

Caractérisation d'amiante dans des remblais hétérogènes

Les approches d'échantillonnage et d'analyse à préconiser

Richard St-Germain, ing. MBA
en collaboration avec
Aboubacar Tabouré, ing. Ph.D.
et Jean-Paul Ballot, ing.

Terrains ferroviaires

Nouvelle question depuis 2013

*Avez-vous de l'**AMIANTE**
dans vos remblais?*

Contexte

- Découverte d'amiante en juillet 2013 dans les remblais d'un terrain ferroviaire à Montréal lors de travaux de construction. Amiante identifié depuis dans plusieurs autres sites semblables.
- Amiante visiblement associé aux mâchefers issus de la combustion du charbon dans les locomotives à vapeur, historiquement réutilisés comme remblais par les compagnies ferroviaires.

Remblais contenant des mâchefers



Origines et impacts de l'amiante

- Amiante origine vraisemblablement des enduits cimentaires isolants des bouilloires /tuyaux des locomotives à vapeur qui se dégradait sous l'effet de la chaleur, devaient être remplacés régulièrement, puis éliminés avec les mâchefers.
- Présence d'amiante au sein des remblais entraîne des impacts majeurs au niveau des coûts d'excavation et de gestion des déblais en raison des mesures de santé-sécurité impliquées.

Travaux en conditions d'amiante



Problématiques identifiées

1. Comparaison de plusieurs centaines de rapports de sondages (forages/tranchées) réalisés dans des remblais hétérogènes sur différents sites.
 - Constat: évaluations divergentes des proportions de matières résiduelles (MR) par rapport aux sols, avec des impacts potentiels importants au niveau des approches/coûts de réhabilitation.

Problématiques identifiées

2. Comparaison de plusieurs centaines de résultats d'analyse d'amiante dans des échantillons de remblais impliquant différents laboratoires.
 - Constat: résultats d'analyse divergent entre les laboratoires, pour les mêmes échantillons ou des duplicata, tant au niveau de l'identification que de l'évaluation des quantités de fibres d'amiante.

Enjeux associés

1. **Classification des remblais hétérogènes**
 - **Quels sont les facteurs pouvant expliquer les évaluations divergentes des proportions de MR dans des remblais ?**
 - **Comment s'assurer d'une caractérisation représentative des remblais hétérogènes ?**

Enjeux associés

2. Évaluation d'amiante dans des remblais

- Quels sont les facteurs pouvant expliquer les divergences observées entre les laboratoires et/ou les méthodes d'analyse ?
- Comment identifier/quantifier correctement l'amiante dans des remblais hétérogènes ?

Types de sondages

Tranchées d'exploration

- Échantillons prélevés directement sur les parois d'excavation ou dans le godet de l'excavatrice.

Foreuse à tarières évidées

- Cuillères fendues (2' x 2" Ø) enfoncées par battage.

Foreuses « Geoprobe »

- Tubages d'acier avec gaines de plastiques (4' x 2-4" Ø) enfoncés par vibration, rotation et/ou percussion.

Tranchées d'exploration



Foreuses à tarières évidées



Foreuses Geoprobe



Source: www.geoprobe.com

Types de sondages

Tranchées d'exploration

- Permettent une bonne visualisation des horizons stratigraphiques et le prélèvement de grands volumes d'échantillons.
- Excavations limitées à 3-4 m de profondeur ou par les eaux d'infiltration (instabilité des parois, échantillons remaniés).
- Parfois impraticables (structures/infrastructures).

Types de sondages

Forages

- Permettent le prélèvement d'échantillons en profondeur et dans les secteurs où des tranchées d'exploration sont impraticables/non souhaitables (surfaces pavées, dalles de béton, etc.).
- Nécessaires pour échantillonner les remblais sous la nappe d'eau et installer des puits d'observation.

Types de sondages

Forages

- % récupération d'échantillons souvent limité dans des remblais hétérogènes.
- Exclusion des fractions granulométriques supérieures au diamètre des échantillonneurs .
- Refus fréquents (surtout avec foreuses Geoprobe).

