

AVIS

Un produit de courtage de connaissances

L'APPLICABILITÉ DES MÉTHODES D'ANALYSE DE L'AMIANTE DANS LES SOLS ET LES ÉCHANTILLONS

Comment se comparent les méthodes MA-244, ASTM D7521-22 et EPA OTM-42 pour l'analyse des échantillons de sol contenant de l'amiante ?

Provenance de la demande : Comité opérationnel du projet de sélection et d'évaluation de l'applicabilité des méthodes d'analyse de l'amiante dans les sols et d'échantillonnage, en partenariat avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

FAITS SAILLANTS

1. La comparaison entre les méthodes privilégiées s'avère difficile vu le peu de littérature disponible et les importantes différences entre les méthodes.
2. Les méthodes ASTM D7521-22 et EPA OTM-42 ont fait l'objet de plusieurs publications, à la différence de la méthode MA-244. Leurs versions les plus récentes datent respectivement de 2022, 2018 et 2015.
3. Les méthodes MA-244 et ASTM D7521 correspondent à des méthodes analytiques autonomes, tandis que la méthode EPA OTM-42 combine une technique de préparation d'échantillon (FBAS) à des méthodes analytiques (notamment en microscopie électronique), ce qui la distingue conceptuellement des deux autres.
4. Au point de vue des échantillons analysés, la MA-244 s'applique à l'identification des fibres et à l'estimation du contenu en fibres d'amiante dans des échantillons en vrac. L'ASTM D7521 est d'abord conçue pour identifier puis estimer la teneur des particules d'amiante dans des échantillons de sol. La méthode EPA OTM-42 cherche à identifier et quantifier les fibres ainsi que d'autres structures d'amiante présentes dans le sol.
5. Les méthodes MA-244 et ASTM D7521 visent à estimer la teneur totale apparente présente dans l'échantillon, dans les limites associées à la préparation et aux techniques analytiques utilisées. L'EPA OTM-42 souhaite plutôt cibler la fraction d'amiante pouvant être aéroportée, considérée comme plus pertinente du point de vue de l'exposition par inhalation.
6. La MA-244 et l'ASTM D7521 recourent au stéréomicroscope et au microscope à lumière polarisée (MLP), puis à une utilisation optionnelle du microscope électronique en transmission (MET) si requis. La méthode EPA OTM-42 emploie d'emblée le MET.
7. L'expression des résultats se fait en % volume/volume dans la MA-244, en % masse/masse dans la méthode de l'ASTM D7521 et en structures/grammes dans l'EPA OTM-42, bien que l'expression en pourcentage massique soit utilisable dans cette dernière méthode. Ces différences dans les unités de mesure (% masse, % volume, structures/gramme) limitent la comparabilité directe des résultats entre les méthodes.
8. La méthode EPA OTM-42 présente la limite de détection la plus basse, mais avec une variabilité des résultats relativement élevée.
9. La technique en microscopie à lumière polarisée est jugée plus simple, plus rapide et moins coûteuse par rapport aux techniques de microscopie électronique.
10. Les coûts d'analyse de la méthode EPA OTM-42 semblent nettement plus élevés que pour les deux autres méthodes.

Recherche et rédaction	France Charles Fleury, M. Sc., Conseiller en mise en valeur des résultats de recherche, ONA
Avec la collaboration de	Maxime Wolfe, M. Sc., Chargé de projet, ONA
Sous la direction de	Louis Laferrière, M. Env., Directeur général, ONA
Révision des contenus	Jean-Philippe Cloutier, Ph. D., Chimiste, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MELCCFP
	Nathalie Paquet, M. Sc., Écotoxicologue, Direction de la protection des terrains et de l'assainissement des industries, MELCCFP
	Silvia Puscasu, M. Sc., Chimiste, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MELCCFP

Pour plus d'informations ou pour nous soumettre vos commentaires, écrivez à : ona_infos@cegeptheftford.ca

L'**Avis** rapporte un résumé des connaissances récentes sur un sujet donné, mettant en lumière les tendances fortes pour répondre à une question spécifique. Le courtier le réalise avec le souci de répondre rapidement à la préoccupation d'un demandeur qui souhaite soit comprendre les différents aspects du sujet, soit déterminer les orientations de travaux d'amélioration pour susciter un changement concret. L'Avis alimente donc la réflexion mais une recension plus poussée d'écrits, de pratiques ou d'avis d'experts s'avère souvent requise pour identifier des savoirs plus opérationnels.

Ce format d'Avis est largement inspiré des travaux de F.C. Fleury et du Consortium InterS4, développé sur les bases d'expériences multiples, ainsi que des « Notes de politique » décrites par Dagenais et Ridde (2020) et par l'équipe RENARD.

MISE EN CONTEXTE

Le portrait réalisé par l'Observatoire National de l'Amiante (ONA) vise à soutenir la réflexion du comité de travail du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Ses activités s'inscrivent dans le cadre de priorités relatives à la gestion et à la valorisation des matériaux amiantés, incluant les sols, les résidus miniers amiantés (RMA) et les matières granulaires résiduelles (MGR) contenant de l'amiante.

Les trois méthodes à comparer ont été identifiées par les membres du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), à savoir :

- MA-244 de l'IRSST : *Caractérisation des fibres dans les poussières déposées ou dans les matériaux en vrac.*
- ASTM D7521-22 : *Standard Test Method for Determination of Asbestos in Soil.*
- EPA OTM-42 : *Sampling, Sample Preparation and Operation of the Fluidized Bed Asbestos Segregator.*

Les informations sont rapportées en fonction de catégories d'intérêts explicitement demandées par le comité de travail.

La section « Faits saillants » amorce le portrait en guise de synthèse des savoirs. Cette synthèse repose sur le « Tableau comparatif », résumé plus loin et versé intégralement en annexe. L'Avis se clôt par

l'expression de recommandations formulées par l'auteur, une description sommaire de la méthode de recension ainsi que la liste des références bibliographiques consultées.

