Réhabilitation par chemisage structurale (CIPP) des conduites d'aqueduc et d'égout du réseau secondaire

Écart de conception et compendium des défectuosités

(INFRA 2015)

Par Jacques Pharand, ing. et Alexandre Rancourt, ag. techn./expertise et diaporama
En collaboration avec Rachid Fettah, ag. techn./essai et suivi des échantillons
Kim Phung Huyhn, ing/chargée de projet_réhab. d'aqueduc
Karl Lai, ing jr/chargé de projet_réhab. d'égout

Service des infrastructures, de la voirie et des transports (SIVT)
Direction des infrastructures (DI)
Division de l'expertise et du soutien technique (DEST)

Montréal

Contenu de la présentation

- Introduction
- Réseau en chiffres
- Échantillonnage
- Essais aux fins d’études sur le produit et écarts de conception
- Anomalies et défauts rejetés dans les chemisages
- Conclusion/Questions

Introduction

- Dans le cadre des travaux de réhabilitation par gainage de conduites d'égouts et d'aqueduc, la DEST a été mandatée par la DI afin d'analyser :

1. *les effets que pourraient avoir certaines anomalies et défectuosités sur la performance de la gaine à long terme*;

2. *les écarts de conception pour s'assurer de la capacité structurale des travaux de réhabilitation par chemisage in situ.*

But : Améliorer la qualité des chemisages installés dans nos infrastructures
(réseaux secondaires aqueduc et égout)

- **OBJECTIF**
  - Suivre la performance des travaux de réhabilitation par chemisage
- **MOYENS**
  - Démontrer les écarts de conception en regard des propriétés mécaniques et physiques testées sur échantillonnage chantier
  - Décrire les anomalies observées au CCTV post-gainage ou en laboratoire
    - Investigations factuelles et observations
    - Analyse et discussion
    - Définition des non-conformités

Réseau en chiffres

Aqueduc

- Réseau principal : 770 km
- Réseau secondaire : 3 600 km (Ø: 100 @ 350 mm)
- Kilomètres réhabilités depuis 2008 : **139 km**
- Notre présentation se situe entre 2013 et 2015 : **70,6 km**

Égout

- Réseau principal : 644 km
- Réseau secondaire : 4 300 km
- Kilomètres réhabilités depuis 2008 : **163,5 km**
- Notre présentation se situe entre 2013 et 2015 : **101,3 km**

