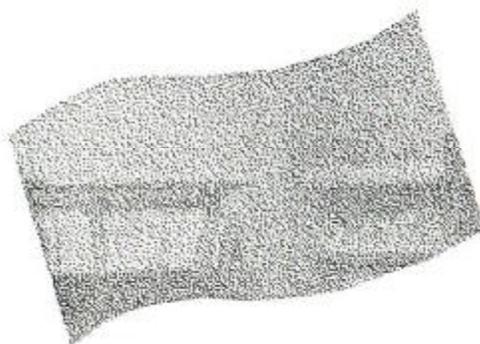


**Évaluation de la concentration
de fibres d'amiante
émises dans l'air ambiant
de bâtiments scolaires**

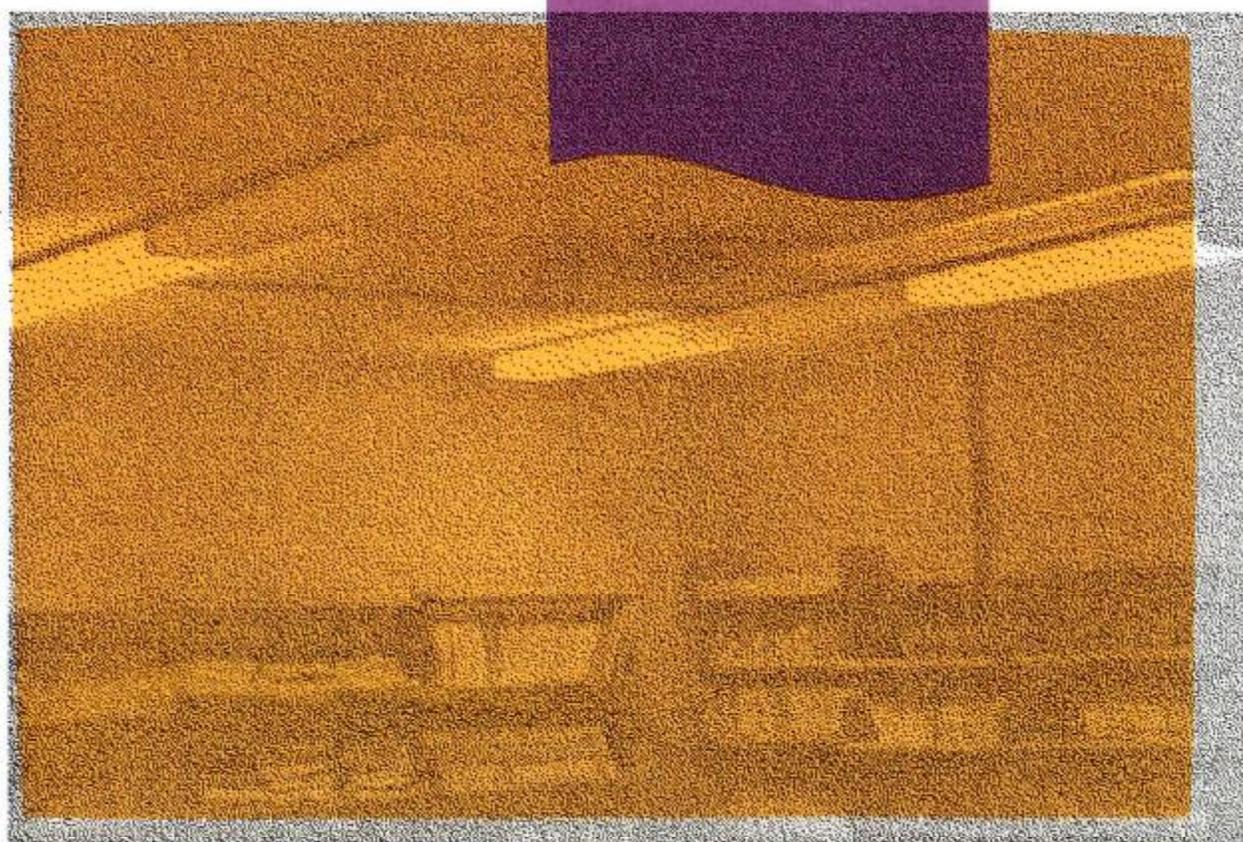


**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Chantal Dion
Guy Perrault

Septembre 2000 R-256

RAPPORT



La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et subventionne des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut, en téléphonant au 1-877-221-7046.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications ou gratuitement sur le site de l'Institut.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2000

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
Septembre 2000.

