

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:  
Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 1-4 (2001)

## INTRODUCTION

ROBERT P. NOLAN<sup>§</sup>

*Environmental Sciences Laboratory, Brooklyn College of The City University of New York, 2900 Bedford Avenue,  
Brooklyn, New York 11210, U.S.A.*

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:  
Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 9-20 (2001)

## HEALTH EXPERIENCE OF SOME U.S. AND CANADIAN WORKERS EXPOSED TO ASBESTOS: FOUNDATION FOR RISK ASSESSMENT

ARTHUR M. LANGER<sup>1</sup>

*Environmental Sciences Laboratory, Brooklyn College of the City University of New York,  
and the Center For Applied Studies of the Environment, City University of New York,  
2900 Bedford Avenue, Brooklyn, New York 11210, U.S.A.*

### ABSTRACT

Inhalation of asbestos dust may cause scarring of the lungs (asbestosis), lung cancer, and mesothelioma, a malignancy that arises in the tissue that lines the chest and peritoneal cavities. Cancers of the gastrointestinal tract have also been described among some workforces. The extent and severity of these effects are related to many factors, but type of fiber and intensity of exposure tend to control both the nature and incidence of these diseases.

The regulatory community in the United States employs the predictive tool of risk assessment in their decision-making process, especially where human data are unavailable, as in new industries, or in circumstances where low exposure occurs and outcome cannot be reliably determined with any statistical significance (as in the case of asbestos in the air of the ambient environment). Risk assessment requires two essential elements for prediction, *i.e.*, the amount of the exposure (dose), and the nature and magnitude of the host response. For some specific outcomes, such as malignant mesothelioma, time from onset of exposure is an important variable reflecting the biological process.

For risk assessment, several studies are relied upon more than others as data sources. These provide cohort information in which the fate of all workers is known with good accuracy, and the exposures experienced by the group have either been measured directly or calculated from a set of reasonable assumptions. These studies include two insulation worker locals from the New York – New Jersey area, the entire membership of the International Association of Heat and Frost Insulators and Asbestos Workers, and those who worked in a plant in Paterson, New Jersey, making insulation products for the United States Navy during the Second World War.

Careful evaluation of these cohorts shows that they are actually made up of multiple populations, or subcohorts, with experiences that have resulted from different exposure histories and exposure to many types of fiber. Risk calculation, as carried out in the United States, reflects exposure to asbestiform amphiboles, and therefore affords greatest protection to those exposed to chrysotile.

**Keywords:** asbestos, asbestiform amphibole, grunerite-asbestos (“amosite”), riebeckite-asbestos (“crocidolite”), chrysotile asbestos, asbestosis, lung cancer, mesothelioma, gastrointestinal cancer, health risks.

### SOMMAIRE

L'inhalation de poussière d'amiante peut causer la fibrose pulmonaire (asbestose), le cancer du poumon et le mésothéliome, maladie qui affecte les tissus des parois des cavités de la poitrine et du péritoïne. Des cas de cancer du système gastro-intestinal ont aussi été signalés parmi certains groupes de travailleurs. L'étendue et la sévérité de ces effets dépendent de plusieurs facteurs, mais il est clair que la sorte de fibre et l'intensité de l'exposition sont des déterminants de la nature et de la distribution de ces maladies. Aux Etats-Unis, les agences de normalisation se servent de prédictions fondées sur l'analyse de risques dans leurs démarches pour établir des normes, surtout dans les cas où les données épidémiologiques ne sont pas disponibles. C'est le cas, par exemple, dans les industries nouvelles, ou bien dans les milieux où il y a eu faible exposition aux fibres et où le résultat ne peut être déterminé que par évaluation statistique (par exemple, le cas de fibres d'amiante dans le milieu ambiant). Une analyse des risques comporte deux éléments essentiels pour permettre une prédition: le taux d'exposition (dose), ainsi que la sorte de réponse et son amplitude dans un organisme. Pour certains résultats particuliers, par exemple dans le cas du mésothéliome malin, l'intervalle de temps depuis le début de l'exposition serait une variable importante pour l'expression biologique de la maladie.

Pour estimer le risque, on se fie sur certaines études-clés plus que sur d'autres sources de données. Ces études comprennent celles de cohortes dans lesquelles l'état de tous les travailleurs est établi de façon précise, et les taux d'exposition subis par le groupe ont soit été mesurés directement, soit calculés à partir de suppositions raisonnables. Parmi ces études, on compte, d'une part la cohorte de travailleurs dans le domaine de l'isolation dans la région de New York – New Jersey, la liste de membres au complet de l'International Association of Heat and Frost Insulators and Asbestos Workers, et d'autre part la cohorte de travailleurs qui ont oeuvré dans un établissement à Paterson, New Jersey, à fabriquer des produits d'isolation pour la marine des Etats-Unis pendant la deuxième guerre mondiale.

Suite à une analyse minutieuse des données, il est clair que ces cohortes sont faites de populations multiples, ou de sous-cohortes, avec des expériences de travail différentes, lesquelles permettent différents taux d'exposition, et un contact avec différentes sortes de fibres. Un calcul de

risques, comme on l'a fait aux Etats-Unis, adresse l'exposition aux amphiboles asbestiformes, et offre donc le maximum de protection à ceux qui sont exposés au chrysotile.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, amphibole asbestiforme, grunerite fibreuse (“amosite”), riebeckite fibreuse (“crocidolite”), chrysotile, asbestose, cancer du poumon, mésothéliome, cancer gastro-intestinal, risques à la santé.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 21-28 (2001)

## ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO AMPHIBOLE-ASBESTOS AND MESOTHELIOMA

KEVIN BROWNE<sup>§</sup>

2 Burnham Road, Leicester House, North Creake, Norfolk NR21 9JP, U.K.

J. CHRISTOPHER WAGNER<sup>†</sup>

Flat La Retreat, 10 Frederick Place, Weymouth, Dorset DT4 8HQ, U.K.

### ABSTRACT

Malignant mesothelioma was considered to be a rare tumor of the pleura and peritoneum until, in the late 1950s, it was increasingly found to occur after occupational exposure to “crocidolite” (riebeckite) asbestos, and subsequently to the fibrous amphiboles “amosite” (grunerite) and tremolite. Some cases were described among people only exposed outside the occupational setting. In this paper, we review the evidence gathered on the hazard of inhalation of amphibole asbestos arising from environmental exposure. Three main environmental situations are described: around the mines, around manufacturing sites, and in areas where fibrous amphibole is found in local soil. In addition, domestic exposures from dust brought home by occupationally exposed workers, and exposures arising from the modern urban environment, are briefly considered. Evidence for an environmental risk is well established only where mine tailings or local outcrops have been used for roadways or domestic purposes.

*Keywords:* asbestos, amphibole, “crocidolite”, riebeckite, “amosite”, grunerite, tremolite, anthophyllite, environment, exposure levels, mesothelioma.

### SOMMAIRE

On considérait auparavant le mésothéliome malin comme tumeur rare de la poitrine et du péritoine. Vers la fin des années cinquante, cependant, on a établi une relation entre son incidence et une exposition occupationnelle aux fibres de “crocidolite” (riebeckite) et, plus tard, aux fibres des amphiboles “amosite” (grunerite) et trémolite. Chez certains individus, l'exposition a même eu lieu ailleurs que dans les milieux de travail. Dans cet article, nous évaluons l'évidence à propos des dangers dus à l'inhalation des fibres d'amiante de type amphibole suite à une exposition environnementale. Trois milieux retiennent notre attention: près des mines, près des usines, et près des endroits où l'amphibole fibreuse est présente naturellement dans le sol. De plus, nous traitons brièvement de l'exposition domestique à la poussière apportée à la maison par des travailleurs, et de l'exposition dans les milieux urbains modernes. Un risque notable suite à une exposition environnementale est nettement établi seulement où les résidus miniers ou les roches qui affleurent sont utilisés pour la construction de routes ou d'habitations domestiques.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, amphibole, “crocidolite”, riebeckite, “amosite”, grunerite, trémolite, anthophyllite, environnement, taux d'exposition, mésothéliome.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 29-36 (2001)

## PLEURAL MALIGNANT MESOTHELIOMA AND ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO ASBESTOS ASSOCIATED WITH ASBESTOS-CEMENT PRODUCTION: THE CASE OF CASALE MONFERRATO, ITALY

CORRADO MAGNANI<sup>1</sup>

*Cancer Epidemiology Unit – Center for Cancer Epidemiology and Prevention (CPO–Piemonte),  
S. Giovanni Hospital and University, Via Santena, 7, I-10126 Torino, Italy*

### ABSTRACT

Epidemiological studies were conducted to measure the effect of occupational and residential exposure to asbestos in the area of Casale Monferrato, where was located the major Italian asbestos-cement factory. The plant produced plain and corrugated sheets, tubes and high-pressure pipes. Its activity began in 1907 and continued until 1985. Raw material included both chrysotile and "crocidolite". The factory was located close to the town center of Casale Monferrato, and airborne contamination by asbestos particles probably affected the town.

The cohort of asbestos-cement workers included 2605 men and 762 women, active in the plant on 1.1.50 or thereafter. Statistical analyses show an increase in total mortality in both men (SMR = 127) and women (SMR = 131), and both sexes showed high mortality due to cancers of the lung, pleura, peritoneum and asbestosis.

The cohort of wives of asbestos-cement workers included the 1740 women who were married to an asbestos-cement worker and never worked in the plant. Four deaths from pleural malignancy were observed in 1965–1988, whereas 0.5 were expected ( $p < 0.01$ ). Two additional cases were histologically diagnosed after the end of follow-up. Lung cancer also was more frequent than expected, but the difference was not statistically significant (6 versus 4.0, SMR = 149.8, 95%CI = 55–326).

Incidence of pleural mesothelioma among residents in the Local Health Authority (LHA) of Casale Monferrato was studied for the period 1980–1991. The survey identified 126 incident cases. Eighty-three of 95 cases diagnosed in 1980–1989 were submitted to pathological review, and 62 (75%) were accepted. Those cases who were ever employed in the asbestos-cement industry were identified in the factory rosters. The same was done for wives of asbestos-cement workers. Incidence rates include only those cases with no evidence of occupational or domestic exposure and exclude cases rejected in the revision. Casale Monferrato shows the highest rates in both sexes (8.2/100,000 person-years in men and 5.1 in women), the adjacent towns show intermediate rates (3.4 and 0), and the lowest rates are observed in the municipalities further away (0.6 and 0.7).

Preliminary results from a population-based case-control study include 92 cases and 303 controls, of which 95.6% and 80.1% were interviewed. The Odds Ratio (OR) is 39.3 for occupational exposure, 11.9 among the subjects never engaged in the asbestos-cement industry but living within 1 km of the factory, and 3.6 among subjects living elsewhere in Casale Monferrato. The OR for parental occupation in the asbestos-cement industry was 6.2. All results are statistically significant.

**Keywords:** environmental exposure, asbestos cement, mesothelioma, respiratory neoplasm, pleura, peritoneum, Casale Monferrato, Italy.