Échantillonnage

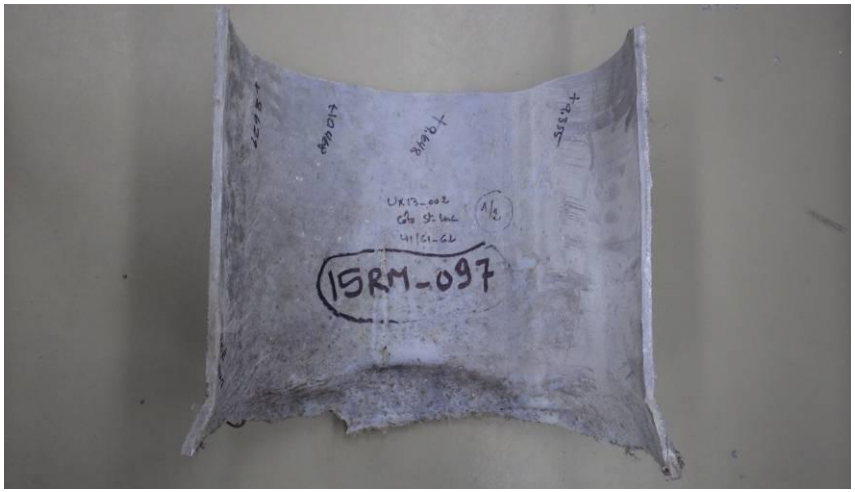
Aqueduc

Montréal

Égouts – Ovoïde

Montréal

Égouts - Circulaire

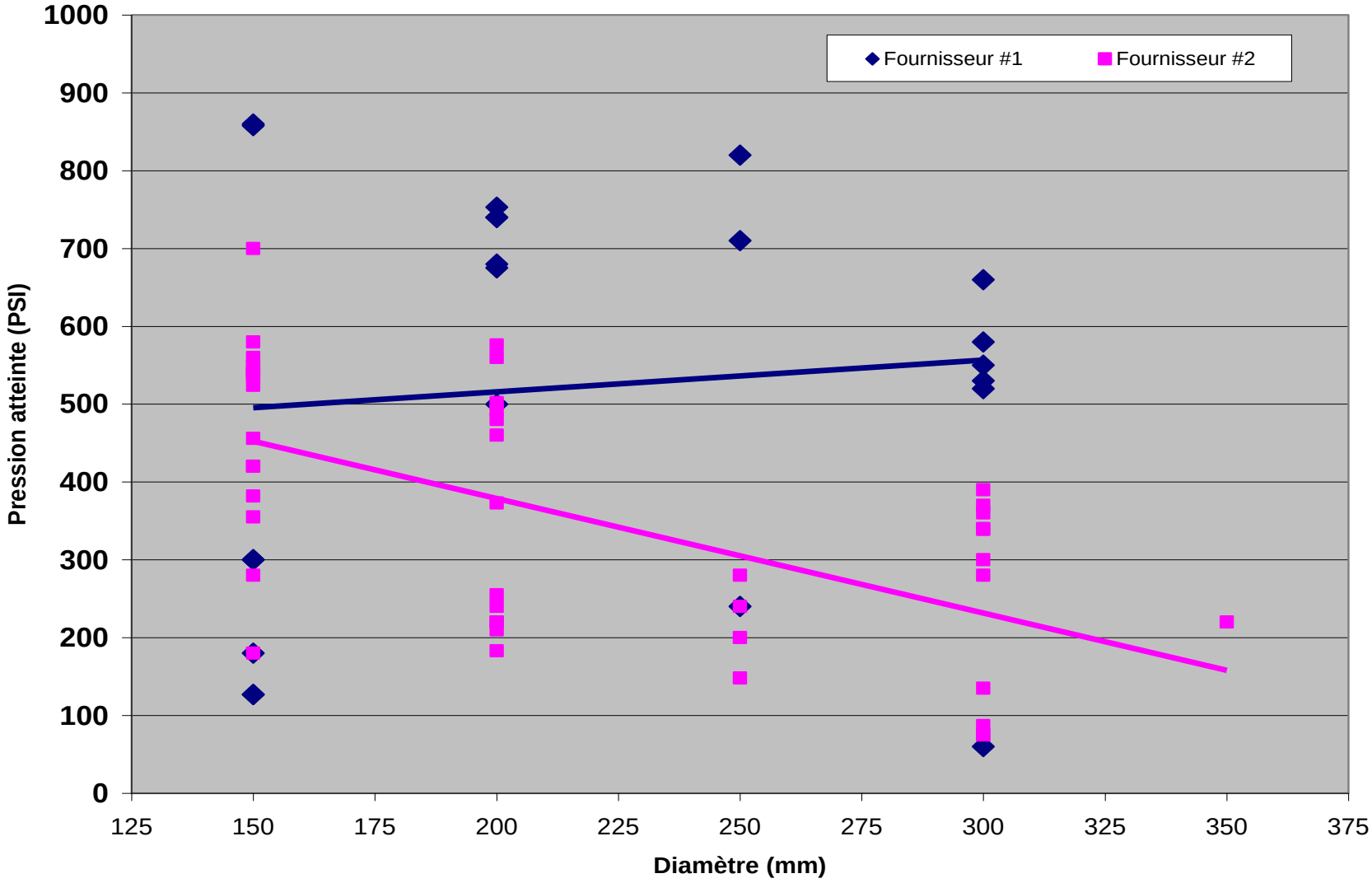


Lignes de Puisard

Essais aux fins d'études sur le produit et écarts de conception

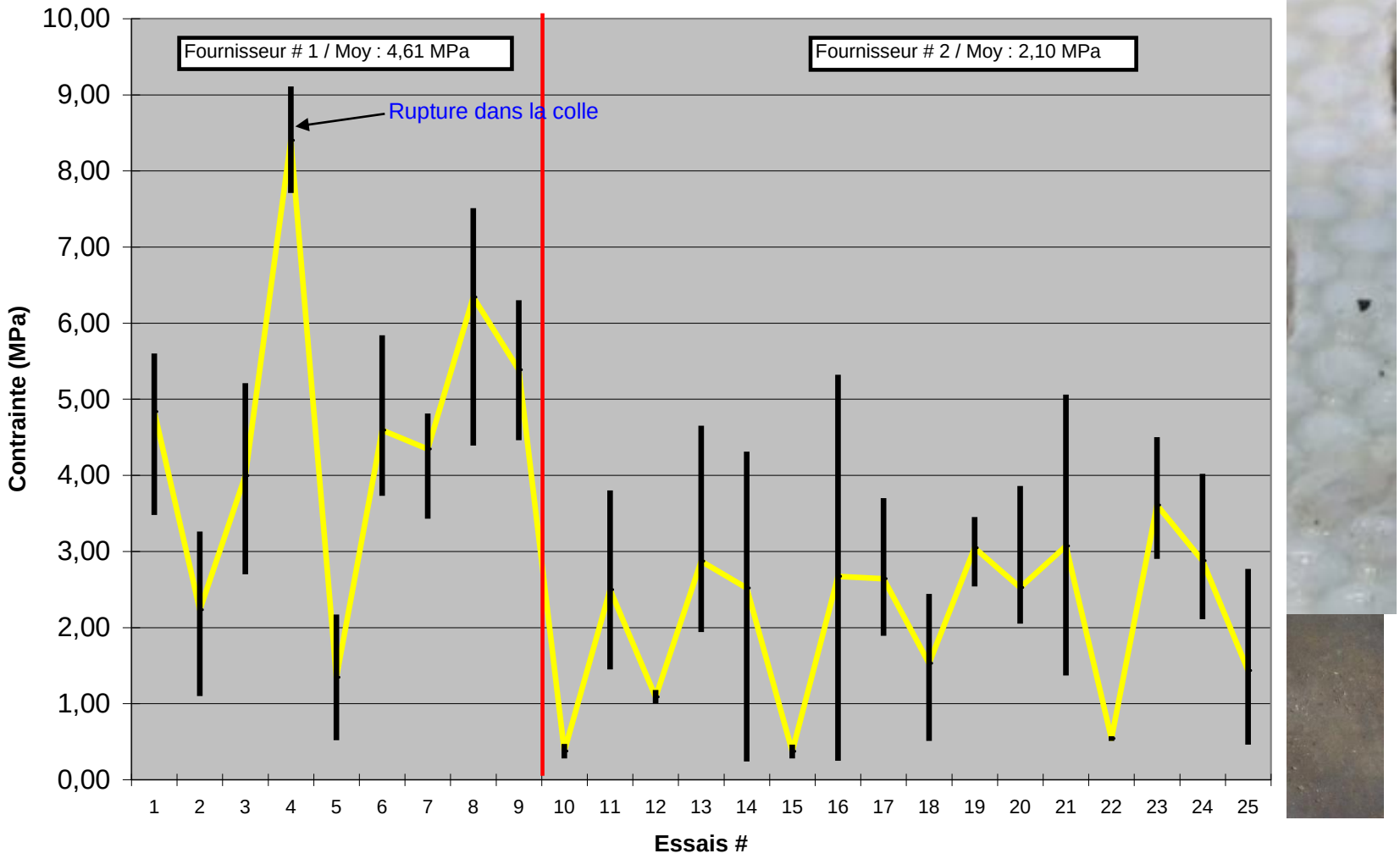
- Chargement hydrostatique ASTM D1599
- Adhérence ASTM D7234
- Rigidité et écrasement ASTM D2412
- Traction ASTM D638
- Flexion ASTM D790

Chargement hydrostatique ASTM D1599



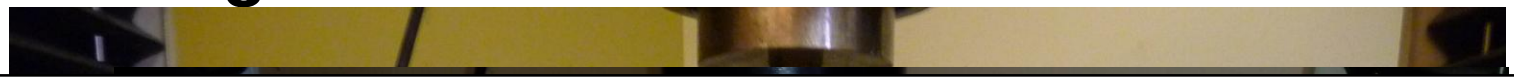
Montréal

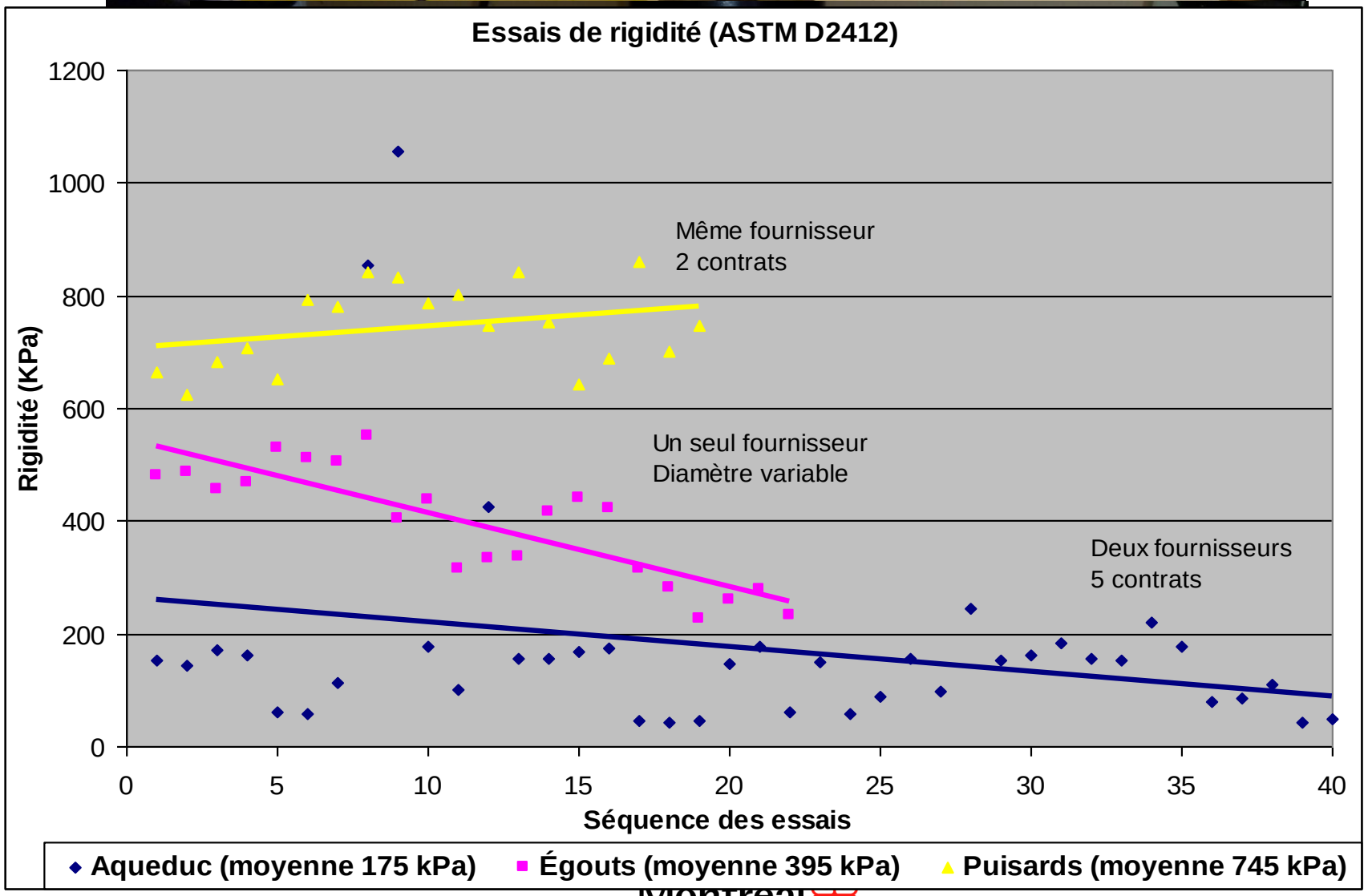
Adhérence ASTM D7234



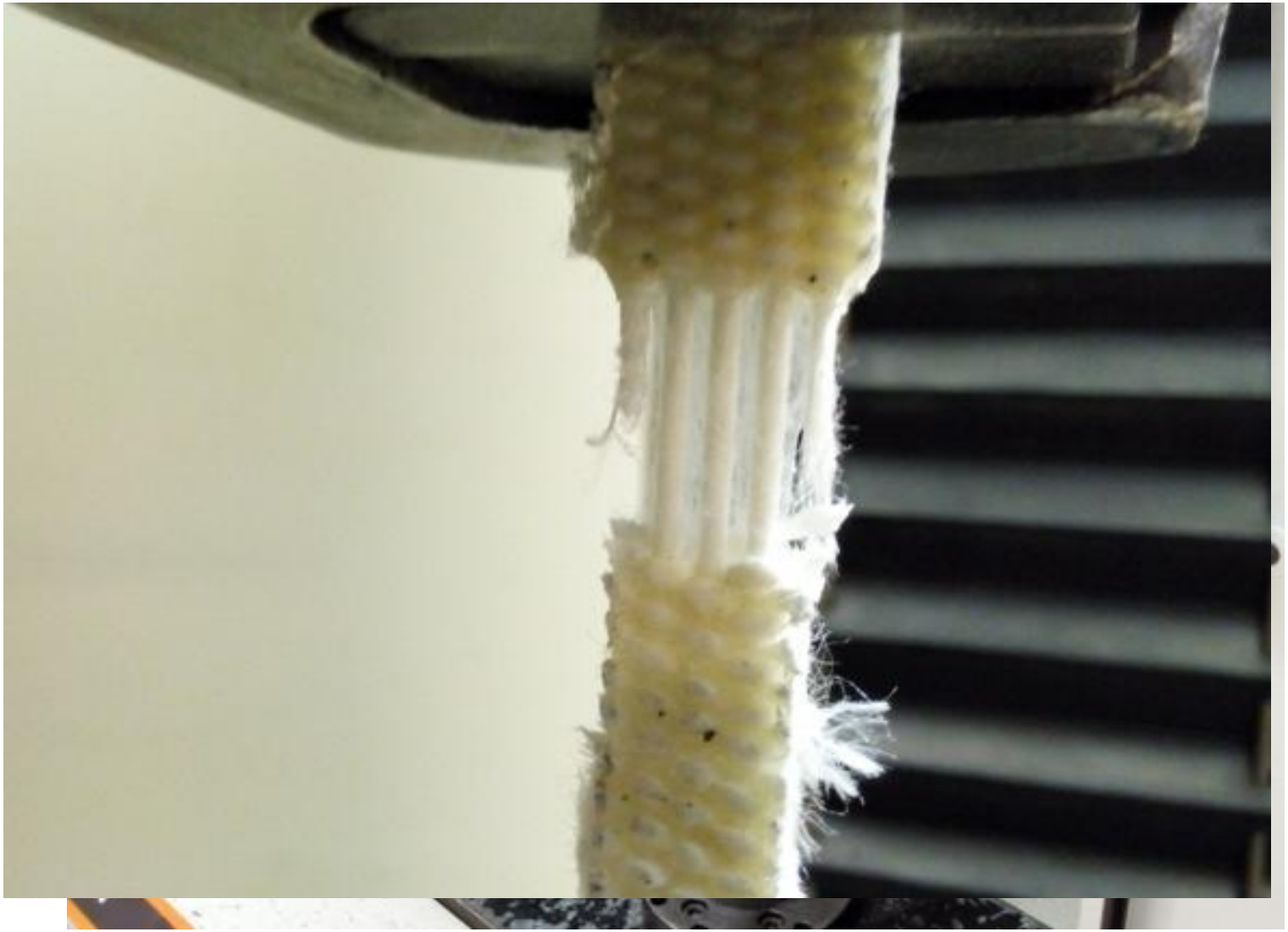
Montréal

Rigidité et écrasement ASTM D2412





Essais de traction ASTM D638



Essais de flexion ASTM D790

Écarts de conception

- Les écarts de conception sont identifiés *à partir des résultats d'essais* en laboratoire sur les échantillons prélevés au chantier.

