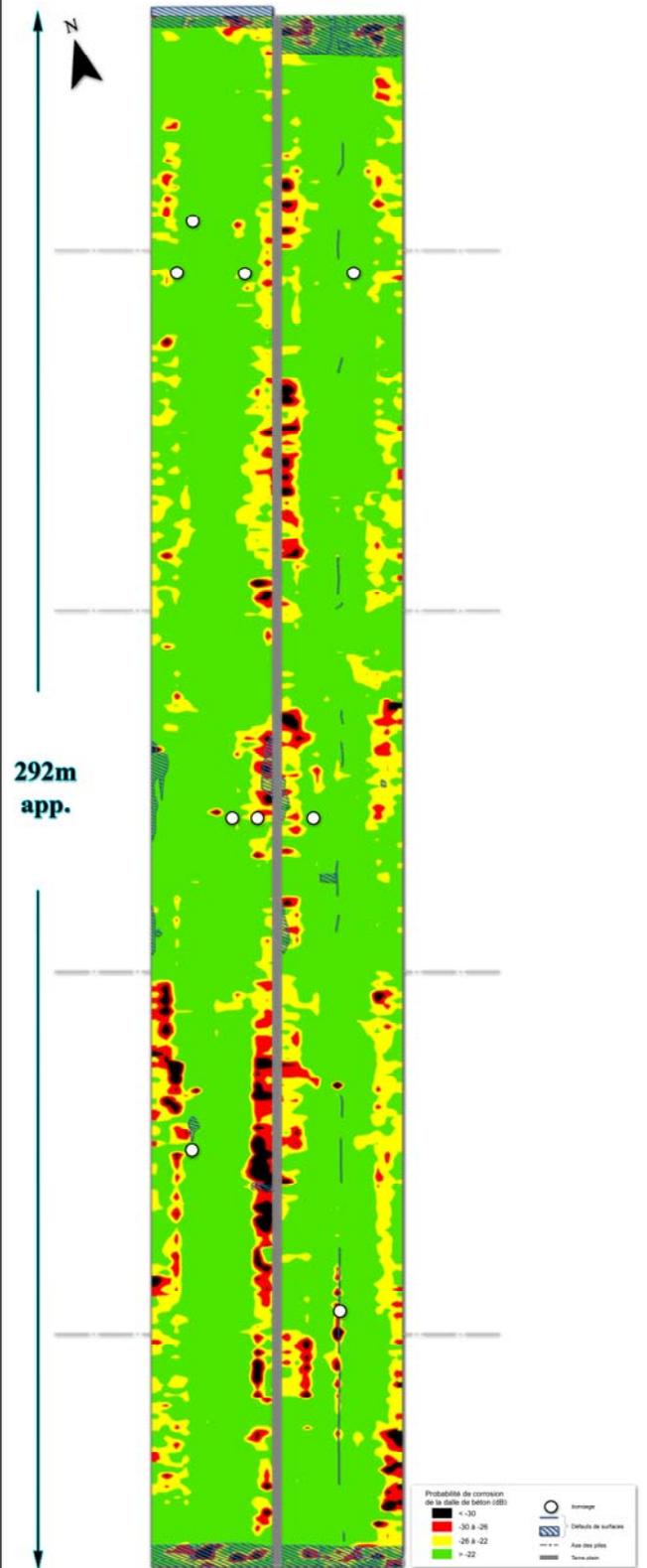
4.1 Mesure de probabilité de corrosion par méthode RADAR

Pour mesurer la probabilité de corrosion, nous avons utilisé la même méthode que celle décrite dans la section 3.3. Lors du traitement des données, cette probabilité de corrosion a été évaluée en considérant l'atténuation au niveau des ondes réfléchies au contact de la couche de roulement et du béton (CR-B) [7 et 8] et au niveau des ondes diffractées sur la première rangée de barres d'armature [9 et 10]. Par contre, l'atténuation des ondes réfléchies sur l'intrados de la dalle [5 et 6] n'a pas pu être mesurée lors du traitement des signaux, car la géométrie du hourdis supérieur de la structure caisson constituant le tablier est complexe.