Classification des remblais

SOLS si $< 50 \%$ (v/v) de MR

- Analyses en contenu total extractible pour comparer aux critères de qualité des sols.

MR si $> 50 \%$ (v/v) de MR

- Analyses de lixiviats pour déterminer s'il s'agit de matières dangereuses résiduelles (MDR).

Classification des remblais

Appréciation **visuelle** des % de MR

- Estimation subjective des proportions volumétriques entre les sols / MR.
- Distinction pas toujours évidente à faire entre des particules de sols / MR.
- Analyses pétrographiques en laboratoire possibles pour les cas douteux.

Échantillons de remblais hétérogènes



Source: extrait d'un rapport du COREM

Photo 4 : Aperçu de la fraction +2 mm de l'échantillon TE14-30-1.
Les matériaux résiduels sont contenus dans la nacelle

Classification des remblais

Impacts pour un cas-type

Période	Superficie du terrain	Sondages additionnels		Maille	Volumes de remblais	
		Forages	Tranchées		Sols > C	MR
2009-10	145 000 m ²	37	-	≈ 1 100 m ² (129 sondages)	89 000 m ³	-
2012	130 000 m ²	61	-	≈ 700 m ² (187 sondages)	84 000 m ³	1 500 m ³
2013-14	130 000 m ²	46	31	≈ 740 m ² (175 sondages)	20 000 m ³	150 000 m ³

Classification des remblais

Principaux constats/recommandations

- Sous-estimation fréquente des % de MR dans des remblais hétérogènes caractérisés par forage avec des échantillonneurs standards (2" Ø).
- Caractérisation par tranchées afin d'obtenir des volumes suffisants d'échantillons représentatifs.
- Si tranchées impraticables, forages avec des échantillonneurs plus grands (3-4" Ø).

Caractérisation de l'amiante

Exigences réglementaires

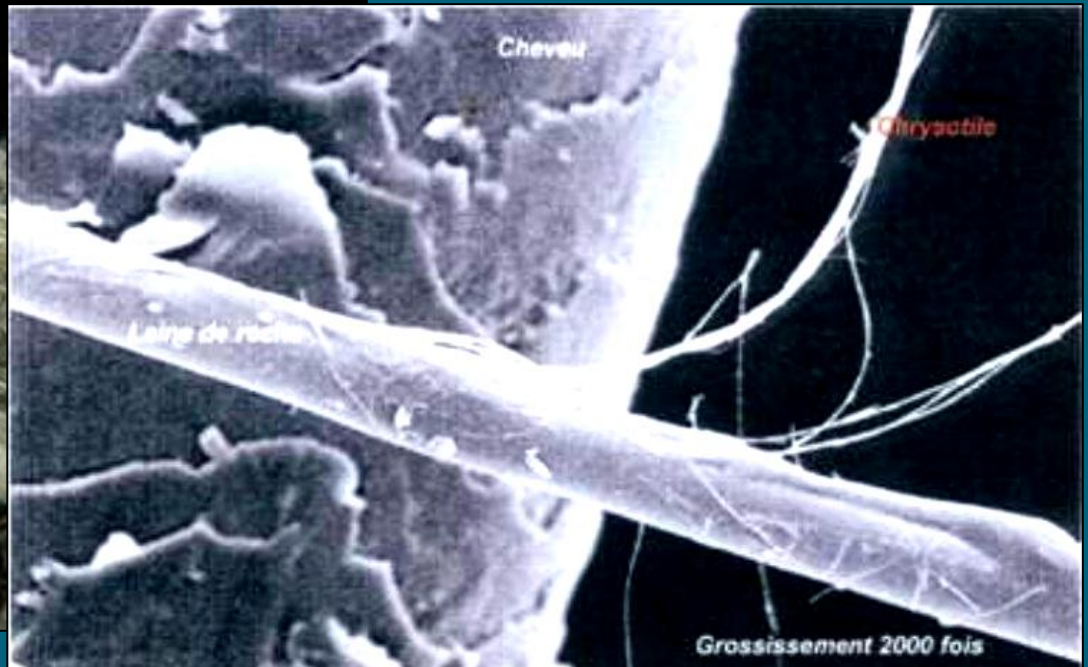
- *Règlement sur la santé-sécurité au travail*
- *Code de sécurité pour les travaux de construction*
 - Matériau contenant de l'amiante (MCA) si la concentration en fibres d'amiante est **> 0,1 %**.
 - Mesures de santé-sécurité applicables quand des travaux touchant des MCA sont susceptibles d'émettre des poussières contenant de l'amiante.