- La contrainte en traction, la contrainte en flexion et le module de flexion sont insérés dans les formules apparaissant en annexe de la norme ASTM F1216 pour les *calculs de rétro-ingénierie* « Reverse Engineering ».

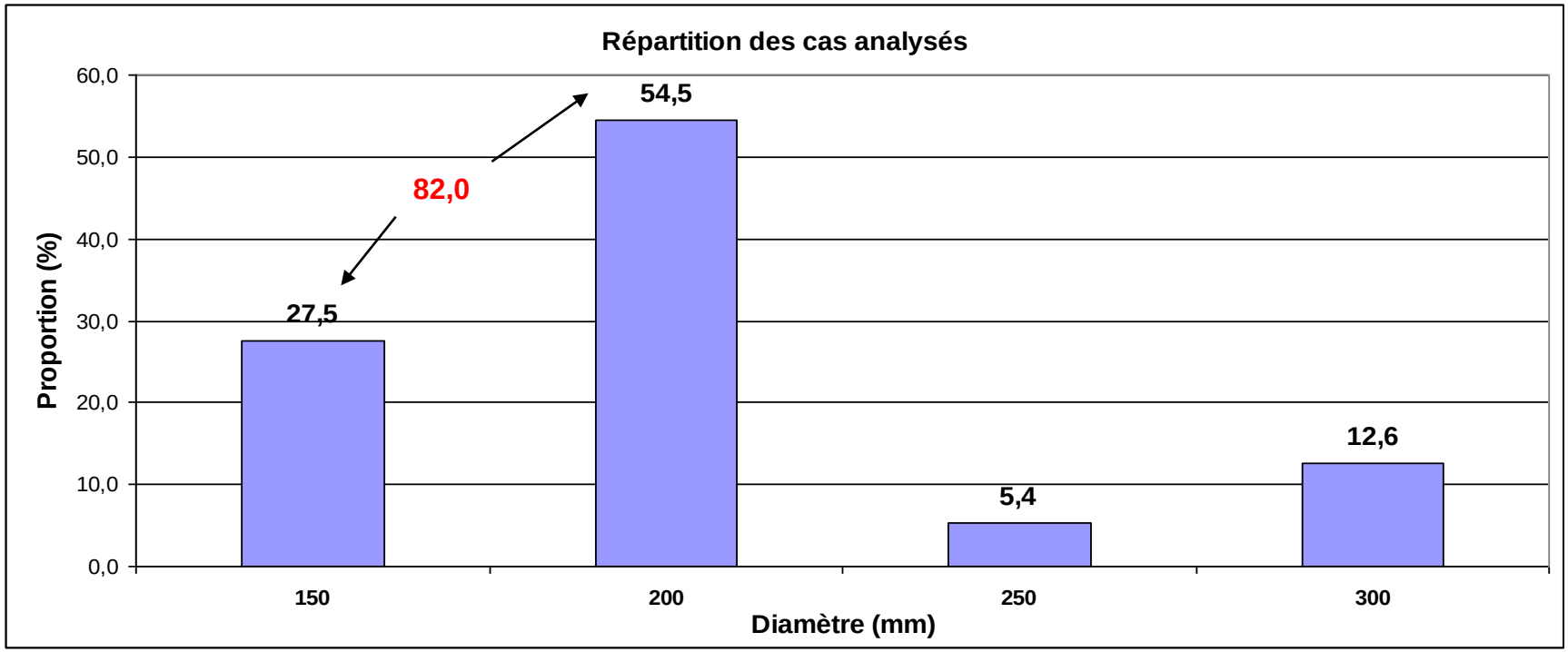
- *L'épaisseur calculée* est ensuite comparée à l'épaisseur mesurée de l'échantillon reçu et à celle de conception.

Écart de conception / Aqueduc

Au total **167** cas analysés entre 2013 et 2015 (70.6 km):

-Fournisseur 1 : **34 cas (20,4 %)**

-Fournisseur 2 : **133 cas (79,6 %)**



Montréal

Écart de conception / Aqueduc – Résumé

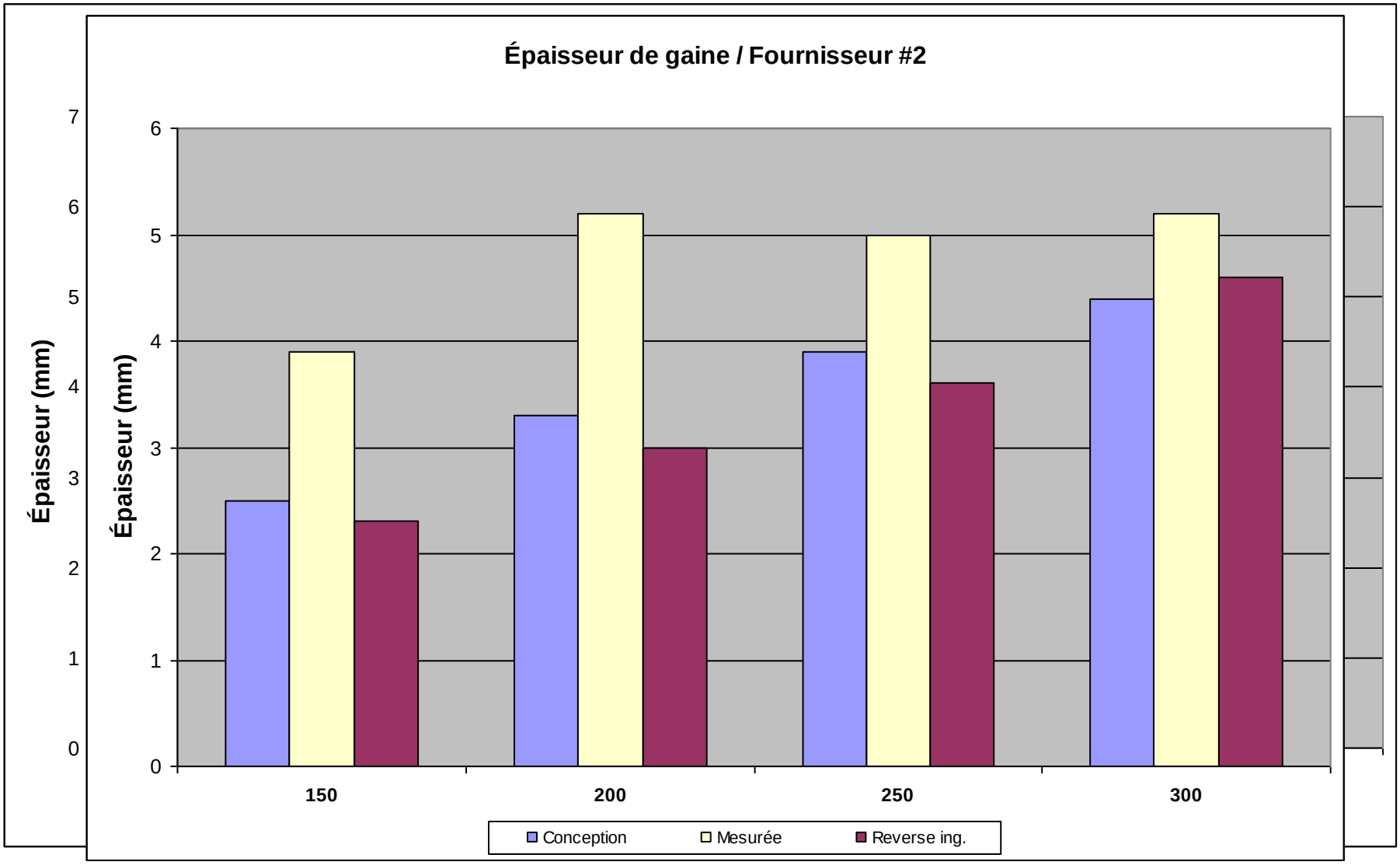
- 167/167 (**100 %**) : La contrainte en traction > 21 MPa
- 36/167 (**21,6 %**) : La contrainte en traction < Conception

- 4/167 (**2,4 %**) : Le module en flexion < 1724 MPa
- 72/167 (**43,1 %**) : Le module en flexion < Conception

Épaisseur

- 167/167 (**100 %**) : Installée > Conception & Calculée
- 33/167 (**19,8 %**) : Calculée > Conception

Écart de conception / Aqueduc (suite)