## SOMMAIRE

Des études épidémiologiques ont été effectuées afin de mesurer l'influence d'une exposition occupationnelle et résidentielle à l'amiante dans la région de Casale Monferrato, où était située l'usine de ciment-amiante la plus importante en Italie. On y produisait des feuilles ordinaires ou ondulées, des tubes et des tuyaux pour utilisation à pression élevée. Les activités ont commencé en 1907 et continuèrent jusqu'en 1985. Le produit brut contenait à la fois du chrysotile et de la riebeckite fibreuse ("crocidolite"). L'usine était située tout près du centre urbain de Casale Monferrato, et il semble acquis qu'une contamination par la poussière d'amiante ait affecté la ville.

La cohorte de travailleurs dans l'industrie du ciment-amiante comprenait 2605 hommes et 762 femmes affectés à l'usine le premier janvier, 1950 (ou après cette date). Les analyses statistiques font preuve d'une augmentation du taux de mortalité aussi bien chez les hommes (SMR = 127) que chez les femmes (SMR = 131), et dans les deux groupes, on a constaté un taux de mortalité élevé dû aux cancers des poumons, de la plèvre et du péritoïne, et à l'asbestose.

La cohorte d'épouses des travailleurs dans cette industrie inclut 1740 femmes qui n'ont jamais travaillé à l'usine. Quatre décès dus à un cancer de la plèvre ont été signalés en 1965–1988, tandis qu'on pouvait s'attendre à un taux d'incidence de 0.5 cas ( $p < 0.01$ ). Deux cas de plus ont été documentés histologiquement une fois le suivi terminé. Les cas de cancer pulmonaire se sont aussi avérés plus fréquents que la prédition, mais la différence n'était pas significative du point de vue statistique (6 versus 4.0, SMR = 149.8, intervalle de confiance à 95% entre 55 et 326).

L'incidence de mésothéliome de la plèvre parmi les résidents dans la juridiction locale du ministère de la santé à Casale Monferrato a été étudiée pour la période 1980–1991. Cent-vingt-six cas ont été relevés. Quatre-vingt trois des quatre-vingt quinze cas repérés pendant la période 1980–1989 ont subi une évaluation pathologique, et soixante-deux des cas (75%) ont été acceptés. Ceux qui avaient déjà été employés dans l'industrie du ciment-amiante ont été identifiés d'après les listes d'employés à l'usine. La même documentation a été effectuée dans le cas des épouses des travailleurs. Leur taux d'incidence est calculé seulement en considérant les cas sans exposition occupationnelle ou domestique; tous les cas rejetés lors de la révision ont été exclus. C'est à Casale Monferrato que l'on trouve les taux les plus élevés pour les deux sexes (8.2/100,000 personnes-années chez les hommes et 5.1 chez les femmes); les municipalités avoisinantes font preuve de taux intermédiaires (3.4 et 0), et les taux d'incidence les plus faibles ont été documentés dans les municipalités plus éloignées (0.6 et 0.7).

Les résultats préliminaires d'une étude des cas-témoins dans la population avec contrôles incluent quatre-vingt douze cas et trois-cent-deux contrôles, desquels 95.6% et 80.1% ont été interviewés. Le rapport de cote (Odds Ratio) est égal à 39.3 dans le cas d'une exposition occupationnelle, 11.9 pour les sujets qui n'avaient jamais oeuvré dans l'industrie du ciment-amiante mais qui habitaient à l'intérieur d'un rayon d'un kilomètre de l'usine, et 3.6 parmi les sujets demeurant ailleurs à Casale Monferrato. Le rapport de cote (Odds Ratio) dans les cas d'occupation parentale dans l'industrie était 6.2. Tous ces résultats sont statistiquement significatifs.

(Traduit par la Rédaction)

**Mots-clés:** exposition environnementale, ciment-amiante, mésothéliome, néoplasme respiratoire, plèvre, péritoïne, Casale Monferrato, Italie.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, p. 37 (2001)

## LUNG-CONTENT ANALYSIS IN CASES OF ASBESTOS-RELATED LUNG CANCER AND MESOTHELIOMA

FREDERICK D. POOLEY<sup>§</sup>

Division of Materials and Minerals, Cardiff School of Engineering, University of Wales, Cardiff CF2 1XH, Wales, U.K.

## ABSTRACT

Lung-content analysis to assess the presence of asbestos fibers using analytical transmission electron microscopy has yielded useful results. Such studies have revealed an important role of amphibole fibers in the etiology of mesotheliomas and confirmed the observation that asbestos bodies form predominantly on amphibole-asbestos. Cases of mesothelioma occurring among groups of individuals with various sources of occupational exposure to asbestos consistently have amphibole-asbestos as the most common fiber in their lung parenchyma, whereas chrysotile asbestos is most common in the controls. No cases have been reported in which chrysotile asbestos only has been found in concentration exceeding those found in controls. Other correlations of asbestos-related disease were found in pathology series of 189 naval dockyard workers (74 pleural mesothelioma and 49 lung cancer). Where lung-content analysis was undertaken, the severity of the asbestosis in the individual cases is correlated with the amphibole-asbestos content of the lung parenchyma but not chrysotile. Lung cancer was found to be associated with asbestosis and heavy exposure to asbestos dust, whereas the cases of mesothelioma were associated with more moderate asbestosis and lower concentrations of amphibole-asbestos in the lung parenchyma.

## SOMMAIRE

Une analyse de la charge pulmonaire a été faite afin d'évaluer la présence de fibres d'amiante par microscopie électronique analytique par transmission. Une telle étude démontre le rôle important de fibres d'amphibole dans l'étiologie des cas de mésothéliome et confirme l'observation que les corps d'amiante sont étroitement associés aux fibres d'amphibole. Les cas de mésothéliome repérés parmi les groupes d'individus ayant subi une exposition occupationnelle à l'amiante d'une variété de sources ont systématiquement une majorité de fibres d'amphibole dans les parenchymes pulmonaires, tandis que les fibres de chrysotile sont davantage répandues dans les cas-témoins. Aucun cas n'a été trouvé dans lequel seul le chrysotile est présent en concentrations dépassant celles des cas-témoins. D'autres corrélations de cas de maladies liées à l'amiante ont été découvertes dans une étude pathologique de 189 travailleurs dans un chantier maritime (74 cas de mésothéliome pleural et 49 cas de cancer pulmonaire). Dans les cas dont l'analyse de la charge pulmonaire a été entreprise, la sévérité de l'amiante dans des cas particuliers montre une corrélation avec la teneur en particules d'amphibole dans le parenchyme pulmonaire, mais non la teneur en chrysotile. Les cas de cancer pulmonaire sont associés à l'amiante et une exposition sévère à la poussière d'amiante, tandis que les cas de mésothéliome sont associés à une sévérité moindre d'amiante et de plus faibles concentrations de particules d'amphibole dans le parenchyme pulmonaire.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 39-51 (2001)

## CONCENTRATION AND TYPE OF ASBESTOS FIBERS IN AIR INSIDE BUILDINGS

ROBERT P. NOLAN<sup>§</sup> AND ARTHUR M. LANGER

*Environmental Sciences Laboratory, Brooklyn College of The City University of New York, 2900 Bedford Avenue,  
Brooklyn, New York 11210, U.S.A.*

## ABSTRACT

Concern has been widely expressed about the possible increase in asbestos-related cancer due to airborne asbestos in buildings. The risk of cancer would increase to the extent that exposure in buildings is higher than levels in ambient outdoor air. The concentration and type of asbestos fiber in indoor air were determined at twelve sites where friable grunerite-asbestos ("amosite") fireproofing was present. Such asbestos-containing building materials are useful to study because background levels of grunerite-asbestos ("amosite") are very low compared to chrysotile asbestos and at the sites selected, the fireproofing was in generally poor condition. The concentrations of grunerite-asbestos ("amosite") in indoor air were found to be indistinguishable from those in outdoor air. At a worst-case site where the fireproofing had fallen off the ceiling and littered the floor, the indoor and outdoor levels remained identical. No evidence of episodic release of asbestos fiber was observed. However, if the fireproofing was knocked out of the ceiling and allowed to fall to the ground, airborne asbestos levels increased for brief period of time but did not exceed the United States Occupational Health and Safety Administration occupational exposure level for asbestos.

*Keywords:* asbestos, indoor air, grunerite-asbestos ("amosite"), air pollution, asbestos-related disease, mesothelioma.

## SOMMAIRE

Certains ont déjà exprimé leur inquiétude à propos de l'incidence accrue de cancer attribuable à l'amiante à cause de fibres aéroportées à l'intérieur d'édifices. Le risque de cancer augmenterait dans la mesure où le taux d'exposition aux fibres à l'intérieur d'édifices dépasse les niveaux dans l'air ambiant à l'extérieur. Nous avons déterminé la concentration et le type de fibres d'amiante dans des échantillons prélevés à l'intérieur de douze édifices où la grunerite ("amosite") friable est utilisée comme matériau ignifuge. De tels matériaux de construction contenant de l'amiante sont utiles dans une étude comme celle-ci parce que les niveaux de fibres de grunerite ("amosite") sont très faibles en comparaison des niveaux de fibres de chrysotile; de plus, aux sites choisis, le matériau ignifuge était généralement en piètre condition. Nos résultats montrent que les concentrations de grunerite ("amosite") asbestiforme dans l'air à l'intérieur d'édifices ne diffèrent aucunement des niveaux à l'extérieur. Dans le pire cas, où le matériau ignifuge était tombé du plafond et où les débris jonchaient le plancher, les niveaux de fibres à l'intérieur et à l'extérieur étaient identiques. Nous n'avons pas trouvé d'évidence d'une libération épisodique des fibres d'amiante. Toutefois, si le matériau ignifuge est détaché du plafond et tombe par terre, le niveau de fibres augmente brièvement, mais sans dépasser la norme d'exposition occupationnelle aux fibres d'amiante prescrite par le United States Occupational Health and Safety Administration.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, air intérieur, grunérite (“amosite”) asbestiforme, pollution de l’air, maladies liées à l’amiante, mésothéliome.  
*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*  
*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 53-61 (2001)

## TRENDS IN INCIDENCE OF MESOTHELIOMA AND EVALUATION OF EXPOSURE TO ASBESTOS

BERTRAM PRICE<sup>1</sup>

*Price Associates, Inc., P.O. Box 342, White Plains, N.Y. 10605, U.S.A.*

RICHARD WILSON

*Department of Physics and Center for Risk Analysis, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A.*

### ABSTRACT

We describe, analyze, and contrast historical trends in mesothelioma cases in the U.S. and the U.K., and discuss these trends in relation to trends in asbestos exposure over the past 60 years. In the U.S., the number of mesothelioma cases for men is projected to have peaked at approximately 2,300 cases per year before the year 2000. On the basis of the historical trend and assumptions concerning current and projected exposure to asbestos, the annual number of male cases in the U.S. is projected to decline to the background rate of approximately 500 cases per year around the year 2055. The time-dependent pattern for the number of female cases in the U.S. has been constant at approximately 500 cases per year and is projected to remain at that level. In the U.K., the number of male cases is projected to peak in the year 2020 somewhere between 2700 and 3300 cases per year depending on assumptions concerning asbestos exposure for men born after 1958. The time-dependent pattern of female cases in the U.K. mirrors the pattern for males, but at a lower level. The 20-year difference in the timing of the peak occurrence of cases between the U.S. and the U.K. may be explained by a 20-year difference in the timing of peak exposures. We briefly address the interpretation of these trends in order to differentiate the mesothelioma potency of amphibole fibers from that of chrysotile fibers. We conclude, on the basis of trends and exposure projections for the U.S., that the amphibole–chrysotile debate has little practical significance for risk management if exposures to asbestos continue to be maintained at the low levels of today.

