

FÉVRIER 2018

# L'AMIANTE DANS LES MILIEUX NATURELS

## L'amiante dans les milieux naturels

**Questions centrales :** De fortes pluies ont fait déborder une rivière et causé une inondation, ce qui a eu pour effet de répandre de la terre recelant de l'amiante sur les terrains environnants. Parmi ces terrains se trouvent des terres agricoles ainsi que des cours arrière de résidences privées et des espaces où l'on pratique des activités diverses. Quels sont les risques potentiels de l'exposition à l'amiante présent dans ces milieux naturels (extérieurs) pour la santé publique? Quelles sont les techniques d'échantillonnage permettant de mesurer l'amiante dans l'air extérieur?

## Contexte

L'amiante est un silicate naturel constitué de fibres de dimensions variées. Il en existe deux variétés, soit les amphiboles et la serpentine<sup>1</sup>, pour un total de six espèces de fibres. On trouve cinq espèces d'amphiboles, soit l'amosite, la crocidolite, l'actinolite, la trémolite et l'anthophyllite, et une espèce de serpentine, le chrysotile. Aussi appelé « amiante blanc », ce dernier représente plus de 90 % de la production mondiale<sup>1</sup>. Jusqu'à récemment, le Canada était l'un des principaux exportateurs d'amiante<sup>2</sup>. Cette substance entre dans la fabrication de produits industriels tels que les matériaux de construction et d'isolation et les pièces automobiles en raison de sa résistance à la chaleur, de ses propriétés isolantes et de sa résistance à la traction<sup>3</sup>.

On distinguera ici les fibres asbestiformes naturellement présentes dans le sol et le roc de l'amiante contenu dans les matériaux manufacturés<sup>4</sup>. Ces fibres se retrouvent dans trois



Crédit photo : Mikkaphoto, Getty Images

types de minerais : la serpentine, les roches ultramafiques altérées et les roches mafiques (certaines seulement). L'amiante naturel est issu de processus géologiques comprenant la formation de fractures et de failles dans ces minerais, dans un milieu où la température et la pression sont élevées et où il y a présence d'eau<sup>5</sup>. La fragmentation et l'altération de la roche contenant de l'amiante peuvent libérer des particules des gisements amiantifères, que l'on retrouve partout au Canada, mais surtout près des côtes Est et Ouest et dans les zones d'activité sismique<sup>6</sup>. Lorsque relâchées dans l'air ambiant à proximité de populations humaines, les fibres d'amiante peuvent poser un risque pour la santé.

Afin d'évaluer les risques que pose l'exposition à l'amiante dans la nature pour la santé publique et de découvrir les techniques pour mesurer la concentration d'amiante dans l'air extérieur, nous avons fait une recherche rapide dans la littérature scientifique et une recherche sur Internet pour trouver des documents de santé publique et des documents de publications parallèles relatifs à l'amiante naturellement présent dans l'environnement. Deux expertes en la matière de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis ont examiné une version préliminaire du présent document.

## Préparé par

Aroha Miller, Centre de collaboration nationale en santé environnementale  
Michele Wiens, Centre de collaboration nationale en santé environnementale

**Avertissement :** L'information présentée ici vise à répondre à des questions précises liées à un problème de santé environnementale; elle n'est pas le fruit d'une revue exhaustive des données probantes et n'a pas fait l'objet d'une évaluation par les pairs. En outre, elle ne remplace pas les directives et les règlements fédéraux, provinciaux ou locaux, ni les conseils d'un professionnel de la santé (le cas échéant).



National Collaborating Centre  
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale

## Méthodologie de recherche

Nous avons effectué notre recherche documentaire, sans limite de date, dans la base de données EBSCOHost de l'Université de la Colombie-Britannique, qui donne accès à MEDLINE, à CINAHL et à la Biomedical Reference Collection, ainsi que dans Web of Science, Google Scholar et Google. Nous avons utilisé les mots-clés, variantes et opérateurs booléens suivants :

- asbestos [amiante] AND
- (soil [terre] OR sediment [sédiment] OR air\* [air/aér\*] OR outdoor [extérieur] OR naturally-occurring [naturellement présent] OR water [eau])
- AND (determin\* [détermin\*] OR estimat\* [estim\*] OR monitor [suivi] OR measur\* [mesur\*] OR surveillance [surveillance])
- (protocol [protocole] OR guidance [orientation] OR guideline [lignes directrices] OR regulation [règlement] OR operation [opération] OR standard [norme] OR legislation [législation])
- (risk [risque] OR assessment [évaluation] OR mitigation [atténuation] OR management [gestion]).