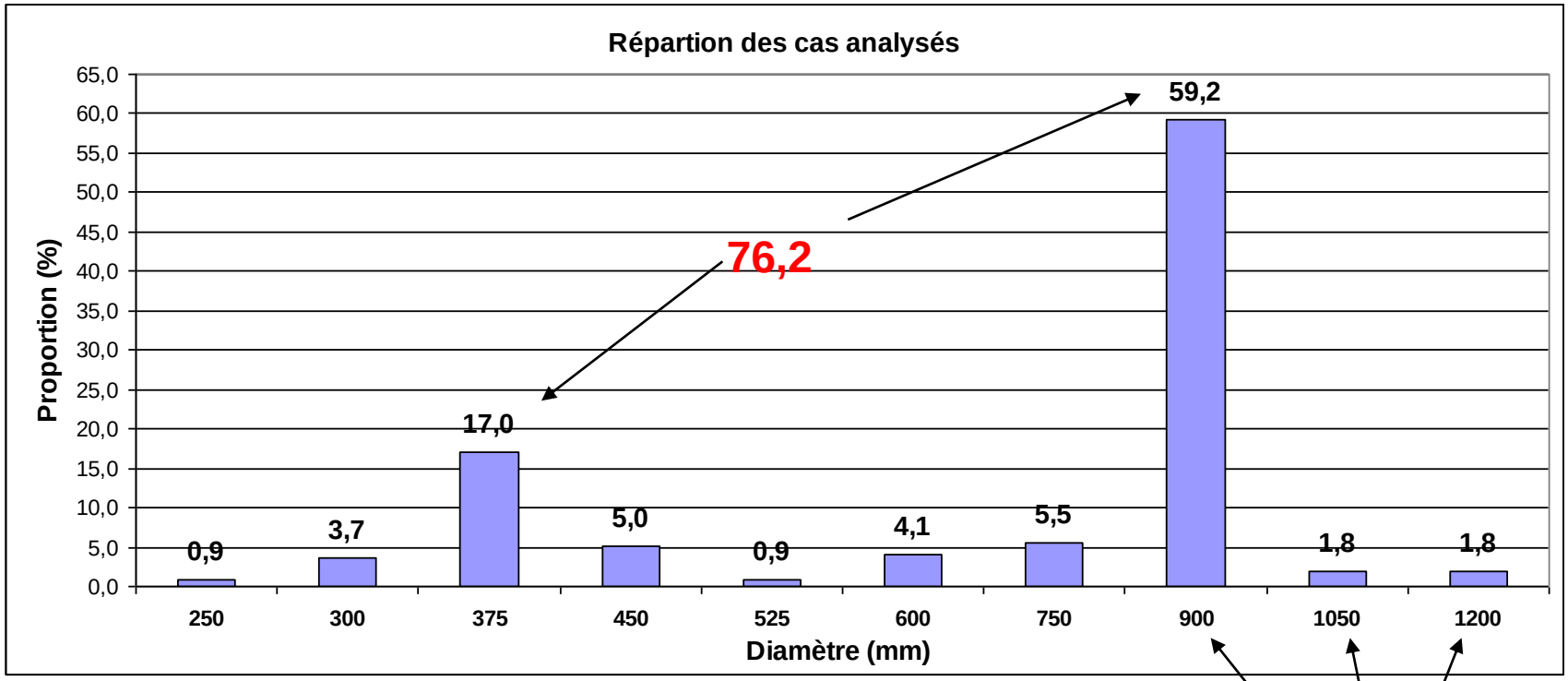


Montréal

Écart de conception/Égouts

Au total **218** cas analysés entre 2013 et 2015 (101.3 km en 992 sections) :

- Fournisseur 1 : **116 cas (53,2 %)**
- Fournisseur 2 : **81 cas (37,2 %)**
- Fournisseur 3 : **21 cas (9.6 %)**



Montréal

Écart de conception / Égouts – Résumé

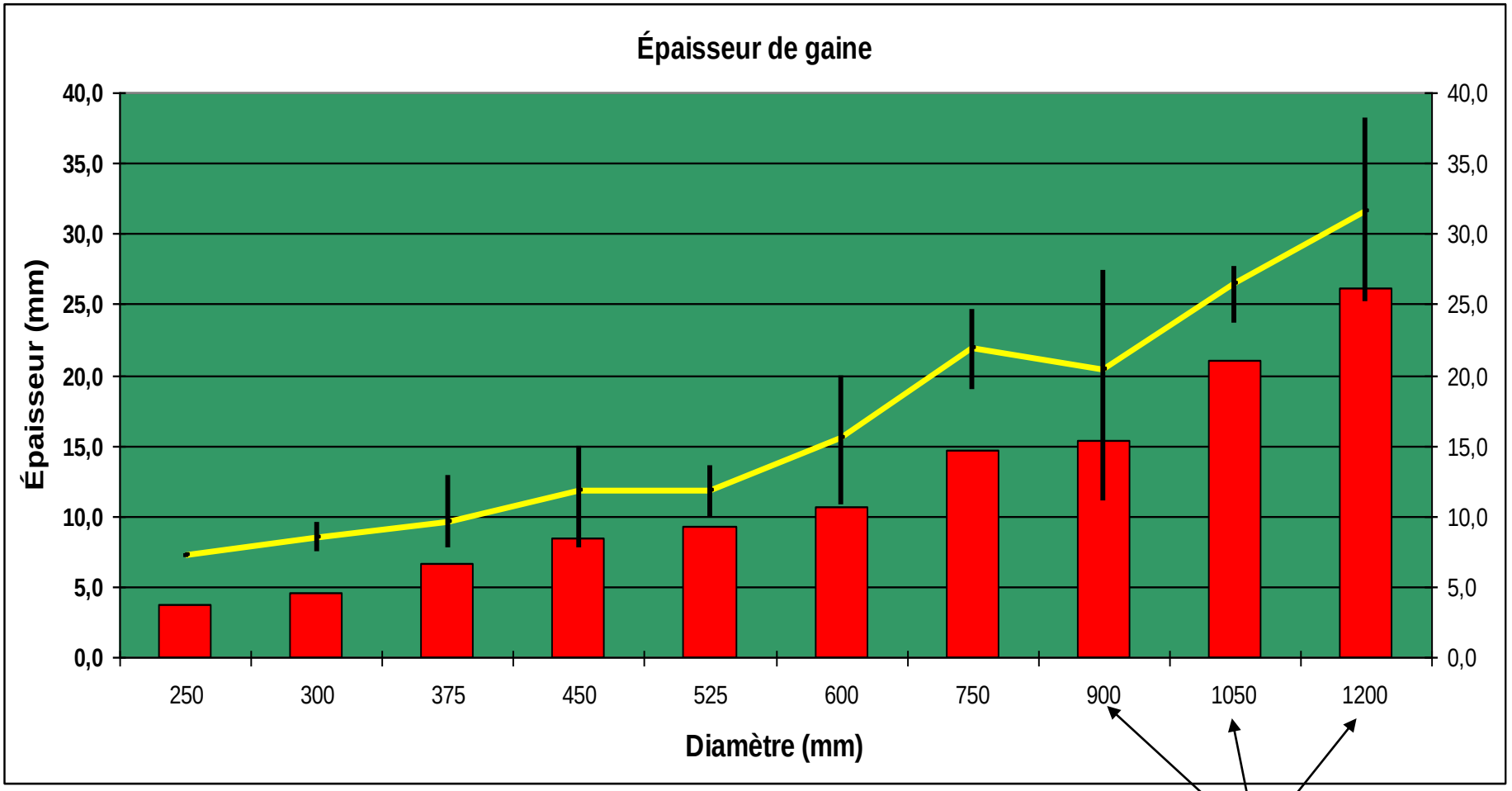
- 33/218 (**15,1 %**) : La contrainte en flexion < 31 MPa
- 50/218 (**22,9 %**) : La contrainte en flexion < Conception

- 13/218 (**6,0 %**) : Le module en flexion < 1724 MPa
- 50/218 (**22,9 %**) : Le module en flexion < Conception

Épaisseur

- 197/218 (**90,4 %**) : Installée > Conception
- 212/218 (**97,2 %**) : Installée > Calculée

Écart de conception / Égouts (suite)



Rouge : Épaisseur calculée moyenne

Jaune : Épaisseur mesurée moyenne

Noir : Étendue des épaisseurs mesurées

Ovoïde en briques

Montréal

Anomalies et défectuosités dans les chemisages

- Prélèvement et méthodes d'investigation
- Anomalies et défectuosités/Aqueduc
- Anomalies et défectuosités/Égouts

Prélèvement et méthodes d'investigation

- Lors de l'inspection vidéo CCTV post-gainage, la localisation (chaînage) est notée au droit des anomalies.
- Les sections identifiées sont ensuite retirées et acheminées à la DEST.
- Des coupes chirurgicales sont réalisées pour permettre de bonnes observations de l'anomalie ou du défaut.