*Keywords:* mesothelioma, asbestos, exposure, lifetime risk, asbestiform minerals.

### SOMMAIRE

Nous décrivons, analysons, et comparons les tendances dans l’évolution historique des cas de mésothéliome aux Etats-Unis et au Royaume-Uni, et nous évaluons ces tendances dans le contexte du taux d’exposition à l’amiante au cours des soixante dernières années. Aux Etats-Unis, on croît que le nombre de cas d’atteinte par le mésothéliome chez les hommes aura atteint un sommet d’environ 2,300 cas par année avant l’année 2000. Compte tenu de l’évolution historique et des prévisions à propos du niveau d’exposition actuel et futur à l’amiante, le nombre de nouveaux cas chez les hommes aux Etats-Unis serait en diminution en direction d’un “bruit de fond” d’environ 500 cas par année, atteint plus ou moins en 2055. Le nombre de cas chez les femmes aux Etats-Unis a atteint un plateau d’environ 500 cas par année, et resterait à ce niveau. Au Royaume-Uni, chez les hommes, le nombre de cas atteindrait un maximum vers l’an 2020, entre 2,700 et 3,300 cas par année selon les estimations du taux d’exposition à la fibre d’amiante chez les hommes nés après 1958. Par contre, chez les femmes, l’évolution du nombre de cas en fonction du temps imite la tendance chez les hommes, mais à un niveau moins élevé. Le décalage de vingt ans des valeurs crêtes prévues aux Etats-Unis et au Royaume-Uni pourrait bien être l’expression d’un décalage de vingt ans dans le taux d’exposition maximum. Nous effleurons succinctement l’interprétation de ces tendances afin de différencier le potentiel des fibres d’amphibole par rapport à celui des fibres de chrysotile à induire le mésothéliome. Compte tenu des tendances actuelles et des projections des taux d’exposition aux Etats-Unis, nous pensons que le débat amphibole versus chrysotile n’a que peu de signification pratique dans la gestion des risques si les taux d’exposition à l’amiante se maintiennent aux faibles niveaux actuels.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* mésothéliome, amiante, exposition, risque au cours d’une vie, minéraux asbestiformes.  
*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*  
*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 79-88 (2001)

## OCCURRENCE, PRODUCTION AND USES OF ASBESTOS

MALCOLM ROSS AND ROBERT L. VIRTA<sup>§</sup>

*U.S. Geological Survey, MS 983, Reston, Virginia 20192, U.S.A.*

### ABSTRACT

Of the six asbestos minerals, only three have been mined in quantity; chrysotile asbestos comprised 90 to 95% of world production, and

“crocidolite” and “amosite” asbestos comprised most of the rest. Anthophyllite asbestos was produced in minor amounts in Finland. Tremolite and actinolite asbestos were produced in very minor amounts in various parts of the world. Significant production of asbestos began in the late 19th century; yearly production peaked at about 5.1 million tonnes (t) in 1975, and then declined steadily to about 2.3 million t in 1996. Ninety-six percent of the raw asbestos imported into the United States was the chrysotile variety, almost all from Canada. The peak year for use of Canadian asbestos in the United States was 1973, when nearly 700,000 t was imported. By 1996, these imports had dropped to 21,000 t. The most important chrysotile mining districts are in the Province of Quebec, Canada, in the Bazhenovo and Kiembay districts of Russia, and in the Dzhetygara district of Kazakhstan. Other important deposits of chrysotile asbestos presently being exploited are found in Zimbabwe, South Africa, Brazil, and China. One of the world’s largest deposits occurs in the New Idria area of California, but production there is low. A description of past and present uses of asbestos, total world production of asbestos by year, asbestos production by country for selected years, and United States import and consumption of asbestos by year are also presented.

**Keywords:** asbestos, chrysotile, “crocidolite”, “amosite”, geological occurrence, mining localities, production figures.

## SOMMAIRE

Des six minéraux asbestiformes, seulement trois ont fait l’objet d’une exploitation importante; le chrysotile englobe de 90 et 95% de la production mondiale, tandis que “crocidolite” et “amosite” constituent le reste. L’anthophyllite asbestiforme a été produite en faibles quantités en Finlande. La trémolite et l’actinolite asbestiformes ont été produites en quantités très faibles à divers endroits. La production commerciale de l’amiante débute vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle; la production annuelle atteignit environ 5.1 millions de tonnes en 1975, et diminua par la suite à environ 2.3 million de tonnes en 1996. Quatre-vingt seize pourcent de l’amiante brut importé aux Etats-Unis est la variété chrysotile, provenant presque entièrement du Canada. C’est en 1973 que les importations d’amiante provenant du Canada ont atteint leur maximum, environ 700,000 t. En 1996, seulement 21,000 t ont été importées. Les districts miniers les plus importants pour la production du chrysotile sont situés dans la province de Québec, au Canada, dans les districts de Bazhenovo et Kiembay en Russie, et dans le district de Dzhetygara au Kazakhstan. D’autres gisements importants de chrysotile sont présentement en exploitation au Zimbabwe, en Afrique du Sud, au Brésil et en Chine. Un des plus gros gisements qui soit se trouve dans la région de New Idria en Californie, mais la production y est très faible. Nous fournissons des données sur les utilisations passées et présentes de l’amiante, la production mondiale annuelle d’amiante, la production des pays exportateurs en fonction d’années désignées, et le taux d’importation et de consommation annuelles aux Etat-Unis.

(Traduit par la Rédaction)

**Mots-clés:** amiante, chrysotile, “crocidolite”, “amosite”, contexte géologique, camps miniers, données sur la production.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 89-104 (2001)

## CONTROLS OF AMPHIBOLE FORMATION IN CHRYSOTILE DEPOSITS: EVIDENCE FROM THE JEFFREY MINE, ASBESTOS, QUEBEC

ANTHONY E. WILLIAMS-JONES<sup>§</sup>, CHARLES NORMAND, JAMES R. CLARK,  
HOYATOLLAH VALI AND ROBERT F. MARTIN

*Department of Earth and Planetary Sciences, McGill University, 3450 University Street, Montreal, Quebec H3A 2A7, Canada*

ANDRÉ DUFRESNE AND ATAOLLAH NAYEBZADEH

*Department of Occupational Health, McGill University, 3450 University Street, Montreal, Quebec H3A 2A7, Canada*

## ABSTRACT

Epidemiological studies have demonstrated strong correlations between long-term exposure to asbestos fibers and a variety of pulmonary diseases, including fibrosis, lung carcinoma and a type of pleural cancer known as mesothelioma. Moreover, studies of chrysotile mine and mill workers in Quebec have shown that the principal fiber in their lung tissues is not, as might be expected, chrysotile, but rather the amphibole-group mineral tremolite. In view of these findings, it is essential to establish the distribution of tremolite in the mines and, in particular, to determine whether or not the chrysotile ores are tremolite-bearing.

Detailed investigations of the Jeffrey mine, in Asbestos, Quebec, have revealed the presence of the following amphibole-group minerals: anthophyllite, cummingtonite, hornblende and tremolite–actinolite. The bulk of the amphibole, however, is in the form of tremolite and actinolite, and is found mainly in serpentinite adjacent to or included within felsic dykes. Appreciable quantities of amphibole also are present in pyroxenite (tremolite) and slate (actinolite) in contact with serpentinite distal to the ore zones. Significantly, the chrysotile ores are essentially amphibole-free. Most of the amphibole is fibrous, but a small proportion is asbestiform according to criteria established by the U.S. Occupational Safety and Health Administration. The principal control on the formation of tremolite and actinolite in the serpentinite was an increase in  $\alpha\text{SiO}_2$  associated with felsic dykes. Increased  $\alpha\text{Ca}^{2+}$  favors the crystallization of tremolite–actinolite, but is not a prerequisite. The formation of anthophyllite and cummingtonite required both an increase in  $\alpha\text{SiO}_2$  and high temperatures ( $>600^\circ\text{C}$ ), which were associated with the intrusion of felsic dykes.

Amphibole is easily detected by conventional ( $>2.5$  wt.%) and digestion-enhanced ( $>0.1$  wt.%) powder X-ray-diffraction analysis. Lithogeochemical analyses afford an indirect and less expensive method for screening samples for the amphiboles. Amphibole-free samples contain  $<15$  ppm CaO,  $<0.6$  wt.% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and  $>2,350$  ppm Ni. In conjunction with conventional geological mapping, it should be possible, using these methods of detection, to identify potential amphibole-rich zones and to design methods to mine chrysotile ores with minimal contamination.

**Keywords:** serpentinite, amphibole, tremolite, distribution, phase relations, physicochemical controls, Jeffrey mine, Asbestos, Quebec.

## SOMMAIRE

Des études épidémiologiques ont démontré une forte corrélation entre une exposition à long terme à des fibres d'amiante et une variété de maladies pulmonaires, par exemple la fibrose, carcinome pulmonaire et le mésothéliome, type de cancer pleural. De plus, d'après l'examen pathologique des travailleurs aux moulins et dans les mines de chrysotile du Québec, la principale fibre décelée dans leurs tissus pulmonaires n'est pas le chrysotile, comme on serait porté à croire, mais plutôt la trémolite. A la lumière de ces travaux, il devient essentiel d'établir la distribution de la trémolite dans les mines et, plus particulièrement, de déterminer si le minerai contient ou non de la trémolite.

Des études détaillées de la mine Jeffrey ont révélé la présence des minéraux du groupe de l'amphibole suivants: anthophyllite, cummingtonite, hornblende et trémolite–actinolite. Ce sont ces deux dernières espèces qui prédominent, principalement dans la serpentinite en bordure de filons felsiques ou en inclusion dans ces filons. Des quantités appréciables d'amphibole sont aussi présentes dans la pyroxénite (trémolite) et les schistes argileux (actinolite), en dehors des zones minéralisées. Le minerai de chrysotile est essentiellement dépourvu d'amphibole. Dans la plupart des cas, l'amphibole est fibreuse, et une faible proportion mérite même d'être appelée asbestiforme, selon les critères établis par le U.S. Occupational Safety and Health Administration. La formation de trémolite–actinolite dans la serpentinite résulterait principalement d'une augmentation de l'activité de silice à proximité des filons felsiques. Une augmentation de  $a\text{Ca}^{2+}$  favorise le développement de trémolite–actinolite, mais ne serait pas prérequisse. La formation d'anthophyllite et de cummingtonite requiert une activité de silice et des températures élevées ( $>600^\circ\text{C}$ ), rendues possible par la mise en place des filons felsiques.