Précisons que les stratégies d'échantillonnage, qui peuvent exercer une influence déterminante sur les résultats analytiques, ne sont pas abordées dans ce document et feront l'objet d'un rapport distinct.

RÉSUMÉ DES ÉCRITS

Domaine d'application

Les trois méthodes s'appliquent à la caractérisation de l'amiante présent dans des matrices solides, mais elles ne visent pas les mêmes matrices ni le même niveau de quantification.

L'ASTM D7521-22 est explicitement conçue pour l'analyse d'échantillons de sol. La MA-244 s'adresse aux matériaux en vrac, l'ASTM étant utilisable également pour ce type d'échantillon.

L'EPA OTM-42 se démarque comme une méthode particulièrement adaptée aux matrices très hétérogènes en présence de faibles concentrations de fibres. Elle se distingue également en visant la quantification des fibres susceptibles d'être libérées et respirées, tandis que les deux autres méthodes s'attachent à identifier l'ensemble des fibres d'amiante dans l'échantillon.

Principe de la méthode

Les trois méthodes décrivent une séquence comprenant, à des degrés divers : préparation d'un échantillon, observation, identification et estimation des structures fibreuses par microscopie.

La MA-244 requiert des échantillons en vrac de 3 g à 10 g. À l'aide d'un stéréomicroscope, l'investigateur sélectionne des fibres qu'il dépose dans des liquides ayant des indices de réfraction définis. Par observation au [microscope à lumière polarisé \(MLP\)](#), il caractérise les fibres d'amiante selon leur morphologie et leurs propriétés optiques. Il estime le pourcentage de fibres par examen visuel au stéréomicroscope et au MLP. En cas de doute sur la classification, il recourt à la technique de [diffraction des rayons X \(XRD\)](#) ou à la [microscopie électronique en transmission \(MET\)](#) en présence de fibres fines (méthode ELAP 198.4).

L'ASTM D7521-22 exige un volume nominal de 250 cm³ de sol tamisé ou jusqu'à 500 cm³. Après préparation du sol puis séchage, l'investigateur passe l'échantillon au tamis (19 mm, 2 mm, 106 µm) puis analyse chaque fraction au stéréomicroscope et au MLP. Il identifie les structures¹ d'amiante et estime visuellement la concentration grâce à l'analyse de la morphologie et des propriétés optiques, conformément à la norme EPA 600/R-93/116. Il peut recourir au MET si les résultats de l'analyse par MLP sont négatifs.

L'EPA OTM-42 met l'accent sur une préparation de l'échantillon par [séparateur en lit fluidisé \(FBAS\)](#) : les structures d'amiante légères sont séparées des particules plus lourdes présentes dans la matrice. Après tamisage et homogénéisation, l'échantillon est fluidisé dans le FBAS où les petites particules sont recueillies sur un filtre. Une analyse par MET ou autres techniques microscopiques (à contraste de phase ou électronique à balayage) permet d'identifier et de quantifier les structures par comptage selon les règles des méthodes ISO (non détaillées dans le document de référence). Notons toutefois que les étapes de préparation, notamment la fluidisation, peuvent influencer la distribution des fibres analysées et introduire des biais dans la représentativité de l'échantillon.

Définition des sols selon la méthode

La MA-244 ne définit pas « sol » puisque la méthode s'applique à des échantillons en vrac (ex. : isolants, tuiles).

L'ASTM le décrit comme un matériau à granulométrie et composition variables, généralement < 19 mm, comme des sédiments peu consolidés ou des résidus de matériaux de construction mélangés à la couche superficielle. Les matériaux > 19 mm peuvent être traités séparément sous forme d'échantillons en vrac.

De son côté, l'EPA OTM-42 évoque le sol ou d'autres matrices solides hétérogènes, par exemple la vermiculite.

Méthode de préparation des échantillons pour l'analyse

Les trois méthodes décrivent une préparation de l'échantillon incluant des opérations de prélèvement, de manipulation et de traitement avant l'analyse, mais avec des étapes explicitement différentes.

La MA-244 mentionne le prélèvement d'une portion représentative, le bris de l'échantillon, l'examen des fibres émergentes au stéréomicroscope, puis le prélèvement des portions représentatives de fibres déposées sur lame. L'échantillon est préparé au regard de conditions comme l'homogénéité ou la présence de couches successives.

L'ASTM D7521-22 indique des étapes de séchage et de tamisage pour séparer les fractions, ainsi qu'une réduction gravimétrique pour des échantillons contenant des matières organiques ou solubles.

L'EPA OTM-42 décrit également le séchage et le tamisage de l'échantillon. Le mélange formé d'une aliquote de sol combiné à du sable de laboratoire est soumis à la fluidisation afin de séparer les particules, dérivées vers un filtre.

Méthode de détermination de la teneur en amiante

Les trois méthodes décrivent des approches distinctes de détermination de la teneur en amiante, tant par leur principe que par leur niveau de quantification.

La MA-244 repose sur une estimation visuelle de la présence de fibres à partir d'un examen au stéréomicroscope et au MLP.

L'ASTM D7521-22 utilise aussi une estimation visuelle calibrée (VAE) à partir de l'analyse des fractions au stéréomicroscope et au MLP. Elle ajoute un recours au comptage par points en cas de détection d'une concentration inférieure à 1 % dans la fraction fine. L'estimation visuelle ou le comptage des structures d'amiante par MET sont utilisés pour les analyses quantitatives.

¹ L'ASTM D7521 utilise le terme « structure » pour « catégoriser tous les types de particules d'amiante enregistrées au cours de l'analyse (telles que les fibres, les faisceaux, les amas et les matrices). »

L'EPA OTM-42 se distingue par une approche reposant sur un comptage direct des fibres lors de l'analyse au MET, selon des protocoles normalisés (ex. : ISO), ce qui permet une limite de détection plus faible.