Anomalies et défectuosités/Aqueduc

- Protubérances dans la conduite hôte
- Entrées de service: perçage hors cible/dans un pli…
- Plis : hélicoïdaux/dans des coudes
- Gaine sous-dimensionnée
- Accumulation de résine
- Rupture d’aqueduc réhabilité par chemisage

Protubérances dans la conduite hôte

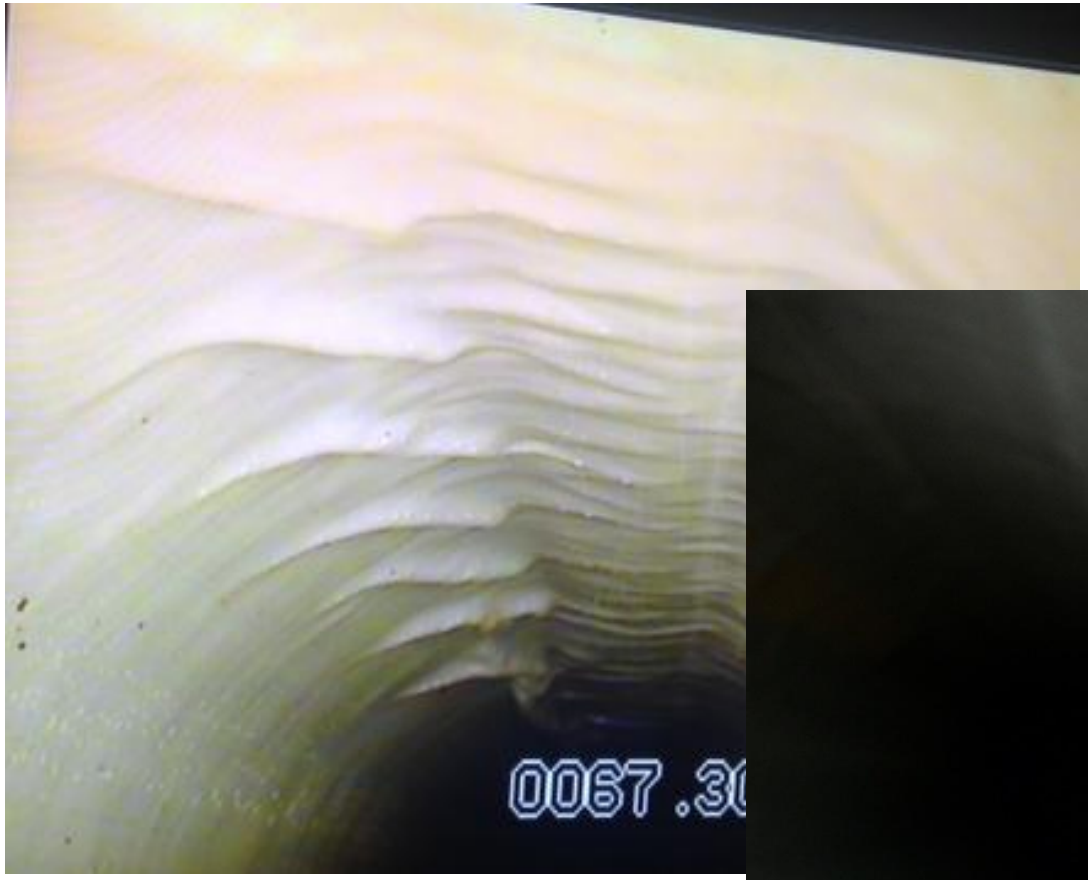
Entrée de service/perçage hors cible

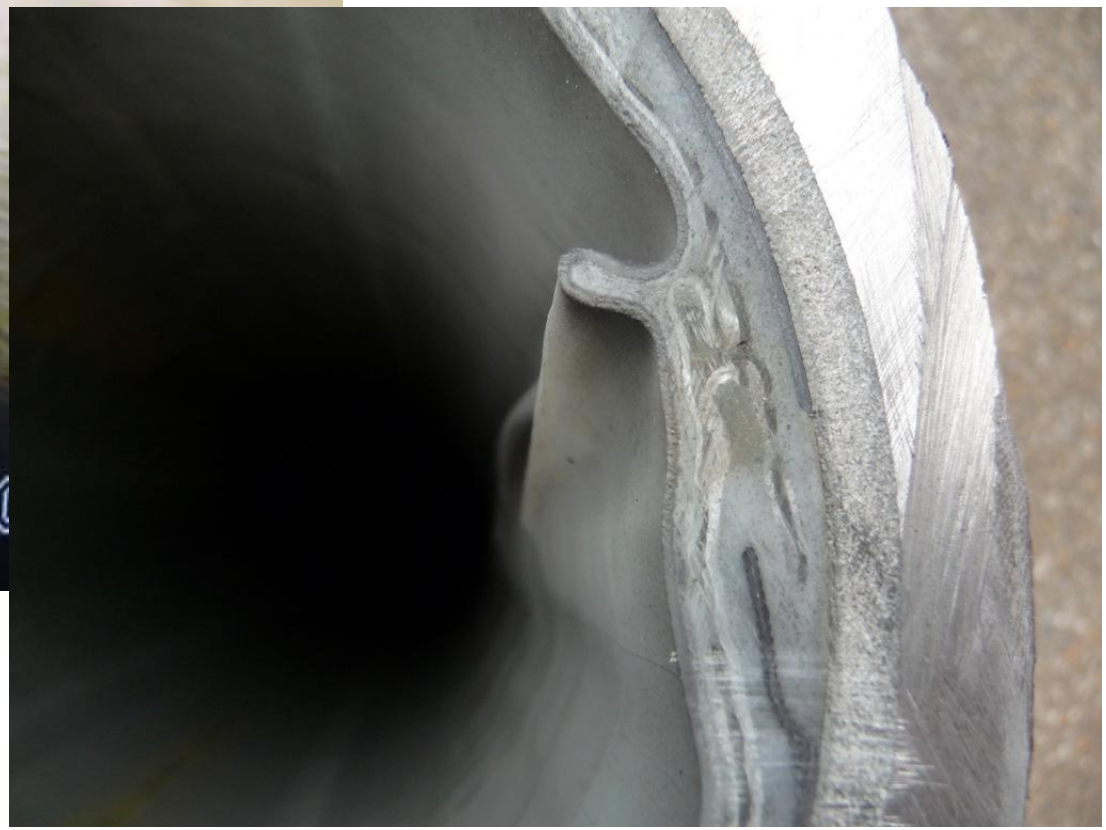
Montréal

Entrée de service/perçage hors cible

Entrée de service/perçage hors cible - résidus

Plis partiels types «dents de la mer»