La détection des amphiboles est facile par les méthodes conventionnelles de diffraction X sur des échantillons de poudre ( $>2.5\%$ , poids), et sur les résidus d'une digestion avec un acide et une base ( $>0.1\%$ ). La composition chimique d'échantillons de roche totale constitue une approche indirecte et moins coûteuse pour établir si les échantillons contiennent une amphibole. Les échantillons dépourvus d'amphibole contiennent  $<15$  ppm CaO,  $<0.6\%$  (poids) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, et  $>2,350$  ppm Ni. Avec les méthodes conventionnelles de cartographie, il est possible, en utilisant les méthodes de détection décrites ci-haut, d'identifier les zones potentiellement riches en amphiboles et de concevoir des méthodes d'extraction du minerai afin de minimiser les risques de contamination.

*Mots-clés:* serpentinite, amphibole, distribution, relations d'équilibre de phases, contrôles physico-chimiques, mine Jeffrey, Asbestos, Québec.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 105-109 (2001)

## WORKPLACE MONITORING IN THE CHRYSOTILE ASBESTOS INDUSTRY

ANTHONY L. RICKARDS<sup>1</sup>

*Federal Mogul Technology Ltd., Cawston House, Cawston, Rugby, Warwickshire CV22 7SA, U.K.*

## ABSTRACT

A brief description is given of the development of an international initiative for collecting annual returns of workplace-monitoring data from the international asbestos industry. The data from the 1995 survey are summarized and reflect achievement in monitoring control of asbestos over a period of ten years. The data reported were collected from those businesses associated with the Asbestos International Association (AIA). The AIA initiative is related to the historical evolution of controlling workplace dusts.

*Keywords:* asbestos, chrysotile, industry, workplace, monitoring, international, AIA.

## SOMMAIRE

Cet article contient une brève description du développement d'une initiative internationale de prélèvement annuel de données au sujet des milieux de travail dans l'industrie de l'amiante à l'échelle internationale. Les résultats du sondage de 1995, résumés ici, témoignent d'une mesure de succès dans le contrôle des poussières d'amiante sur une période de dix ans. Les données utilisées proviennent d'établissements associés à l'Asbestos International Association (AIA). L'initiative AIA est le prolongement de l'évolution historique en matière de contrôle de poussière dans les milieux de travail.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, chrysotile, industrie, milieu de travail, prélèvement, international, AIA.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 111-114 (2001)

## FIBER RELEASE DURING THE HANDLING OF PRODUCTS CONTAINING CHRYSOTILE ASBESTOS USING MODERN CONTROL TECHNOLOGY

GORDON M. BRAGG<sup>§</sup>

*Department of Mechanical Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario N2L 3G1, Canada*

## ABSTRACT

The levels of airborne fibers due to asbestos-based milling, manufacturing and installation operations have decreased over time. This decrease is due in part to wider dissemination of the knowledge of risks related to asbestos dust, and in part to the increased ability to measure the concentration of airborne fibers at very low levels. The occupational levels of airborne fibers have decreased owing to three main procedures. These are: complete elimination of some fiber-generating operations, improved ventilation, particularly with near-total enclosure of processes, and modified tools and equipment. As a result of these control procedures, asbestos may be worked and used at very low levels of airborne fibers, which are within current regulatory limits.

*Keywords:* asbestos, chrysotile, dust, fiber, control.

## SOMMAIRE

Le niveau de fibres dans l'air attribuables à la manufacture, à l'usinage et à l'installation de produits contenant de l'amiante continue de diminuer au fil des années. Cette diminution serait due à la fois à une appréciation plus étendue des risques associés à la poussière d'amiante, et aussi à une capacité accrue de mesurer des concentrations infimes de fibres aéroportées. Les niveaux occupationnels de ces fibres ont diminué à cause de trois facteurs: élimination complète de certains procédés aptes à créer de telles fibres, améliorations de la ventilation, en particulier avec isolation presque totale de certains processus, et des outils et équipement modifiés. Ces améliorations des procédés de contrôle font que l'on peut maintenant travailler et utiliser l'amiante à des niveaux très faibles de fibres dans l'air, et certainement au-dessous du seuil des limites imposées.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, chrysotile, poussière, fibre, contrôle.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 115-118 (2001)

## CONCENTRATIONS OF ASBESTOS FIBERS IN THE GENERAL ENVIRONMENT RESULTING FROM THE USE OF MODERN, HIGH-DENSITY CHRYSOTILE-ASBESTOS-BASED PRODUCTS

JACQUES DUNNIGAN<sup>§</sup>

380, chemin de North Hatley, Katevale, Québec J0B 1W0, Canada

## ABSTRACT

In health and environmental issues, it is my view that government policy and regulatory actions are driven by perceptions. Ideally, one would hope that perceptions are as close as possible to reality. Over the years, the decision-making process has in some cases resulted in inappropriate or unwarranted regulations affecting several aspects of society, including social costs that are out of proportion to the possible benefits. This would seem to be the case with regard to asbestos, and more specifically to chrysotile asbestos, in its limited, high-density modern applications such as chrysotile cement and friction materials, where the fibers are encapsulated in a solid matrix. In this paper, I propose to revisit this issue in the light of a precise definition of the concepts of "hazard" and "risk". A review of some data of asbestos-fiber emissions to the general environment under actual present-day conditions of use of chrysotile-only asbestos shows that it does not represent a significant risk to public health.

*Keywords:* asbestos, chrysotile, hazard, risk, asbestos cement, asbestos-based friction materials, asbestos waste.

## SOMMAIRE

A mon avis, les politiques et les actions régulatrices des gouvernements en matière de santé publique et de problèmes environnementaux répondent aux perceptions du public. De façon idéale, on pourrait s'attendre à des perceptions aussi proches que possible de la réalité. Au fil des années, le processus décisionnel a mené dans certains cas à des règlements non appropriés ou non souhaités affectant plusieurs aspects de notre société, entraînant par exemple des coûts sociaux jugés démesurés par rapport aux bénéfices anticipés. Ce scénario semble s'appliquer au cas de l'amiante, et tout particulièrement au chrysotile, utilisé aujourd'hui de façon restreinte dans des applications de haute densité comme le ciment et les matériaux de friction, dans lesquels les fibres sont encastées dans une matrice solide. Dans ce travail, je me propose de revenir sur ce thème en tenant compte de la définition précise des concepts "danger" et "risque". Un survol des données disponibles sur la quantité de fibres d'amiante dans les conditions ambiantes actuelles de la seule utilisation du chrysotile montre qu'il ne présente pas de risque important à la santé publique.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, chrysotile, danger, risque, ciment d'amiante, matériaux de friction à base d'amiante, déchets d'amiante.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, p. 119 (2001)

## CHRYSOTILE, TREMOLITE-ACTINOLITE AND MESOTHELIOMA

FREDERICK D. POOLEY<sup>§</sup>

*Division of Materials and Minerals, Cardiff School of Engineering, University of Wales, Cardiff CF2 1XH, Wales, U.K.*

J. CHRISTOPHER WAGNER<sup>†</sup>

*Flat La Retreat, 10 Frederick Place, Weymouth, Dorset DT4 8HQ, U.K.*

#### ABSTRACT

The average proportional variation of chrysotile, tremolite–actinolite and other asbestos mineral fibers in the results of lung-fiber burden analyses from studies performed by the authors are examined in this paper. These investigations include the examination of cohorts from chrysotile-mining and asbestos-manufacturing industries, as well as asbestos diseases case-control population groups. The proportions of chrysotile and tremolite–actinolite detected in the lung-fiber burdens were found to vary among the study groups, chrysotile ranging from 4.2 to 98.9%, tremolite–actinolite from not detectable to 47.7% by number of the fiber burden. The proportion of other commercial amphibole fibers (“amosite” and “crocidolite”) ranges from not detectable to 46.4%. The proportion of chrysotile in mining cohorts varies from 39.1% for Canadian cases to 98.9% for cases from Zimbabwe, with tremolite–actinolite varying from 47.7 to 0.9%. The proportion of tremolite in Canadian mining cases exceeds the values detected in cases from all other chrysotile-mining situations. Levels of chrysotile fibers in the lung tissues of cases from asbestos-manufacturing and insulation industries where chrysotile had been utilised extensively range from 87.2 to 20.3%, whereas tremolite varies from 22.5% to non-detectable limits. For cases of asbestos-related disease, levels of chrysotile fiber in lung tissue range from 29.3 to 4.2%, whereas tremolite fiber range from 19.1 to 0.2% by number. The matched case-controls in these studies, together with control cases from studies of asbestos-exposed cohorts, show proportions of chrysotile fibers varying from 95.6 to 85.3%, and of tremolite, from 2.9 to 0.8%. The amount of tremolite in proportion to chrysotile asbestos fibers detected in the lung tissue of cases from the Canadian chrysotile mining industry were found to exceed levels in all other asbestos disease case-studies, occupationally and non-occupationally exposed study-groups, generally by a considerable margin, as illustrated by the values of the ratio of the geometric mean values of chrysotile to tremolite detected in these various studies.

#### SOMMAIRE

Nous examinons la variation de la proportion moyenne du chrysotile, de la trémolite–actinolite et des autres fibres de minéraux asbestiformes dans les analyses de charge pulmonaire. Ces travaux comportent l'examen de cohortes provenant de centres d'exploitation du chrysotile et de manufacture de produits d'amiante, de même que de groupes-témoins choisis pour évaluer les maladies dues à l'amiante. Les proportions de chrysotile et de trémolite–actinolite décelées dans les charges pulmonaires varient parmi les groupes étudiés; pour le chrysotile, l'intervalle de variation va de 4.2 à 98.9% des fibres, et la trémolite–actinolite, de non décelable à 47.7% des fibres. La proportion des autres sortes de fibres d'amphibole (“amosite” et “crocidolite”) varie entre non décelable à 46.4%. La proportion de chrysotile dans les cohortes impliquées dans l'exploitation des mines canadiennes varie de 39.1% au Canada à 98.9% au Zimbabwe, la trémolite–actinolite variant de 47.7 à 0.9%. La proportion de la trémolite pour les sujets impliqués dans l'exploitation au Canada dépasse les valeurs mesurées dans tous les autres cas impliqués dans l'exploitation du chrysotile. Les taux de fibres de chrysotile dans les tissus pulmonaires de travailleurs dans l'industrie de manufacture et d'insulation où le chrysotile avait été utilisé de façon importante varie entre 87.2 à 20.3%, tandis que la trémolite varie entre 22.5% et le seuil de détection. Pour les cas de maladies liées à l'amiante, le niveau de fibres de chrysotile dans les tissus pulmonaires va de 29.3 à 4.2%, tandis que le nombre de fibres de trémolite varie entre 19.1 et 0.2%. Les cas-témoins corcordants évalués dans ces études, de même que les cas-témoins d'autres études de cohortes exposées à l'amiante, montrent des proportions de fibres de chrysotile allant de 95.6 à 85.3%, et de fibres de trémolite, de 2.9 à 0.8%. La quantité de trémolite par rapport à la quantité de fibres de chrysotile décelées dans les tissus pulmonaires de travailleurs canadiens dans l'industrie du chrysotile dépasse les niveaux observés dans toutes les autres études de l'incidence des maladies dues à l'amiante, soit due à une exposition occupationnelle ou non, et en général par un marge considérable, comme en témoigne le rapport des moyennes géométriques du nombre de particules de chrysotile et de trémolite décelées.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 135-140 (2001)

#### SIMIAN VIRUS 40, ASBESTOS, AND THE DEVELOPMENT OF MALIGNANT MESOTHELIOMAS

AMY POWERS, PAOLA RIZZO, ILARIA DI RESTA, CHRISTINE MATKER AND W. MARTIN KAST

*Cancer Immunology Program, Cardinal Bernardin Cancer Center, Loyola University of Chicago, 2160 South First Avenue, Maywood, Illinois 60153, U.S.A.*

LUCIANO MUTTI

*Clinica del Lavoro, Salvatore Maugi, Via Marengo 36, I-15100 Alessandria, Veruno, Italy*

HARVEY I. PASS

*Wayne State University, Harper Hospital, 3990 John Road, Suite 2102, Detroit, Michigan 48201, U.S.A.*

MICHELE CARBONE<sup>1</sup>

*Cancer Immunology Program, Cardinal Bernardin Cancer Center, Loyola  
University of Chicago, 2160 South First Avenue, Maywood, Illinois 60153, U.S.A.*

#### ABSTRACT

Simian virus 40, a DNA tumor virus that causes mesothelioma in hamsters and transforms human cells in tissue culture, has been recently detected in human mesotheliomas. In these tumors, the SV40 large-T antigen binds and inactivates several tumor suppressors, including p53, leaving the cell more vulnerable to other carcinogens, including asbestos.