Dimension des fibres retrouvées

Les méthodes évoquent des critères explicites sur la dimension des fibres pouvant être détectées.

La MA-244 parvient à repérer des fibres de longueur $\geq 5 \mu\text{m}$ et de diamètre $\geq 0,5 \mu\text{m}$. L'ASTM D7521-22 comme l'EPA OTM-42 identifient des fibres jusqu'à une longueur $\geq 0,5 \mu\text{m}$ lors de l'analyse par MET. L'EPA définit les fibres comme étant des particules allongées de plus de $0,5 \mu\text{m}$ de longueur, entre 0,25 et $3 \mu\text{m}$ de largeur, avec un rapport longueur/largeur supérieur ou égal à 3:1. Toutefois, d'autres catégories de fibres peuvent être détectées et comptées lors de l'analyse par MET et selon les règles de comptage spécifiées dans les méthodes ISO.

Ainsi, la MA-244 ne détecte pas des fibres aussi fines que les deux autres méthodes.

Expression des résultats d'analyse

Les trois méthodes présentent des modalités différentes d'expression des résultats, notamment par les unités utilisées, mais toutes visent à rendre compte de la teneur en amiante dans l'échantillon.

La MA-244 exprime les résultats en pourcentage volume/volume (V/V). L'ASTM D7521-22 utilise principalement le pourcentage masse/masse (m/m), avec un calcul basé sur l'ensemble des fractions analysées. Elle peut aussi exprimer les résultats en structures² par gramme pour certaines conditions liées à la fraction fine. L'EPA OTM-42 (FBAS) exprime les résultats en structures³ par gramme (s/g), avec possibilité de conversion en pourcentage massique estimé à partir de la masse des structures observées.

Limites de détection et sensibilité

Les trois méthodes abordent les limites de détection et la sensibilité avec des modalités et des niveaux de précision différents.

La MA-244 décrit une sensibilité liée aux dimensions des fibres observables ($\geq 5 \mu\text{m}$ de longueur et $\geq 0,5 \mu\text{m}$ de diamètre). Elle mentionne que la sensibilité peut être influencée par la nature de la matrice et que des interférences peuvent être occasionnées par certains matériaux fibreux comportant des propriétés optiques similaires à celles des fibres d'amiante.

L'ASTM D7521-22 indique une sensibilité analytique chiffrée avec un seuil minimal de détection de 0,25 % m/m qui peut être abaissé à 0,1 % m/m avec les procédures optionnelles. Elle signale également de possibles interférences dues à certains minéraux qui présentent des propriétés comparables à l'amiante.

L'EPA OTM-42 présente des limites de détection entre 0,002 % et 0,003 % en masse, pouvant aller jusqu'à environ deux ordres inférieurs de grandeur selon les conditions analytiques. Des interférences peuvent être causées par des niveaux élevés de particules de poussière non amiantées qui saturent la surface du filtre. Ces limites de détection reposent sur des conditions analytiques spécifiques et peuvent varier selon les protocoles et les conditions de préparation des échantillons.

Précision et justesse

Les trois méthodes abordent la reproductibilité et la robustesse avec des niveaux de formalisation et de détail variables.

La MA-244 précise qu'elle respecte les règles de l'art. L'ASTM D7521-22 présente une évaluation détaillée fondée sur une étude interlaboratoire. L'EPA OTM-42 mentionne l'existence d'études de validation.

Contraintes logistiques ou analytiques (coûts)

Seul l'aspect des coûts est documenté pour cette section. L'analyse par microscopie à lumière polarisée (MLP) s'avère moins coûteuse en comparaison avec la microscopie électronique. L'EPA OTM-42 peut être plus coûteuse que les autres méthodes en raison du recours à la microscopie électronique, bien que les coûts puissent varier selon les configurations analytiques. Elle est d'ailleurs décrite comme plus coûteuse que l'ASTM D7521.

Avantages

La MA-244 s'emploie de concert avec des règlements québécois ou des normes ISO et est exigée par la CNESST. L'utilisation de la MLP est moins onéreuse, plus simple et plus rapide que la microscopie électronique.

Issue d'une troisième révision, l'ASTM D7521-22 présente un avantage de maturité. Elle est considérée comme une des principales méthodes normalisées internationales définie pour déterminer la présence d'amiante dans les sols. Elle offrirait une meilleure représentation de l'échantillon initial par la prise en compte de la masse de chaque fraction

² Rappelons que l'ASTM D7521 utilise le terme « structure » pour « catégoriser tous les types de particules d'amiante enregistrées au cours de l'analyse (telles que les fibres, les faisceaux, les amas et les matrices). »

³ L'EPA OTM-42 définit le terme « structure » comme une « fibre isolée ou un faisceau de fibres. »

granulométrique. Elle est aussi jugée moins coûteuse que l'EPA OTM-42.

L'EPA OTM-42 cherche à caractériser la part de l'amiante qui présente une pertinence toxicologique immédiate du point de vue de l'inhalation. Sa sensibilité est supérieure aux deux autres méthodes. Son utilité semble maximale lorsque la contamination est de faible intensité mais qu'elle demeure significative du point de vue de la santé publique, c'est-à-dire lorsque des méthodes moins sensibles risqueraient de conclure, à tort, à l'absence de fibre.

Inconvénients

La MA-244 repose sur des références majoritairement antérieures à 1990 et n'a fait l'objet d'aucune révision depuis sa publication en 2015 et aucune évaluation formelle écrite n'a été identifiée. La quantification par estimation visuelle induit une part de subjectivité. Elle ne s'applique pas aux échantillons contenant une grande quantité de fibres fines sous le pouvoir de résolution du microscope optique. Les résultats peuvent être faussés par des matériaux aux propriétés optiques similaires à l'amiante ou par des modifications des propriétés optiques de la fibre d'amiante après traitements thermiques ou à l'acide des échantillons. Enfin, les concentrations obtenues par MLP dans l'analyse des sols semblent inférieures à celles obtenues par MET.