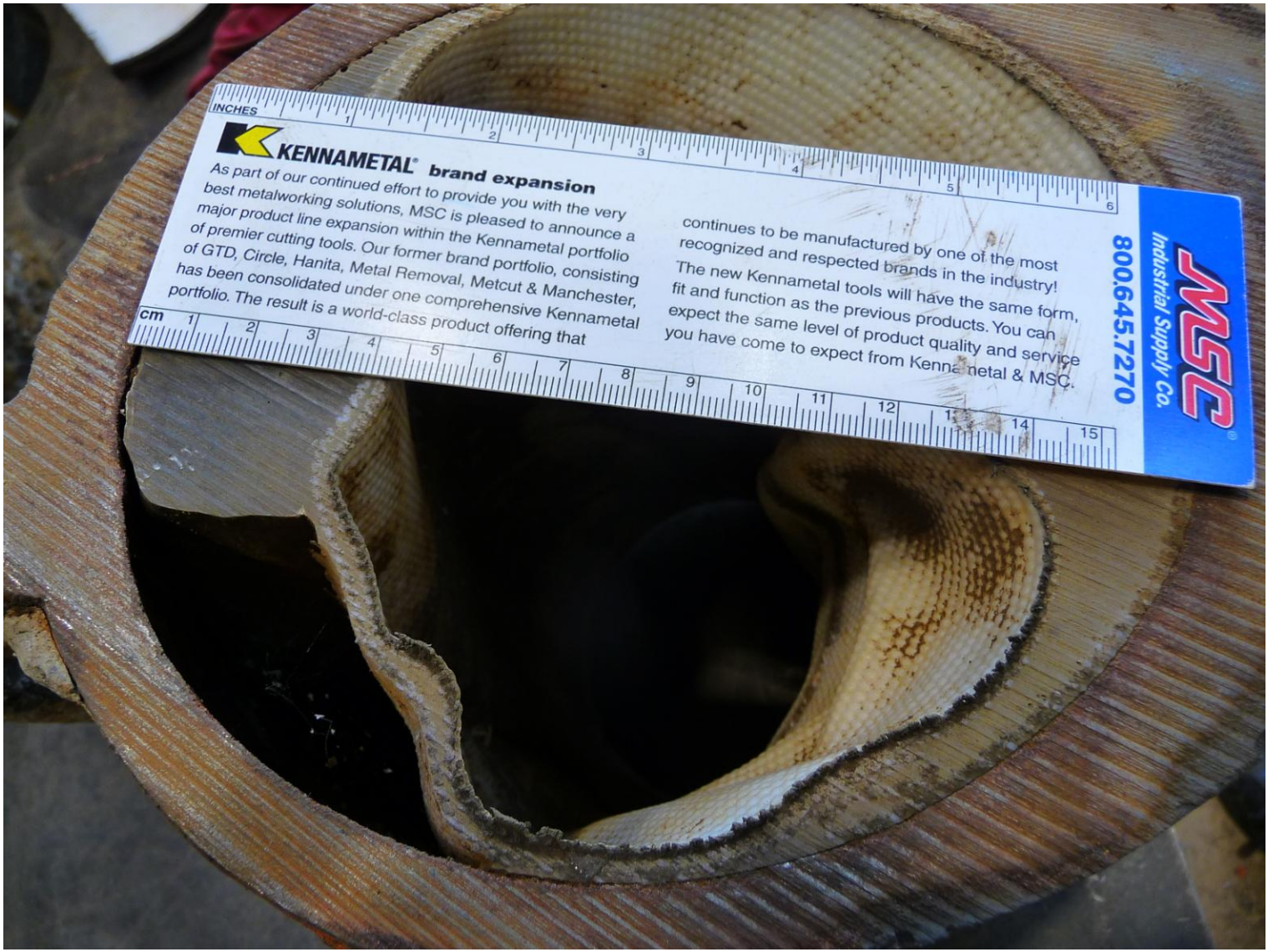
Montréal

Plis hélicoïdaux

Plis dans un coude de 45° et Ø 200 mm

Montréal

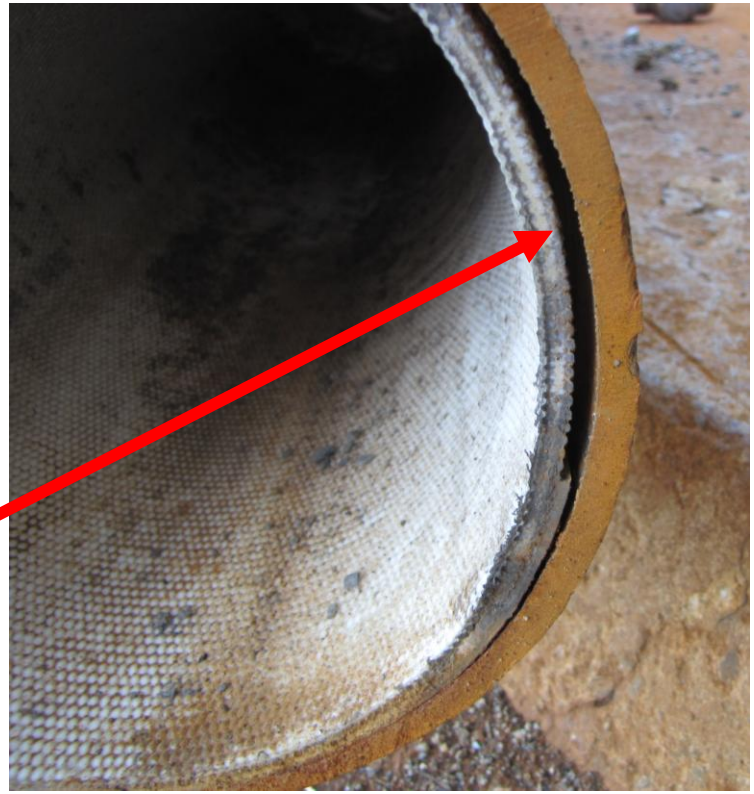
Plis dans un coude de 45° et Ø 150 mm



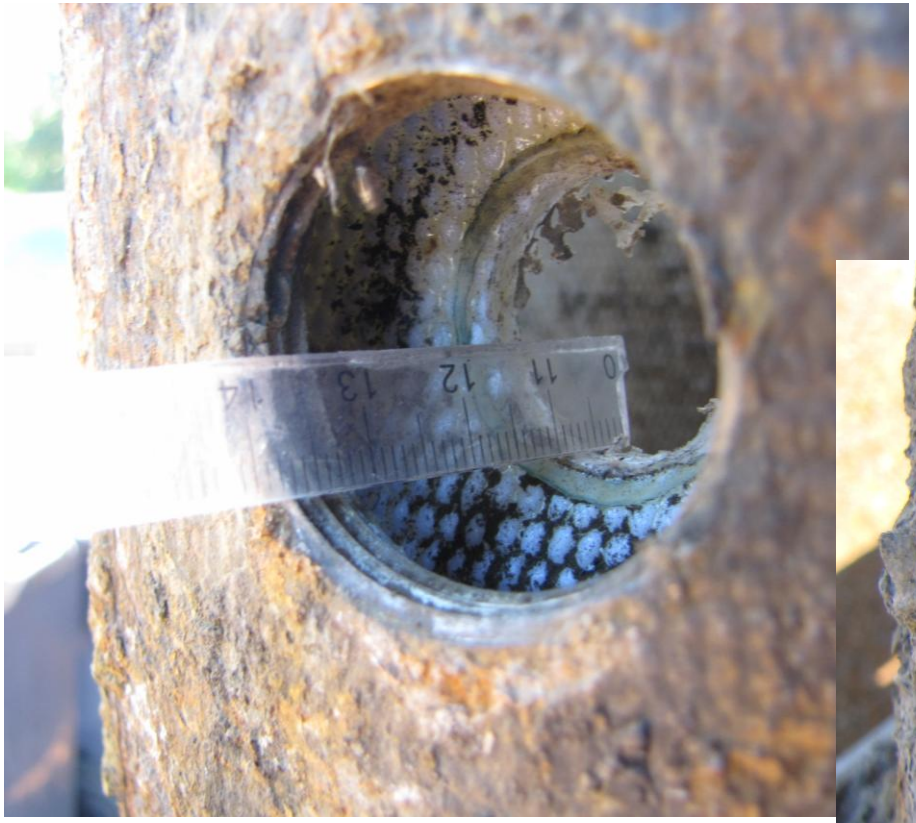
Plis dans un coude de 45° et Ø 600 mm

Gaine sous-dimensionnée

Manque d'adhérence sur 30 @ 40% de la circonférence



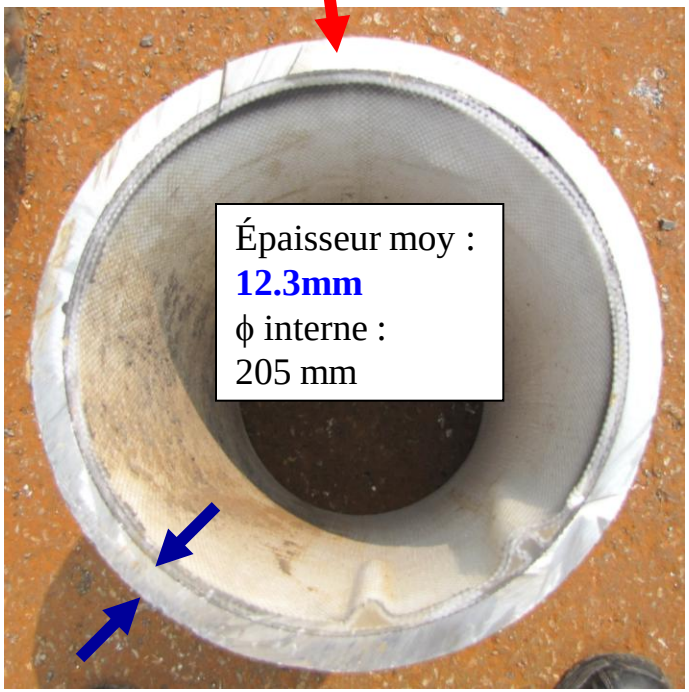
Gaine sous-dimensionnée

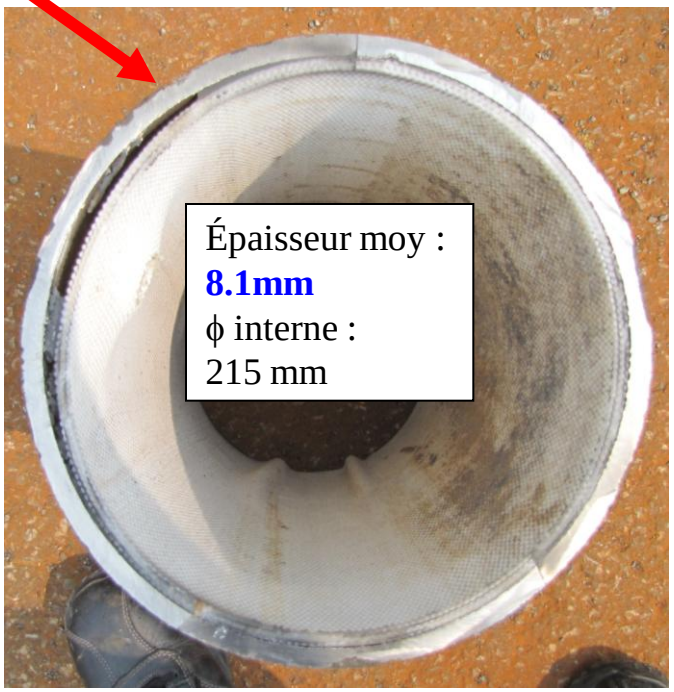


Entrée de service #1

Entrée de service #2

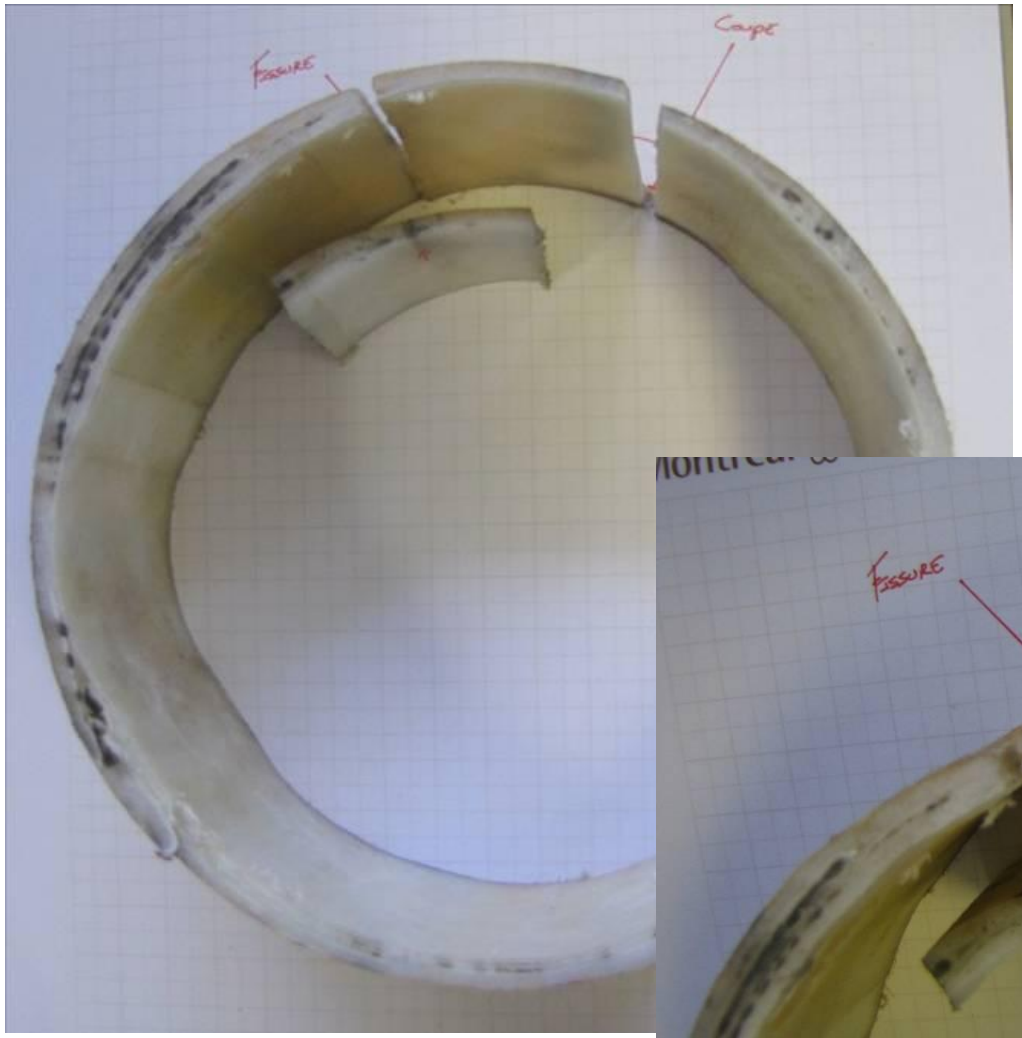
Gaine sous-dimensionnée (suite)

