

Michel Camus, PhD, épidémiologiste

M. Joseph Zayed, PhD, Président-commissaire
Commission du BAPE sur résidus de l'amiante

Monsieur le président,

Je soumetts à l'attention de la Commission le texte suivant sur les risques de cancers du poumon et de mésothéliomes qu'encourent les résidents des villes de l'amiante au Québec et les travailleurs exposés aux fibres d'amiante dans leur milieu de travail. Ce mémoire comporte cinq parties :

- 1) Je répons de façon détaillée à l'argument du Dr Dorsett Smith sur un supposé seuil d'exposition sécuritaire à l'amiante dans son livre « *The Health Effects of Asbestos* ».
- 2) Je rectifie les interprétations tendancieuses de D. Smith et d'intervenants devant la Commission sur nos études épidémiologiques sur les risques de cancers des femmes de Thetford et d'Asbestos.
- 3) Je porte à votre attention les conclusions de deux panels d'experts internationaux portant spécifiquement sur la toxicité du chrysotile : un panel international réuni par l'IPCS de l'OMS en 1998, et un panel que j'ai réuni pour Santé Canada en 2007 sur l'état des connaissances, consensus et controverses sur les risques posés par l'exposition au chrysotile canadien (Ogden, 2008).
- 4) Enfin, je simplifie et j'interprète mes tableaux d'estimations des risques de cancers attribuables à l'amiante pour en tirer des recommandations de santé publique 1) pour les expositions *environnementales* dans les villes du chrysotile et 2) pour la norme d'exposition *en milieu de travail*.

J'espère que cette contribution vous sera de quelque utilité.

Michel Camus

épidémiologiste et analyste de risques retraité

1 Seuil sécuritaire d'exposition à l'amiante selon Dorsett Smith

Le 19 février, vous terminiez l'entrevue avec le Dr René Veillette (CISS Chaudière-Appalaches) en lui demandant de commenter la citation suivante (traduction libre), page 343 du livre du Dr Dorsett Smith :

*Tout le monde a jusqu'à 1 000 000 de fibres d'amiante par gramme de tissu pulmonaire en poids sec. Ceci suggère l'existence d'un seuil sécuritaire d'exposition à l'amiante. Si tout le monde a des fibres d'amiante dans ses poumons, il doit y avoir un niveau sécuritaire d'exposition car le nombre de cas de **mésothéliomes** en bruit de fond est d'environ **2 à 4 par million** [de personnes-années].*

Cet énoncé de Smith est erroné à plusieurs égards.

1.1 Un paralogisme formel

- Si tout le monde accumule une dose appréciable de fibres d'amiante et s'il y a un risque de mésothéliome « de base » (i.e. *sans histoire connue d'exposition à l'amiante*), ce risque de base (« 2 à 4 par million ») peut être induit par l'exposition à l'amiante que tout le monde subit passivement de façon occulte.
- En fait, les prémisses énoncées par Smith sont compatibles avec un *faible risque causé par de faibles expositions occultes* et non avec une absence de risque en-deçà d'un seuil. La conclusion de Smith semble illogique.

1.2 Comment inférer l'hypothèse de seuil à partir de charges pulmonaires

- Une incidence de 2-4 mésothéliomes par million de personnes par an correspond à un risque vie entière d'environ 1/10 000.
- *Statistiquement*, il faudrait 30 000 autopsies sans mésothéliome et avec des charges pulmonaires appréciables pour inférer statistiquement l'existence d'un seuil $\alpha=5\%$, i.e. avant de pouvoir rejeter l'hypothèse d'un risque faible de 1/10 000 associé à de faibles charges pulmonaires.
- Il n'y aura jamais assez d'analyses de charges pulmonaires d'amiante chez des sujets *sans mésothéliome* pour permettre ni même approcher une inférence statistique de seuil sécuritaire car on n'analyse que rarement les charges pulmonaires en amiante de personnes sans maladie de l'amiante ou sans exposition connue (donc plus élevée) aux fibres d'amiante.

