

### CONTEXTE

Le MTQ possède un réseau important de ponceaux métalliques, communément appelés tuyaux de tôle ondulée. Ces ponceaux peuvent être fabriqués au moyen de tôles d'acier galvanisé, d'acier aluminisé ou d'aluminium. L'acier galvanisé est utilisé depuis plusieurs dizaines d'années, alors que l'aluminium et l'acier aluminisé ne le sont que depuis 1991. Pour cette raison, l'étude *in situ* ne porte que sur les tuyaux d'acier galvanisé, alors que les essais en laboratoire portent sur les trois types de tôles métalliques.

La nouvelle norme du MTQ sur les ponceaux, tome III, chapitre 4 établit que les ponceaux, pour toutes classes de routes, doivent avoir une vie utile minimale de 50 ans.

### BUT DE L'ÉTUDE

Il s'agit de tracer un portrait global de l'état des tuyaux d'acier galvanisé utilisés au Québec comme ponceaux et d'en déterminer les principales causes de détérioration. À partir des relevés sur le terrain et des essais en laboratoire, on veut estimer la durée de vie utile de chaque type de ponceaux métalliques, compte tenu des conditions environnementales, qui diffèrent grandement selon les régions ou les secteurs.

### ANALYSE, MESURES ET ESSAIS

Des échantillons d'eau ont été prélevés à l'entrée des tuyaux inspectés en vue de la détermination des paramètres tels que la dureté de l'eau, les chlorures, les sulfates, l'alcalinité et les bactéries associées à la corrosion. Des mesures ont été effectuées *in situ* au moyen d'instruments portatifs : le pH, la conductivité, la teneur en oxygène dissout, la vitesse de l'eau, l'épaisseur du revêtement de zinc et l'épaisseur de la tôle.

L'état des ponceaux a été estimé en fonction de l'âge, pour différentes épaisseurs de paroi de tuyaux (2,8 mm, 3,5 mm, 4,2 mm), selon une échelle numérotée de 1 à 10, 1 correspondant à un ponceau complètement déformé par la corrosion généralisée ou par la coupure du radier, alors que 10 correspond à un ponceau n'ayant aucune déficience. Parmi les 109 sites évalués, 70 l'ont été de façon exhaustive, alors que les 39 autres ont été échantillonnés pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, résistivité, chlorures, sulfates et carbonates).

Des essais en laboratoire ont complété l'étude, soit des essais d'abrasion par jet de sable humide et des essais de corrosion au brouillard salin.

### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Pour l'ensemble des sites évalués, on obtient les résultats suivants :

	Résultats	Utilisation recommandée (U)
pH	de 3,9 à 8,9	$U > 5$
Résistivité	de 90 à 33 000 $\Omega$ - cm	$U > 1000$
Vitesse de l'eau	de 0 à 2,2 m/s	$U < 4,5$

La résistivité dépend des concentrations de chlorures, de sulfates et de carbonates présents dans le sol et entraînés par l'eau de ruissellement.

On retrouve des bactéries du fer et des bactéries réductrices de sulfates, mais leurs effets n'ont pas été déterminants quant à la corrosion des tuyaux. La corrosion s'effectue principalement au niveau de la ligne d'écoulement de l'eau. À cet endroit, il y a alternance d'eau et d'oxygène, ce qui favorise les réactions de corrosion. Dans la partie immergée, la corrosion est moins accentuée étant donnée la faible concentration d'oxygène. La partie supérieure des tuyaux exposée à l'air demeure pratiquement intacte.

Afin de vérifier l'influence saisonnière des conditions atmosphériques sur les paramètres physico-chimiques de l'eau, des échantillons ont été prélevés dans 12 sites retenus en juillet et en octobre 1994 ainsi qu'en avril 1995. Selon les résultats obtenus, il n'y a pas de différence significative entre les saisons.

L'essai de résistance à l'abrasion par jet de sable humide sur tous les types de tôles (tableau 1), montre que l'aluminium est deux fois moins résistant que le revêtement de zinc. Par contre, l'essai de corrosion au brouillard salin (tableau 2) montre que le revêtement de zinc disparaît deux fois plus rapidement que le revêtement d'aluminium. La tôle d'aluminium, quant à elle, n'a presque rien perdu de son épaisseur durant la même période.