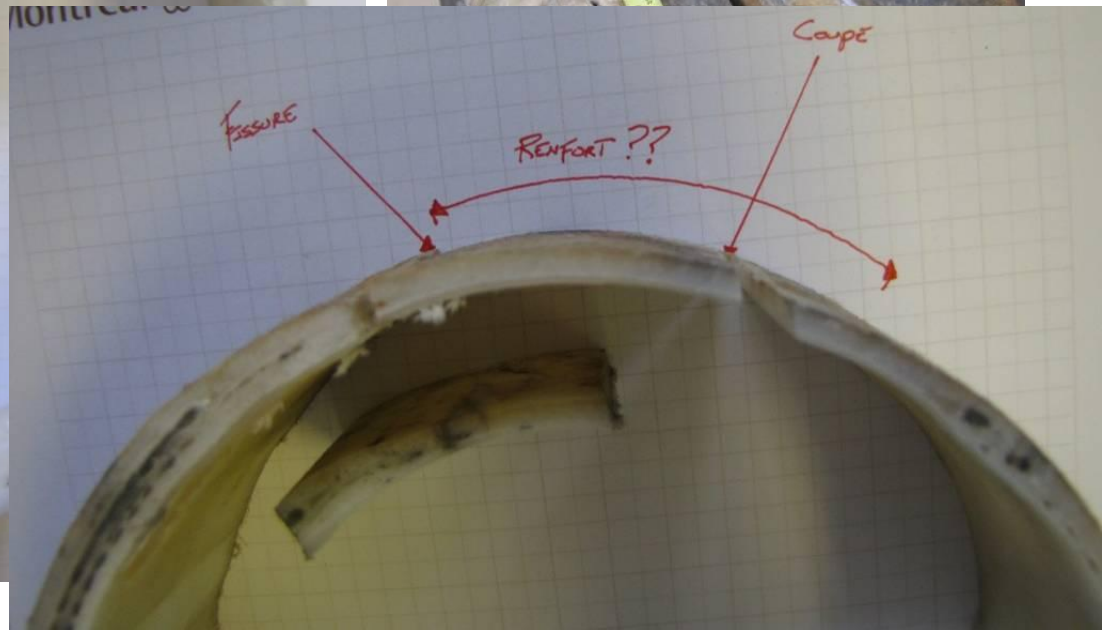




Accumulation de résine/défaut rejeté

Rupture d'aqueduc réhabilité par chemisage

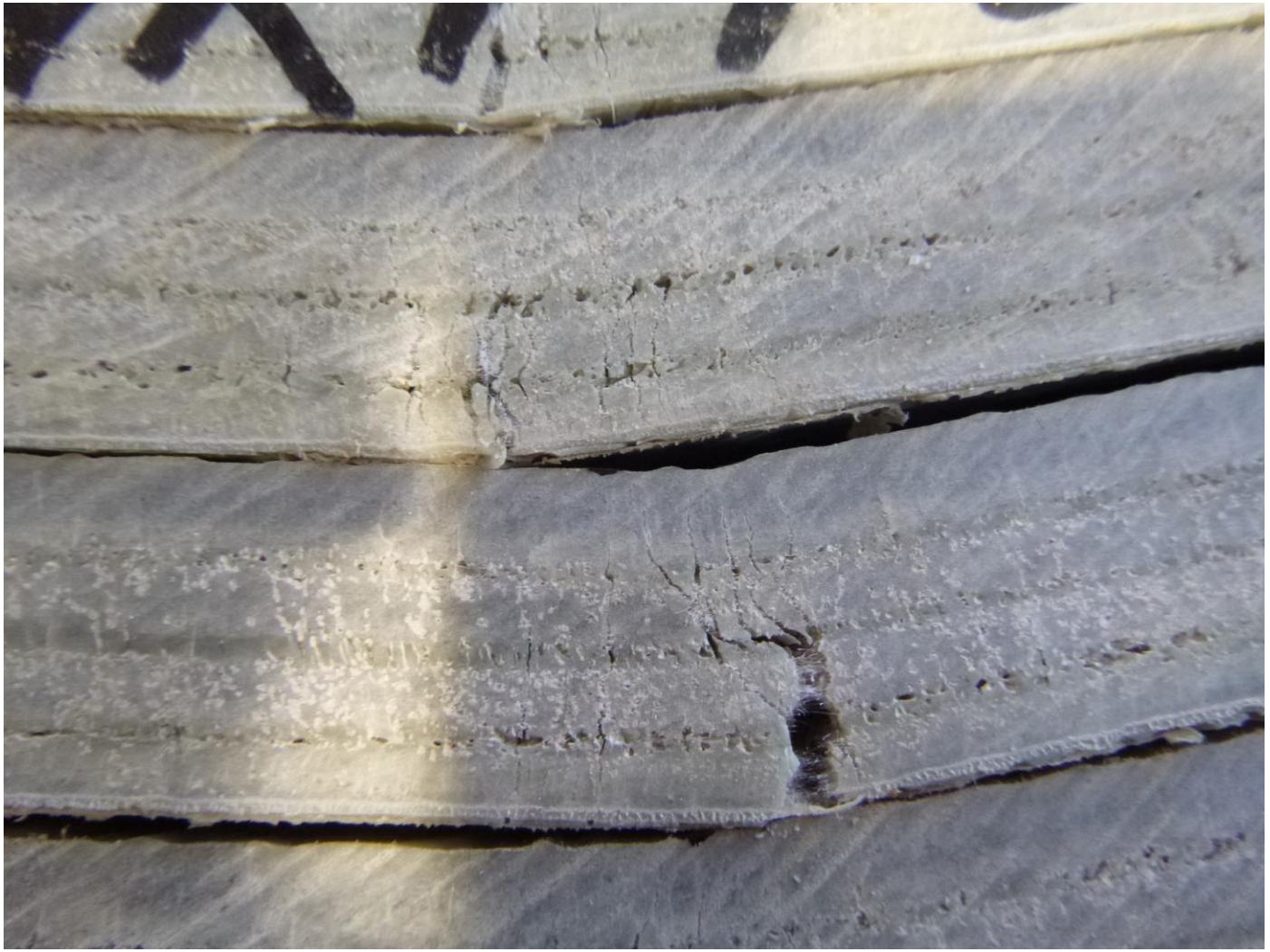




Anomalies et défectuosités/Égouts

- Porosité
- Délamination
- Manque de résine
- Boursoufflure de la membrane interne

