

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 1.0 Introduction

Le but de ce guide est d'aider les professionnels à sélectionner le revêtement de tuyau de tôle ondulée le plus approprié en fonction de la durée de vie utile désire de l'application et des paramètres environnementaux propres au site du ponceau.

On trouvera ci-dessous des définitions et une liste des matériaux en TTO disponibles :

- DSL – Durée de vie théorique Ce paramètre est généralement fixé par l'entité responsable de l'utilisation du ponceau (c'est-à-dire le gouvernement ou le propriétaire). La durée de vie théorique d'un ponceau dépend de son importance relative, de la durée de vie estimative du projet et du coût global de remplacement. Les présentes lignes directrices fixent les limites de la durée de vie théorique à 25, 50 et 75 ans.
- EMSL – Durée de vie utile estimative Ce paramètre dépend de facteurs propres au site du projet. Les présentes lignes directrices tiennent compte des facteurs suivants :
  - > Abrasion résultant du transport de la charge de fond;
  - > Chimie du site – résistivité, pH et autres paramètres
- Matériaux de TTO disponibles (selon la norme CSA G401).
- Acier galvanisé à strates de polymère
- Acier aluminisé de type 2
- Acier galvanisé

\* Nota : Les structures de plaques boulonnées ne sont pas considérés dans ce guide.

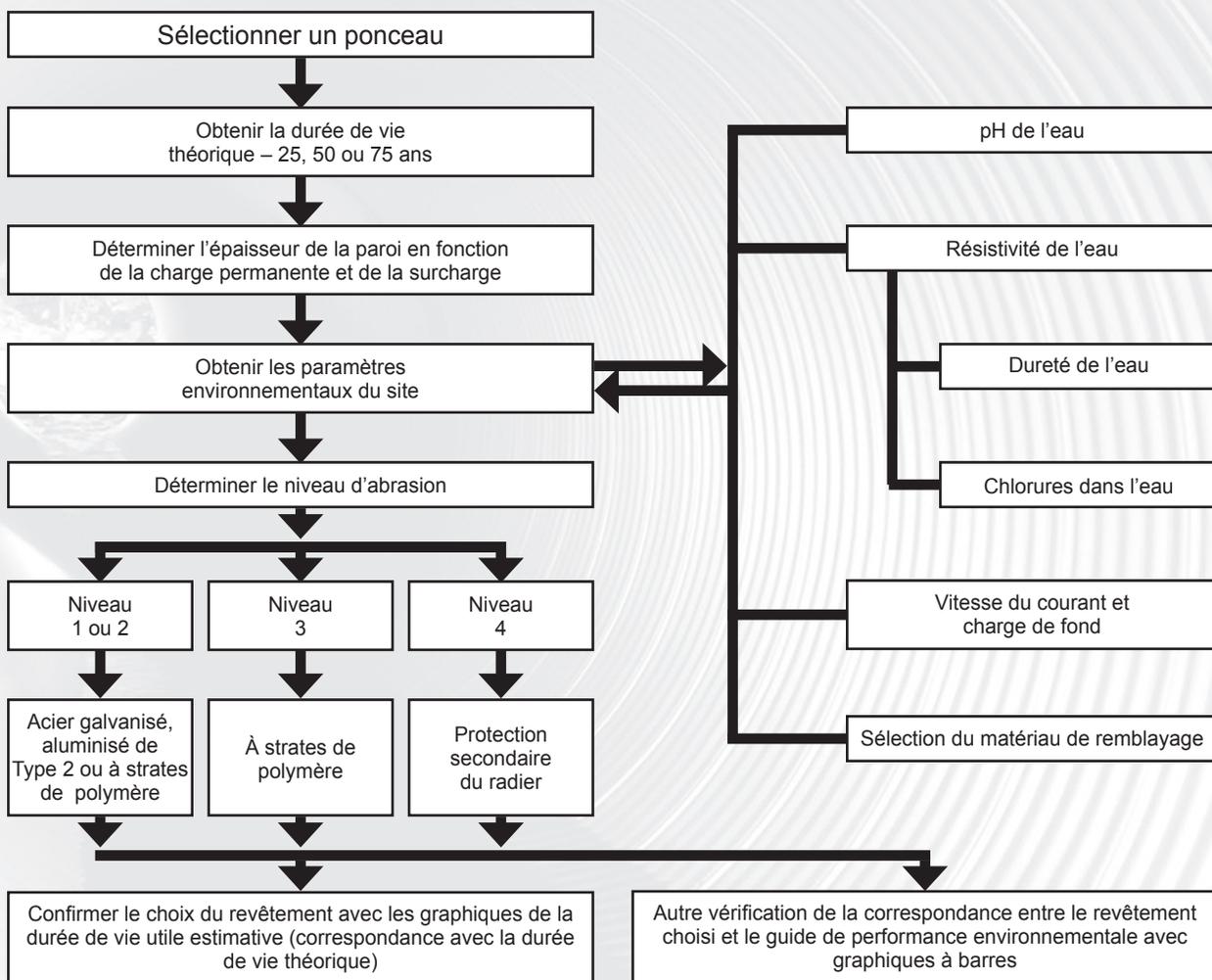
Pour maximiser la rentabilité, il est recommandé que le professionnel détermine d'abord la durée de vie théorique du ponceau, puis travaille à sélectionner les matériaux qui peuvent satisfaire ou dépasser la durée de vie utile estimative.