*Keywords:* simian virus 40, asbestos, mesothelioma.

#### SOMMAIRE

On a récemment découvert, chez les humains atteints du mésothéliome, le virus simien 40, agent de tumeurs du ADN qui cause des mésothéliomes chez les hamsters et qui transforme des cellules humaines de tissus cultivés. Dans ces tumeurs, l'antigène "gros T" du virus se rattache à plusieurs inhibiteurs de tumeurs, dont p53, et les rend inactifs, de sorte que la cellule devient plus vulnérable aux autres carcinogènes, par exemple l'amiante.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* virus simien 40, amiante, mésothéliome.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 141-144 (2001)

### **p53 AND THE RETINOBLASTOMA GENE FAMILY IN HUMAN MESOTHELIOMA: THE SV40 HYPOTHESIS**

FELICIANO BALDI

*Istituto di Anatomia Patologica, Facoltà di Medicina, Seconda Università degli studi di Napoli,  
Via L. Armanni 5, I-80138 Napoli, Italy*

ALFONSO BALDI<sup>§</sup>

*Via G. Orsi 25, I-80128 Napoli, Italy*

GIOVANGIACOMO GIORDANO

*Istituto di Anatomia Patologica, Facoltà di Medicina, Seconda Università degli studi di Napoli,  
Via L. Armanni 5, I-80138 Napoli, Italy*

ANTONIO GIORDANO<sup>†</sup>

*Department of Pathology, Anatomy and Cell Biology and Sbarro Institute for Cancer Research and Molecular Medicine, Jefferson Medical College, 1020 Locust street, Philadelphia Pennsylvania 19107, U.S.A.*

#### ABSTRACT

Mesotheliomas are the most important primary pleural neoplasms. Several studies have documented an increase in the incidence of malignant mesothelioma during the last several years. Although the association of asbestos exposure and the development of mesothelioma is commonly accepted, the exact mechanism whereby asbestos causes mesotheliomas is unknown. In order to obtain a better understanding of the molecular mechanisms of pathogenesis of mesothelioma, the most recent data about the involvement of pRb and p53 (the two best known tumor suppressor genes) in mesothelioma are presented, with particular attention to the possible involvement of SV40 large-T antigen.

*Keywords:* retinoblastoma gene family, p53, SV40, large-T antigen, mesothelioma, asbestos.

#### SOMMAIRE

Les mésothéliomes sont les néoplasmes pleuraux primaires les plus importants. Plusieurs études ont démontré une augmentation dans l'incidence de cas de mésothéliome malin ces dernières années. Quoiqu'une association du développement du mésothéliome avec une exposition à l'amiante est généralement acceptée, le mécanisme exact de l'implication de l'amiante demeure méconnu. Afin d'obtenir une meilleure compréhension du mécanisme moléculaire de la pathogenèse du mésothéliome, nous présentons les données les plus récentes à propos de l'implication de pRb et p53, les deux gènes suppresseurs de tumeurs les mieux connus, dans le développement du mésothéliome; nous portons une attention particulière à l'implication possible de l'antigène "grand-T" du virus simien SV40.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* famille de gènes retinoblastoma, p53, SV40, antigène "grand-T", mésothéliome, amiante.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 145-154 (2001)

## DOSE, DIMENSION, DURABILITY AND BIOPERSISTENCE OF CHRYSOTILE ASBESTOS

NEIL F. JOHNSON<sup>§</sup>

*Lovelace Respiratory Research Institute, P.O. Box 5890, Albuquerque, New Mexico 87185, U.S.A.*

BROOKE T. MOSSMAN\*

*Department of Pathology, University of Vermont, College of Medicine, Soule Medical Alumni Building,  
Burlington, Vermont 05405, U.S.A.*

### ABSTRACT

Chrysotile asbestos is cleared more rapidly than riebeckite ("crocidolite") or grunerite ("amosite") asbestos from the lung following inhalation. This enhanced clearance of chrysotile appears to be due to the greater solubility in lung fluid and tissues compared to riebeckite ("crocidolite"). Magnesium is readily leached from chrysotile fibers under acid conditions such as those found in the phagolysosomes of alveolar macrophages. Removal of magnesium can be expected to make the remaining silica-dominant framework fragile and susceptible to breakage and removal by macrophages. The breakage of a fiber may be accelerated by alternating pH conditions found between phagosomes and extracellular fluids. The time frame of chrysotile dissolution is longer than the typical *in vitro* study and the short-term inhalation study. This makes the study of the mechanism of chrysotile-induced lung damage difficult without the use of long-term exposure studies.

*Keywords:* chrysotile, durability, biological effects, dose, exposure.

### SOMMAIRE

Le chrysotile est éliminé plus rapidement des poumons suite à une inhalation que la riebeckite fibreuse ("crocidolite") ou la grunerite fibreuse ("amosite"). Cette élimination préférentielle du chrysotile serait due à sa solubilité accrue dans les fluides et les tissus pulmonaires par rapport à la riebeckite fibreuse, par exemple. Le magnésium est efficacement lessivé des fibres de chrysotile en milieux acides, par exemple dans les phagolysosomes des macrophages alvéolaires. Un tel lessivage du magnésium rendrait la trame siliceuse résiduelle fragile et susceptible d'être brisée et éliminée par les macrophages. Le bris d'une fibre pourrait bien se produire plus rapidement s'il y a alternance de conditions de pH impliquant phagosomes et fluides extracellulaires. La dissolution du chrysotile prend plus de temps que la durée d'une étude typique *in vitro* ou une étude d'inhalations à court terme. De ce fait, l'étude du mécanisme d'endommagement des poumons par l'action du chrysotile sera difficile sans recours à des études d'exposition à long terme.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* chrysotile, durabilité, effets biologiques, dose, exposition.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 165-175 (2001)

## HEALTH EFFECTS ASSOCIATED WITH MINING AND MILLING CHRYSOTILE ASBESTOS IN QUEBEC AND THE ROLE OF TREMOLITE

GRAHAM W. GIBBS<sup>§</sup>

*Safety Health Environment International Consultants Corp., 38 Athabasca Avenue, Suite 101,  
Devon, Alberta T9G 1G2, Canada*

### ABSTRACT

Chrysotile asbestos mining began in Quebec in 1878. In the mid-1960s, Dr. Corbett McDonald and colleagues undertook studies of mortality, radiology, pulmonary function and work environment in this industry. By 1992, more than 80% of an initial mortality cohort of 11,000 workers born between 1891 and 1921 had died. Among the some 8000 deaths, there were 38 cases of mesothelioma, 33 of them in miners and millers. The geographical distribution of these cases strongly supports the hypothesis that mesotheliomas in chrysotile miners and millers are related to exposure to tremolite fiber. The rates of radiologically detected pleural calcification are higher in miners and millers working where mesothelioma risks were greatest. However, persons who had pleural calcification did not seem at an increased risk of mesothelioma.

There was an increased risk of lung cancer in chrysotile miners and millers, but no trend of increasing risk with cumulative exposure until it reached an estimated 900 f/mL-years or so, more than two orders of magnitude greater than would exist at present-day standards in North America. Recent evidence shows that this increased risk of lung cancer may also be associated with exposure to tremolite fibers.

The risk of lung cancer in chrysotile textile workers in Charleston, South Carolina, is up to 50 times greater than that in Quebec chrysotile miners and millers. To date, hypotheses to explain this difference in lung-cancer risk include a role for mineral oils used in the textile plant and differences in the dimensions of chrysotile fibers. Whereas the available data are limited, the evidence suggests that long fibers of tremolite fibers (and other long, biopersistent fibers) should be added to this list of hypotheses to be tested as etiological factors in chrysotile-related lung cancer.

**Keywords:** asbestos, chrysotile, tremolite, mining, milling, mesothelioma, lung cancer, pleural calcification, Thetford Mines, Asbestos, Quebec.

## SOMMAIRE

L'exploitation des mines de chrysotile au Québec débute en 1878. Au milieu des années soixante, le docteur Corbett McDonald et ses collègues entreprirent des études portant sur la mortalité, la radiologie, les fonctions pulmonaires et le milieu de travail dans cette industrie. En 1992, plus de 80% de la cohorte de 11,000 travailleurs nés entre 1891 et 1921 étaient décédés. Parmi les quelques 8000 décès, il se trouvait 38 cas de mésothéliome, dont 33 chez les mineurs et les préposés au moulin. La distribution géographique de ces cas établie de façon frappante l'hypothèse voulant que les cas de mésothéliome chez les mineurs de chrysotile et les préposés au moulin soient liés à une exposition aux fibres de trémolite. Aussi, les cas de calcification pleurale, décelés par radiologie, sont plus élevés chez les mineurs et les préposés au moulin dans les régions où les risques de mésothéliome sont plus élevés. En revanche, les personnes atteintes de calcification pleurale ne semblent pas plus à risque de souffrir de mésothéliome.

Il y a un risque accru de cancer pulmonaire chez les mineurs de chrysotile et les préposés au moulin, mais sans indication d'une augmentation du risque avec la dose cumulée, au moins jusqu'à un seuil d'environ 900 f/mL-années, plus de deux ordres de grandeur supérieurs à ce qui existe aujourd'hui selon les normes courantes en Amérique du Nord. D'après les observations récentes, ce risque de cancer pulmonaire serait lié à une exposition aux fibres de trémolite.

Les risques de cancer pulmonaire chez les travailleurs du textile de chrysotile à Charleston, en Caroline du Sud, seraient jusqu'à 50 fois supérieurs à ceux encourus par les mineurs de chrysotile et les préposés au moulin au Québec. Parmi les hypothèses pour expliquer cette différence dans le risque d'un cancer pulmonaire, on attribue un rôle aux huiles minérales utilisées dans les moulins de textiles et à la différence dans la dimension des fibres de chrysotile. Quoique les données disponibles soient limitées, elles semblent indiquer que la présence de longues fibres de trémolite (et autres longues fibres biopersistantes) mérite d'être considérée parmi les facteurs étiologiques favorisant le cancer pulmonaire lié au chrysotile.