Caractérisation de l'amiante

Analyses par microscopie optique/électronique



Source: www.csst.qc.ca



Source: www.souffleur-de-verre-de-la-recherche-scientifique.org

Microscopie optique à lumière polarisée (MLP)

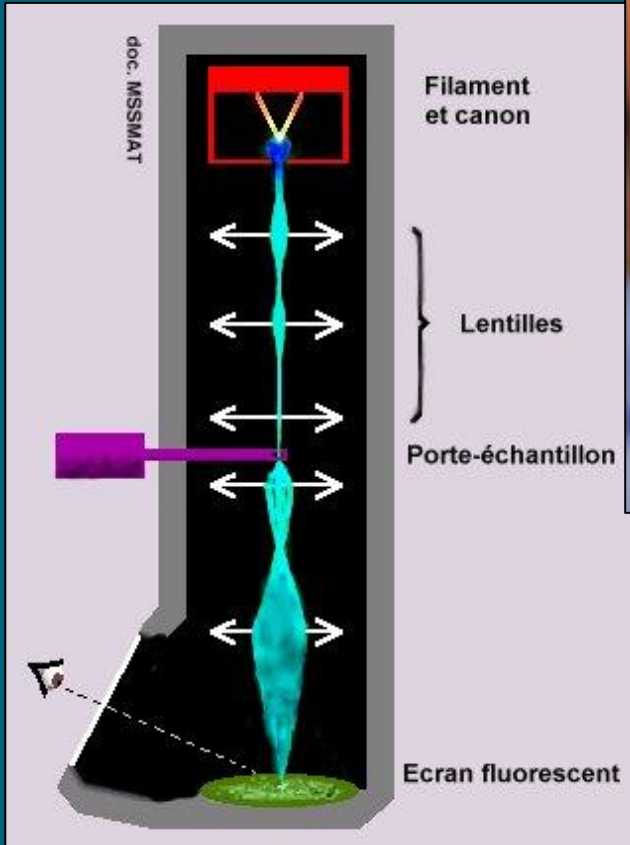


Source: www.fibercount.be

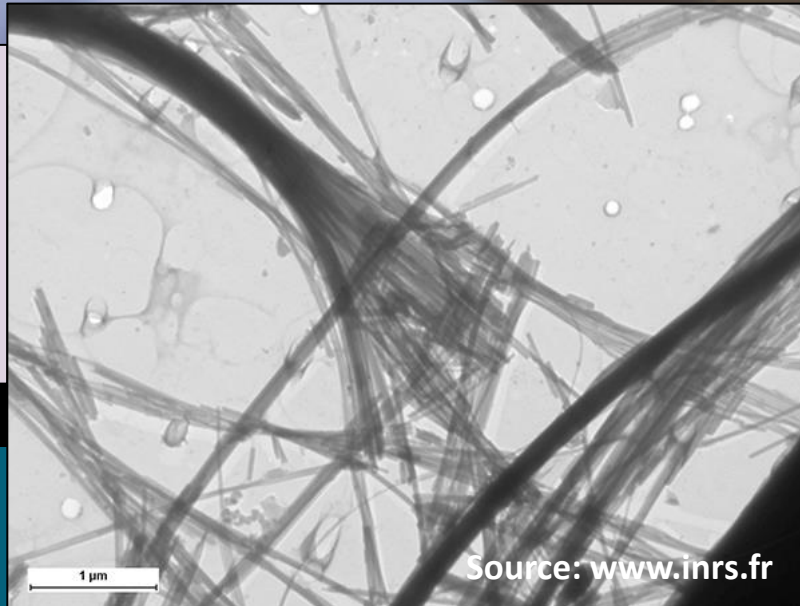


Source: www.csst.qc.ca

Microscopie électronique à transmission (MET)