L'ASTM D7521-22 procure une estimation de la concentration. On observe une variabilité intra et interlaboratoire, moindre cependant lorsqu'il y a comptage des fibres en MLP. L'interférence possible de certains minéraux présentant des propriétés comparables à l'amiante peut générer de faux positifs.

L'EPA OTM-42 est une méthode intégrée combinant préparation (FBAS) et analyse (TEM), bien qu'elle soit souvent conceptualisée comme une technique de préparation avancée. Elle est jugée plus coûteuse que l'ASTM D7521. Les unités utilisées réduisent la comparaison directe avec des valeurs de dépistage. Les résultats présentent une variabilité élevée par rapport aux autres méthodes. De plus, l'interprétation des résultats en structures par gramme peut rendre difficile leur utilisation directe dans des cadres réglementaires basés sur des concentrations massiques ou volumiques.

RECOMMANDATIONS POUR L'ACTION

Les recommandations partent du constat d'importantes différences entre les méthodes décrites, choisies par le demandeur, qui compliquent la comparaison.

- A. Envisager l'adoption d'une méthode d'analyse ou de méthodes d'analyse complémentaires qui puissent répondre aux besoins prioritaires définis par le ministère, en fonction du contexte.
- B. Appuyer les choix sur des critères de sensibilité et de comparabilité avec d'autres territoires, mais aussi d'applicabilité dans le contexte québécois.
- C. Explorer plus avant le potentiel de l'EPA OTM-42 dans un souci d'acquisition des connaissances pour mieux cibler le contexte d'application.
- D. Approfondir l'analyse des conditions d'adoption de l'ASTM D7521-22 en tant que méthode recommandée pour l'analyse des sols contenant de l'amiante.

MÉTHODE DE RECENSION

Pour répondre à la question des membres du comité demandeur, l'auteur s'est d'abord penché sur les descriptions des méthodes telles que publiées par l'IRSST, l'ASTM ou l'EPA. Il a ensuite recensé les publications scientifiques récentes (2016-2026), complétées par la synthèse de M. Wolfe sur le *Fluidized Bed Asbestos Segregator*, datée d'avril 2026.

Les contenus résumés ont été versés dans le « Tableau comparatif » qui se trouve en annexe. Le lecteur y verra les sources spécifiques d'où proviennent les savoirs.

Enfin, l'Avis a été soumis pour révision et validation à trois personnes expertes dont les noms, titres et organisations sont indiqués au début du document.

RÉFÉRENCES CONSULTÉES

- Asbestos committee of the technical review workgroup of the office of land and emergency management. (2021). Framework for investigating asbestos-contaminated comprehensive environmental response, compensation and liability act sites (p. 163). U.S. Environmental protection agencée (EPA).
<https://semspub.epa.gov/work/HQ/100002942.pdf>
- ASTM Committee D22. (2022). Standard Test Method for Determination of Asbestos in Soil (No D7521-22; p. 15). ASTM International.
- Beauparlant, M., Pelletier, C., Ouellet, A., & Boisvert, J. (2015). Caractérisation des fibres dans les poussières déposées ou dans les matériaux en vrac (Méthode analytique n° MA-244; p. 23). IRSST.
<https://pharesst.irsst.qc.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1008&context=environnementales>
- Berry, D., Januch, J., Woodbury, L., & Kent, D. (2019). Detection of erionite and other zeolite fibers in soil by the fluidized bed preparation methodology. *Microscope* (Carshalton Beeches (Surrey), 67(4), 147.
- Environmental Risk Sciences. (2024). Literature review – sampling and analysis of asbestos. Prepared for NSW Office of Chief Scientist and Engineer, Australia (OCSE/24/SAA001-C; p. 133).
https://www.chiefscientist.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0014/1733/NSW-OCSE-Literature-review-Sampling-and-Analysis-of-Asbestos.pdf
- Januch, J., Brattin, W., Woodbury, L., & Berry, D. (2013). Evaluation of a fluidized bed asbestos segregator preparation method for the analysis of low-levels of asbestos in soil and other solid media. *Analytical Methods*, 5(7), 1658-1668.
- Malinconico, S., Paglietti, F., Bellagamba, S., Serranti, S., Bonifazi, G., & Lonigro, I. (2022). Management of asbestos-cement in excavated earths. *Proceedings of the 8th World Congress on New Technologies* (NewTech'22).
- Malinconico, S., Paglietti, F., Serranti, S., Bonifazi, G., & Lonigro, I. (2022). Asbestos in soil and water : A review of analytical techniques and methods. *Journal of Hazardous Materials*, 436, 129083.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129083>
- Moulin, I., Rossini, D., Souchu, P., & Millan, T. (2018). Caractérisation de l'amiante dans une matrice solide : État de l'art et Guide de recommandations des bonnes pratiques (N°16-0163/1A; p. 102). RECORD.
<https://hal.science/hal-05072136/document>
- United States Environmental Protection Agency, EPA. (2018). Other Test Method – 42 : Sampling, Sample Preparation and Operation of the Fluidized Bed asbestos Segregator (OTM-42; p. 22).
https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/otm_42_sampling_sample_preparation_and_operation_of_fluidized_bed_asbestos_segregator.pdf
- Wolfe, M. (2026). Synthèse relative à la méthode FBAS (Fluidized Bed Asbestos Segregator) (p. 13) [Rapport non édité]. Observatoire National de l'Amiante.
- Wroble, J., Frederick, T., Frame, A., & Vallerio, D. (2017). Comparison of soil sampling and analytical methods for asbestos at the Sumas Mountain Asbestos Site—Working towards a toolbox for better assessment. *PLoS ONE*, 12(7), e0180210.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180210>
- Wroble, J., Frederick, T., & Vallerio, D. (2020). Refinement of Sampling and Analysis Techniques for Asbestos in Soil. *Environmental & Engineering Geoscience*, 26(1), 129-131.
<https://doi.org/10.2113/EEG-2283>