Anomalies et défectuosités/Porosités - incohérence

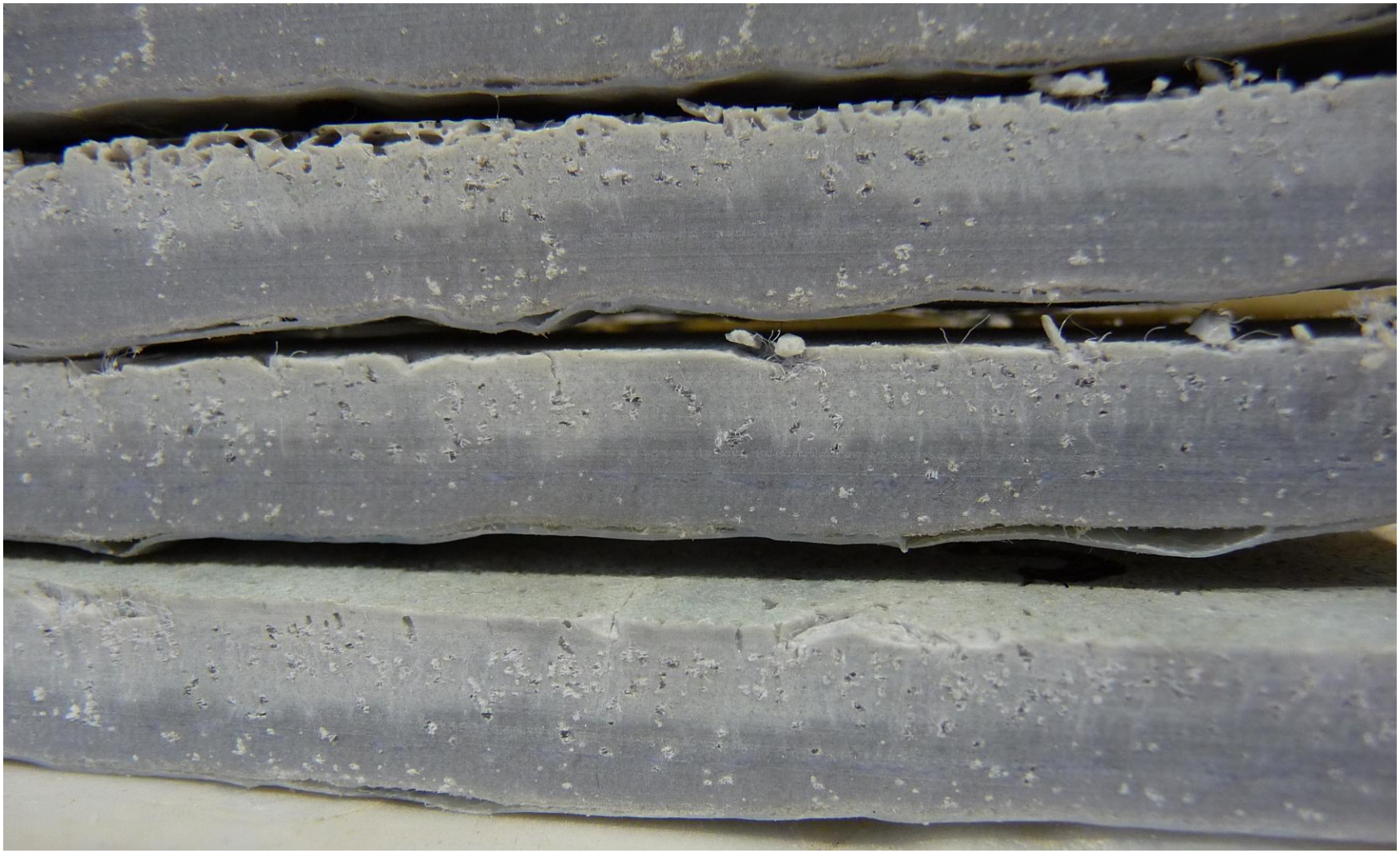


Anomalies et défectuosités/Résine insuffisante

Montréal

Anomalies et défectuosités/Décoloration - dégradation

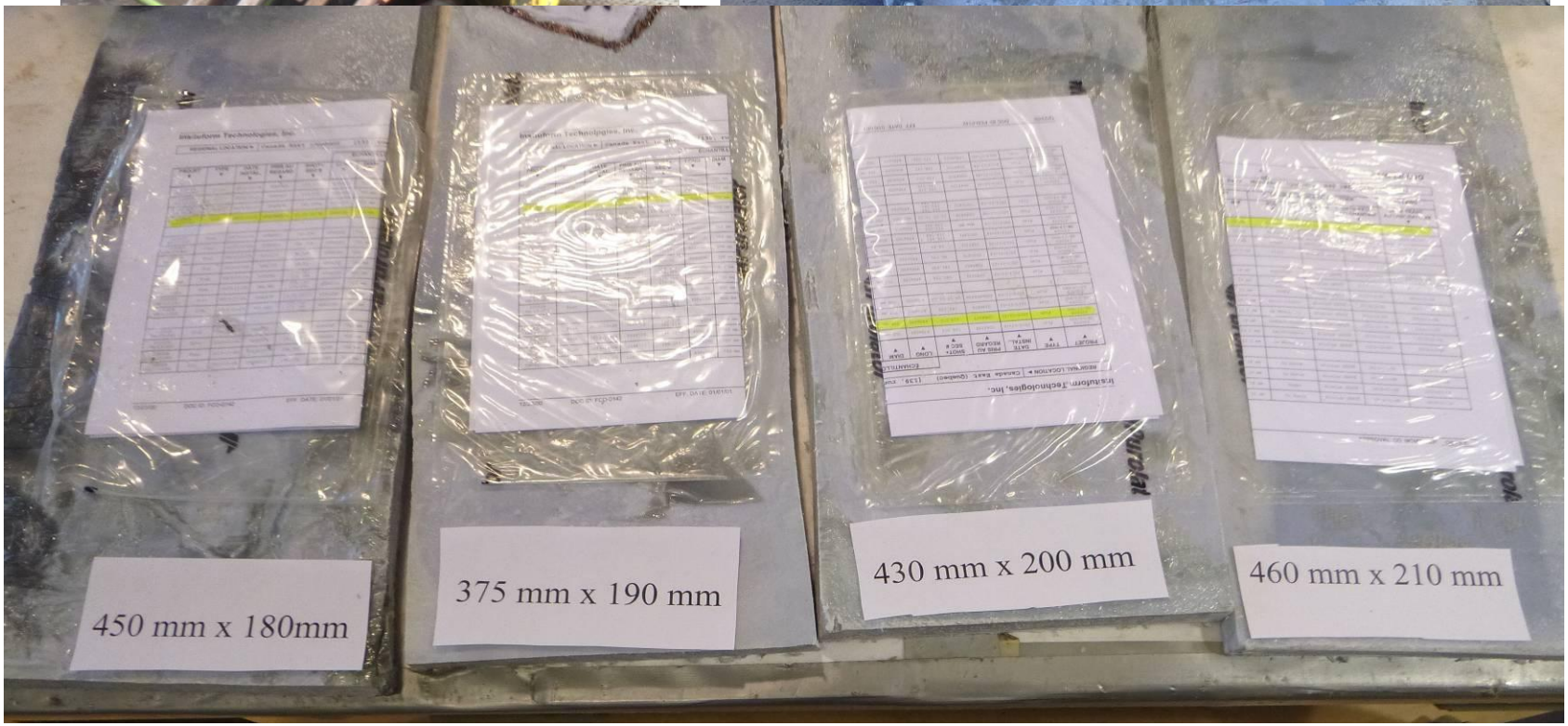
Anomalies et défectuosités/Décoloration – Dégradation (suite)



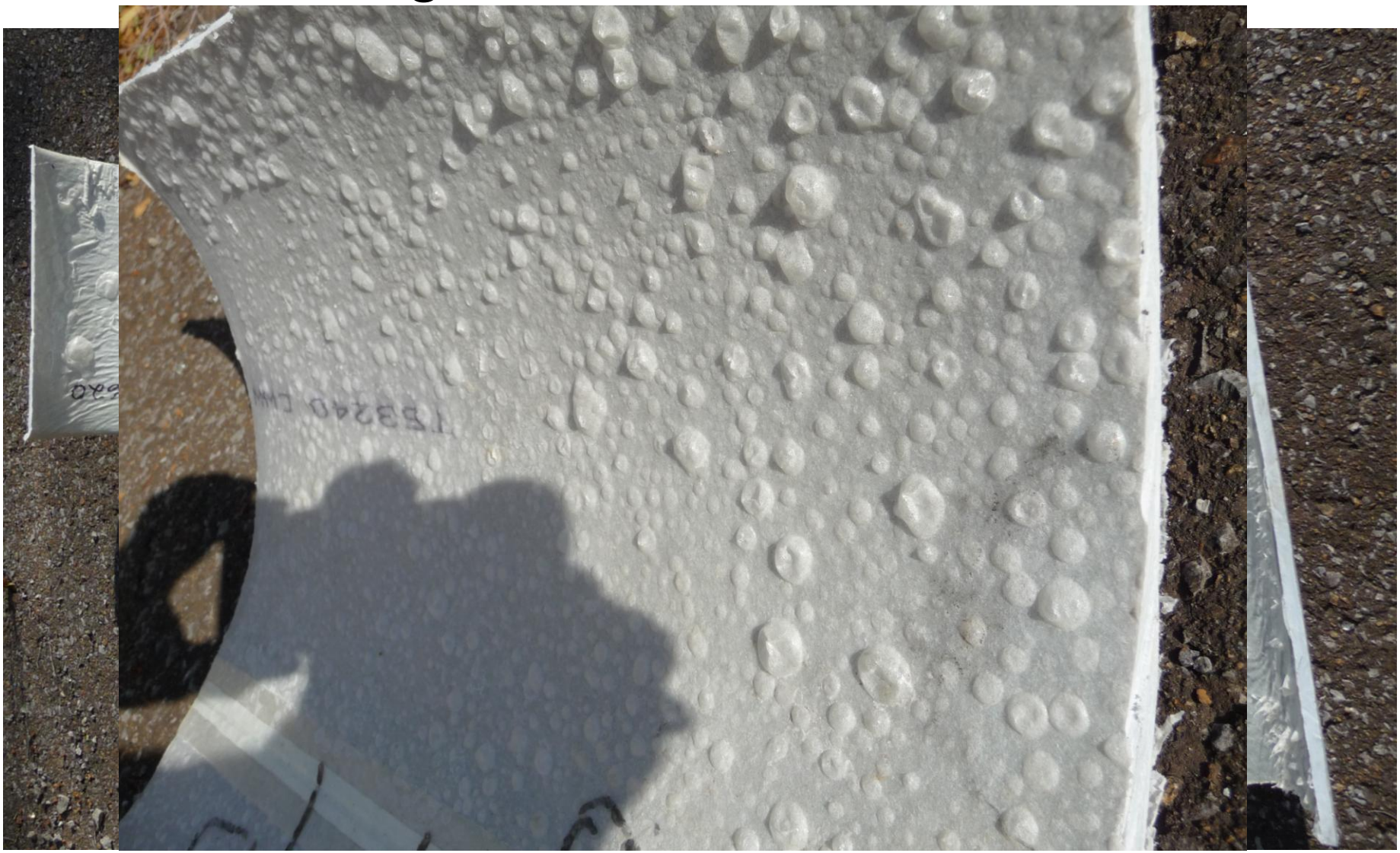
Flexion/Suite

- **Délamination entre les couches de feutre (suite)**

Égouts - Échantillons entre deux plaques



Égouts - Boursoufflures



Montréal

Conclusion

- Poursuivre notre travail conjointement avec la division de la conception et réalisation de la DI en effectuant des rencontres post-mortem avec les fournisseurs

- Examiner ce qui se fait ailleurs et partager nos connaissances

- Élaborer un guide des non-conformités pour les chemisages, conjointement avec les municipalités, le CERIU et le BNQ

- Réaliser des inspections CCTV à tous les cinq (5) ans sur les réseaux réhabilités par chemisage

QUESTIONS