1.3 Prémisse quantitative erronée

- Contrairement à l'implication de Smith, on a déjà recensé des mésothéliomes chez des sujets avec des charges pulmonaires inférieures à 1 million f/gps, comme à Casale, Monferrato (Magnani et col., OEM 1998), cas qui ne semblaient pas attribuables à d'autres facteurs que l'amiante.

1.4 Autres causes de mésothéliomes et bruit de fond

- Smith impliquait peut-être que le bruit de fond de 2 cas par million de personnes-années est attribuable à d'autres causes que l'amiante.
- L'amiante n'est pas la seule cause des mésothéliomes. D'autres facteurs de risque de mésothéliome connus moins courants : prédisposition familiale/génétique, traitements par rayonnement, ériomite...
- Néanmoins, puisqu'on trouve toujours des fibres d'amiante dans les tissus pulmonaires des gens, une cause démontrée de mésothéliomes, on ne peut pas exclure un rôle causal, interactif ou additif, de ces fibres d'amiante dans le développement de ces mésothéliomes à un moment donné de la cancérogénèse.
- Donc, même en invoquant d'autres causes de mésothéliomes observés, on ne peut toujours pas inférer l'existence d'un seuil sécuritaire d'exposition l'amiante partir de tels cas.

1.5 Cohortes de travailleurs de l'amiante sans mésothéliomes

- Tel qu'indiqué dans le rapport du professeur Trevor Ogden qui présidait le panel d'experts que j'ai réunis à Montréal en 2007 (Ogden, 2007; annexe ci-jointe), quelques études épidémiologiques de cohortes de travailleurs de l'amiante n'ont trouvé aucun mésothéliome.
- Le panel conclut toutefois que cela peut très bien s'expliquer par les erreurs statistiques et les limites des données de ces études.
- On n'a pas d'études de travailleurs de l'amiante qui soient à la fois assez larges et de longue durée, pour inférer un seuil sur cette base.
- Certaines cohortes, comme celle de mineurs et usineurs d'amiante de Thetford et d'Asbestos, ont fait croire à certains observateurs à un possible seuil de 100 f/mL. Mais ce sont des études où on a converti approximativement des mesures de poussières totales à des stations fixes en fibres d'amiante dans la zone inhalable de travailleurs... Une telle approximation peut servir à estimer des tendances dose-réponse approximatives, mais l'erreur de mesure est *relativement* plus importante pour les travailleurs les *moins* exposés de ces cohortes, rendant l'impression d'un seuil douteuse.

1.6 Une méta-analyse exhaustive a rejeté statistiquement l'hypothèse d'un seuil

- Dans leur méta-analyse exhaustive et fine des relations dose-réponse amiante-cancer observées dans 21 cohortes de travailleurs d'industries de l'amiante, Berman et Crump (2003, 2008) ont conclu que l'hypothèse d'infra-linéarité ou d'un seuil pour le mésothéliome ne se justifiait pas statistiquement : elle n'ajoutait pas de précision au modèle multi-stades linéarisé classique (sans seuil) appliqué aux relations dose-réponse des 21 cohortes de travailleurs de l'amiante analysées.

1.7 Études *in vitro* et *in vivo* et l'hypothèse d'un seuil

- Des centaines d'études en laboratoire ont été réalisées sur les fibres d'amiante. On a identifié des mécanismes cellulaires directs affectant l'ADN et des mécanismes épigénétiques indirects des fibres de *chrysotile* comme de fibres amphiboles.

- Le chrysotile serait donc à la fois génotoxique et épitoxique, initiateur et promoteur. [IPCS-WHO, EHC-203, *Chrysotile Asbestos*.1998. pp 98-99]
- La bonne pratique est de présumer l'absence de seuil pour les cancérigènes initiateurs ou génotoxiques et d'utiliser des projections de risques linéaires.

2 Nos études sur les femmes des villes du chrysotile ont démontré un risque de mésothéliome et un possible excès de cancers du poumon

2.1 Objectif de l'étude

- En 1989, notre équipe (Siemiatycki, Case, Meek et moi-même) voulait tester les modèles de risques de cancers du poumon et de mésothéliomes de la US-EPA (1986) utilisés pour prédire les risques posés par de « faibles » expositions aux fibres d'amiante. Les femmes des villes de l'amiante au Québec ayant été exposées à des doses intermédiaires entre les expositions professionnelles et environnementales générales permettraient une projection de risques non-professionnels vérifiable.