ANNEXE : TABLEAU COMPARATIF – RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES⁴

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
A. Titre au long	Caractérisation des fibres dans les poussières déposées ou dans les matériaux en vrac	Standard Test Method for Determination of Asbestos in Soil	Sampling, Sample Preparation and Operation of the Fluidized Bed Asbestos Segregator ⁵
B. Domaine d'application (type de sol, concentration)	Méthode visant la <i>détermination semi-quantitative</i> du contenu en fibres d'amiante ou d'autres fibres naturelles et artificielles dans les échantillons en vrac, telle que perçue visuellement par l'analyste par comparaison à des préparations de référence dont la valeur est connue.	- Méthode utilisée pour identifier l'amiante dans le sol et pour <i>estimer</i> la concentration d'amiante dans des échantillons de sol après séchage.⁶ - Utilisable également avec des débris identifiables, comme des matériaux de construction en vrac facilement séparables du sol : analyse et résultats rapportés séparément de ceux des échantillons de sol. - Résultats utiles pour l'évaluation de sites contaminés par des déchets de construction, miniers et industriels, des dépôts d'amiante d'origine naturelle ou d'autres sources présentant un intérêt pour l'investigateur.	- Méthode conçue pour <i>quantifier</i> les fibres minérales présentes dans le sol ou dans d'autres matrices solides hétérogènes (comme la vermiculite). - Méthode particulièrement adaptée aux contextes environnementaux caractérisés par une forte hétérogénéité de la matrice et par la présence de faibles concentrations de fibres. - Isolement de la fraction libérable et respirable des particules fibreuses présentes dans une matrice solide visant à documenter la présence d'amiante et le potentiel de remise en suspension dans l'air.^{7,8} - Méthode reposant sur une « technique de préparation d'échantillons permettant d'isoler (ou de séparer) l'amiante ou d'autres fibres minérales des milieux solides » (FBAS), combinée à l'analyse par microscopie. - Technique qui réduit le risque d'exposition aux fibres pouvant se disperser dans l'air.

⁴ Les références principales se trouvent à la fin du tableau. Les contenus résumés proviennent de ces sources, à moins d'indication contraire signifiée par une note de bas de page. Les références bibliographiques complètes sont rapportées à la section précédente « Références consultées ».

⁵ « La FBAS a été développée pour combler l'espace méthodologique situé entre, d'un côté, des méthodes massiques peu sensibles et peu informatives quant au potentiel d'exposition, et, de l'autre, des méthodes de type ABS plus directement pertinentes pour le risque mais plus lourdes à déployer. Sa finalité propre résiderait ainsi dans cette position intermédiaire (Januch et al. 2013; U.S. EPA, 2021 ; Wroble et al., 2017). » (Wolfe, 2026)

⁶ Au sujet de l'ASTM D7521, Malinconico et al. (2022) affirment dans *Management of asbestos-cement in excavated earths*: « This is the only one international standard available for ACSs [Asbestos-Containing Soils] analysis. » (p.151-3)

⁷ Berry, D. et al. (2019). Detection of Erionite and Other Zeolite Fibers in Soil by the Fluidized Bed Preparation Methodology.

⁸ Januch J. et al. (2013). Evaluation of a Fluidized Bed Asbestos Segregator Preparation Method for the Analysis of Low-Levels of Asbestos in Soil and Other Solid Media.

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
C. Principe de la méthode	▪ Échantillons en vrac de 3 g à 10 g obtenus à partir d'isolants, de tuiles ou d'autres matériaux pouvant contenir des fibres. ▪ Examen préliminaire effectué à l'aide du stéréomicroscope. ▪ Sélection des fibres, puis dépôt dans des liquides ayant un des indices de réfraction définis. ▪ Observation au MLP (facteurs de grossissement de 100x à 400x). ▪ Caractérisation des fibres selon leur morphologie et leurs propriétés optiques. ▪ Classification des principaux types de fibres d'amiante : chrysotile; crocidolite; amosite; trémolite; anthophyllite; actinolite. ▪ Estimation du pourcentage volume/volume (V/V) de fibres et d'autres composés présents à partir de l'examen visuel au stéréomicroscope et MLP. ▪ En cas de doute sur l'identité ou la	▪ Quantité de matière requise pour effectuer l'analyse de manière valide (quantité nominale) de sol tamisé et analysé : échantillon de 250 cm³. ▪ Quantité supérieure allant jusqu'à 500 cm³⁹ pouvant être requise pour différents types de sol ou pour d'autres raisons déterminées par le laboratoire et le chercheur. ▪ Recours à des procédures gravimétriques, de tamisage et d'autres procédures de laboratoire pour la préparation du sol en vue de l'analyse. ▪ Après séchage, passage au tamis de 19 mm, 2 mm et 106 µm pour récupérer les fragments de sol et de matériaux desquels sont tirés les résultats. ▪ Analyse de chacune des fractions (grossière, moyenne et fine) par stéréomicroscope et MLP pour identifier les fibres d'amiante puis en estimer visuellement la concentration grâce à l'analyse de la morphologie et des propriétés optiques, conformément à la norme EPA 600/R-93/116.	▪ Prélèvement du sol, ou tout autre matériau solide dans la zone d'intérêt. ▪ Polluants visés : fibres minérales allongées, notamment les formes réglementées d'amiante, d'autres amphiboles fibreuses et les zéolites fibreuses. ▪ Recours à un séparateur d'amiante en lit fluidisé (FBAS) : instrument de préparation d'échantillons utilisant l'élutriation à l'air pour séparer les structures d'amiante légères des particules de matrice plus lourdes. ▪ Triage par taille par tamisage, puis fraction fine homogénéisée (traiter l'échantillon pour que ses composants soient répartis de manière uniforme dans toute sa masse) et fluidisée dans le FBAS. ▪ Petites particules éluutriées du matériau en vrac et recueillies sur un filtre. ▪ Dépôt ensuite des structures sur un filtre pour analyse par MET ou autres techniques microscopiques afin d'identifier et de quantifier les structures. ▪ Comptage des fibres selon les règles spécifiées dans les méthodes analytiques ISO. ▪ Les étapes de fluidisation et de séparation peuvent influencer la distribution des fibres analysées et introduire des biais de représentativité.