Évaluation de la concentration de fibres d'amiante émises dans l'air ambiant de bâtiments scolaires

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Chantal Dion, Programme hygiène et toxicologie, IRSST
Guy Perrault, Direction des opérations, IRSST

Avec la collaboration de:

Sylvain Allaire, CLSC Haute-Ville
Sylvain Dubé, CLSC Montréal-Nord
Robert Fraser, RRSSS Saguenay-Lac-Saint-Jean
Michel Galarneau, RA de l'Outaouais
Chantal Lafortune, RRSSS Laval
Benoît Lévesque, Direction régionale de santé publique de Québec
Linda Montplaisir, RR de la Santé Publique - Laurentides
Pierre Pelletier, RRSSS de la Mauricie et du Centre-du-Québec
Luc Roberge, CLSC Frontenac

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site internet de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	i
RÉSUMÉ	ii
INTRODUCTION	1
PROBLÉMATIQUE	2
OBJECTIF	3
MÉTHODOLOGIE	3
<i>Choix des écoles</i>	4
<i>Échantillonnage</i>	5
<i>Analyse</i>	5
<i>Traitement des résultats</i>	6
RÉSULTATS ET DISCUSSION	6
CONCLUSION	8
REMERCIEMENTS	8
BIBLIOGRAPHIE	9
Annexe 1	11
Annexe 2	12
Annexe 3	13
Annexe 4	14

RÉSUMÉ

Une démarche préventive a été initiée dans les écoles, en mars 1998, par le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) et le ministère de la Santé et des Services Sociaux (MSSS), afin d'évaluer les possibilités d'exposition à l'amiante. Un critère de gestion de 0,01 fé¹/mL a été retenu par le MSSS pour identifier des sources possibles d'émission de fibres dans l'air des édifices publics.

L'objectif de la présente étude était de prélever un nombre significatif d'échantillons dans des locaux des bâtiments scolaires dont les matériaux floqués étaient très dégradés et d'évaluer les concentrations de fibres d'amiante dans l'air afin de documenter la capacité de ces matériaux à générer des fibres dans l'air.

Les échantillons ont été prélevés pendant l'occupation et les activités normales des différents locaux par la clientèle étudiante. Les autres variables retenues étaient reliées à la composition et à l'état des matériaux contenant de l'amiante - teneur en amiante élevée, friabilité de modérée à élevée et niveaux élevés de dégradation du flochage.

La concentration moyenne mesurée a été de 0,0031 fé/mL (77 échantillons; 17 écoles), ce qui est inférieure au critère de gestion retenu par le MSSS. Les fibres d'amiante n'ont pas été détectées dans 74% des échantillons; 10% des résultats étaient à la limite de détection; 8% avaient une concentration de 2 à 3 fois la limite de détection mais étaient inférieurs à 0,0012 fé/mL. Ce sont dans les gymnases où se déroulaient des activités avec lancer de ballon que les concentrations de fibres d'amiante étaient plus élevées, jusqu'à huit fois le critère de gestion. En effet, les quatre échantillons (6%) dont la concentration était supérieure au critère de gestion de 0,01 fé/mL provenaient de deux gymnases où se déroulaient des activités avec ballons. Deux autres échantillons (2%) dont la concentration se situait entre 0,002 et 0,008 fé/mL provenaient également d'un gymnase.

Dans les conditions normales d'occupation, de très faibles niveaux de fibres d'amiante dans l'air sont présents dans les écoles, sauf dans les locaux où des activités favorisent les contacts avec les matériaux, tels que jeux avec ballons et circulation intense, ce qui peut influencer la libération et la génération de fibres dans l'air. Les autres flocages d'amiante, même dégradés, ne donneraient donc pas lieu à des niveaux élevés de fibres dans l'air.

¹: fé: fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission

INTRODUCTION

Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a mis en place, en 1997, le comité aviseur sur l'exposition à l'amiante au Québec, afin d'avoir un portrait global des risques associés à l'amiante. Dans un contexte de santé publique, le comité a recommandé d'évaluer les risques d'exposition à l'amiante de la population générale dans les édifices publics. L'évaluation dans les écoles primaires et secondaires a été amorcée en priorité en raison de la présence de nombreux élèves et de leur âge compte tenu de la période de latence des maladies associées à l'exposition à l'amiante. Une démarche préventive a donc été initiée dans les écoles, en mars 1998, par le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) de concert avec le MSSS⁽¹⁾.