Les présent guide ne constitue aucunement une solution de remplacement à des conseils d'ingénieur et demeure sans garantie ni représentation quant aux résultats. Bien que tous les efforts raisonnables aient été faits pour en assurer l'exactitude, ni l'Institut pour les tuyaux de tôle ondulée (CSPI), ni aucun de ses membres ou représentants ne garantit ni n'assume la responsabilité de leur utilisation ou de leur caractère approprié pour une application donnée.

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### Organigramme du guide

L'organigramme ci-contre donne un aperçu des étapes typiques dans la sélection d'un TTO approprié en fonction des paramètres listés à la section 1.0.



## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 3.0 Marche à suivre

#### 3.1 Sélection du ponceau

Le professionnel doit sélectionner le ponceau pour analyse. Pour les fins des lignes directrices, le TTO doit avoir un diamètre se situant entre 300 mm et 3 600 mm.

##### 3.1.1 Détermination de l'épaisseur de la paroi du TTO et de son ondulation

À partir des graphiques du Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, disponible auprès du CSPI, il faut déterminer l'épaisseur minimale de la paroi et le profil d'ondulation en fonction de la hauteur du remblai et de la surcharge véhiculaire.

#### 3.2 Confirmation de la durée de vie théorique (DSL)

Tel qu'indiqué à la section 1.0, l'entité (c'est-à-dire le gouvernement ou le propriétaire) responsable de l'exploitation du ponceau fournit la DSL – généralement de 25, 50 ou 75 ans.

#### 3.3 Obtention des paramètres environnementaux du site

L'air, le sol et l'eau influent sur la durabilité du ponceau :

- Air - À l'exception de certains environnement extrêmement pollués, le contact atmosphérique a peu d'effets sur la durabilité des TTO.
- Sol – Les matériaux de remblai qui entrent en contact avec le TTO sont généralement présélectionnés pour leurs caractéristiques de compaction, de drainage libre et de non-corrosion. Ces matériaux isolent généralement le tuyau des sols environnants qui pourraient être corrosifs en raison de leur niveau de pH et de leur contenu en sels dissous. Se reporter à la section 5.1 pour plus de détails.
- Eau – Dans la plupart des installations, c'est généralement l'eau en contact direct avec le tuyau qui détermine le rendement à long terme des matériaux de TTO.

Comme les échantillons d'eau sont faciles à recueillir et à mesurer, ce guide se concentre sur l'analyse de l'eau à des fins d'évaluation de l'environnement.

##### 3.3.1 Obtention du pH de l'eau

Le pH indique si l'eau est acide (mesure inférieure à 7) ou basique (mesure supérieure à 7); une mesure de 7 indique une eau neutre.

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 3.3.2 Obtention de la résistivité de l'eau (R)

La résistivité est une indication de l'incapacité de l'eau à la conduction d'un courant électrique, en fonction de la concentration de matières dissoutes totales (MDT) ou ions salins dissous dans l'eau. Plus les MDT augmentent, plus la résistivité diminue et la corrosivité s'accroît.