(Traduit par la Rédaction)

**Mots-clés:** amiante, chrysotile, trémolite, exploitation minière, préposés au moulin, mésothéliome, cancer pulmonaire, calcification pleurale, Thetford Mines, Asbestos, Québec.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 177-186 (2001)

## THE EXPERIENCE OF THE BALANGERO CHRYSOTILE ASBESTOS MINE IN ITALY: HEALTH EFFECTS AMONG WORKERS MINING AND MILLING ASBESTOS AND THE HEALTH EXPERIENCE OF PERSONS LIVING NEARBY

STEFANO SILVESTRI<sup>1</sup>

*Epidemiology Unit, Centre for Cancer Study and Prevention, Via di San Salvi 12, I-50135 Florence, Italy*

CORRADO MAGNANI<sup>2</sup>

*Unit of Cancer Epidemiology, S. Giovanni Hospital and University of Torino,  
Regional Center for Cancer Epidemiology and Prevention (CPO), V. Santena 7, I-10126 Torino, Italy*

ROBERTO CALISTI

*Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro ASL 5 – Orbassano, Str. Rivalta 46, I-10043 Orbassano, Italy*

CATERINA BRUNO

*Istituto Superiore di Sanità – Roma, V.le Regina Elena 299, I-00161 Roma, Italy*

## ABSTRACT

The Balangero asbestos mine is the only chrysotile mine in Italy. In this paper, we summarize information on work practice, fiber concentration, and health-related effects in the workers and in the population of the area. Mine activity started in 1917 and grew rapidly during the following years. During the sixties, the number of production lines in the mill increased, and production was between 100,000 and 150,000 tonnes per year. The activity declined during the 1980s and ceased in February 1990. At Balangero, chrysotile asbestos occurs in a serpentinized rock; the percentage of asbestos ranges from 4 to 8%, and fiber length is less than 4–5 mm. The ore also includes balangeroite, a magnesium–iron fibrous silicate similar, from a morphological point of view, to amphibole.

Until the end of the sixties, mining and milling occurred without any reliable system of dust control. Dust control through the ore-treatment process was introduced in 1965 and gradually improved until 1982. The main steps involved filtering, centralized vacuum cleaning, wetting, and the use of air-sealed cabins. Actual measurements of asbestos-fiber concentration date back to 1968, from investigations carried out by technical advisers to the company. A program of periodic and regular dust-monitoring was initiated by the company in 1975 and continued until 1989, with more than 2000 samples collected in 14 years.

The cohort of asbestos miners and millers at the Balangero mine (Piolatto *et al.* 1990) showed a statistically significant increase in total mortality and in mortality from cancers of the upper aerodigestive tract, pleural malignancies, cardiovascular diseases and liver cirrhosis. Occurrence of pleural malignancies and laryngeal cancers increased with cumulative exposure. We update in this paper the incidence of mesothelioma in the cohort, on the basis of a search of the literature and of the files of the Mesothelioma Registry of Piedmont. Three additional cases of malignant mesothelioma of the pleura were found with past exposure in the mine, and no evidence of other occupations entailing exposure to asbestos. Cumulative exposure to fibers estimated for these cases was: 340, 319 and 1064 f/mL 3 years. In the period considered, 0.15 incident cases of pleural mesotheliomas were expected. Frequency of asbestosis in the Balangero workforce also was very high. Piolatto *et al.* (1990) observed 16 deaths from asbestosis in 1946–1987, corresponding to a mortality rate of 59 per 100,000 person-years. Fifteen new cases of asbestosis were compensated in 1984–1993 among miners residents in one of the four towns surrounding the mine of Balangero (Ispesl 1997). Three cases of malignant mesothelioma were observed in the general population, but they were explained by occupational or domestic exposure.

**Keywords:** mesothelioma, asbestosis, chrysotile, asbestos mining, Balangero, Italy.

## SOMMAIRE

La mine d'amiante de Balangero est la seule exploitée pour le chrysotile en Italie. Dans cet ouvrage, nous résumons l'information disponible à propos des méthodes de travail, des concentrations de fibres, et de leurs effets sur la santé des travailleurs et celle des résidents de la région.

L'exploitation a débuté en 1917 et progressa rapidement au cours des années suivantes. Dans les années soixante, le nombre de chaînes de production augmenta à l'usine, et la production atteignait entre 100,000 et 150,000 tonnes par année. L'activité diminua au cours des années quatre-vingt, et cessa en février 1990. A Balangero, le chrysotile se trouve dans une roche serpentinitisée; la teneur en fibres d'amiante varie entre 4 et 8%, et la longueur des fibres est inférieure à 4–5 mm. Le mineraï contient aussi la balangéroïte, silicate fibreux de fer et de magnésium semblable, du point de vue morphologique, à une amphibole.

Jusqu'à la fin des années soixante, l'extraction du mineraï et son traitement se sont déroulés sans système fiable de contrôle de la poussière. Des mesures visant à minimiser la poussière pendant le traitement du mineraï ont été introduites en 1965, et graduellement améliorées jusqu'en 1982. Les étapes principales comprenaient la filtration, l'aspiration centralisée, l'humectage, et l'utilisation de cabines hermétiques. Les mesures de concentration des fibres d'amiante ont débuté en 1968, suite aux études effectuées par les consultants techniques de la compagnie exploitante. Celle-ci initia un programme de dosage périodique et régulier des niveaux de poussière en 1975, continué jusqu'en 1989; plus de 2000 échantillons ont été prélevés en 14 ans.

La cohorte de mineurs et de travailleurs de l'amiante à la mine de Balangero (Piolatto *et al.* 1990) montre un taux de mortalité accru et statistiquement établi, ainsi qu'un taux de mortalité due au cancer des canaux aerodigestifs supérieurs, au cancer de la plèvre, aux maladies cardiovasculaires et à la cirrhose du foie. Les incidences de cancer de la plèvre et du larynx augmentent avec le cumul de l'exposition aux fibres. Nous mettons à jour dans cet ouvrage le taux d'incidence de mésothéliome dans la cohorte suite à une recherche de la littérature et des fichiers dans le registre des cas de mésothéliome dans le Piedmont. Trois cas additionnels de mésothéliome malin de la plèvre ont été découverts chez des travailleurs à l'emploi de la compagnie, et sans évidence d'autres contacts occupationnels avec l'amiante. Le taux d'exposition cumulatif aux fibres dans ces trois cas serait 340, 319 et 1064 f/mL-année. Pour la même période, on s'attendrait à 0.15 cas de mésothéliome dans la population générale. Le taux d'incidence d'asbestose chez les travailleurs à Balangero est aussi très élevé. Piolatto *et al.* (1990) ont documenté seize décès dus à l'asbestose dans la période 1946–1987, équivalent à un taux de mortalité de 59 par 100,000 personnes-années. Quinze nouveaux cas d'asbestose parmi les mineurs résidents de quatre municipalités près de Balangero ont été compensés dans la période 1984–1993 (Ispesl 1997). Trois cas de mésothéliome malin ont été découverts dans la population générale, mais on peut les expliquer par une exposition occupationnelle ou domestique.

(Traduit par la Rédaction)

**Mots-clés:** mésothéliome, asbestose, chrysotile, exploitation de l'amiante, Balangero, Italie.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 187–198 (2001)

## THE HEALTH EFFECTS OF MINING AND MILLING CHRYSOTILE: THE RUSSIAN EXPERIENCE

SERGEY V. SHCHERBAKOV<sup>†</sup>, SERGEY KASHANSKY, STANISLAV G. DOMNIN<sup>§</sup>  
AND FAVEL M. KOGAN<sup>‡</sup>

*Medical Research Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers, 30 Popov Street,  
Ekaterinburg 620014, Russian Federation*

VLADIMIR KOZLOV AND VLADIMIR A. KOCHELAYEV

*Uralasbest Joint Stock Company, 66 Uralskaya, Asbest 624060, Russian Federation*

ROBERT P. NOLAN<sup>§</sup>

*Environmental Sciences Laboratory, Brooklyn College of The City University of New York, 2900 Bedford Avenue,  
Brooklyn, New York 11210-2889, U.S.A.*

#### ABSTRACT

The former Soviet Union produces over 50% of the world's chrysotile asbestos and is the largest user of the mineral. Occupational exposures are controlled using six different gravimetric standards, which vary depending on the percentage of chrysotile asbestos in the dust and the type of asbestos-containing product being fabricated. Uncontrolled exposures produced high incidence of asbestosis and lung cancer, although historically mesothelioma has been and remains a rare disease in the Russian industry. The Russian experience with the mining and milling of chrysotile ore indicates that the incidence of asbestosis and lung cancer can be significantly reduced by controlling the exposures. Lung-content analysis in ten cases of asbestosis revealed that tremolite is not an etiological factor. In the fabrication of some asbestos-containing products, where historical exposures have been lower than in mining and milling, the risk of lung cancer is similar to that in the general population. Even significant non-occupational exposure to chrysotile has been associated with slight if any increased incidence of mesothelioma.

*Keywords:* chrysotile asbestos, asbestos-related disease, asbestosis, fibrosis, lung cancer, mesothelioma, Sverdlovsk Region, Urals, Russia.

#### SOMMAIRE

La Fédération russe produit plus de 50% de l'amiante de type chrysotile, et serait le plus important utilisateur de ce minéral au monde. En Russie, les taux d'exposition occupationnelle sont évalués avec six étalons gravimétriques, qui varient selon la proportion de fibres de chrysotile dans la poussière et le type de produit contenant l'amiante. Les expositions non contrôlées ont produit une incidence élevée d'asbestose et de cancer pulmonaire, quoique de façon historique, le mésothéliome a été et demeure une maladie rare sur le territoire de la Fédération russe. D'après l'expérience russe de l'extraction et de l'usinage du chrysotile, on peut réduire de façon importante le taux d'incidence de l'asbestose et du cancer pulmonaire simplement en réduisant le taux d'exposition. Une analyse de la charge pulmonaire dans dix cas d'asbestose montre que la tremolite n'est pas un facteur étiologique. Dans les milieux de fabrication de certains produits contenant de l'amiante, où les taux d'exposition passés ont toujours été plus faibles que dans les mines et les moulins, le risque de cancer pulmonaire ressemble au risque pour la population générale. Même les cas d'exposition non occupationnelle au chrysotile n'ont pas été associés à un accroissement significatif du taux d'incidence de mésothéliome.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante de type chrysotile, maladies liées à l'amiante, asbestose, fibrose, cancer pulmonaire, mésothéliome, région de Sverdlovsk, Ourales, Russie.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 199-206 (2001)

## MORBIDITY IN A COHORT OF CHILDREN LIVING IN AN ASBESTOS-PRODUCING AREA

STANISLAV G. DOMNIN, EDWARD G. PLOTKO AND ALEXANDER V. SHTOL

*Medical Research Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers, 30 Popov Street,  
Ekaterinburg 620014, Russian Federation*

ROBERT P. NOLAN<sup>§</sup>

*Environmental Sciences Laboratory, Brooklyn College of The City University of New York, 2900 Bedford Avenue,  
Brooklyn, New York 11210, U.S.A.*

#### ABSTRACT

Virtually all epidemiological studies concerning the health effects of chrysotile asbestos focus on the risk of cancer and asbestosis in occupationally exposed groups. However, chrysotile asbestos escapes into the environment, creating the opportunity for non-occupational exposure, particularly among children. To extrapolate health effects downward from higher occupational exposures associated with cancer risks among adults is obviously of limited applicability. The different asbestos-related diseases observed at higher exposure help to explain the widespread public awareness and interest about the risks at much lower exposures. Relatively small concentrations of chrysotile asbestos are typically found in the ambient environment around chrysotile mining and milling complexes. These exposures are low compared to the occupational setting, although considerably higher than other non-occupational exposures, such as those encountered in buildings with asbestos-containing materials. The purpose of this study is to determine if such exposures can produce increases in non-malignant respiratory diseases in children. A retrospective study of morbidity found that the youngest children in the area of the asbestos complex near Asbest City, in the Urals region of the Russian Federation, had a prominent increase in bronchitis compared to controls. This correlation did not occur in older children. Increases in respiratory complaints tended to occur one day after highest levels of all particulates in the dust, although for the newborn, this complaint often occurred on the same day.