2.2 Méthodologie

- Il fallait rapporter l'incidence de mésothéliomes et l'excès de cancers du poumon dans cette population à son exposition passée aux fibres d'amiante, puis comparer les excès de risque observés aux risques attribuables prédits par les modèles de risques de la US-EPA.
- Nous avons estimé les expositions passées de la population des femmes des villes de l'amiante au Québec en utilisant diverses sources de données directes et indirectes :
 - mesures environnementales des concentrations de fibres d'amiante de 1970 à 1990.
 - activités et données historiques de production minière,
 - facteurs d'émission des procédés et histoire du contrôle des poussières,
 - caractéristiques des fibres retenues par les filtres des moulins aujourd'hui,
 - modélisation météorologique de la dispersion de ces fibres retenues par les filtres,
 - analyse statistique biocinétique des charges pulmonaires de résidents de la région,
 - cartographie du développement des mines et des quartiers résidentiels avoisinants,
 - sondage auprès de résidentes sur divers indicateurs visibles de la pollution par les fibres.
- Un panel de cinq experts de l'amiante reconnus (Nicholson, Gibbs, Sébastien, Case, Corn) a débattu de ces données deux jours durant pour produire une estimation rétrospective des expositions résidentielles, domestiques et professionnelles entre les années 1900 et 1990.
- En couplant les estimations des experts (avec un facteur d'incertitude de 5 de leurs estimations) aux histoires d'expositions de notre échantillon de femmes des villes minières, nous avons estimé leurs expositions cumulatives.
 - L'exposition cumulative moyenne était de **25 f/mL*années** (ICr95 % : 5 f/mL à 125 f/mL).
[ICr = « Intervalle Crédible » : intervalle subjectif de l'incertitude *selon les experts*.]

2.3 Résultats de l'étude sur les femmes des villes minières de chrysotile

- Sur cette base, les modèles multi-stades linéarisés de l'EPA *prédisaient* les risques suivants :
 - Cancers du poumon (*excès relatif* du risque) : **+110 %** (Icr95 % : +22 % à +550 %)
 - Mésothéliomes (*#cas*, plèvre ou péritoine) : **50 cas** (Icr95 % : 10 à 250 cas)
- L'incidence observée de ces cancers dans la population des femmes (≥30 ans) des villes de l'amiante entre 1970 à 1989 était *significativement fois inférieure aux prévisions des modèles* :
 - Cancer du poumon : (SMR - 1) en % = -1 % (IC95 % : -22 % à +25 %),
(SPMR - 1) en % = **+10 %** (IC95 % : -12 % à +38 %).
 - Le SMR est plus standard, mais le SPMR peut corriger le biais de meilleure santé générale de ces femmes relativement aux femmes des régions de comparaison.
 - Mésothéliomes (plèvre ou péritoine) : **11 cas** : 1 à Asbestos, 10 à Thetford Mines.

2.4 Interprétation et conclusions

- Il y a eu un excès réel de **11 mésothéliomes**, dont 5 cas étaient exempts de toute exposition à l'amiante dans un emploi passé.
 - C'est un excès 25 à 50 fois plus élevé que dans une population générale, bien que significativement inférieur aux prédictions du modèle de l'EPA.
- Si nous n'avons pas vu d'excès de **cancers du poumon** avec le SMR, le SPMR indiquait un excès de 10 % non significatif.
 - Le SMR et le SPMR étaient tous deux statistiquement compatibles avec un risque nul.
 - Mais le SMR et le SPMR étaient aussi compatibles avec un excès de +28 % (SMR) et de +38 % (SPMR).
 - Le modèle de l'EPA a surestimé significativement l'incidence des cancers de l'amiante.
- Les modèles de risques de l'EPA sont basés sur des cohortes de travailleurs substantiellement exposés à des fibres amphiboles. Cela pourrait expliquer leur surestimation des incidences dans des villes minières de chrysotile.
- La surestimation des mésothéliomes est plus grande à Asbestos qu'à Thetford Mines. La présence de trémolite-actinolite à Thetford pourrait expliquer cette différence.
- Les modèles dose-réponse cancers-amiante devraient distinguer des fibres de chrysotile des fibres amphiboles. [Comme le modèle Berman et Crump, 2008.]
- C'est une **erreur partielle** de dire que nos études montrent une **absence de risque** de cancers de l'amiante dans la population des femmes ayant vécu près des mines de chrysotile du Québec :
 - Nous avons observé un nombre anormalement élevé de mésothéliomes chez ces femmes.
 - Les risques de cancers du poumon mesurés sont compatibles avec des excès importants.