⁹ C'est la « quantité maximale, pour ne pas recevoir une quantité trop grande d'échantillon contaminé qui nécessiterait plus d'espace au laboratoire et augmenterait le coût d'élimination sécuritaire des déchets amiantés. » (S. Puscasu)

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
	classification de l'échantillon : confirmation de la présence des minéraux serpentines ou amphiboles par diffraction des rayons X (XRD). Analyse de l'échantillon à l'aide d'un MET selon la méthode ELAP 198.4 en présence de fibres fines d'amiante ou pour certains matériaux contenant de l'amiante comme les tuiles de plancher.	- Optionnellement mais recommandé si les résultats de l'analyse par MLP sont négatifs, identification et quantification de l'amiante par MET basées sur la morphologie, la diffraction électronique en zone sélectionnée (SAED) et l'analyse par spectrométrie de rayons X à dispersion d'énergie (EDS). - En cas d'absence de fibre, l'analyse de la fraction fine par MET offre 3 options : - L'analyse qualitative d'une préparation par <i>drop mount</i> ou préparation en goutte. Les résultats informent sur la présence ou l'absence de l'amiante. - L'analyse semi-quantitative par estimation visuelle d'une préparation gravimétrique sur filtre. Les résultats sont exprimés en pourcentage massique estimé. - L'analyse quantitative par comptage des structures fibreuses d'une préparation gravimétrique sur filtre. Les résultats sont exprimés en nombre de structures par gramme d'échantillon.	

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
D. Définition des sols selon la méthode	Application à des échantillons en vrac (ex. : isolants, tuiles, autres matériaux).¹⁰	- Sol considéré comme un matériau de granulométrie et de composition variables, généralement inférieur à 19 mm. - À titre d'exemple : sédiments peu consolidés ; résidus de matériaux de construction mélangés à la couche superficielle ; autres matériaux accumulés en surface. - Matériaux de plus de 19 mm, à la discrétion du collecteur, sous forme d'échantillons en vrac dont l'analyse et les résultats sont rapportés de manière distincte.	Sol ou autres matrices solides hétérogènes, par exemple la vermiculite.
E. Méthode de préparation des échantillons pour l'analyse	- Prélèvement d'une quantité représentative de l'échantillon puis dépôt dans une boîte de Petri. - Bris des portions d'échantillon puis examen des fibres émergentes avec le stéréomicroscope. - Prélèvement des portions représentatives de fibres et dépôt sur une lame. - Préparation de l'échantillon au regard de certaines conditions : homogénéité ; présence de couches successives ; présence de particules dures et larges ; présence	- Après séchage, passage au tamis de 19 mm, 2 mm et 106 µm pour récupérer les fragments de sol et de matériaux desquels sont tirés les résultats. - Pour les échantillons contenant des matières organiques ou solubles, réduction gravimétrique avant le tamisage en utilisant la méthode EPA 600/R-93/116.	- Séchage et tamisage du sol. - Fluidisation d'un mélange formé d'une aliquote de sol combiné à du sable de laboratoire servant de matrice de fluidisation. - Introduction du mélange dans un récipient de verre conique placé verticalement dans l'appareil, puis soumis à un flux d'air ascendant et à une vibration mécanique. - Lorsque la vitesse de l'air atteint le seuil de fluidisation, les particules circulant se comportant comme un fluide, les particules les plus légères et les plus aérodynamiques (notamment les fibres d'amiante) sont entraînées vers le haut du système, tandis que les particules plus lourdes demeurent dans le lit fluidisé. - Dérivation d'une fraction du flux par un séparateur isocinétique vers un filtre MCE.

¹⁰ Notons que le mot « sol » est inexistant dans le texte de la MA-244.

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
	de particules adhérentes ; présence de minces couches inséparables ; présence de liant comme le goudron. ▪ Dépôt à la jonction entre la lame et la lamelle d'une goutte d'indice de réfraction sélectionné. ▪ Traitement à l'acide et réduction gravimétrique recommandée si nécessaire.		▪ Vérification du filtre au MLP pour vérifier son niveau de chargement avant de passer à l'analyse par MET selon la règle ISO 10312.¹¹
F. Méthode de détermination de la teneur en amiante (estimation visuelle, comptage)	▪ Estimation de la présence de fibres à partir d'un examen visuel au stéréomicroscope et au MLP.	▪ Fractions grossière, moyenne et fine analysées avec un stéréomicroscope et une MLP par estimation visuelle calibrée de la surface (VAE), conformément à la norme EPA 600/R-93/116 pouvant être complétée par un comptage. ▪ Si les résultats sont négatifs dans la fraction fine, recours au comptage par points à l'aide du MET selon la méthode EPA 600/R-93/116.	▪ Comptage direct des structures fibreuses par MET selon des protocoles standardisés (p. ex. ISO)
G. Dimension des fibres retrouvées	▪ Longueur $\geq 5 \mu\text{m}$. ▪ Diamètre $\geq 0,5 \mu\text{m}$.	▪ Longueur $\geq 0,5 \mu\text{m}$ avec la MET.	▪ Définition d'une fibre : longueur $\geq 0,5 \mu\text{m}$; largeur entre $0,25$ et $3 \mu\text{m}$; rapport longueur/largeur supérieur ou égal à 3:1. ▪ D'autres catégories de fibres peuvent être détectées et comptées lors de l'analyse par MET et selon les règles de comptage spécifiées dans les méthodes ISO.