Les figures 11a et 11b montrent les résultats du traitement des données RADAR sous forme d'équipotentiel de probabilité de corrosion. Les zones rouges et noires indiquent l'emplacement où des désordres probables dans la dalle du tablier sont observés à partir des profils RADAR.



**Fig. 11 a : Atténuation aux niveaux des armatures
Pont autoroute 50**



**Fig. 11 b : Atténuation aux contacts couche de roulement béton
Pont autoroute 50**

4.2 Essais en laboratoire et contrôle des résultats

Des points de contrôle et des prélèvements de carottes ont été effectués à l'emplacement des différentes zones de probabilité de corrosion. Les essais en laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés dans ces points de contrôle confirment que tous les facteurs entraînant la corrosion ne sont pas encore réunis. En effet, les valeurs de pH varient entre de 12,4 et 12,5. Ces valeurs de pH favoriseraient seulement l'amorçage de la rouille. De plus, aucun des échantillons ne présente une teneur en ions chlorure qui pourrait causer une « dépassivation » des aciers armatures.

D'autre part, la résistance à la compression simple des échantillons de béton de la dalle du tablier du pont est supérieure à 50 MPa (Tableau 2). La résistivité électrique du béton varie entre 480 et 690 $\Omega.m$ et est beaucoup plus élevée que celle mesurée sur le pont à St-Sixte. Ces valeurs élevées de résistivité électrique sont souvent retrouvées dans des bétons ayant une bonne résistance à la compression simple. En effet, nous savons que la résistivité électrique augmente à mesure que le rapport eau sur ciment diminue [11] et que ce rapport influence aussi la résistance du béton.

Tab. 2 : Résultats des essais en laboratoire

Échantillon	Résistance en compression simple (MPa)	Teneur en chlorure ($mg.kg^{-1}$)	Mesure de pH	Mesure de résistivité électrique ($\Omega.m$)
G	51,6	-	-	690
H	50,6	-	-	484
I	-	15,2	12,4	-
J	-	24,0	12,5	-
K	-	15,6	12,5	-

Enfin, les points de contrôle mettent en évidence qu'aucune corrosion n'est observée au niveau des armatures dégagées dans les zones les plus critiques (figure 12). Autrement dit, même dans les zones où l'on avait retrouvé une probabilité de corrosion élevée, les armatures ne présentent pas de perte de section causée par la corrosion.



Fig. 12 : Point de contrôle des armatures – aucune perte de section

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 Résultats des travaux réalisés sur le pont à St-Sixte

Sur la figure 4, représentant le potentiel de corrosion, les zones de corrosion avancées (zones rouges et noires) se situent essentiellement sur l'axe longitudinal du pont vers la double ligne de marquage jaune ou encore sur toute la largeur du tablier aux emplacements où la dalle repose sur ses piles. À l'emplacement de ces zones de corrosion avancée, nous avons observé généralement des réparations ou de l'endommagement de surface. Ces zones apparaissent en bleu sur les figures 4, 8 et 9 de ce document.

La figure 8, représentant l'atténuation des signaux RADAR qui se sont diffractés au niveau des armatures, montre que les zones où l'on rencontre des désordres dans la dalle (zones rouges et noires) se situent sur l'axe longitudinal du pont vers la double ligne de marquage jaune ou encore sur la largeur du tablier aux emplacements où la dalle repose sur ses piles. D'autre part, à l'emplacement de ces zones attribuables à la corrosion des armatures, nous avons observé généralement des réparations ou bien de l'endommagement de surface (figure 8 zones hachurées en bleu).

La figure 9 représente l'atténuation des signaux au niveau du contact entre la couche de roulement et le dessus de la dalle de béton (CR-B). Les zones où l'on rencontre des désordres au niveau du tablier, se trouvent essentiellement sur le côté *est* de la dalle. À l'emplacement de ces zones, des épaisseurs d'asphalte importantes ont généralement été observées (figure 5).

Ces trois figures (4, 8 et 9) mettent en évidence que la méthode du potentiel de corrosion et la méthode RADAR basée sur l'atténuation des signaux qui se sont diffractés au niveau des armatures, sont les deux techniques qui présentent les meilleures qualités. Elles sont peu sensibles à la variation de l'épaisseur d'asphalte et elles ont permis de mettre en évidence des zones où nous avons rencontré des barres d'armature corrodées avec des pertes de section (figure 10). Par contre, la méthode reposant sur l'atténuation des signaux RADAR au niveau du contact CR-B, n'est pas adaptée à l'étude du pont de St-Sixte étant donné l'épaisseur d'asphalte qui varie beaucoup.