Source: www.mssmat.ecp.fr



Caractérisation de l'amiante

Méthodes reconnues par la CSST

- **IRSST 244** - Analyse des fibres d'amiante par *microscopie à lumière polarisée* (MLP) dans des poussières déposées ou des matériaux en vrac.
- **ELAP 198.4** - Analyse des fibres d'amiante par *microscopie électronique à transmission* (MET) dans des matériaux en vrac non friables liés par des matières organiques.

Caractérisation de l'amiante

Méthode **IRSST 244** (MLP)

- Identification du type de fibres selon différentes caractéristiques dont les couleurs apparentes sous lumière polarisée (pléochroïsme).
- Traitements thermiques ou à l'acide peuvent modifier certaines propriétés optiques et même transformer la fibre d'amiante.

Caractérisation de l'amiante

Méthode **IRSST 244** (MLP)

- Détermination semi-quantitative du contenu en fibres d'amiante (en % v/v) par comparaison à des préparations de référence.
- Analyse quantitative des diverses composantes d'un mélange, souvent non homogène, basée sur une estimation visuelle (subjective) de l'analyste.

Caractérisation de l'amiante

Méthode **IRSST 244** (MLP)

- Limite de quantification **< 1 %** par rapport à la valeur limite réglementaire de **0,1 %**.
- Présentation des résultats
 - Pas de fibre d'amiante : **Non détecté**
 - 1 à 4 fibres d'amiante : **Traces** (< 0,1 %)
 - ≥ 5 fibres d'amiante : **< 1 %** (> 0,1 %)
 - Intervalles de % : **1-5%, 5-15%, etc.**

Caractérisation de l'amiante

Méthode **ELAP 198.4** (MET)

- Identification des fibres d'amiante par MET selon leurs caractéristiques physiques, quantification par approche de réduction gravimétrique avec un *comptage par points* (en % p/p).
- Approche préconisée pour des matériaux où il faut dégager l'amiante de matrices organiques (exemple: vinyle dans les tuiles à plancher).

Caractérisation de l'amiante

Approches américaines adaptées aux sols

- Développées depuis plusieurs années afin de gérer des sols contenant naturellement de l'amiante (Serpentine Hills, Californie).
- Analyses de remblais recommandées par MET selon la méthode **EPA 600/R-93/116** (comptage par points) et préparation des échantillons selon la méthode **CARB 435** (broyage des échantillons à 0,75 μ).

Caractérisation de l'amiante

Différences entre les méthodes d'analyse

Microscopie	Magnification	Résolution	Quantification des fibres
MLP	100-400 X	0,2 μ Ø	IRSST 244 : 1 % EPA 400 points : 0,25 % EPA 1 000 points : 0,1 %
MET	10 000 - 20 000 X (ou plus)	0,08 η Ø	EPA 400 points : 0,1 % EPA 1 000 points : 0,01 % Peut atteindre 0,0001 %

Caractérisation de l'amiante

Analyses de plus de 350 échantillons de remblais de sites ferroviaires depuis 2013:

- **par MLP dans 2 laboratoires privés (P1/P2) et 1 laboratoire institutionnel (IRSST) au Québec;**
- **par MET dans 1 laboratoire privé (P3) aux États-Unis.**

Caractérisation de l'amiante

Distribution des résultats positifs ($> 0,1\%$)

- Analyses par MLP (IRSST 244):
 - > 50 % dans les 2 laboratoires privés (P1/P2);
 - < 5 % au laboratoire de l'IRSST.
- Analyses par MET (EPA/CARB):
 - 0 % dans un laboratoire privé américain (P3).