Nous avons retenu, pour leur pertinence, 30 documents provenant de publications, de sites Web et de publications parallèles, en ciblant les sites d'organismes qui ont fait beaucoup de recherche sur le sujet, tels que l'EPA. L'information ci-dessous porte exclusivement sur l'amiante naturellement présent dans l'environnement, et ne concerne pas l'amiante transformé à des fins industrielles.

### 1. Exposition à l'amiante dans les milieux naturels : risques potentiels pour la santé publique

Le Centre international de recherche sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé a classé l'amiante sous toutes ses formes, c'est-à-dire contenu dans des produits fabriqués et naturellement présent dans l'environnement, comme étant cancérigène pour l'humain (groupe 1)<sup>7</sup>. L'exposition à l'amiante est associée au cancer du poumon, au cancer de l'hypopharynx et au mésothéliome, une forme rare de cancer dont elle est l'unique cause<sup>4</sup>. Elle est aussi directement liée à l'amiantose, une maladie caractérisée par une inflammation pulmonaire et la formation de collagène dans les poumons. D'autres symptômes respiratoires ont été signalés chez les enfants exposés à l'amiante sous sa forme naturelle, notamment la douleur thoracique pleurétique<sup>8</sup>. Il demeure que quel que soit le milieu, l'exposition devrait être limitée le plus possible, puisque nous ignorons s'il existe un seuil sous lequel elle serait sécuritaire<sup>9</sup>. Pour les cancers et autres symptômes causés par l'amiante, le délai entre l'exposition ini-

tiale et la détection de la maladie, appelé période de latence, est généralement long<sup>7</sup>.

### TOXICITÉ

La toxicité de l'amiante dépend principalement de trois facteurs : la concentration, les dimensions (longueur et diamètre) et la biopersistance pulmonaire des fibres<sup>10</sup>. Dans le cadre d'une évaluation des risques, l'EPA s'est penchée sur la cancérogénicité de fibres asbestiformes ayant plus de 5 µm de longueur, un diamètre de 0,25 à 3 µm inclusivement et un rapport de dimensions supérieur à 3:1<sup>11</sup>. Les macrophages (de gros globules blancs produits en réaction aux infections), qui normalement éliminent toute particule des poumons, ne peuvent phagocyter des fibres plus grandes qu'eux. Lorsqu'ils tentent d'englober les fibres asbestiformes, ils se nécrosent et libèrent des cytokines inflammatoires dans les poumons, ce qui déclenche une inflammation<sup>12</sup>. Ainsi, les fibres longues restent vraisemblablement plus longtemps que les fibres courtes dans les poumons, causant ainsi plus de dommages<sup>4</sup>.

### EXPOSITION À L'AMIANTE NATURELLEMENT PRÉSENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Le lavage d'éboulements de roches ou de terre entraînant des sédiments dans les rivières et les faibles niveaux d'eau qui s'en suivent, le dragage des rivières et les inondations laissant des résidus sur les terres avoisinantes sont quelques-uns des processus par lesquels des particules d'amiante s'échappent des gisements naturels. À noter que pour présenter un risque, les fibres d'amiante doivent avoir été libérées de la matière qui les recèle et être en suspension dans l'air<sup>3</sup>; sous cette forme, l'inhalation est considérée comme la principale voie d'exposition<sup>13</sup>. La libération d'amiante naturellement présent dans la matière peut dépendre de plusieurs facteurs, comme le type de fibres (p. ex., chrysotile ou amphiboles), et se trouver favorisée par certains, comme la capacité à s'effriter (friabilité) et la concentration des fibres.