Plusieurs écoles du Québec ont été construites avant 1980, période durant laquelle l'amiante était largement utilisé comme isolant acoustique et comme agent ignifuge. La démarche de prévention visait plus particulièrement les matériaux contenant de l'amiante sous forme de flocage, soufflé sur les murs et les plafonds. Le procédé de flocage, utilisé jusque vers la fin des années 70, est maintenant interdit au Québec⁽²⁾.

La démarche préventive s'est déroulée en trois étapes:

1. L'identification des bâtiments scolaires où il y avait un flocage d'amiante, selon les directives du MEQ, était sous la responsabilité des directions des ressources matérielles des commissions scolaires. Parmi les 3300 bâtiments utilisés pour l'enseignement primaire et secondaire par 72 commissions scolaires, quelque 453 bâtiments appartenant à 52 commissions scolaires contiendraient des flocages d'amiante. Hormis la cinquantaine d'immeubles dont les locaux floqués à l'amiante ne sont pas fréquentés par les élèves, environ 12 % des bâtiments scolaires du Québec seraient touchés⁽³⁾.

L'IRSST, responsable de la caractérisation des matériaux, a analysé plus de 1500 échantillons provenant de près de 1000 bâtiments scolaires. L'amiante chrysotile a été retrouvé dans 55% des échantillons reçus; 10% des échantillons contenaient de l'amosite seul ou combiné avec le chrysotile; 0,2% des échantillons contenaient du crocidolite combiné avec de l'amosite et/ou du chrysotile; les amphiboles - actinolite, anthophyllite et trémolite - sont retrouvées en faible concentration, comme contamination naturelle du chrysotile.

2. L'évaluation qualitative de l'état de conservation du flocage d'amiante a été réalisée, sous la responsabilité du MSSS, par les équipes de santé au travail des différentes régions du Québec. Tous les locaux identifiés avec un flocage d'amiante ont été visités et classés à l'aide d'une grille d'évaluation développée par la direction de la Santé publique du Québec⁽¹⁾. La grille d'évaluation permet la classification des locaux selon leur degré de dégradation, en fonction de différents paramètres:

- État du matériau: endommagé ou non - apparence générale;
- Accessibilité du matériau: contact direct ou indirect des élèves et des travailleurs;
- Friabilité du matériau: type de fini et facilité à briser le matériau;
- Dispersion du matériau dans l'air: clientèle, activités ou circulation dans le local;
- Type d'amiante présent: chrysotile, amosite, crocidolite, autres amphiboles.

La grille d'évaluation a permis de classer les locaux selon trois cotes:

- Cotes 1 et 2: les matériaux ne sont pas détériorés ou commencent seulement à se dégrader;
- Cote 3: les matériaux sont dégradés.

Parmi les 453 bâtiments identifiés avec un flochage d'amiante, 118 d'entre eux ont tous les locaux cotés 1, 13 autres ont seulement des locaux cotés 2 et enfin, 258 bâtiments ont au moins un local coté 3. Plus de cinquante bâtiments ont été exclus dans ces chiffres car les locaux floqués n'étaient pas fréquentés par les élèves. Ce sont principalement les gymnases et les piscines qui constituent la plus grande proportion de cote 3. Dans le secteur privé, 32 écoles avec flochage d'amiante ont été identifiées lors de la démarche de prévention.

3. Selon la cote attribuée par les équipes de santé au travail, certaines interventions sont requises:
- cotes 1 et 2: des mesures de surveillance périodique et d'entretien préventif sont nécessaires;
 - cote 3: des mesures correctives - application de peinture, scellement, coffrage, enlèvement - doivent être réalisées dans les meilleurs délais, selon un échéancier établi par les commissions scolaires ou les propriétaires des bâtiments, avec l'aide financière du MEQ.

PROBLÉMATIQUE

La microscopie optique à contraste de phase (MOCP) est la méthode de référence pour mesurer la concentration de fibres dans l'air des lieux de travail où la fibre prédominante est de l'amiante. La microscopie électronique à transmission (MET) est toutefois préférable dans les environnements où plusieurs types de fibres sont présents, comme par exemple dans les édifices publics. La MET permet une identification positive des différents types de fibres. L'établissement d'un facteur de conversion d'un résultat par MET en un résultat par MOCP n'est pas simple pour plusieurs raisons: différentes règles de numération, distribution de la taille des particules d'amiante, etc.⁽⁴⁻⁶⁾.