Caractérisation de l'amiante

Analyses par MLP (P1/IRSST) Vs MET (P3)

Échantillon	Résultats P1 (MLP)	Résultats IRSST (MLP)	Résultats P3 (MET)
1	< 1 % amiante	ND	Traces
2	< 1 % amiante	Traces	Traces
3	1-5 % amiante	Traces	Traces
4	< 1 % amiante	ND	Traces
5	< 1 % amiante	ND	ND
6	< 1 % amiante	Traces	Traces
7	< 1 % amiante	Traces	Traces
8	< 1 % amiante	Traces	Traces
9	< 1 % amiante	Traces	ND
10	< 1 % amiante	< 1 % amiante	ND
11	< 1 % amiante	Traces	ND
12	< 1 % amiante	Traces	ND
13	< 1 % amiante	ND	Traces

Caractérisation de l'amiante

Analyses par MLP (P1 Vs IRSST)

Échantillon	Résultats P1	Résultats IRSST
14	ND	ND
15	Traces	Traces
16	ND	ND
17	< 1 % amiante	Traces
18	ND	Traces
19	Traces	< 1 % amiante
20	< 1 % amiante	Traces
21	ND	ND
22	< 1 % amiante	Traces
23	Traces	Traces
24	< 1 % amiante	ND
25	Traces	ND
26	Traces	Traces
27	ND	ND
28	< 1 % amiante	Traces
29	Traces	ND
30	< 1 % amiante	Traces
31	Traces	Traces

Échantillon	Résultats P1	Résultats IRSST
32	< 1 % amiante	Traces
33	< 1 % amiante	ND
34	1 à 5 % amiante	< 1 % amiante
35	< 1 % amiante	Traces
36	< 1 % amiante	Traces
37	ND	Traces
38	< 1 % amiante	Traces
39	< 1 % amiante	Traces
40	< 1 % amiante	Traces
41	Traces	ND
42	< 1 % amiante	Traces
43	< 1 % amiante	Traces
44	< 1 % amiante	Traces
45	1 à 5 % amiante	Traces
46	< 1 % amiante	Traces
47	< 1 % amiante	ND
48	< 1 % amiante	Traces
49	< 1 % amiante	ND

Caractérisation de l'amiante

Constatations

- Résultats par MLP dans les 2 laboratoires privés au Québec sont semblables mais divergent des autres résultats d'analyse.
- Résultats par MLP de l'IRSST convergent vers les résultats par MET du laboratoire américain.

Caractérisation de l'amiante

Origines des divergences

- Plusieurs sources d'interférences documentées, dont la décomposition de l'amiante sous l'effet de hautes températures.
- Altération thermique rend l'amiante plus difficile à distinguer des autres fibres qui sont associées aux mâchefers/charbon.

Caractérisation de l'amiante

Origines des divergences

- Pour des échantillons de remblais hétérogènes, les analyses par MLP apparaissent beaucoup plus subjectives (dépendantes de l'expérience du compteur) que les analyses par MET.
- Délais d'analyse des laboratoires privés (1 à 5 jours) différent de ceux de l'IRSST (1 à 4 semaines).

Caractérisation de l'amiante

Solutions possibles

- Analyses par MET, lesquelles sont plus précises et mieux adaptées à des matériaux de remblais.
- Seules analyses par MET actuellement acceptées par la CSST sont celles par ELAP 198.4 (approche de préparation des échantillons ne convient pas nécessairement à des remblais).

Caractérisation de l'amiante

Solutions possibles

- Acceptation par la CSST d'une approche d'analyse par MET adaptée à des remblais serait souhaitable (et idéalement offerte par des laboratoires privés au Québec).
- Dans l'intervalle, il reste préférable d'analyser les échantillons de remblais susceptibles de contenir de l'amiante par MLP à l'IRSST.