Parmi les caractéristiques du milieu influant sur le niveau d'exposition, notons les caractéristiques du sol, comme sa composition et son degré d'humidité; les conditions météorologiques; l'ampleur (profondeur et superficie) de la contamination du sol; et la nature et la durée des activités pratiquées<sup>4,13</sup>. Tandis que l'humidité limite la libération d'amiante dans l'air, le temps sec et venteux peut la favoriser et accroître le risque d'inhalation de fibres. Le niveau d'exposition varie aussi selon le rythme respiratoire, l'élévation par rapport au sol, la durée de l'activité qui soulève des particules et la façon dont elle est accomplie<sup>13</sup>. De plus, comme les fibres d'amiante et la terre peuvent adhérer aux vêtements et aux chaussures ainsi qu'aux poils et aux pattes des animaux de compagnie, elles peuvent se retrouver à l'intérieur et y contamin-

er l'air, ce qui expose tous les membres du ménage.

Une fois la terre contenant de l'amiante dispersée, les fibres asbestiformes peuvent être mises en suspension lors d'activités extérieures courantes qui remuent de la poussière, comme la marche, le jogging, le jeu, le jardinage, l'entretien du terrain, la moto tout-terrain, le motoquad et la conduite sur des routes non revêtues<sup>14,15</sup>. La littérature propose déjà beaucoup de moyens pour réduire l'exposition à l'amiante naturellement présent dans l'environnement<sup>4,16</sup>, par exemple : réserver certaines activités (jogging, marche, vélo) aux environnements sans amiante; recouvrir les entrées et les chemins piétonniers d'un revêtement; utiliser de la terre sans amiante ou des plantes pour couvrir le jardin ou la cour, arroser le jardin ou la cour avant de creuser, réduire la vitesse sur les routes non revêtues, et fermer les fenêtres et les portes par temps venteux<sup>4</sup>.

## ÉVALUATION DES RISQUES

Dans ses évaluations des risques, l'EPA (2005, 2007a, 2010a, 2011)<sup>11,14,15,17,18</sup> a fait un échantillonnage personnel (par activités) et un échantillonnage stationnaire dans des milieux naturels où la présence d'amiante était connue. L'organisme est ainsi venu à la conclusion que les activités qui risquent de soulever des fibres d'amiante (marche, jogging, moto tout-terrain, travail agricole, jeux d'enfants, sports extérieurs, jardinage, etc.) *augmentaient la concentration d'amiante dans la zone respiratoire*. En règle générale, le niveau de contamination dans les échantillons d'air prélevés au repos (échantillonnage stationnaire), qui indiquent la concentration d'amiante de base, était inférieur d'un ordre de grandeur (p. ex., 10 fois inférieur) à celui des échantillons prélevés lors des activités (échantillonnage personnel)<sup>11</sup>. On remarque aussi que les enfants sont plus à risque que les adultes d'inhaler des fibres d'amiante en raison de leur petite taille, qui fait que leur zone respiratoire est plus près du sol, et de leur rythme respiratoire habituellement plus élevé. Et plus une personne est exposée tôt, plus le risque de développer un cancer au cours de la vie est grand<sup>14</sup>, puisque les personnes plus jeunes ont plus de temps pour développer la maladie, dont la période de latence est généralement longue<sup>7</sup>.

L'EPA « considère un risque de cancer inférieur à  $1 \times 10^{-6}$  (un sur un million) comme négligeable, mais croit qu'un risque supérieur à  $1 \times 10^{-4}$  (un sur dix mille) nécessite généralement une certaine intervention<sup>17</sup> ». Les mesures obtenues sont propres à chaque activité et au milieu d'où provient l'échantillon. Voici quelques résultats de l'échantillonnage personnel (par activités) :

- Le travail agricole quotidien, comme le râtelage, le déplacement et le chargement de terre contenant de l'amiante, à raison de huit heures par jour pendant 25 ans, a été associé au plus grand niveau de risque (probabilité de développer la

maladie :  $1 \times 10^{-4}$ ).

- Pour la plupart des autres activités, comme les jeux d'enfants et les autres activités récréatives, la probabilité était beaucoup plus faible ( $1 \times 10^{-6}$ )<sup>14</sup>.

Les évaluations des risques amènent toutefois leur lot d'incertitude : le risque peut varier selon les dimensions des fibres, selon l'activité, son intensité et sa durée, et selon la concentration d'amiante dans la terre, entre autres. Malgré tout, ces recherches approfondies montrent que la pratique d'activités qui soulèvent de la poussière contenant de l'amiante pose un risque accru.