3 Consensus de panels d'experts évaluant spécifiquement le chrysotile

- Plusieurs intervenants devant la Commission mettent en doute ou minimisent la cancérogénicité du chrysotile. Certains remettent en question les alertes et les recommandations de la Santé publique du Québec, ainsi que les exigences et les normes en milieu de travail se rapportant aux expositions aux fibres d'amiante. Ils invoquent que le chrysotile n'est pas (aussi) cancérogène que les fibres d'amiantes amphiboles.
- Deux *panels internationaux d'experts* se sont penchés spécifiquement sur la toxicité, la cancérogénicité, et les expositions aux fibres d'amiante chrysotile.

3.1 Panel d'experts réuni par le programme IPCS de l'OMS en 1998

- En 1998, le *Programme international sur la sécurité chimique* (IPCS en anglais) de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a réuni 11 experts de l'amiante réputés pour faire une revue critique de la littérature scientifique sur les risques posés par les fibres d'amiante chrysotile. [Chrysotile Asbestos. Environmental Health Criteria #203, OMS, Genève. 1998]
 - Au moins six de ces experts étaient connus pour leurs conviction scientifique et publique que le chrysotile était bien moins toxique que les amphiboles.
 - Voici cinq conclusions (p.144, traduction libre) du panel pertinentes au mandat de la Commission :
 1. *L'amiante chrysotile accroît les risques d'amiantose, de cancer du poumon et de mésothéliome proportionnellement à la dose.*
 2. *Aucun seuil n'a été identifié pour le risque de cancers.*
 3. *Des mesures de contrôle physiques et de bonnes pratiques de travail doivent être appliquées lorsque des travailleurs sont exposés aux fibres de chrysotile.*
 4. *Les données industrielles montrent que l'application de ces mesures peuvent réduire les niveaux d'exposition à moins de 0,5 f/ml.*
 5. *Il faut plus d'études épidémiologiques sur les risques de cancers de populations exposées à moins de 1 f/ml, ainsi qu'une surveillance continue de populations exposées à de l'amiante.*

3.2 Panel d'experts réunis par Santé Canada à Montréal en 2007

- En 2007, à titre d'épidémiologiste expert de l'amiante pour Santé Canada, j'ai organisé un panel de deux jours avec six experts aux opinions contradictoires sur la toxicité et l'épidémiologie de l'amiante chrysotile : B. Fubini, L. Stayner, K. Crump, D. Bernstein, N. De Klerk et G. Gibbs.
- Leurs champs d'expertise étaient complémentaires : minéralogie, microbiologie, épidémiologie, toxicologie expérimentale, statistique et modélisation mathématique de la cancérogenèse.
- L'objectif principal était d'évaluer les risques de cancers associés spécifiquement avec des expositions contemporaines typiques aux fibres d'amiante chrysotile au Canada. Cela impliquait de juger l'impact de la proportion de trémolite dans le chrysotile extrait à Thetford Mines sur les risques de « cancers de l'amiante ».

- Le professeur Trevor Ogden, rédacteur en chef des « *Annals of Occupational Hygiene* », dirigeait les discussions. Il a rédigé le résumé du consensus de 12 pages ci-joint en Annexe.