¹¹ Le résumé de la préparation s'appuie également sur les descriptions faites par Januch et al. (2013) ainsi que Malinconico et al. (2022).

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
H. Expression des résultats d'analyse	- Pourcentage volume/volume (V/V). - Gamme couverte de concentrations de fibres entre < 1% à 100% V/V. - Expression des résultats selon des gammes de concentrations où c) et d) confirment la présence d'amiante dans l'échantillon : a) Non décelé ; b) Trace ; c) < 1 % ; d) Présence significative.	- Pourcentage masse/masse (m/m). - Contenu total d'amiante calculé selon la formule : $[\sum \% \text{ d'amiante dans chaque fraction} / \sum \text{ des masses de chaque fraction}]$. - Nombre de structures d'amiante par gramme d'échantillon pour la fraction fine, si les fibres doivent être comptées en cas de présence inférieure à la limite de détection en suivant la méthode EPA 600/R-93/116.	- Structures par grammes de sol (s/g). - Possibilité de rapporter les résultats de la concentration dans le sol en % massique estimé (g d'amiante/100 g de sol), moyennant l'utilisation d'une formule de conversion. - Estimation de la masse de chaque structure observée à partir de ses dimensions. - Ou, en absence d'informations détaillées sur la géométrie réelle de chaque structure, estimation de la masse en supposant une forme de solide rectangulaire.
I. Limites de détection et sensibilité	- Sensibilité pour des fibres de longueur $\geq 5 \mu\text{m}$ et de diamètre $\geq 0,5 \mu\text{m}$, car, en deçà, les fibres ne sont pas identifiées par la dispersion colorante. - Sensibilité potentiellement influencée par la nature de la matrice. - Interférences possibles causées par certains matériaux fibreux comportant des propriétés optiques similaires à celles des fibres d'amiante.	- Sensibilité analytique (c.-à-d. le seuil minimal de détection) de 0,25 % en masse (m/m). - Procédures optionnelles permettant d'atteindre une sensibilité analytique de 0,1 % en masse (m/m). - Interférences possibles de certains minéraux qui présentent des propriétés comparables à l'amiante, pouvant générer de faux positifs.	- Limites de détection entre 0,002 % et 0,003 % en masse, pouvant aller jusqu'à environ deux ordres inférieurs de grandeur selon les conditions analytiques. - Limite de détection environ 100 fois inférieure aux limites typiques de détection pour les sols analysés par microscopie à contraste de phase (MCP). - Interférences pouvant être causées par des niveaux élevés de particules de poussière non amiantées qui saturent la surface du filtre, minimisées en surveillant la charge particulaire sur le filtre par observation au MLP.
J. Reproductibilité et robustesse	- Méthode qui respecte les règles de l'art. - Aucune évaluation formelle écrite de la méthode.	Précision basée sur une étude interlaboratoire menée en 2014 (valeur de référence : 0,5 % de chrysotile dans le sol).	- Études de validation disponibles. - Variabilité analytique élevée observée dans plusieurs études, pouvant limiter la reproductibilité des résultats.

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
		– Les résultats tendent à rapporter une surestimation de la présence d’amiante. – L’estimation visuelle semble présenter les plus faibles taux de répétabilité (écart maximal entre deux résultats obtenus par le même opérateur dans le même laboratoire) et de reproductibilité (écart maximal entre deux résultats obtenus dans des laboratoires différents et par des opérateurs différents) par rapport au comptage en MLP ou le montage par dépôt de goutte en MET. – Le comptage de points en MLP présente moins de biais que l’estimation visuelle par MLP. ▪ La variabilité est dépendante de l’estimation visuelle et des pratiques de laboratoire.	
K. Contraintes logistiques ou	▪ Exigences et coûts de la MLP inférieurs par rapport	▪ Moins coûteux que la méthode EPA OTM-42. ¹²	▪ Plus coûteux que la méthode ASTM D7521. ¹³

¹² Asbestos committee of the technical review workgroup of the office of land and emergency management. (2021). Framework for investigating asbestos-contaminated comprehensive environmental response, compensation and liability act sites.

¹³ Idem.

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
analytiques (coût)	à la microscopie électronique.		
L. Avantages	i. Méthode reposant sur dix références principales, dont l'EPA-600 et le NIOSH. ii. Méthode réglementairement utilisée au Québec ou des normes ISO. iii. Méthode exigée par la CNESST. iv. Réfère aux normes ISO. v. MLP moins onéreuse qu'une méthode par microscopie électronique.^{14,15} vi. Technique MLP plus simple et plus rapide par rapport aux techniques de microscopie électronique.¹⁶	i. Méthode à sa 3^e révision, citée dans plusieurs publications. ii. Une des principales méthodes normalisées internationales définie pour la détermination d'amiante dans les sols.¹⁷ iii. Réfère aux normes de l'EPA, de ISO Standards et d'autres normes de l'ASTM. iv. Méthode expressément conçue, voire la seule, pour analyser tout échantillon de sol en vue de la détection et de la quantification des fibres d'amiante.¹⁸ v. Meilleure représentation de l'échantillon initial par la prise en compte de la masse de chaque fraction granulométrique.¹⁹ vi. Simplification de la préparation des sols grâce au tamisage qui élimine les problèmes liés au broyage.²⁰	i. Méthode reposant sur plusieurs références. ii. Intention de caractériser la part de l'amiante pouvant présenter une pertinence toxicologique immédiate du point de vue de l'inhalation, plus que de mesurer la totalité de l'amiante présent dans le sol. iii. Plus grande sensibilité de la méthode FBAS/MET pour détecter l'amiante par rapport à la méthode ASTM D7521²³ ou à d'autres méthodes.²⁴ Permet donc la détection de faibles concentrations ne pouvant pas être quantifiées par les méthodes basées sur la microscopie optique. iv. Limites de détection environ 100 fois plus basses que les limites de détection habituellement obtenues par d'autres méthodes analytiques pour l'amiante dans les sols et autres matériaux solides. v. Utilité maximale de la FBAS lorsque la contamination est de faible intensité mais qu'elle demeure significative du point de vue de la santé publique, c'est-à-dire lorsque des méthodes moins sensibles risqueraient de conclure, à tort, à l'absence d'enjeu.