## AUTRES ÉTUDES SUR LES RISQUES DE L'EXPOSITION À L'AMIANTE POUR LA SANTÉ

- Une étude cas-témoins réalisée en Californie a fait état d'une corrélation significative entre la proximité de la résidence d'une source d'amiante naturel et le risque de mésothéliome malin. Cette étude a cependant des limites : les données sur l'exposition professionnelle à l'amiante à vie sont incomplètes, et les données sur les lieux de résidence antérieurs manquent<sup>19</sup>.
- Swartjes et Tromp (2008)<sup>13</sup> se sont servi du pire scénario possible (utilisation d'une souffleuse à feuilles dans de l'air sec où des fibres d'amiante sont en suspension) pour étudier les risques de l'exposition aux fibres asbestiformes pour la santé. Ils ont constaté que la concentration de fibres dans l'air diminuait rapidement avec la distance de la source, pour se chiffrer à moins de 1 000 équivalents fibres par mètre cube à 100 m de la source (un « risque négligeable » pour une exposition d'un an, comme l'expliquent les auteurs)<sup>13</sup>.
- Bassanese et ses collaborateurs (2008)<sup>20</sup> ont étudié, à la place de poumons d'humains, des poumons de chiens provenant de milieux où l'amiante est naturellement présent. Ils ont mesuré une plus grande quantité de fibres d'amiante dans les poumons des chiens ayant vécu dans ces milieux que dans les poumons de chiens témoins ayant vécu dans des endroits sans amiante, ce qui signifie que ces milieux posaient un risque accru pour la santé.
- Johnson et ses collaborateurs (2009)<sup>21</sup> se sont penchés sur la pratique de certains loisirs extérieurs populaires, soit la conduite de motoquad, de motos et d'autres véhicules tout-terrain, dans un secteur du comté de San Benito (Californie) naturellement contaminé par l'amiante. Durant les activités, la concentration de fibres d'amiante dans l'air dépassait parfois le seuil d'exposition professionnelle temporaire maximale pour une période de 30 minutes établi par l'OSHA, qui est de 1,0 fibre par centimètre cube. Aucun de ces loisirs, pris isolément ou combinés, n'était associé à

un niveau de risque inférieur au risque de cancer à vie jugé acceptable par l'EPA, établi à  $1 \times 10^{-6}$ . Le secteur a donc été fermé au public. Une loi prévoyant la réouverture du site pour les loisirs a toutefois été adoptée récemment<sup>22</sup>.

- Dans une étude examinant des échantillons de poussière, de terre et d'air intérieur et extérieur d'une ville du Québec (Canada) où l'on exploite des gisements amiantifères, environ la moitié des échantillons avaient une concentration élevée en fibres d'amiante. À long terme, le niveau d'exposition mesuré est associé à un risque élevé de cancer du poumon ( $1 \times 10^{-4}$ )<sup>23</sup>.
- Un lien significatif a été établi entre l'exposition à l'amiante par le creusage, le jardinage, le râtelage ou la tonte du gazon pendant l'enfance<sup>24</sup> et le risque de symptômes respiratoires, et plus particulièrement de douleur thoracique pleurétique, au début de l'âge adulte<sup>8</sup>.
- Une revue portant sur l'utilisation de véhicules hors route pour les loisirs dans des secteurs des États-Unis où l'amiante est naturellement présent a montré que cette pratique était associée à un risque d'exposition accrue aux fibres d'amiante naturel et que la population devrait être informée des risques encourus<sup>25</sup>.

## EAU

L'EPA (2009)<sup>26</sup> a mesuré des concentrations de fibres de chrysotile variant de 363 à 1 483 millions par litre dans des eaux de surface (de ruisseaux et de rivières) renfermant des sédiments amiantifères. Considérées non potables, ces eaux pourraient disperser de l'amiante au-delà des terres avoisinantes si elles étaient utilisées pour l'agriculture. Au Canada, il n'y a aucun seuil recommandé quant à la concentration d'amiante dans l'eau potable, « puisqu'il n'existe pas de données indiquant que l'exposition par l'eau potable a des effets nocifs<sup>27</sup> ».