3.2.1 Conclusions du panel sur les risques de cancer induits par les fibres de chrysotile

- Les déterminants de la toxicité d'une fibre d'amiante (chrysotile compris) sont :
 - sa géométrie et sa taille : forme aciculaire; ratio longueur/diamètre > 3; longueur > 5 µm; diamètre < 3,5 µm;
 - ses propriétés de surface : teneur ferrique (chrysotile = 30 fois < amphiboles) --> réactions redox;
 - sa biopersistance / solubilité : la biopersistance du chrysotile est <<< que biopersistance des amphiboles.
- La microscopie optique sous-estime la présence de fibres fines, et confond des fibres autres que de l'amiante avec les fibres d'amiante. La microscopie électronique identifie le type d'amiante, mais peut sous-estimer la présence des fibres les plus longues que 20 µm.
- Les études épidémiologiques de cohortes de travailleurs de l'amiante souffrent de plusieurs sources d'erreurs : biais de comparaison et de confusion, manque de données sur le tabagisme, erreurs de mesure des expositions, caractérisation incomplète de la minéralogie des fibres, etc.
- Les experts du panel se sont entendus sur la moindre cancérogénicité du chrysotile relativement aux amphiboles, mais pas sur la quantification de cette différence de cancérogénicité.
- Il y a eu consensus sur une différence importante de risque de mésothéliome entre le chrysotile et les amphiboles à dose égale.
- Pour le cancer du poumon, le panel s'est entendu sur une différence modeste de toxicité entre le chrysotile et les amphiboles, quoique un panelliste ne voyait aucune différence de toxicité.
- Les mésothéliomes de la plèvre et du péritoine devraient être considérés distinctement, le mésothéliome du péritoine étant plutôt associé aux amphiboles qu'au chrysotile.
- Il y a deux méta-analyses exhaustives des études épidémiologiques sur des cohortes de travailleurs de l'amiante avec des données d'exposition : Berman et Crump (2008) et Hodgson et Darnton (2001). La méta-analyse de B-C a été jugée plus précise et robuste par le panel d'experts parce qu'elle analyse les relations dose-réponse à l'intérieur de chaque cohorte et qu'elle quantifiait les expositions par type minéralogique et par la longueur des fibres. Résultats :
 - Le modèle de risque linéaire sans seuil est statistiquement adéquat.
 - Le risque estimé de mésothéliome serait 300 fois plus faible pour le chrysotile que pour les amphiboles. Statistiquement, le « chrysotile pur » (sans trémolite) pourrait ne pas causer de mésothéliomes.
 - Le risque de cancer du poumon semble deux fois plus faible avec le chrysotile qu'avec les amphiboles. L'hypothèse d'absence de risque pour le chrysotile a été rejetée statistiquement. Il y aurait donc toujours un risque (même très faible) associé à une exposition aux fibres de chrysotile.

4 Estimation des risques de cancers liés aux fibres de chrysotile dans la population et chez les travailleurs exposés aux fibres de chrysotile

4.1 Risques de cancers posés par les expositions environnementales dans les villes minières de l'amiante chrysotile

Nous avons appliqué le modèle dose-réponse de Berman-Crump cautionné par un panel international d'experts (Ogden, 2008) sur la limite supérieure à 95 % (0,003 1 f/mL) de l'intervalle de confiance de la concentration moyenne d'amiante dans des maisons de Thetford en 2003-4.¹