Parmi les autres tests de l'eau en rapport avec la résistivité, on compte les suivants :

- La dureté est indiquée par la quantité d'ions de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) dissous dans l'eau et détermine la capacité tampon ou l'aptitude de l'eau à neutraliser l'acidité provenant des eaux pluviales et d'autres sources. L'eau douce naturelle présente une faible concentration de  $\text{CaCO}_3$  et malgré une haute résistivité peut être corrosive pour l'acier galvanisé. L'eau dure est riche en  $\text{CaCO}_3$ , qui neutralise l'acidité et forme une croûte protectrice à la surface des tuyaux.
- Les chlorures (Cl) sont des ions hautement solubles que l'on trouve couramment dans les sels de voirie, l'eau de mer et les bassins d'évaporation. Ces ions sont généralement les plus importants facteurs de faible résistivité et favorisent la corrosion de l'acier non protégé.

### 3.3.3 Détermination du niveau d'abrasion

La vitesse du courant prévue et la gradation de la charge de fond doivent être évalués pour le site et le niveau d'abrasion doit être classifié comme suit :

Figure 2

Niveau d'abrasion

En fonction du tableau du niveau d'abrasion (figure 2), le tableau à droite (figure 3) peut être utilisé pour la sélection initiale du matériau de TTO.

Niveau d'abrasion	Description de la charge de fond	Vitesse du courant prévue (m/s)	
		Minimum	Maximum
1	Aucune charge de fond, peu importe la vitesse du courant. (p.ex. égout d'eaux pluviales ou réservoir d'eaux fluviales)	S.O.	S.O.
2	Charges de fond mineures de sable et de gravier	0	1.5
3	Charges de fond de sable et de gravier	1.5	4.5
4	Charges de fond majeures de gravier et de pierres.	4.5	Ci-dessus

Figure 3

Niveau d'abrasion et matériau de TTO

Niveau d'abrasion			
À strates de polymère			
Acier aluminisé de type 2			
Acier galvanisé			
1	2	3	4

Un pavage de béton sacrificiel peut être appliqué

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 3.4 Graphiques d'utilisation théorique – Correspondance entre durée de vie théorique et durée de vie utile estimative

En fonction de la résistivité de l'eau propre au site (données R et pH obtenues aux sections 3.3.1 et 3.3.2) et de la durée de vie théorique de la section 3.2, consultez les graphiques ci-dessous des Guidelines for Suitability of Metal Culverts (lignes directrices sur le caractère approprié des ponceaux en métal) applicables à la durée de vie théorique appropriée. Les matériaux de TTO y sont représentés par les courbes limites de couleur suivantes :

- Acier galvanisé – Orange
- Acier aluminisé de type 2 – Vert
- Acier à strates de polymère – Noir

Tracez la courbe de la R et du pH du site sur le graphique. Le matériau de TTO est considéré comme adéquat lorsque la courbe tracée se situe à droite de sa courbe limite de couleur respective.

Figure 4.1

Graphique d'une durée de vie théorique de 100 ans

EMSL – Durée de vie utile estimative de 100 ans  
En fonction d'une période minimale de 100 ans avant la première perforation pour l'acier galvanisé et de la plage environnementale pour l'acier aluminisé ou à strates de polymère.

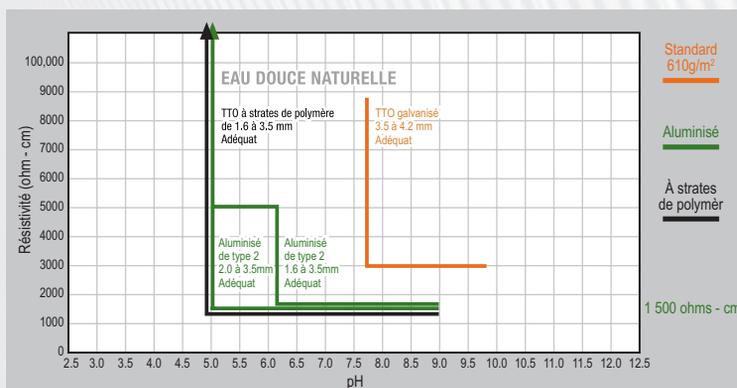
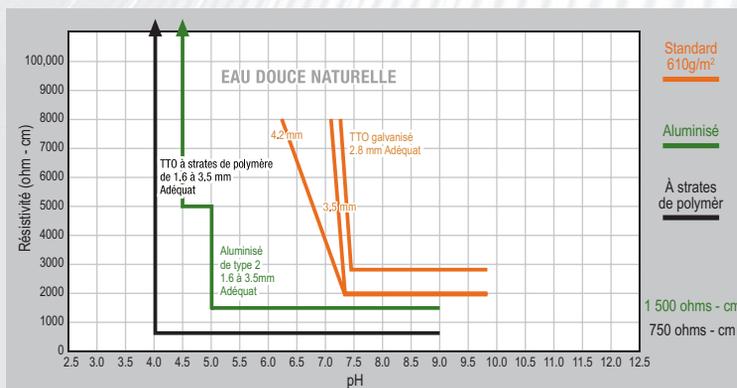