Finalement, à partir des figures 4 et 8, la superficie des zones rouges et noires par rapport à la surface totale du tablier a été mesurée. À partir de ces deux figures, nous avons trouvé le même résultat. Il apparaît ainsi que 32 % de la dalle est affectée à divers degrés par la corrosion des aciers d'armature.

5.2 Résultats des travaux réalisés sur le pont de l'autoroute 50 à Gatineau

La figure 11a, représentant l'atténuation des signaux qui se sont diffractés au niveau des armatures, montre que les zones où l'on rencontre des désordres dans la dalle (probabilité de corrosion élevée) se situent sur les côtés latéraux du tablier, sur l'axe longitudinal du pont au niveau du terre-plein central ainsi qu'au niveau des extrémités du pont.

La figure 11b représente l'atténuation des signaux au niveau du contact entre la couche de roulement et le dessus de la dalle de béton. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus avec le

traitement utilisé pour la figure 11a. En effet, les zones qui présenteraient une probabilité de corrosion élevée (zones rouges et noires) sont majoritairement les mêmes si on compare les deux figures.

Par contre, sur les figures 11a et 11b, une légère orientation des défauts dans l'axe des piles sont parfois observables. Par contre, ce phénomène n'est pas aussi visible que celui observé dans l'axe des piles du pont de St-Sixte (figures 8 et 9).

Finalement, à l'emplacement des zones où la corrosion pourrait être importante, il est généralement observé, sur les carottes de béton prélevées in situ, des épaisseurs d'enrobés bitumineux plus élevées. De plus, au niveau des points de contrôles, aucune perte de section par corrosion des armatures n'est constatée. Donc, les zones rouges et noires, que l'on retrouve finalement sur les figures 11a et 11b, sont essentiellement attribuables à la variation de l'épaisseur d'asphalte.

5.3 Discussion

Les études réalisées sur le pont de St-Sixte visaient à étudier le niveau de corrosion des armatures de la dalle du tablier. De nombreuses méthodes avec différentes techniques de traitement de données s'offrent à nous et la sélection d'une méthode par rapport à une autre dépend de nombreux facteurs : temps d'exécution, géométrie de l'ouvrage, conditions environnementales et l'état des surfaces.

Dans le cadre de l'étude du pont à St-Sixte, deux techniques non destructives et trois méthodes de traitement de signaux ont été utilisées. Cependant, seules les méthodes du potentiel de corrosion et du RADAR basées sur l'atténuation des signaux qui se sont diffractés au niveau des armatures ont donné des résultats équivalents. Ces résultats nous permettent de mettre en évidence qu'environ 70 % de la dalle n'est pas affectée de manière significative par la corrosion des armatures.

D'autre part, quelques essais destructifs ont suffi pour valider les essais non destructifs. Enfin, les figures représentant des équipotentiels de potentiel ou bien de probabilité de corrosion donnent une bonne représentation des zones à réparer pour ralentir l'évolution de la corrosion du tablier du pont de St-Sixte.

Les études réalisées sur le pont de l'autoroute 50 à Gatineau avaient pour objectif de vérifier que l'absence de la membrane d'étanchéité n'avait pas entraîné après plusieurs décennies, une corrosion des armatures du hourdis supérieur de ce pont.

Les techniques RADAR basées sur un seul relevé de terrain étaient suffisantes pour cartographier le tablier du pont et identifier les zones où la probabilité de trouver des armatures corrodées était le plus élevée. Le dégagement des armatures a montré que ces zones de forte probabilité n'étaient pas reliées à la corrosion des armatures mais à l'épaisseur d'asphalte. Donc, les cartographies RADAR, validées par quelques points de contrôle, montrent que, dans le cas de ce pont autoroutier situé à Gatineau, l'absence de membrane n'a jusqu'à présent pas entraîné la corrosion des armatures. Les résultats de ces essais pourraient dans quelques années servir de référence si

de nouveaux essais de probabilité de corrosion sont réalisés sur la base de cette même technique afin de contrôler une apparition éventuelle de corrosion dans le tablier de ce pont autoroutier.