- Le tableau de l'Annexe1 affiche le nombre de cas prédits si 100 000 personnes étaient exposées toute leur vie à 0,003 1 f/mL d'amiante. Ce risque est la probabilité qu'une personne exposée ainsi développe un cancer de l'amiante à un moment indéterminé de sa vie. Ainsi, un risque de 11 cancers par 100 000 personnes, c'est aussi une probabilité de 0,000 011 qu'une personne développe un « cancer de l'amiante » à un moment indéterminé de sa vie.
- Nos résultats concordent avec les prédictions de risque faites par Bourgault en 2009 pour la population de Thetford Mines en supposant une exposition à du chrysotile pur sans amphiboles. En fait, les échantillons de Marier (2007) et de Bisson (2007) à Thetford Mines contenaient de 1 % à 5 % de fibres de trémolite-actinolite et d'amosite. Nous avons donc estimé les risques pour différents degrés de contamination du chrysotile par des amphiboles.
- À **Asbestos**, on n'a pas rapporté de trémolite-actinolite, que je sache. Les risques de cancers du poumon et de mésothéliome pour 0 % de trémolite pourraient (à vérifier) s'appliquer à Asbestos :
 - Le risque serait de 11 cancers attribuables à l'amiante par 100 000 personnes passant leur vie à Asbestos, avec un intervalle d'incertitude plausible entre 1 et 40 cas, s'il n'y a pas de contamination par des amphiboles.
 - C'est 11 fois plus élevé que la valeur-guide (1/100 000) de l'OMS, du Canada et du Royaume-Uni pour les cancers environnementaux.
 - Si les 7000 résidants à Asbestos étaient exposés toute leur vie à 0,003 1 f/mL de chrysotile pur, entre 0 et 3 cancers de l'amiante devraient survenir dans cette population.
- À **Thetford Mines**, il faut tenir compte du pourcentage de trémolite-actinolite et d'amosite :
 - Avec 1 % d'amphiboles, le risque estimé serait de 17 cancers (entre 4 et 44) par 100 000 personnes.
 - Avec 5 % d'amphiboles, le risque estimé serait de 49 cancers (entre 12 et 100) par 100 000.
 - Ces risques sont respectivement 17 et 49 fois plus élevés que la valeur-guide de 1/100 000.
 - Si les 25 000 résidants de Thetford étaient exposés toute leur vie à 0,003 1 f/mL de chrysotile contenant 1 % de trémolite, cela causerait entre 2 et 18 cancers de l'amiante dans cette population. Avec 5 % de trémolite, entre 5 et 40 cancers causés par l'amiante surviendraient dans la population.

En conclusion, les risques de cancers attribuables à l'exposition environnementale aux fibres d'amiante dans les villes minières du chrysotile sont relativement importants et devraient être réduits par un facteur de 10 et davantage si on veut atteindre un niveau de risque inférieur à la valeur-guide de 1 cas / 100 000.

¹ Marier, M. et col. (2007) *Exploratory sampling of asbestos in residences near Thetford Mines: the public health threat in Quebec*. Int J Occup Environ Health, 13, 386-397.

4.2 Exposition professionnelles normatives et risques de cancers attendus

Nous avons également appliqué le modèle dose-réponse de Berman-Crump à des travailleurs exposés 37,5 heures/sem. x 48 sem./an x 25 ans durant depuis l'âge de 20 ans, pour estimer les risques qu'encourront des travailleurs exposés à l'amiante tiré des haldes de résidus miniers, selon divers niveaux de contamination des aérosols de chrysotile par des amphiboles (trémolite-actinolite surtout).

- La valeur-guide du risque toléré en milieu de travail est de 1 cancer par 100 000 travailleurs.
- Le tableau compare ces risques pour trois normes d'expositions professionnelles existantes :
 - Québec : 1 f/mL
 - États-Unis, Canada, en Europe (UE) et la plupart des pays du monde : 0,1 f/mL
 - France, Allemagne, Suisse et Pays-Bas : 0,01 f/mL
- La norme québécoise actuelle de 1 f/mL ne protège pas adéquatement les travailleurs de l'amiante qui encourent des risques 28 à 100 fois plus élevés que la valeur-guide du risque tolérable maximum (1/10 000) prescrite par les agences réglementaires pour les expositions en milieu de travail.
- Une norme réduite à 0,1 f/mL impliquerait quand même des risques 3 à 10 fois plus élevés que la valeur-guide habituelle du risque en milieu de travail.
- Seule une norme de 0,01 f/mL maintiendrait les risques de cancers de l'amiante des travailleurs exposés aux poussières des haldes de résidus miniers à un niveau de risque de 1 / 10 000 ou moins.
- L'impact du degré de prévalence des fibres *amphiboles* est critique en raison de son impact sur le risque de *mésotéliomes*, le multipliant 4 à 20 fois pour une contamination de 1 % à 5 %.

En conclusion, la norme québécoise d'exposition professionnelle aux fibres d'amiante ne protège pas adéquatement les gens travaillant régulièrement avec des fibres d'amiante, et la présence de fibres amphiboles déjà rapportée doit être mesurée et prise en compte dans l'évaluation du risque d'exploitation des haldes de résidus miniers.