Figure 4.2

Graphique d'une durée de vie théorique de 75 ans

EMSL – Durée de vie utile estimative de 75 ans  
En fonction d'une période minimale de 75 ans avant la première perforation pour l'acier galvanisé et de la plage environnementale pour l'acier aluminisé ou à strates de polymère.



## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 3.4 Graphiques d'utilisation théorique – Correspondance entre durée de vie théorique et durée de vie utile estimative

Figure 4.3

Graphique d'une durée de vie théorique de 50 ans

EMSL – Durée de vie utile estimative de 50 ans  
En fonction d'une période minimale de 50 ans avant la première perforation pour l'acier galvanisé et de la plage environnementale pour l'acier aluminisé ou à strates de polymère.

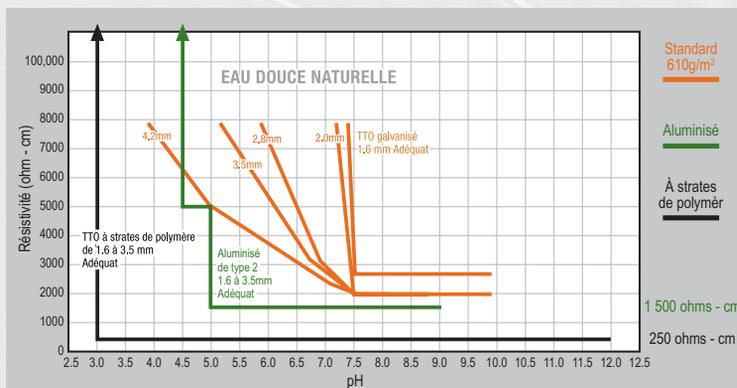
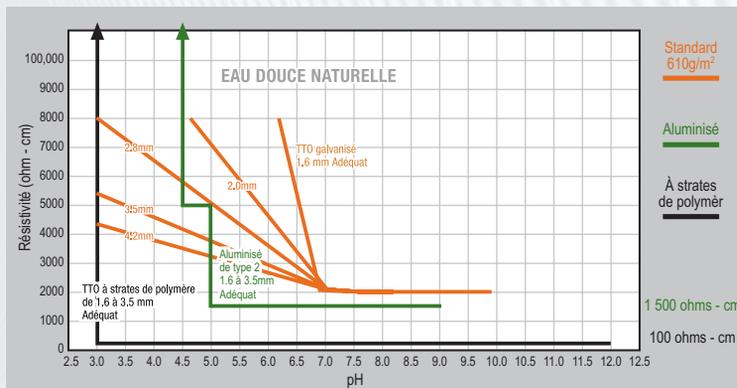


Figure 4.4

Graphique d'une durée de vie théorique de 25 ans

EMSL – Durée de vie utile estimative de 25 ans  
En fonction d'une période minimale de 25 ans avant la première perforation pour l'acier galvanisé et de la plage environnementale pour l'acier aluminisé ou à strates de polymère.



De nombreuses études ont été effectuées en Amérique du Nord pour mieux comprendre et quantifier le rendement des TTO en matière de durabilité. Elles sont traitées dans le Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products, publié par le CSPI. Les graphiques contenus dans le présent document sont basés sur les graphiques publiés par le ministère des Transports de l'Alberta : intitulé Guidelines for Suitability for Metal Culverts.

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### 4.0 Autres méthodes d'analyse des matériaux pour ponceaux

La sélection du matériau de TTO peut être confirmée au moyen des graphiques à barres de la section 4.1, ainsi que par l'analyse sur le terrain des eaux de surface, expliqué à la section 4.2.

### 4.1 Graphiques à barres

Si les mesures des caractéristiques critiques de l'eau se situent hors de la zone ombrée, le matériau de TTO peut ne pas être approprié à l'environnement.