Un critère de gestion de 0,01 fé¹/mL a été retenu par le MSSS, non pas comme seuil d'innocuité, mais pour identifier des sources possibles d'émission de fibres dans l'air des édifices publics⁽¹⁾. Des échantillonnages dans l'air peuvent donc être requis pour l'application de ce critère de gestion qui implique l'utilisation de la MET pour analyser et identifier toutes les fibres (amiante et autres), même les plus fines.

Dans le cadre d'une première activité portant sur la comparaison de méthodes de comptage d'amiante par microscopie optique et par microscopie électronique dans les environnements scolaires, les résultats n'ont pas permis d'établir une équivalence, même qualitative, entre les deux méthodes analytiques (Annexe 1). Les résultats de microscopie optique à contraste de phase sont supérieurs à 0,01 f/mL (valeur moyenne de 0,046 f/mL pour 45 échantillons) - ce qui rend impossible l'utilisation de cette méthode pour vérifier le critère de gestion. Par contre, pour ces mêmes échantillons, les résultats de microscopie électronique ont été nettement inférieurs au critère de gestion - à l'exception des résultats obtenus dans un local spécifique pour lequel les sources de contaminations ont été circonscrites. La MOCP ne peut donc servir de méthode de dépistage de fibres d'amiante pour la surveillance dans les édifices publics en raison de la contamination par des fibres autres que l'amiante (cellulose, textile, fibres synthétiques)^(7,8).

1

: fé: fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission

Ces résultats soulignent la nécessité d'utiliser une méthode qui identifie positivement les fibres d'amiante lors de l'analyse, telle la MET, dans le contexte de la gestion de l'amiante en place dans les édifices scolaires. Cependant, l'utilisation de la microscopie électronique à transmission présente des problèmes opérationnels de coût (plus de 5 fois le coût d'une analyse par MOCP), d'accessibilité des installations et de délais d'analyse (environ une semaine). La MET ne devrait être utilisée qu'en support occasionnel à l'application de la grille d'évaluation dans les cas problématiques.

OBJECTIF

L'objectif principal de cette activité était d'évaluer un nombre significatif d'échantillons représentatifs, à l'aide de la microscopie électronique à transmission (MET), afin de documenter les concentrations de fibres d'amiante dans l'air des bâtiments scolaires floqués à l'amiante. Il s'agissait d'obtenir des niveaux de concentration de fibres d'amiante dans l'air d'écoles dont les matériaux étaient dégradés (cotes 3 et 2), en fonction de diverses variables (teneur en amiante, friabilité, état général du flochage, matrice) afin d'avoir un portrait de la capacité de ces matériaux à générer des fibres dans l'air.

MÉTHODOLOGIE

Un total de 77 échantillons ont été prélevés dans l'air ambiant de 17 bâtiments scolaires: huit écoles primaires, huit écoles secondaires et une école spécialisée (handicapés physiques et déficients mentaux). Les écoles choisies étaient réparties dans différentes régions du Québec: Montréal, Outaouais, Saguenay - Lac St-Jean, Laval, Laurentides, Mauricie et Centre-du-Québec. Les échantillons ont été prélevés pendant l'occupation et les activités normales des différents locaux par la clientèle étudiante (tableau 1).

Tableau 1
Répartition des 77 échantillons en fonction de l'usage du local

Endroit	N
Classe	28
Gymnase	14
Corridor	14
Cafétéria	4
Grande salle / salle de jeux	4
Hall d'entrée	3
Auditorium	3
Service de garde	2
Vestiaire	1
Arts plastiques	1
Toilette	1
Salle des professeurs	2

N = nombre d'échantillons

Choix des écoles

Environ 55% des échantillons provenant des bâtiments scolaires reçus à l'IRSST pour caractérisation contenaient des fibres chrysotile - certains échantillons ne provenant visiblement pas de flochage. L'amiante chrysotile est généralement combiné avec d'autres constituants dont la phase majeure - la matrice - était composée de vermiculite, de perlite, de fibres minérales vitreuses artificielles et de cellulose ou fibres de bois. Le pourcentage d'amiante et les différentes matrices sont des paramètres peu ou pas documentés dans la littérature; ces variables pourraient jouer un rôle dans la friabilité du matériau et la dispersion possible des fibres dans l'air. Ces différents paramètres ont donc été considérés dans notre étude (tableau 2). La description plus complète des écoles choisies en fonction de ces variables est présentée à l'Annexe 2.