4.3 Conclusion et recommandations

Les risques de cancers aux concentrations d'amiante (mesurées il y a 16 ans) dans les villes minières du chrysotile impliquent des risques ~10 fois trop élevés pour du chrysotile pur, et jusqu'à ~50 fois trop élevés selon le degré de présence d'amphiboles. Il serait immoral aujourd'hui d'accroître les expositions environnementales à l'amiante à Thetford Mines ou à Asbestos. *Il faut plutôt abaisser ses expositions à l'amiante et aux risques de cancers associés, que l'on exploite les haldes de résidus miniers ou on.*

- Il faut donc *réduire les expositions environnementales* aux fibres d'amiante autant que possible dans les villes minières du chrysotile, surtout à Thetford Mines où il y a de la trémolite-actinolite.

Les concentrations de fibres d'amiante dans les villes du chrysotile et leur degré de contamination par des *amphiboles* déterminent le niveau de risque, mais ces données *sont incertaines et non systématiques*.

- Ces variables doivent donc être mieux mesurées et caractérisées puis suivies par une *surveillance systématique*, que l'on exploite ou non les haldes de résidus miniers de l'amiante.
- Il faudrait *identifier* ce qui détermine les variations temporelles et spatiales de concentrations d'aérosols de chrysotile et la présence d'*amphiboles* :
 - proximité des haldes (cf. Marier, 2007), proximité de sites contaminés par la trémolite, activités sur les haldes (creusage, transport, ...), vents et saisons, etc.
 - identifier les lieux et circonstances où on peut diminuer les expositions au chrysotile et aux amphiboles.

Si les autorités autorisent des opérations d'exploitation des résidus miniers malgré les mises en garde de la santé publique, il faudra prendre des mesures adaptées, nécessairement plus rigoureuses.

- Toute opération avec de l'amiante devrait être définie et contrôlée après vérification et approbation par la santé publique, pour limiter les expositions et les risques de la population et des travailleurs.
- Les deux ou trois premières années, il faudrait une surveillance plus musclée que la surveillance de base susmentionnée : échantillonnage plus fréquent que s'il n'y a pas d'exploitation des haldes.

Les travailleurs exposés aux fibres d'amiante doivent absolument être mieux protégés :

- Aucune opération ou manipulation avec des fibres d'amiante ne devrait se faire tant que la norme d'exposition aux fibres d'amiante ne sera pas abaissée à 0,1 f/mL.
- Ensuite, il faudrait abaisser le plus possible les expositions professionnelles vers 0,01 f/mL.
- Les autorités de santé publique devront avoir les moyens légaux de faire respecter leurs conditions.

Annexe 1

Risques de cancers résultant d'expositions *environnementales* continues à 0,003 1 f/mL d'amiante chrysotile avec trémolite

Cas typiques	% Amphiboles % Chrysotile	Risque vie entière de cancers causés par l'amiante, par 100 000 pop.		
		Poumons	Mésothéliomes	Total
Asbestos	0 % Amphiboles 100 % Chrysotile	9 (0 - 30)	2 (0 - 8)	11 (1 - 40)
Thetford Mines	1 % Amphiboles 99 % Chrysotile	9 (0 - 32)	8 (2 - 18)	17 (4 - 44)
	5 % Amphiboles 95 % Chrysotile	10 (0 - 35)	39 (10 - 72)	49 (12 - 100)
Cas théorique extrême	10 % Amphiboles 90 % Chrysotile	11 (6 - 41)	77 (17 - 180)	88 (24 - 200)