## 2. Techniques d'échantillonnage pour mesurer l'amiante dans l'air des milieux naturels

Il existe de multiples façons de prélever des échantillons pour mesurer l'amiante dans la nature, mais les deux plus courantes sont l'échantillonnage personnel (par activités) et l'échantillonnage stationnaire.

### ÉCHANTILLONNAGE PERSONNEL (PAR ACTIVITÉS)

L'échantillonnage personnel sert à mesurer l'exposition à l'amiante naturel durant une activité pratiquée dans un secteur contaminé, pour une durée précise. Ces activités peuvent être, entre autres, les jeux d'enfants, le jogging, la marche, le vélo, le

jardinage et le travail (souvent agricole). Il s'agit alors de prélever des échantillons d'air durant l'activité, dans la zone respiratoire des participants (soit à environ 1,5 mètre du sol pour les adultes, et à 90 cm pour les enfants). On détermine ensuite la quantité de fibres d'amiante susceptibles d'être inhalées, par activités, par rapport à leur concentration aérienne de base.

Cette méthode devrait être utilisée dans les pires conditions possibles, c'est-à-dire par temps sec et venteux<sup>4,13</sup>. Toutefois, l'échantillonnage personnel ne donne qu'un portrait ponctuel de l'exposition potentielle, à un lieu et à un moment donnés, et ses résultats ne sont pas généralisables. De plus, il demande beaucoup de travail : des personnes formées doivent effectuer les activités à l'étude pendant une durée prédéterminée, en portant de l'équipement de protection individuelle, notamment un respirateur, et une pompe d'échantillonnage personnelle, installée au niveau de leur zone respiratoire. Pour chaque activité, les personnes prélèvent des échantillons à l'aide de la pompe, qui filtre l'air. Plusieurs facteurs environnementaux peuvent venir biaiser l'échantillonnage, notamment la force et la direction du vent, la nature de l'activité et une averse récente. À ce sujet, le cadre de l'EPA (2008)<sup>3</sup> sur l'étude des lieux contaminés par l'amiante couverts par le Superfund explique en détail comment préparer un plan d'échantillonnage personnel pour un site donné.

### ÉCHANTILLONNAGE STATIONNAIRE

Cette méthode consiste à utiliser un appareil d'échantillonnage fixe<sup>11</sup> pour mesurer des concentrations dans l'air ambiant<sup>3</sup>. Précisons ici que l'échantillonnage personnel (à l'aide de pompes) donne toujours « des mesures plus élevées et plus représentatives de l'exposition que l'échantillonnage stationnaire, à distance équivalente ». L'échantillonnage stationnaire, effectué en même temps que l'échantillonnage personnel, consiste à placer une pompe aspiratrice munie d'un filtre adéquat à un endroit précis, près du lieu de l'activité ou à un autre emplacement pertinent, pendant une durée déterminée en fonction de l'activité. Par exemple, pour évaluer l'exposition à l'amiante associée au travail agricole, il conviendrait de laisser l'appareil d'échantillonnage en fonction pendant 8 à 10 heures, ce qui refléterait la durée moyenne d'une journée de travail dans le domaine<sup>14</sup>.

### ÉCHANTILLONNEUR D'AMIANTE LIBÉRABLE DE LA TERRE (RAFS)

L'échantillonneur d'amiante libérable de la terre (RAFS, de l'anglais releasable asbestos field sampler) a été mis au point dans l'objectif de prélever de l'amiante provenant de la terre à moindre coût et avec moins d'efforts qu'avec l'échantillonnage personnel<sup>28</sup>. Cet appareil râtel le sol pour en libérer les fibres d'amiante, qu'il aspire ensuite au moyen d'un « faible débit d'air » entrant pour les faire passer dans une cassette d'échantillonnage munie d'un filtre. Bien qu'il y ait une forte corrélation entre les

concentrations d'amiante mesurées par cette technique et celles mesurées par la technique qu'elle remplace, les concentrations données par le RAFS étaient « de plusieurs ordres de grandeur supérieures à celles données par les appareils d'échantillonnage personnel dans les mêmes conditions<sup>29</sup> ». À l'heure actuelle, l'EPA n'utilise plus le RAFS et ne le soumet plus à des tests (Julie Wroble, toxicologue à l'EPA; communication personnelle).