*Keywords:* chrysotile asbestos, children, non-malignant respiratory diseases, morbidity, Urals, Russia.

#### SOMMAIRE

Presque toutes les études épidémiologiques des effets du chrysotile sur la santé ont pour objectif une documentation des risques de cancer et d'asbestose dans les groupes dont l'exposition vient du milieu de travail. Il faut se rappeler que le chrysotile peut s'échapper dans l'environnement, créant ainsi des occasions d'une exposition non occupationnelle, surtout chez les enfants. Il semble évident qu'une extrapolation des effets du chrysotile vers les taux d'exposition plus faibles à partir des taux occupationnels plus élevés établis chez les adultes est d'applicabilité limitée. Les diverses maladies liées à la présence d'amiante à des taux d'exposition élevés assurent une sensibilisation généralisée du public et un intérêt au sujet des risques encourus à des taux d'exposition beaucoup plus faibles. On trouve des concentrations relativement faibles de chrysotile dans le milieu ambiant près des exploitations de chrysotile et de traitement du minerai. Ces taux d'exposition sont faibles par rapport à ceux des chantiers, quoique nettement plus élevés que dans d'autres contextes de prélèvement non occupationnels, par exemple dans les édifices construits avec des matériaux contenant de l'amiante. Le but de cette étude était de déterminer si de telles expositions pouvaient produire une augmentation dans le taux d'incidence de maladies respiratoires non malignes chez les enfants. Suite à une étude rétrospective de la morbidité, les plus jeunes enfants de la région avoisinante du complexe d'exploitation de l'amiante près de la ville d'Asbest, dans la région de l'Ourale, en Russie, possédaient un taux nettement plus élevé de bronchite par rapport au groupe témoin. Cette corrélation n'affectait pas les enfants plus vieux. La flambée de plaintes concernant les problèmes respiratoires ont tendance à se manifester une journée après le niveau de poussière le plus élevé, quoique chez les nouveaux-nés, ces plaintes se manifestent souvent la journée même.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* chrysotile, amiante, enfants, maladies respiratoires non malignes, morbidité, Ourales, Russie.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 207-211 (2001)

## PATHOLOGICAL FINDINGS IN THE LUNGS OF LONG-TERM QUEBEC CHRYSOTILE MINERS AND MILLERS: AN ANALYSIS OF 247 CASES

ANDREW CHURG<sup>1</sup>

*Department of Pathology, University of British Columbia, 2211 Wesbrook Mall, Vancouver, British Columbia V6T 2B5*

### ABSTRACT

The pathological abnormalities in the lungs of a series of 247 chrysotile miners and millers from the Thetford Mines region of Quebec whose initial exposure occurred before 1961 were evaluated. Overall, parenchymal or airway fibrosis was seen in 76% of cases, pleural plaques in 68% of cases, and mesothelioma in 8.6% of cases. Using logistic regression, both plaques and fibrosis of any kind were associated with years of employment. When cases were segregated by decade of first exposure, both plaques and severe asbestosis were less common in workers first exposed during 1951 to 1960, a period of marked reduction in dust levels, compared to first exposure during previous years. Analysis of asbestos content in lungs showed that the highest levels of both chrysotile and tremolite fibers were seen in workers with mesothelioma and asbestosis, lower levels were present in those with airway fibrosis, and even lower levels in individuals with pleural plaques, lung cancer, or no asbestos-induced disease. These data suggest that long-term exposure to chrysotile at extremely high levels results in detectable pathological abnormalities in most, but by no means all subjects; they also imply that, even at high levels, reductions in exposure are associated with decreases in the incidence of pleural plaques and fibrosis. There is a correlation between fiber burden and the pattern of disease present.

*Keywords:* asbestos, chrysotile, mining and milling, mesothelioma, asbestosis, pleural plaques, Thetford Mines, Quebec.

### SOMMAIRE

On évalue ici les anomalies pathologiques des poumons de 247 mineurs et manipulateurs du chrysotile de la région de Thetford Mines (Québec) dont l'exposition initiale a eu lieu avant 1961. En général, on signale une fibrose du parenchyme pulmonaire et des conduits aériens dans 76% des cas, des plaques pleurales dans 68%, et un mésothéliome dans 8.6% des cas. Une régression logistique montre que le taux d'incidence de plaques et de fibrose quelconque dépend du nombre d'années de travail. Si on classe les cas selon la décennie du premier contact avec l'amiante, les cas avec plaques aussi bien que les cas sérieux d'asbestose sont moins nombreux chez les travailleurs dont le premier contact a eu lieu dans la période 1951-1960, période de réduction importante des niveaux de poussière, par rapport à ceux dont le premier contact a eu lieu dans les années précédentes. D'après une analyse du contenu de fibres d'amiante dans les poumons, on trouve les taux les plus élevés de chrysotile et de trémolite fibreuse chez les travailleurs souffrant de mésothéliome et d'asbestose, des niveaux plus faibles dans les cas de fibrose des canaux aériens, et des niveaux encore plus faibles chez les individus souffrant de plaques pleurales, de cancer des poumons, ou bien sans maladie due au contact avec l'amiante. Ces données montrent qu'une exposition au chrysotile à des niveaux très élevés et à long terme mène à des anomalies pathologiques détectables dans la plupart des cas, mais non tous. De plus, elles indiquent que même où les niveaux de fibres sont très élevés, des réductions du taux d'exposition mènent à des diminutions dans l'incidence des plaques pleurales et de la fibrose. Il y a une nette corrélation entre la charge pulmonaire en fibres et les maladies qui sont développées.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, chrysotile, exploitation et usinage, mésothéliome, asbestose, plaques pleurales, Thetford Mines, Québec.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, p. 213 (2001)

## **HEALTH EXPERIENCE OF CHRYSOTILE-ASBESTOS-CEMENT WORKERS IN INDIA**

S.P. VIVEK CHANDRA RAO

*Hyderabad Industries Limited, Sanamagar, Hyderabad 500 018, India*

### **ABSTRACT**

Hyderabad Industries Limited has produced asbestos-cement sheet since 1946 and high-pressure asbestos-cement pipe since the mid-1960s. The high-pressure pipe was fabricated at two locations using chrysotile and riebeckite ("crocidolite") asbestos; both were closed in the early 1990s. Effective dust-control systems in the workplace, commissioned between 1980 and 1982, have brought down dust levels from 5 f/mL to <0.5 f/mL ≥5 mm in length. Pneumoconiotic opacities present on workers' chest X-rays in 1980–1982 did not show any increase in profusion or extent in later years, which may be related to the more than 10-fold reduction in exposure. A program to reduce tobacco use begun in 1983 is considered to have reduced the obstructive changes in the airway, as observed during periodic medical examination.

### **SOMMAIRE**

La société Hyderabad Industries Limited fabrique des feuilles de ciment amiante depuis 1946 et des tuyaux pour utilisation à pression élevée en ciment amiante depuis 1965, environ. Les tuyaux, fabriqués à deux endroits, contenaient à la fois du chrysotile et de la riebeckite asbestiforme ("crocidolite"); les deux manufactures ont été fermées au début des années '90. Des systèmes efficaces de contrôle de la poussière en milieu industriel, mis en place entre 1980 et 1982, ont mené à des réductions en niveaux de fibres aéroportées dépassant 5 mm en longueur, de 5 f/mL à <0.5 f/mL. Les opacités pneumoconiotiques décelées entre 1980 et 1982 sur les radiographies pulmonaires des travailleurs n'ont pas montré d'augmentation en profusion ou en étendue au cours des années suivantes, ce qui pourrait bien résulter de la diminution par un facteur de dix du taux d'exposition. Un programme visant une réduction dans l'utilisation du tabac, commencé en 1983, aurait réduit les changements obstructifs des canaux respiratoires, ce qui a pu être confirmé au cours d'examens médicaux périodiques.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*  
Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 215–226 (2001)

## **ASBESTOS AND ENVIRONMENTAL HEALTH IN JAPAN**

TOSHIAKI HIGASHI<sup>§</sup>

*Department of Work Systems and Health, Institute of Industrial Ecological Sciences,  
University of Occupational and Environmental Health, Yahatanishi-ward, Kitakyushu City 807-8555, Japan*

KEN TAKAHASHI<sup>§</sup>

*Department of Environmental Epidemiology, Institute of Industrial Ecological Sciences,  
University of Occupational and Environmental Health, Yahatanishi-ward, Kitakyushu City 807-8555, Japan*

### **ABSTRACT**

Because of concern over the adverse effects on health of asbestos, the amount of asbestos used annually in Japan, as in other industrialized countries, has gradually fallen since peaking in the late 1980s. The Japanese government has implemented strict safety controls on the use of asbestos in accordance with principles established by the International Labour Organization's "Safe use" policy of 1986. In contrast with the ever-decreasing use of asbestos, the use of glass, rockwool and ceramic products is on the increase. The subject of research into the health effects of mineral fibers has currently shifted from asbestos to substitute fibrous materials. The system for managing work environments are different from those existing in other countries. In this paper, we review the state of asbestos use, levels of fibers in workplaces and the general environment, and provide an overview of epidemiological research. Current topics involve the impact of the earthquake that struck the Kobe area on January 17, 1995, and the current trend of regulations.