¹⁴ Moulin et al. (2018). Caractérisation de l'amiante dans une matrice solide : État de l'art et Guide de recommandations des bonnes pratiques.

¹⁵ En janvier 2026, dans *Les services de laboratoire offerts par l'IRSST* (<https://www.irsst.qc.ca/Portals/0/upload/3-laboratoires/liste-de-prix-services-de-laboratoire.pdf>), le coût pour l'analyse de fibres dans un échantillon de vrac par MLP s'élève à 195\$. Pour une analyse par MET, le coût grimpe à 400\$.

¹⁶ Moulin et al. (2018). Caractérisation de l'amiante dans une matrice solide : État de l'art et Guide de recommandations des bonnes pratiques.

¹⁷ Malinconico et al. (2022) Management of asbestos-cement...

¹⁸ Malinconico et al. (2022) Asbestos in soil and water ...

¹⁹ Wroble et al. (2017) Comparison of soil sampling and analytical methods for asbestos at the Sumas Mountain Asbestos Site-Working towards a toolbox for better assessment.

²⁰ Asbestos committee ... (2021).

²³ Wroble et al. (2017).

²⁴ Asbestos committee ... (2021).

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
		vii. Moins coûteux que la méthode EPA OTM-42. ²¹ viii. Norme ayant une large application. ²²	
M. Inconvénients	i. Majorité des références citées antérieures à 1990. ii. Méthode publiée en 2015, sans révision. iii. Quantification par estimation visuelle du pourcentage d’amiante introduisant une part de subjectivité. ²⁵ iv. « Ne s’applique pas aux échantillons contenant une grande quantité de fines fibres qui sont au-dessous du pouvoir de résolution du microscope optique » (p.3) v. Interférences possibles causées avec certains matériaux comportant des propriétés optiques similaires à celles des fibres d’amiante (ex. : polyéthylène). vi. Modifications possibles de certaines propriétés optiques, voire	i. Procure une <i>estimation</i> de la concentration. ii. Variabilités intra et interlaboratoire observées, moindre cependant lorsqu’il y a comptage des fibres en MLP. iii. Interférences possibles de certains minéraux qui présentent des propriétés comparables à l’amiante, pouvant générer de faux positifs.	i. Plus coûteux que la méthode ASTM D7521. ²⁷ ii. Pas de comparaison directe avec les valeurs de dépistage ni les critères réglementaires vu les unités utilisées. ²⁸ iii. Variabilité élevée des résultats par rapport aux autres méthodes due à la variabilité aléatoire de comptage, à la préparation des filtres, à la possibilité de variations entre aliquotes d’un même sol, ... ²⁹

²¹ Idem.

²² Malinconico et al. (2022) Asbestos in soil and water ...

²⁵ Moulin et al. (2018). Caractérisation de l’amiante dans une matrice solide : État de l’art et Guide de recommandations des bonnes pratiques.

²⁷ Asbestos committee ... (2021).

²⁸ Idem.

²⁹ Januch et al. (2013); Wroble et al. (2017).

CATÉGORIES COMPARATIVES	MÉTHODES		
	MA-244 – IRSST	ASTM D7521-22	EPA OTM-42 (FBAS)
	transformation de la fibre d’amiante, à la suite de traitements thermiques ou à l’acide. vii. Aucune évaluation formelle écrite de la méthode identifiée. viii. Concentrations obtenues par MLP dans l’analyse des sols inférieures à celles obtenues par MET.²⁶		
N. Références principales	Beauparlant, M., Pelletier, C., Ouellet, A., & Boisvert, J. (2015). Caractérisation des fibres dans les poussières déposées ou dans les matériaux en vrac (Méthode analytique n° MA-244; p. 23). IRSST. https://pharesst.irsst.qc.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1008&context=environnementales	ASTM Committee D22. (2022). Standard Test Method for Determination of Asbestos in Soil (No D7521-22; p. 15). ASTM International. Environmental Risk Sciences. (2024). Literature review – sampling and analysis of asbestos. Prepared for NSW Office of Chief Scientist and Engineer, Australia (OCSE/24/SAA001-C; p. 133). https://www.chiefscientist.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0014/1733/NSW-OCSE-Literature-review-Sampling-and-Analysis-of-Asbestos.pdf	United States Environmental Protection Agency, EPA. (2018). Other Test Method – 42 : Sampling, Sample Preparation and Operation of the Fluidized Bed asbestos Segregator (OTM-42; p. 22). https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/otm_42_sampling_sample_preparation_and_operation_of_fluidized_bed_asbestos_segregator.pdf Wolfe, M. (2026) Synthèse relative à la méthode FBAS (Fluidized Bed Asbestos Segregator), ONA, Document non publié, 13 p. (10 références à l’appui)

²⁶ « Des recherches menées sur des sols ont montré que les concentrations obtenues par MET (microscopie électronique en transmission) étaient supérieures à celles de la MLP (Wroble et al., 2017). » (p.10), cité par Malinconico et al. (2022) Asbestos in soil and water ...