Figure 7

pH et matériau de ponceau

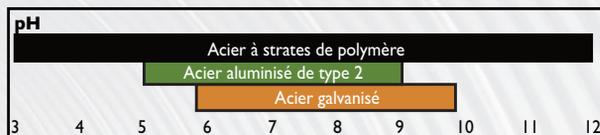


Figure 8

Résistivité et matériau de ponceau

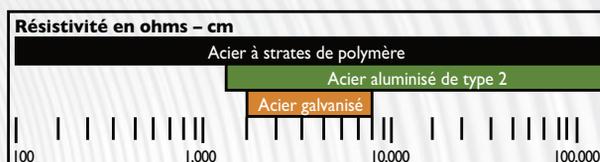


Figure 9

Dureté et matériau de ponceau

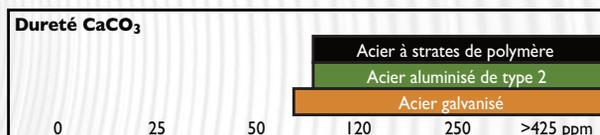
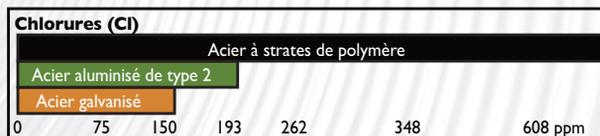


Figure 10

Chlorures et matériau de ponceau



### 4.2 Analyse sur le terrain des eaux de surface

Les bâtonnets d'analyse démontrés ci-dessous, disponibles dans le commerce, aideront le professionnel à analyser la chimie existante de l'eau et, en procédant par élimination, à sélectionner les matériaux de ponceau les mieux adaptés aux conditions environnementales existantes afin d'assurer la durée de vie théorique du projet.

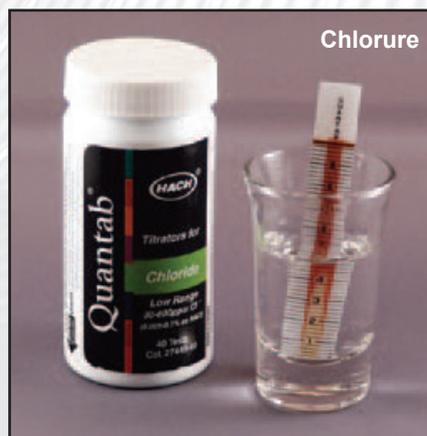
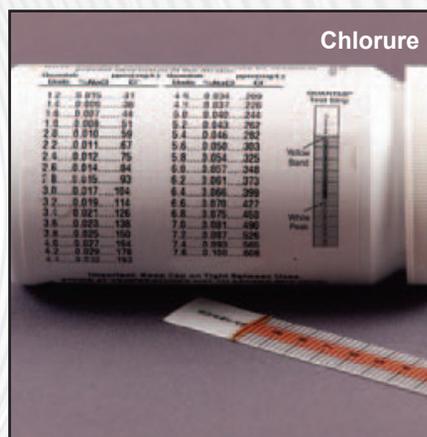
TROUSSES DE BÂTONNETS D'ANALYSE REQUIS (disponibles auprès de [www.HACH.com](http://www.HACH.com) et de [Cleartech](http://Cleartech) 1-800-387-7503)

- |                                              |                     |
|----------------------------------------------|---------------------|
| 1. SOFCHEK dureté totale,                    | Produit n° 27452-50 |
| 2. pH 4-9,                                   | Produit n° 27456-50 |
| 3. Chlorures, faible teneur de 30 à 600 mg/L | Produit n° 27449-40 |

## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### MÉTHODE

1. Recueillir un échantillon d'eau du site à tester dans un petit contenant de verre propre.
2. Prendre un bâtonnet de dureté totale de l'emballage, le plonger dans l'échantillon d'eau pendant 1 seconde, attendre 15 secondes et comparer la couleur du bâtonnet avec l'échelle sur l'emballage. Si la mesure est de 50 ppm ou moins, éliminer l'acier galvanisé du processus de sélection. Si la mesure est de 120 ppm ou plus, maintenir toutes les options de revêtement.
3. Prendre un bâtonnet de pH de l'emballage, le plonger dans l'échantillon d'eau pendant 1 seconde, attendre 15 secondes et comparer la couleur du bâtonnet avec l'échelle sur l'emballage. Si la mesure du pH est de 5 ou moins, éliminer l'acier galvanisé. Si la mesure du pH est de 4 ou moins, éliminer l'acier aluminisé de type 2. Maintenir toutes les autres options de revêtement.
4. Vider partiellement le contenant de verre, en laissant de 1 à 2 cm d'eau. Prendre un bâtonnet de dosage de chlorure de l'emballage. Plonger le bâtonnet dans l'eau en veillant à ce que la ligne jaune reste sèche. Laisser dans l'eau jusqu'à ce que la ligne jaune devienne noire. Retirer le bâtonnet et noter le niveau supérieur du pic blanc. Si le niveau est inférieur à 4.2, envisager toutes les options de revêtement restantes. Si le niveau est supérieur à 4.2, éliminer l'acier galvanisé et l'acier aluminisé de type 2 du processus de sélection. Si le niveau est supérieur à 7.6, la durée de vie utile estimative d'un TTO à strates de polymère peut être inférieure à 75 ans.



## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

### Notes:

Pour les mesures dépassant les plages des bâtonnets d'analyse, des essais supplémentaires peuvent être nécessaire afin d'établir le caractère adéquat des matériaux et leur durée de vie utile estimative. Les analyses ne révèlent que les conditions prévalant le jour du prélèvement de l'échantillon. Du temps humide et des niveaux de courant élevés réduisent la concentration des sels dissous, tandis que du chaud et sec accroît cette concentration. Le développement futur du site peut en changer les conditions environnementales. La sélection du revêtement doit à la fois tenir compte du rendement passé des matériaux au site et des conditions futures prévues, pour toute la durée de vie théorique du projet.

Ces analyses portent sur les éléments les plus courants présents dans les eaux canadiennes pouvant influencer sur la durabilité des ponceaux en acier. D'autres éléments peuvent être présents sur un site en particulier. L'expérience passée et les connaissances à l'échelon local doivent toujours être prises en compte dans la sélection du matériau.

Ces mesures ont été développées par le CSPI à titre d'outils aidant au processus décisionnel. Il incombe au professionnel chargé de la conception de s'assurer que tous les facteurs sont pris en compte et de prendre la décision finale en matière de sélection du matériau de TTO.



## Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)

---

### 5.0 Commentary

Le commentaire ci-dessous comprend des recommandations sur les caractéristiques appropriées du remblai exécuté sur plans d'ingénieur, cerne certains autres facteurs influençant sur la durabilité et illustre la variabilité de la chimie du sol et de l'eau au Canada.

### 5.1 Remblai exécuté sur plans d'ingénieur

Le remblai exécuté sur plans d'ingénieur en contact avec le TTO soit respecter les limites suivantes :

1. pH  $>5 < 10$
2. Résistivité  $> 3\ 000$  ohm cm
3. Contenu organique : maximum de 1 %

Le sol préexistant et l'infiltration potentielle de sels dissous provenant de l'extérieur de l'enveloppe du remblai doivent être considérés afin de déterminer l'évolution à long terme du remblai exécuté sur plans d'ingénieur. Les sels peuvent être détournés afin d'éviter le contact avec la structure au moyen de pavage, de géotextiles ou de membranes dans le remblai ou d'un revêtement à strates de polymère sur l'acier. Une faible teneur en matériaux organiques est également nécessaire à des fins structurales.