**Keywords:** asbestos, mineral fibers, lung cancer, mesothelioma, epidemiology, earthquake, Japan.

### **SOMMAIRE**

Comme conséquence des effets néfastes de l'amiante sur la santé, la quantité d'amiante utilisée annuellement au Japon ne cesse de diminuer depuis la fin des années quatre-vingt, tout comme dans les autres pays industrialisés. Le gouvernement japonais a mis en place des contrôles pour assurer l'utilisation sécuritaire de l'amiante, en concordance avec les principes établis par l'Organisation internationale des travailleurs dans leur code du travail sécuritaire de 1986. En revanche, les taux d'utilisation de matériaux synthétiques, comme le verre, la laine minérale et les produits céramiques ne cessent d'augmenter. Ainsi, la cible des travaux de recherche sur les effets des fibres minérales sur la santé s'est déplacée ces derniers temps à la faveur des substituts synthétiques de l'amiante. Au Japon, le système mis en place pour gérer les milieux de travail diffère de ceux qui existent dans les autres pays. Ici, nous nous proposons d'examiner le taux d'utilisation de l'amiante et le niveau de fibres dans les milieux de travail, et de faire un survol de la recherche en épidémiologie au Japon. En particulier, nous nous attardons sur des thèmes d'intérêt actuel, comme l'impact du tremblement de terre qui a frappé la région de Kobe le 17 janvier, 1995, et les tendances actuelles en matière de règlementation.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, fibres minérales, cancer du poumon, mésothéliome, épidémiologie, tremblement de terre, Japon.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 227-238 (2001)

## DO RISK ASSESSMENTS JUSTIFY BANNING CHRYSOTILE OR NOT?

MICHEL CAMUS<sup>§</sup>

*Health Protection Branch, Health Canada, 1001 St. Laurent Street West, Longueuil, Quebec J4K 1C7, Canada*

### ABSTRACT

An asbestos ban today implies replacing high-density *chrysotile* products by technically equivalent substitutes of unknown but suspected carcinogenicity. Deciding to ban asbestos should thus rely on a comparison of the risks of chrysotile and the risks of alternative products. No asbestos ban to date has been based on an effective comparative risk assessment. If deciders overestimate the risks of chrysotile while downplaying the risks of its substitutes, a ban may not improve public health safety.

Past quantitative risk assessments (QRAs) of asbestos have targeted risks associated with *asbestos* exposures to extant products “containing small amounts of crocidolite and substantial quantities of amosite” (*cf.* EPA, 1986). So past QRAs pooled studies of workers exposed to mixed asbestos fibers (averaging 25–30% amphiboles), resulting in a tendency to overestimate the risks of pure chrysotile exposures. Over the last 15 years, updates of these studies and new occupational and environmental studies have corroborated the hypothesis that chrysotile is significantly less potent than amphiboles. This new evidence has not been integrated in recent QRAs. The implied extra safety margins for chrysotile are protective when establishing hygiene standards. Substitution is a different ball game.

*Substitution* requires more realism or “impartiality” to ensure that existing risks will not be replaced inadvertently by larger ones. Only a formal *comparative QRA* can support the substitution of chrysotile. It is proposed that asbestos QRAs be updated methodologically and data-wise, that they focus on today’s chrysotile products, that uncertainty be formally accounted for, and that the risks of chrysotile be compared impartially with the risks of its substitutes, applying equal precaution to both parts of the comparison. A comparative assessment should incorporate qualitative factors formally, perhaps with a bayesian approach.

*Keywords:* asbestos fibers, chrysotile, amphiboles, quantitative risk assessment, exposure assessment, environmental risk, occupational risk, man-made mineral fibers, lung cancer, mesothelioma, synthetic organic fibers.

### SOMMAIRE

Bannir l’amiante aujourd’hui signifie remplacer des produits de *chrysotile* de haute densité par des substituts techniquement équivalents mais possiblement cancérogènes. Tout bannissement de l’amiante devrait donc s’appuyer sur une comparaison des risques du chrysotile avec ceux des substituts, or aucun bannissement de l’amiante n’a encore résulté d’une comparaison réaliste des risques. Faute d’une telle comparaison, un bannissement pourrait aussi bien réduire ou accroître les risques.

Dans le passé, les analyses quantitatives de risques (AQR) ciblaient surtout les risques associés aux produits d’*amiante* en place “contenant un peu de crocidolite et beaucoup d’amosite” (EPA, 1986). Cela pouvait justifier que les AQR passées extrapolent les risques de travailleurs fortement exposés à des amiantes minéralogiquement différents (25 à 30% d’amphiboles). Au cours des 15 dernières années, les nouvelles études et les mises à jour des anciennes études épidémiologiques sont venues corroborer l’hypothèse que le chrysotile pourrait être significativement moins toxique que les amphiboles. Ces nouvelles données n’ont pas été prises en compte par les AQR récentes. Les AQR de l’amiante tendent donc à surestimer les risques du chrysotile. Les normes d’hygiène consécutives seraient alors “trop protectrices”, ce qui ne peut pas nuire à la santé.

Par contre, une *substitution* s’appuyant sur une surestimation du risque existant pourrait inconsciemment accroître les risques des populations exposées. Pour une décision rationnelle de remplacer le chrysotile par des substituts, il faut une analyse comparative formelle et réaliste des risques de ces matériaux. Pour cela, il faut d’abord mettre à jour les méthodes et les données des AQR des amiantes, estimer spécifiquement les risques des produits de chrysotile actuels, estimer formellement l’incertitude des risques estimés, et comparer systématiquement ces risques avec ceux des substituts, avec le même principe de précaution pour les alternatives en cause. Vu le manque de données sur les substituts, on devrait intégrer des données qualitatives formellement, peut-être à l’aide d’une approche bayesienne.

*Mots-clés:* fibres d’amiante, chrysotile, amphiboles, analyse quantitative des risques, évaluation des expositions, risques environnementaux, risques occupationnels, fibres minérales synthétiques, cancer du poumon, mésothéliome, fibres organiques synthétiques.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 251-259 (2001)

## TOXICOLOGICAL INSIGHT INTO LOW-LEVEL EXPOSURE TO CHRYSOTILE

JOHN A. HOSKINS<sup>§</sup>

*MRC Toxicology Unit, Hodgkin Building, University of Leicester, Leicester LE1 9HN, U.K.*

## ABSTRACT

The disease potential of exposure to high levels of airborne respirable chrysotile fiber is well known, although the spectrum of diseases consequent upon exposure is, to a degree, controversial. Exposure is known to cause asbestosis and probably, also, lung cancer, particularly in cigarette smokers, but chrysotile seems unlikely to be responsible for mesothelioma. This spectrum of diseases results predominantly from heavy occupational exposure. Exposure to low levels of chrysotile, either occupationally or environmentally, and particularly to the levels found in the urban environment, does not produce attributable disease within the limitations of the epidemiological method. Nor does it produce any histopathological changes in the lungs. If it were not for the fact that chrysotile is unequivocally accepted as a carcinogen, then the risk associated with such low-level exposure would have been assessed as insignificant. However, carcinogens are judged by regulatory authorities to have no threshold of effect. Since this hypothesis cannot be tested, authorities rely on the precautionary principle in the hope that this will reduce the level of cancer in the population. However, there is at present little evidence that even urban levels of mineral fibers pose a real risk to human health. The near-hysterical rush to clear asbestos from buildings to reduce even this immeasurably small risk may cause more human exposure to mineral fibers and not less.

*Keywords:* chrysotile, smokers, risk, environmental levels, regulation.

## SOMMAIRE

On connaît bien le danger que peut constituer une exposition à des niveaux élevés de fibres aéroportées de chrysotile, quoique la variété de maladies liées à une telle exposition suscite la controverse, jusqu'à un certain point. On sait qu'une telle exposition cause l'asbestose, et aussi, probablement, le cancer du poumon, surtout chez les fumeurs, mais le chrysotile ne semble pas responsable de l'incidence du mésothéliome. Ces maladies résulteraient surtout d'une exposition occupationnelle importante. En revanche, les faibles taux d'exposition occupationnelle ou environnementale au chrysotile, et en particulier ceux des milieux urbains, ne sont pas la cause de maladies, compte tenu des limitations de la méthode épidémiologique. Une telle exposition ne serait pas non plus responsable de changements histopathologiques dans les poumons. Si ce n'était pas du fait que le chrysotile soit accepté sans équivoque comme carcinogène, le risque associé à ces faibles taux d'exposition serait considéré banal. Toutefois, les autorités régulatoires jugent que les effets des composés carcinogènes n'ont pas de seuil. Parce qu'il s'avère impossible de vérifier cette hypothèse, les autorités adoptent le principe de la précaution en espérant ainsi réduire l'incidence de cancer parmi la population. Il y a toutefois très peu d'évidence pour considérer que le niveau de fibres minérales en milieu urbain pose un vrai risque à la santé de la population. L'empressement presqu'hystérique d'enlever l'amiante d'édifices pour réduire encore davantage ce risque infime pourrait bien causer un niveau d'exposition accru au lieu de l'effet souhaité.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* chrysotile, fumeurs, risque, niveaux environnementaux, régulation.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 261-264 (2001)

## THE RECOGNITION OF HEALTH EFFECTS OF LOW-LEVEL EXPOSURE TO CHRYSOTILE: CLINICAL CONSIDERATIONS

J. BERNARD L. GEE

Pulmonary and Critical Care Section, Department of Internal Medicine, Yale University, 333 Cedar Street, P.O. Box 3333, New Haven, Connecticut 06501, U.S.A.

## ABSTRACT

There are considerable problems in the radiological and pulmonary physiological assessment of the potential consequences of low-level exposure to chrysotile. Pleural plaques, though physiologically and prognostically benign, provide the best early evidence of such exposure.

*Keywords:* asbestosis, chrysotile asbestos, pleural changes, pleural plaques, pulmonary function.

## SOMMAIRE

Des problèmes importants entravent une évaluation physiologique par moyens radiologiques et pulmonaires des conséquences possibles d'une exposition à de faibles quantités de chrysotile. Les plaques pleurales, quoique bénignes des points de vue physiologique et prospectif, offrent le meilleur indice précoce d'une telle exposition.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* asbestose, amiante de type chrysotile, changements pleuraux, plaques pleurales, fonction pulmonaire.

*The Health Effects of Chrysotile Asbestos:*

*Contribution of Science to Risk-Management Decisions*

Can. Mineral., Spec. Publ. 5, pp. 265-275 (2001)

# RISK ASSESSMENT FOR ASBESTOS AND MANAGEMENT OF LOW LEVELS OF EXPOSURE TO CHRYSOTILE

RICHARD WILSON<sup>§</sup>

*Department of Physics and Center for Risk Analysis, Harvard University,  
Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A.*

BERTRAM PRICE

*Price Associates Inc., P.O. Box 342, White Plains, N.Y. 10605, U.S.A.*

## ABSTRACT

In this paper, we estimate the risk to health from modern exposures to asbestos fibers, and compare these risks to other risks of modern life. We show that both the occupational risks and typical risks of asbestos in place in school buildings are lower than other typical risks of society. In this analysis, we assume a linear dose-response relationship. If there exists a threshold for induction of lung cancer or mesothelioma, the risk would be zero and the comparison, even more favorable.

*Keywords:* asbestos, risk, exposure, mesothelioma, cancer.

## SOMMAIRE

Nous évaluons dans ce travail les risques à la santé associés à l'exposition contemporaine aux fibres d'amiante, et nous comparons ces risques à d'autres qui sont associés à la vie moderne. Nous démontrons que les risques occupationnels et les risques typiques d'exposition dans des lieux tels que les édifices scolaires sont plus faibles que les risques rencontrés dans la vie moderne. Dans cette analyse, nous supposons une relation dose-réponse linéaire. S'il existe un seuil associé à l'induction du cancer pulmonaire ou du mésothéliome, le risque serait nul, et la comparaison, même davantage favorable.

(Traduit par la Rédaction)

*Mots-clés:* amiante, risques, exposition, mésothéliome, cancer.