### SÉPARATEUR D'AMIANTE EN LIT FLUIDISÉ (FBAS)

Le séparateur d'amiante en lit fluidisé (FBAS, de l'anglais fluidized bed asbestos segregator) devient l'outil privilégié pour quantifier les fibres d'amiante respirables contenues dans le sol (Julie Wroble, toxicologue à l'EPA; communication personnelle). Il s'agit d'un « instrument portatif servant à déterminer la concentration de fibres minérales pouvant entrer en suspension dans l'air en cas de perturbation des sols<sup>30</sup> ». Lorsqu'on l'utilise avec la microscopie électronique en transmission (MET), une méthode d'analyse, on obtient « une relation à peu près linéaire entre la concentration d'amiante dans des étalons d'évaluation de la performance [...] et la moyenne des concentrations estimées par MET après préparation par FBAS [...]<sup>30</sup> ».

### ÉCHANTILLONNAGE D'EAU

L'EPA (2009)<sup>26</sup> a échantillonné de l'eau de surface dans un secteur où l'eau et les sédiments contiennent des fibres d'amiante. Elle a d'abord prélevé des échantillons par grappillage le plus au centre possible d'une rivière, à l'aide d'un bras extensible, avant de faire un échantillonnage stationnaire (sur les berges) ou personnel (par activités). Cet ordre de prélèvement visait à prévenir la contamination croisée<sup>26</sup>.

## Remerciements

Nous remercions Helen Ward, chercheuse en santé environnementale au Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), et Lydia Ma, gestionnaire au CCNSE, pour leurs précieux commentaires. Nous remercions également Julie Wroble, toxicologue, et Elly Hale, toutes deux de la région 10 de l'EPA, d'avoir examiné de leurs yeux d'expertes une version préliminaire du présent document.

## Résumé

Les risques pour la santé publique de l'exposition à l'amiante, une substance du groupe 1 et donc cancérigène, sont bien connus. Mais le risque de l'exposition à l'amiante dans les milieux naturels pour la santé humaine est une question complexe : il dépend du type d'activité ainsi que de sa durée et de sa fréquence, de l'espèce d'amiante présente dans le sol et de sa concentration, du type de sol, des conditions météorologiques, de l'âge lors de l'exposition initiale, etc. Dans le cadre de ses évaluations des risques, l'EPA a conclu que le risque de cancer de la population générale dépassait rarement le seuil jugé négligeable de  $1 \times 10^{-6}$ . Or l'exposition à l'amiante reste inacceptable quel qu'en soit le niveau; il faut donc la réduire autant qu'il est raisonnablement possible de le faire (principe « ALARA »).

Comme il n'est pas facile de savoir si un milieu naturel contient de l'amiante, il faut d'abord mesurer la concentration de fibres dans des échantillons qui y ont été prélevés, pour ensuite déterminer les zones à étudier et la technique à privilégier. L'échantillonnage personnel (par activités) et l'échantillonnage stationnaire sont les deux méthodes les plus courantes pour étudier la présence d'amiante dans les milieux naturels, et elles sont souvent utilisées ensemble. Toutefois, puisqu'aucune méthode n'arrive à prédire avec fiabilité la concentration de fibres d'amiante dans l'air à partir de leur concentration dans le sol, il est essentiel de faire un échantillonnage sur place<sup>3</sup>. Soulignons aussi qu'il est difficile d'obtenir des résultats reproductibles à partir d'échantillons de sol<sup>30</sup>. Enfin, il y a beaucoup de variables à considérer avant de procéder à un échantillonnage, notamment les conditions météorologiques, la nature des activités généralement pratiquées dans le secteur contaminé et la population (adultes ou enfants) la plus susceptible d'être exposée.

Pour finir, voici quelques solutions proposées par l'EPA pour éviter l'exposition inutile : interdire la pratique de certaines activités dans des endroits publics ciblés, faire faire des travaux de réhabilitation ou d'extraction par des professionnels qualifiés, limiter le temps passé dans les milieux naturels contenant de l'amiante, et bien d'autres<sup>4,16</sup>.