### DISCUSSION

D'après les faibles vitesses d'écoulement mesurées et le peu de particules en suspension dans l'eau, l'abrasion ne représente pas un facteur important de détérioration des ponceaux. Selon les observations et les analyses, il en ressort que la corrosion est la principale cause de dégradation à prendre en considération. Le pH et la résistivité de l'eau caractérisent la nature corrosive de l'environnement des ponceaux. Plus les valeurs sont faibles, plus le milieu est corrosif.

Les tuyaux d'aluminium ont une résistance à la corrosion de beaucoup supérieure aux autres types de tuyaux. Par contre, il faut prendre certaines précautions à l'occasion de la manipulation et de l'installation, étant donné que l'aluminium est moins rigide que

l'acier. L'acier aluminisé arrive en 2<sup>e</sup> place, et sa vie utile est environ deux fois supérieure à celle de l'acier galvanisé standard. La perte d'aluminium plus grande sur l'acier aluminisé, par rapport à la tôle d'aluminium, s'explique probablement par la protection sacrificielle qu'offre le revêtement d'aluminium de l'acier aluminisé.

Pour la majorité des tuyaux d'acier galvanisé évalués, l'espérance de vie est inférieure à 50 ans, alors qu'il s'agit d'une exigence minimale dans la nouvelle norme du M.T.Q. L'espérance de vie est supérieure à 50 ans pour les tuyaux d'acier aluminisé et pour les tuyaux d'aluminium.

Concernant l'aspect pécuniaire, les tuyaux d'acier aluminisé coûtent environ 15 % de plus que les tuyaux d'acier galvanisé. Les tuyaux en aluminium coûtent entre 15 et 35 % plus cher que ces derniers. Il faut prendre en considération les coûts d'entretien ou de remplacement, étant donné l'espérance de vie des différents types de tuyaux.

Compte tenu des exigences du MTQ et de la performance des tuyaux constitués en tout ou en partie d'aluminium, le Ministère devrait favoriser l'utilisation de ces produits dans les cas de remplacement ou à l'occasion d'une nouvelle réalisation. Dans le cas de la réhabilitation de ponceaux existants, les dommages se situant au

niveau du radier, il y aurait lieu d'examiner de nouvelles méthodes, en ne restaurant que le radier par superposition d'une tôle, d'un matériau composite ou de béton. Le Service de l'hydraulique examine et expérimente différentes possibilités en ce sens.

#### RÉFÉRENCES

*Détérioration des ponceaux métalliques*, rapport d'étude MTQ, 1996.

*Durability of Special Coatings for Corrugated Steel Pipe*, FHWA, June 1991.

*Corrosion of Submerged Steel Structures*, DOT, Maine, October 1993.

**RESPONSABLES :** Donald Villeneuve, ing.  
Réal Nobert, t.s.  
Service des produits industriels

**DIRECTEUR :** \_\_\_\_\_  
Pierre La Fontaine, ing.

**TABLEAU 1 : ESSAI D'ABRASION PAR JET DE SABLE HUMIDE**

MATÉRIAU	PERTE CUMULATIVE D'ÉPAISSEUR * (mm)				
	TYPE D'ÉCHANTILLON	ÉPAISSEUR DU REVÊTEMENT (µm)	1 <sup>er</sup> CYCLE	2 <sup>e</sup> CYCLE	3 <sup>e</sup> CYCLE
Acier noir	—	4	8	12	14
Acier galvanisé	62	23 (zn)	51 (zn)	62 (zn)+5 (acier)	62 (zn)+11 (acier)
Acier aluminisé	43	43 (al)+3 (acier)	43 (al)+14 (acier)	43 (al)+ 25 (acier)	43 (al)+30 (acier)
Aluminium	—	41	75	105	117

**TABLEAU 2 : ESSAI AU BROUILLARD SALIN (OBSERVATIONS APRÈS 3 MOIS)**

TYPE D'ÉCHANTILLON	ÉPAISSEUR DU REVÊTEMENT (µm)	PERTE DE MASSE (g)	PERTE D'ÉPAISSEUR * (µm)	OBSERVATIONS
Acier noir	—	53,26	226	Rouille marquée sur toute la surface
Acier galvanisé	63	9,69	45	Taches blanches sur la majeure partie de la surface. Taches rouges sur environ 20 % de la surface.
Acier aluminisé	46	1,70	21	Petites taches blanches. Points noirs répartis uniformément.
Aluminium	—	0,03	0	Quelques petites taches rouges. Plaque intacte à 95 %.

\* La perte d'épaisseur est calculée à partir de la perte de poids et de la masse volumique du matériau.