Tableau 2
Répartition des 17 bâtiments en fonction
du pourcentage de chrysotile (a) et du type de matrice (b)

(a)		(b)	
% chrysotile	N	matrice	N
1 - 5 %	1	Vermiculite	6
5-10 %	2	Perlite	8
10 - 25 %	11	Laine de laitier/roche	1
25 - 50 %	3	Ciment	1
		Cellulose	1

N = nombre de bâtiments

Selon l'évaluation qualitative des matériaux réalisée par les équipes de santé au travail, les flocages jugés cote 3 ou cote 2 et dont la friabilité était considérée de moyenne à élevée (tableau 3) ont également été retenus comme paramètre important dans la génération de fibres dans l'air.

Tableau 3
Répartition des 17 bâtiments en fonction de la cote (a)
et de la friabilité du matériau (b)

(a)		(b)	
Cote	N	Friabilité	N
3	15	Elevée	12
2	2	Moyenne	5
		Faible	

N = nombre de bâtiments

Les prélèvements devaient être faits principalement pendant des périodes où le chauffage était en opération et les fenêtres fermées ou dans des locaux ventilés mécaniquement, afin de simuler des conditions optimales de confinement dans les locaux choisis (tableau 4). Toutefois pour cinq bâtiments, ces conditions n'ont pas été rencontrées lors de notre intervention se déroulant dans les derniers jours de l'année scolaire. Les fenêtres étaient ouvertes et les élèves étaient surtout à l'extérieur des locaux pendant

toute la période d'échantillonnage. Des échantillonnages ont été repris dans un de ces bâtiments dans des conditions plus conformes au protocole prévu. Aucun des bâtiments sélectionnés ne comportait de plénum de ventilation floqué à l'amiante.

Tableau 4
Répartition des 17 bâtiments en fonction de la ventilation

Ventilation	N
Naturelle / fenêtres fermées	6 (5+1*)
Naturelle / fenêtres ouvertes	5*
Mécanique ou air puisé / en marche ,	5
Mécanique / fermée	1
Aucune ventilation	1

N = nombre de bâtiments

* = un bâtiment échantillonné deux fois dans des conditions différentes de ventilation

Échantillonnage

Le matériel d'échantillonnage était celui requis pour le prélèvement des fibres conformément au Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail de l'IRSSST⁽⁹⁾. Différents modèles de pompes à très hauts débits (15 à 30 L/min) ont été utilisés: AirCon et Aircon2 de la compagnie Gilian® et GAST (modèle N° 0322-V4B)

Tous les échantillons ont été prélevés en poste ambiant sur des cassettes ouvertes, face dirigée vers le bas, à des hauteurs d'environ 2 à 3 mètres, généralement près du plafond, la source possible d'émission. Les volumes d'échantillonnage ont varié entre 2149 et 8103 L - un seul échantillon a été prélevé avec un volume 1657 L en raison d'un problème avec la pompe. Les temps d'échantillonnage de 2 à 6 heures étaient planifiés soit pour couvrir la période d'occupation du local, soit pour rencontrer un volume minimum de 4000 L, selon les activités de la journée. L'étalonnage des pompes était effectué à l'aide d'un débitmètre de la compagnie Kurz Instruments Inc., modèle 543 (0 à 50 L/min).

Analyse

Tous les échantillons étaient montés au laboratoire selon la méthode IRSSST 243-1⁽¹⁰⁾. Ils étaient observés au microscope optique à contraste de phase afin de vérifier la charge et l'homogénéité du dépôt. Les échantillons ont été analysés en microscopie électronique à transmission, par un laboratoire accrédité américain, DATACHEM (Cincinnati, Ohio). La méthode d'analyse utilisée est la méthode NIOSH 7402⁽¹¹⁾ avec modifications des critères de numération pour rencontrer les exigences québécoises: longueur de la fibre $\geq 5 \mu\text{m}$, diamètre de la fibre $< 3 \mu\text{m}$, rapport longueur/diamètre > 3 . La limite de détection de cette méthode est fonction du volume d'échantillonnage et correspond à une fibre d'amiante confirmée dans le nombre total d'ouvertures de grille analysées.