- Ce tableau affiche les risques prédits par le modèle Berman-Crump (2003, 2008) [calculs : M.Camus, mars 2020] pour une population exposée continuellement toute la vie à 0,003 1 f/mL. Les nombres entre parenthèses sont des intervalles plausibles de risques reflétant les incertitudes conceptuelles et les incertitudes statistiques du modèle et des données sur lesquelles le modèle a été formé.
- Le modèle dose-réponse de Berman-Crump pour l'amiante est le plus récent, précis et exhaustif. Il distingue les fibres selon leur minéralogie et leur longueur. Ainsi, le chrysotile y est ~2 fois moins toxique que les amphiboles pour le cancer du poumon, et ~300 fois moins pour le mésothéliome.
- La valeur d'exposition de 0,003 1 f/mL est la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne (0,002 0 f/mL) des concentrations (MOCP) mesurées dans des maisons à Thetford Mines (Marier et col., 2007).
- Le pourcentage de fibres amphiboles dans les fibres d'amiante affecte surtout le risque de mésothéliome et, dans une moindre mesure, le risque de cancer du poumon. Les fibres d'amiante dans l'air ambiant d'Asbestos ne comprendraient pas de fibres amphiboles, mais il y aurait de 1 % à 5 % de trémolite-actinolite parmi les fibres de chrysotile dans l'air de Thetford Mines. Il serait important de déterminer ces concentrations et leur constance dans l'air des villes de l'amiante.
- Les risques estimés dépassent les valeurs-guides de risques de cancers environnementaux de l'OMS, du Canada et du Royaume-Uni (1 par 100 000 personnes). Les risques environnementaux dans les régions des mines de chrysotile au Québec sont donc relativement élevés.

Annexe 2

Risques de cancers résultant d'expositions *professionnelles* à l'amiante pour différentes normes d'exposition actuelles

Lieu de travail % amphiboles vraisemblable	Risques vie entière de cancers de l'amiante, <i>par 10 000 travailleurs, pour 3 différentes normes d'exposition professionnelles</i>			
	1 f/mL (Québec, 1990)	0,1 f/mL (Canada, 2015; États-Unis, 1994; Union Eur., 2003)	0,01 f/mL (France, 2015; Allemagne, ~2005)	Ratio Ca Poumons / Mésothéliomes
0 % Amphiboles 100 % Chrysotile	28 (2 - 90)	2,8 (0 - 9)	0,3 (0 - 1)	9,4 : 1
1 % Amphiboles 99 % Chrysotile	40 (7 - 100)	4,0 (1 - 10)	0,4 (0 - 1)	2,0 : 1
5 % Amphiboles 95 % Chrysotile	100 (27 - 200)	10 (3 - 20)	1,0 (0 - 2)	1 : 1,5
10 % Amphiboles 90 % Chrysotile	160 (46 - 350)	16 (5 - 35)	1,6 (0 - 4)	1 : 2,9

- Ce tableau affiche les risques vie entière prédits par le modèle Berman-Crump (2003,2008) pour des **travailleurs** exposés 37,5 heures/sem. x 48 sem./an x 25 ans durant depuis l'âge de 20 ans, selon trois normes d'exposition professionnelle existantes. Les nombres entre parenthèses sont des intervalles plausibles de risques reflétant l'incertitude des modèles et des données.
- Valeurs-guides d'exposition : la plupart des agences réglementaires en Europe et en Amérique du Nord adoptent des normes visant à maintenir les risques professionnels sévères (décès, cancers, amiantose, etc.) en-deçà de **1 cas / 10 000** travailleurs.
- Selon le modèle Berman-Crump, la norme québécoise actuelle implique des risques entre 20 fois et 100 fois plus élevés que la valeur-guide de 1/10 000.
- Les travailleurs de l'amiante du Québec sont exposés à des risques de cancers de l'amiante 10 fois plus élevés qu'aux États-Unis, qu'ailleurs au Canada et dans la plupart des pays du monde, et 100 fois plus que dans les pays les plus protecteurs.
- Seule une norme d'exposition occupationnelle de 0,01 f/mL (100 fois moindre) réduirait formellement les risques de cancers des travailleurs de l'amiante à 1/10 000 ou moins. La plupart des agences de santé poussent leur gouvernement vers une norme de 0,01 f/mL, et certains (Pays-Bas) même vers 0,003 f/mL.
- Remarque : malgré la validité reconnue du modèle Berman-Crump, les agences de santé européennes et américaines estiment des risques de cancer du poumon induits par l'exposition aux fibres de chrysotile supérieurs à ceux estimés ici.

Annexe 3

Pièce jointe : ***Chrysotile Asbestos Consensus Statement and Summary,***

Chrysotile Asbestos Expert Panel. Montréal, Québec. Nov. 13–14, 2007

fichier : *Chrysotile Panel Consensus Statement 3 Mar 2008.pdf*

Lien Web du fichier : <http://preventcancer.ca/wp-content/uploads/2009/04/asbestosreport-en.pdf>