## References

1. Lajoie P, Dion C, Drouin L, Dufresne A, Levesque B, Perrault G, et al. Asbestos fibres in indoor and outdoor air - the situation in Quebec. Montréal, QC: Institut national de santé publique du Quebec; 2003. Available from: <https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/342-AsbestosIndoorOutdoorAir.pdf>.
2. Ruff K. How Canada changed from exporting asbestos to banning asbestos: the challenges that had to be overcome. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(10):1135. Available from: <http://www.mdpi.com/1660-4601/14/10/1135>.
3. U.S. Environmental Protection Agency. Framework for investigating asbestos-contaminated superfund sites. Washington, DC: EPA; 2008. Available from: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/175329.pdf>
4. U.S. Environmental Protection Agency. Naturally occurring asbestos: approaches for reducing exposure. Washington, DC: EPA; 2008. Available from: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1005HTF.TXT>.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Naturally occurring asbestos. Atlanta, GA: ATSDR; [updated 2010 Aug 12; cited 2018 Feb 7]. Available from: [https://www.atsdr.cdc.gov/noa/where\\_is\\_asbestos\\_found.html](https://www.atsdr.cdc.gov/noa/where_is_asbestos_found.html).
6. Carex. Asbestos - environmental estimate. Vancouver, BC: Carex; [cited 2018 Feb 7]. Available from: [https://www.carexcanada.ca/en/asbestos/environmental\\_estimate/#provincial\\_tables\\_and\\_maps](https://www.carexcanada.ca/en/asbestos/environmental_estimate/#provincial_tables_and_maps).
7. International Agency for Research on Cancer. Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite). Arsenic, metals, fibres, and dusts. IARC Monographs - 100C. A review of human carcinogens. Lyon, France: WHO Press; 2012:219-309. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-11.pdf>.
8. Ryan PH, Rice CH, Lockey JE, Black B, Burkle J, Hilbert TJ, et al. Childhood exposure to Libby amphibole asbestos and respiratory health in young adults. *Environ Res*. 2017;158(Supplement C):470-9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28697481>.
9. Carex. Asbestos - environmental estimate. Vancouver, BC: Carex; [cited 2017 Feb 7]. Available from: [https://www.carexcanada.ca/en/asbestos/environmental\\_estimate/](https://www.carexcanada.ca/en/asbestos/environmental_estimate/).
10. Baron PA. Measurement of airborne fibers. a review. *Industrial Health*. 2001;39(2):39 - 50. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11341557>.
11. U.S. Environmental Protection Agency. Memorandum Mar 24, 2011. Risk evaluation for activity-based sampling results, Sumas Mountain asbestos site, Whatcom County, Washington, Revision 1.1. Washington, DC: EPA.
12. Boulanger G, Andujar P, Paireon J-C, Billon-Galland M-A, Dion C, Dumortier P, et al. Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity. *Environ Health*. 2014 Jul 21;13(1):59. Available from: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-59>.
13. Swartjes FA, Tromp PC. A tiered approach for the assessment of the human health risks of asbestos in soils. *Soil Sediment Contam*. 2008;17(2):137-49. Available from: <https://doi.org/10.1080/15320380701870484>.
14. U.S. Environmental Protection Agency, Wroble J. Appendix D. Risk evaluation for activity based sampling results, Swift Creek site, Whatcom County, Washington. Washington, DC: EPA; 2007. Available from: [http://www.theburlingtonhilltruth2013.com/ACTIVE\\_BASE\\_SAMPLING\\_EPA\\_\\_EXAMPLE\\_.pdf](http://www.theburlingtonhilltruth2013.com/ACTIVE_BASE_SAMPLING_EPA__EXAMPLE_.pdf).
15. U.S. Environmental Protection Agency. Summary report of EPA activities Swift Creek asbestos site Whatcom County, Washington. Washington, DC: EPA; 2007. Available from: [https://yosemite.epa.gov/R10/CLEANUP.NSF/sites/sumasmntdocs/\\$FILE/ATTAMD.pdf/Final+Report.pdf](https://yosemite.epa.gov/R10/CLEANUP.NSF/sites/sumasmntdocs/$FILE/ATTAMD.pdf/Final+Report.pdf).
16. U.S. Environmental Protection Agency. Swift Creek and Sumas River flooding fact sheet for residents. Washington, DC: EPA; 2010.
17. U.S. Environmental Protection Agency. El Dorado Hills naturally occurring asbestos multimedia exposure assessment. Washington, DC: EPA; 2005. Available from: <https://archive.epa.gov/region9/toxic/web/html/intro1.html>.
18. U.S. Environmental Protection Agency, Wroble J. Environmental monitoring for asbestos: Sumas Mountain asbestos site selected residential properties. Bulk sampling and analysis; activity based sampling; surface water sampling. Washington, DC: EPA; 2010.
19. Pan XL, Day HW, Wang W, Beckett LA, Schenker MB. Residential proximity to naturally occurring asbestos and mesothelioma risk in California. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005 Oct 15;172(8):1019-25. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15976368>.
20. Bassanese C, Faldetta K, Kovach T, Maqsood F, Merritt A, Spina C, et al. Biological and social impacts of naturally occurring asbestos in El Dorado County, California. Montréal, QC: McGill University; 2008. Available from: <http://bwcase.tripod.com/2008mse.pdf>.
21. Johnson J, ed. Measuring and evaluating exposures to naturally-occurring asbestos from off-highway recreational activities at the Clear Creek management area in San Denito County, California: why a favorite family outing may be hazardous to your health. Geological Society of America Annual Meeting; 2009; Portland, OR. Available from: [https://gsa.confex.com/gsa/2009AM/finalprogram/abstract\\_165605.htm](https://gsa.confex.com/gsa/2009AM/finalprogram/abstract_165605.htm).
22. Breen A. Bill to reopen Clear Creek recreation area passes Congress. Hollister, CA: Benito Link; 2017 [updated 2017 Dec 7; cited 2018 Jan 5]; Available from: <https://benitolink.com/news/bill-reopen-clear-creek-recreation-area-passes-congress>.
23. Marier M, Charney E, Rousseau R, Lanthier R, Van Raalte J. Exploratory sampling of asbestos in residences near Thetford Mines: the public health threat in Quebec. *Int J Occup Environ Health*. 2007;13(4):386-97. Available from: <https://doi.org/10.1179/oe.2007.13.4.386>.
24. Ryan PH, LeMasters GK, Burkle J, Lockey JE, Black B, Rice C. Childhood exposure to Libby amphibole during outdoor activities. *J Exposure Sci Environ Epidemiol*. 2013;25:4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/jes.2013.26>.