Deux méthodes de préparation des échantillons peuvent être utilisées pour l'analyse par MET - la méthode directe et la méthode indirecte. Dans la méthode directe, la membrane est utilisée telle quelle après un léger traitement. La méthode indirecte consiste à incinérer le filtre à faible température, ce qui détruit les particules organiques ainsi que la membrane elle-même, mais sans modifier la phase minérale.

Les cendres sont ensuite dispersées en voie humide à l'aide des ultrasons, ce qui peut entraîner la défibrillation des fibres d'amiante chrysotile et ainsi augmenter le nombre de fibres dans l'échantillon. Le temps de passage aux ultrasons est directement relié à l'augmentation de la concentration de fibres. La plupart des études montrent que pour les fibres inférieures à 5 µm, une différence existe entre ces deux méthodes. Il n'y aurait pas de différence lorsque la durée du traitement aux ultrasons est inférieure à 10 minutes⁽¹²⁻¹³⁾.

Pour la présente étude, la méthode directe a été appliquée - sauf pour 15 échantillons qui étaient trop chargés de fibres et particules. Pour ces échantillons, une méthode indirecte de préparation avec dilution de l'échantillon, par ultrasons, a été utilisée (méthode ASTM -D5755-95)⁽¹⁴⁾. Cette méthode ne faisait pas intervenir la calcination de la membrane au four à plasma. La membrane était directement passée aux ultrasons en voie humide pendant quelques minutes seulement et la poussière récupérée était redéposée sur une autre membrane. Il n'y avait ainsi pas de perte de phase organique; les autres fibres retrouvées majoritairement par cette technique étaient de la cellulose et des fibres synthétiques.

Le mode de préparation des échantillons n'a pas semblé influencer les concentrations de fibres dans l'air. Un seul des échantillons avec une concentration positive a été traité par la méthode indirecte. La concentration de fibres dans l'air pour cet échantillon a été équivalente aux autres échantillons prélevés dans le même gymnase et analysés par la méthode directe. Tous les autres échantillons analysés par la méthode indirecte ont donné des résultats non détectés ou des concentrations équivalentes à la limite de détection.

Des analyses aveugles ont été faites sur 10 % des échantillons (8 échantillons), par le même laboratoire ou par le laboratoire de Santé au travail de l'Université McGill (annexe 3). La reproductibilité des résultats est acceptable dans les limites de confiance de 95% calculées avec un coefficient de variation de 50% pour les analyses par MET.

Traitement des résultats

Les résultats d'analyse sont rapportés en fé/mL (fé = fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission). Les limites de détection sont fonction du volume d'échantillonnage. Un résultat non-détecté a été interprété comme une valeur égale à zéro. Les concentrations moyennes rapportées sont des moyennes arithmétiques et ont été calculées en tenant des résultats ayant une valeur égale à zéro.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 5 résume l'ensemble des 77 résultats d'analyse par microscopie électronique à transmission (MET) pour les 17 bâtiments scolaires. Les résultats détaillés sont inclus dans l'Annexe 4.

Tableau 5
Répartition des résultats de la MET

Concentration (fé/mL)	N	%
Non-déTECTÉ ²	57	74
Limite de déTECTION	8	10
≤ 3 x limite de déTECTION ³	6	8
0,0023	1	1
0,008	1	1
>0,01	4	6
Total	77	100

N = nombre d'échantillons

1: fé: fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission

2: La limite de déTECTION est fonction du volume d'échantillonnage = 0,0001 à 0,0037 fé/mL

3: Résultats inférieurs à 0,0012 fé/mL.