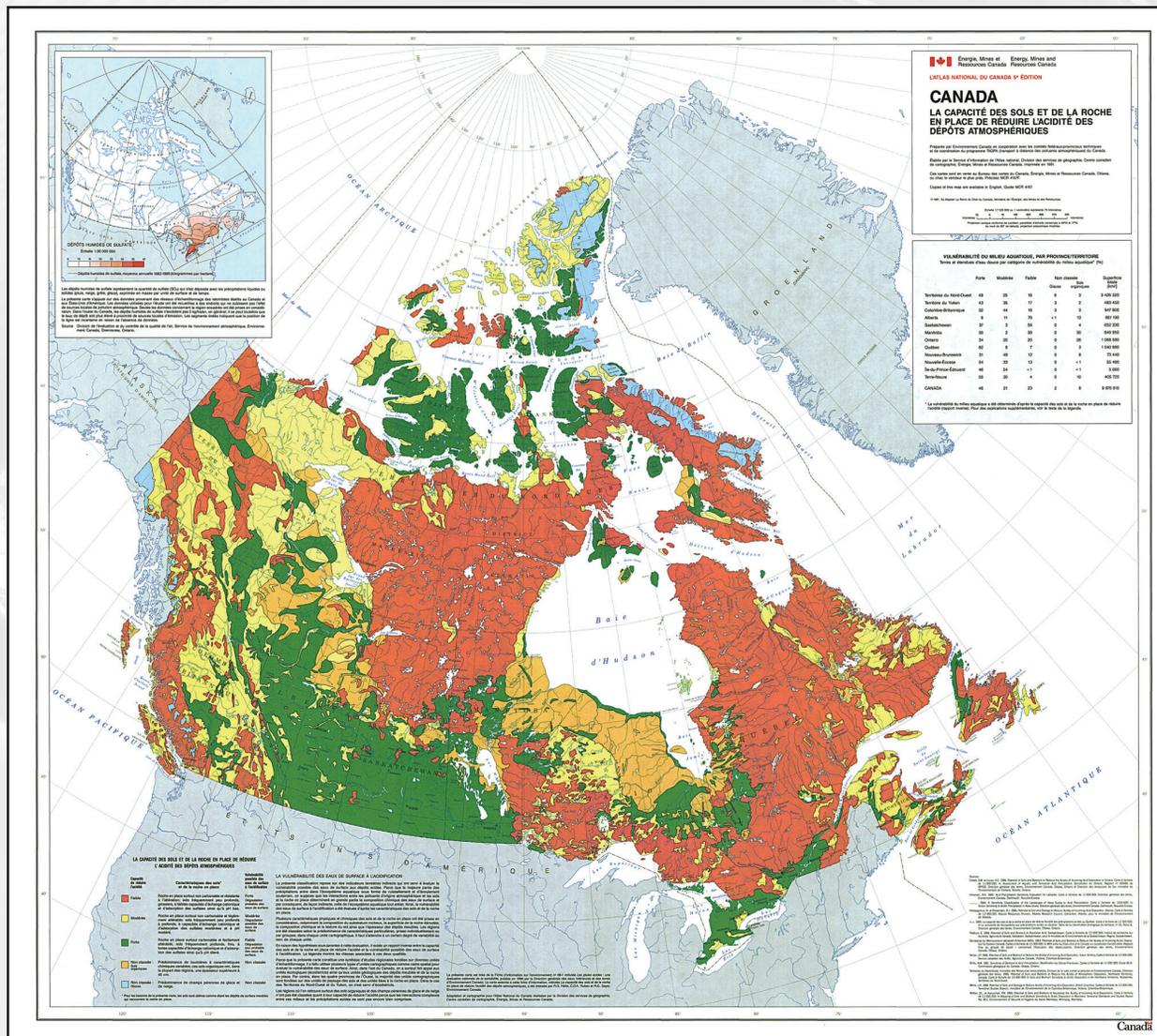
### 5.2 Autres facteurs influant sur la durabilité

La durabilité d'un ponceau peut dépendre de plusieurs facteurs physiques, dont la charge statique et la surcharge, les cycles de charge répétitifs, les cycles de gel et de dégel, les pressions hydrauliques et de gelée, les mouvements du terrain, la gravité et les incendies. Les TTO affichent une excellente feuille de route pour ce qui est de la résistance à ces forces; celles-ci doivent cependant toutes être prises en compte dans une analyse des risques de conception et, dans certains cas, des mesures préventives doivent être envisagées. Des TTO à strates de polymère ne doivent pas être utilisées pour des eaux de marée nordiques.

### 5.3 Chimie des sols au Canada

Les régions du sud-est du Canada reçoivent des pluies acides à faible pH. Les régions indiquées en orange ont des sols minces ou des sols tourbés dont le niveau de  $\text{CaCO}_3$  est insuffisant pour neutraliser l'acidité de la pluie. Les régions indiquées en jaune ou en vert ont des sols plus épais et des niveaux de  $\text{CaCO}_3$  progressivement plus élevés qui assurent une couche tampon contre les acides et entraînent la formation d'une croûte protectrice à la surface des tuyaux.

# Lignes directrices sur le rendement des ponceaux en tuyaux de tôle ondulée (Diamètre de 300 mm à 3 600 mm)



Référence : Atlas national du Canada, 5e édition, 1985 – 1995.

La carte ci-dessus illustre la variabilité de la chimie des sols au Canada. Les caractéristiques régionales doivent être prises en compte dans la sélection d'un matériau de TTO approprié.

<http://ftp2.cits.mcan.gc.ca/pub/geott/atlas/archives/english/5thedition/environment/ecology/mcr4157.jpg>