25. Wolfe C, Buck B, Miller A, Lockey J, Weis C, Weissman D, et al. Exposure to naturally occurring mineral fibers due to off-road vehicle use: a review. *Int J Hyg Environ Health*. 2017 Nov;220(8):1230-41. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28778427>.
26. U.S. Environmental Protection Agency. Soil, sediment and surface water sampling Sumas Mountain naturally occurring asbestos site, Whatcom County, Washington. Washington, DC: EPA; 2009.
27. Health Canada. Guidelines for Canadian drinking water quality - summary table. Ottawa, ON: Health Canada; 2017 Feb. Available from: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table-health-canada-2012.html>.
28. Kominsky JR, Thornburg JW, Shaul GM, Barrett WM, Hall FD, Konz JJ. Development of the releasable asbestos field sampler. *J Air Waste Manage Assoc*. 2010;60(3):294-301. Available from: <https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.3.294>.
29. Konz J, Kominsky J, Thonburg J, Dart A, WM. B, eds. Measurement of aerosolization of asbestos from soil using the releasable asbestos field sampler (RAFS). 25th International Conference on Solid Waste Technology and Management; 2010 Mar 14 - 17; Philadelphia, PA. Available from: [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=220066](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=220066).
30. Wroble J, Frederick T, Frame A, Vallero D. Comparison of soil sampling and analytical methods for asbestos at the Sumas Mountain asbestos site - working towards a toolbox for better assessment. *Plos One*. 2017;12(7):e0180210. Available from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0180210>.

Crédit photo supérieur : Five Years/Wikipedia Commons

---

*Le présent document a été produit en janvier 2018 par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique. Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement. La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale.*

---



National Collaborating Centre  
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2018  
200-601 West Broadway, Vancouver (Colombie-Britannique) V5Z 4C2  
Tel: 604-829-2551 | Fax: 604-829-2556  
[contact@ccnse.ca](mailto:contact@ccnse.ca) | [www.ccnse.ca](http://www.ccnse.ca)

ISBN: 978-1-988234-23-6