6. CONCLUSION

Les travaux effectués sur le pont routier de St-Sixte et le pont de l'autoroute 50 à Gatineau montrent que l'auscultation des ouvrages en béton par méthodes électrique et RADAR est un outil efficace qui nous permet, dès le début de l'évaluation de l'état d'un ouvrage, d'avoir une idée de la répartition des défauts probables dans le tablier de l'ouvrage. Elle permet également d'orienter et de minimiser les travaux complémentaires pour évaluer l'état des ponts. En effet, connaissant à l'avance la localisation des désordres, il suffit par la suite de ne réaliser que quelques sondages ou observations visuelles pour connaître précisément l'état de l'ouvrage. Cette approche permet aussi de diminuer considérablement les risques d'évaluation erronée.

Les informations recueillies permettent de connaître la proportion de la structure présentant des désordres et de fournir une cartographie précise de la localisation des zones à restaurer. Cette cartographie est un document indispensable dans le cadre des études de pré-ingénierie pour la réhabilitation des ponts. Elle permet aussi, dans le cadre des études de stabilité d'optimiser le calcul de la résistance équivalente des matériaux testés en laboratoire [12] en considérant la répartition des dommages observés lors des essais d'auscultation.

L'auscultation des ponts par des méthodes non destructives, corrélée à quelques essais destructifs *in situ* et en laboratoire, permet d'évaluer rapidement et de manière approfondie l'état des ouvrages anciens, peu documentés, afin de répondre aux récentes exigences pour la « conservation des structures » au Québec.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'équipe du GRAI de l'Université de Sherbrooke pour leur aide lors de la réalisation de ces travaux. Nous tenons aussi à remercier M. Stéphan Deschênes du ministère des Transports du Québec.

RÉFÉRENCES

- [1] Gouvernement du Québec, Accélération des investissements routiers 2009-2010, *Transport Québec*, Conférence de presse du 5 février 2009.
- [2] Gouvernement du Québec, Investissements routiers 2008-2009 sur le réseau routier québécois, *Transport Québec*, Conférence de presse du 11 février 2008.
- [3] ASTM C 876 Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, *Norme ASTM*, 1991, réapprouvé en 1999
- [4] ASTM D4748 Standard Test Method for Determining the Thickness of Bound Pavement Layers Using Short-Pulse Radar, *norme ASTM*, 2006
- [5] Rhazi, J., Dous, O., Ballivy, G., Laurens, S., Balaÿssac J.-P., Non destructive health evaluation of concrete bridge decks by GPR and half cell potential techniques, *Non-Destructive testing in Civil Engineering, International Symposium*, Berlin, 2003
- [6] Dous, O., Rhazi, J., Ballivy G., Bertrand L., *Évaluation des dalles de tabliers de ponts par RADAR, potentiel de corrosion et résistivité électrique*, 11^e colloque sur la progression de la recherche québécoise sur les ouvrages d'art, Université de Laval, Québec 2004, 10 p.

- [7] Barnes, C.L., Trotier J.F., Ground-Penetrating Radar for Network-Level Concrete Deck Repair Management, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 126, No 3, mai-juin 2000, P. 257-262
- [8] Balayssac, J-P., Laurens, S., Rhazi, J., Utilisation du RADAR pour la détection de zones à risque de corrosion dans le béton armé, *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées*, Vol. 237, mars-avril 2002, p. 99-102.
- [9] Parrillo, R., Robert, R.L., Haggan, A., 2005, Bridge Deck Condition Assessment Using Ground Penetrating RADAR, *International Bridge Conference*, juin 2005, Pittsburgh, PA.
- [10] Kim, W., Ismail, A., Anderson, N-L., Atekwana, E-A., Buccelato, A., Non-destructive testing (NDT) for corrosion in bridge deck using GPR. *The 3rd International Conference on Applied geophysics*, décembre 2003, Orlando, Florida.
- [11] Neville, A.N., 2000, Propriété des bétons, Éditions Eyrolles, 806 p.
- [12] CSA-S6-06 Annexe A14.1 du Code Canadien sur le calcul des ponts routiers, *Norme CSA*, 2006