La moyenne arithmétique des résultats pour les 77 échantillons a été de 0,0031 fé/mL (écart-type de 0,013). Cette concentration moyenne, quoique inférieure au critère de gestion québécois, semble plus élevée que les valeurs de la littérature. L'article de Howitt *et al* rapporte des concentrations moyennes de 0,00059 fé/mL dans 6 édifices avec matériaux contenant de l'amiante (MCA) en bon état, de 0,00073 fé/mL dans 37 édifices avec MCA en mauvais état et de 0,00099 fé/mL dans 6 édifices ne contenant pas de MCA⁽¹⁵⁾. Les conditions d'échantillonnage et d'analyse ne sont toutefois pas précisées, ce qui rend difficile tout élément de comparaison entre ces résultats et ceux de notre étude. La revue de littérature du Health Effects Institute - Asbestos Research (HEI-AR)⁽¹⁶⁾ rapporte, que pour 1377 échantillons provenant de 198 édifices contenant des matériaux avec de l'amiante, prélevés et analysés dans des conditions rapportées comme étant similaires à notre étude, la concentration moyenne de fibres était de 0,00027 fé/mL. Les concentrations moyennes par catégorie d'édifices étaient de 0,00051 fé/mL (n = 393) pour les 48 écoles; de 0,00019 fé/mL (n = 215) pour les 96 résidences; et 0,00020 fé/mL (n = 769) pour les 54 autres édifices publics et commerciaux. À cela s'ajoutent les résultats de 1008 échantillons provenant d'interventions réalisées suite à des plaintes, pour 171 écoles et universités litigieuses qui ont donné une concentration moyenne de 0,0001 fé/mL. Notons que ces études datent pour certaines d'une vingtaine d'années; l'âge des bâtiments et les conditions climatiques pourraient jouer dans la dégradation des matériaux dans les écoles québécoises.

Les fibres d'amiante dans l'air n'ont pas été déTECTÉES dans 74% des échantillons, soit la majorité; 10% des résultats étaient à la limite de déTECTION; 8% avaient une concentration de 2 à 3 fois la limite de déTECTION mais étaient inférieurs à 0,0012 fé/mL. La limite de déTECTION - une fibre d'amiante confirmée dans le nombre total d'ouvertures de grille analysées - a varié de 0,0001 à 0,0037 fé/mL, ce qui est en-deçà du critère de gestion de 0,01 fé/mL. Ces résultats sont similaires à ceux de Burdett et Jaffrey⁽⁸⁾, qui démontrent que seulement 20% des édifices publics observés avaient une concentration supérieure ou égale à la limite de quantification; un seul échantillon de leur étude, prélevé dans une pièce avec un plafond floqué en très mauvais état, avait donné un résultat supérieur à 0,001fé/mL, soit 0,012 fé/mL.

Les quatre échantillons (6%) dont la concentration était supérieure au critère de gestion de 0,01 fé/mL provenaient de deux gymnases où se déroulaient des activités avec ballon. Ces gymnases avaient obtenu une cote 3 lors de l'évaluation par les équipes de santé et le matériau était composé de 10 - 25% d'amiante chrysotile dans des matrices de perlite et de vermiculite. L'échantillon dont la concentration était près de

la zone du critère de gestion (0,008 fé/mL) a également été prélevé dans un de ces mêmes gymnases lorsqu'il n'y avait que de légères activités sans lancer de ballon. Le plafond de ce gymnase avait la particularité d'être très bas - environ 8 à 9 pieds du sol - ce qui favorisait les contacts plus fréquents. L'échantillon dont la concentration était de 0,0023 fé/mL provenait également d'un gymnase avec lancer de ballon; toutefois la concentration d'amiante chrysotile dans le matériau n'était que de 5 à 10%.

Compte tenu du faible nombre de résultats positifs, il est impossible de faire une corrélation entre les concentrations de fibres d'amiante dans l'air et la teneur en amiante et le type de matrice contenus dans le matériau floqué. L'étude de Corn *et al* réalisée dans 71 écoles à l'aide de la MET sur un total de 473 échantillons d'air, n'a pas non plus réussi à établir une corrélation entre la concentration d'amiante dans l'air et différentes variables documentées telles que le type d'amiante, l'état des matériaux, l'accessibilité, le type d'activité, le type d'école, etc. ⁽¹⁷⁾. Toutefois il semble apparent que le type d'activité, tel que des jeux avec ballons venant en contact avec le matériau, et possiblement la circulation intense peuvent influencer la libération et la génération de fibres dans l'air.

CONCLUSION

La majorité des mesures de fibres dans l'air ambiant de 17 bâtiments scolaires dont les matériaux étaient dégradés et nécessitaient des mesures correctives, ont donné à 84% des résultats inférieurs ou égaux à la limite de détection. La concentration moyenne de 0,0031 fé/mL (n = 77 échantillons) est inférieure au critère de gestion québécois. Ce sont dans les gymnases, particulièrement celui avec plafond bas, où se déroulaient des activités avec lancer de ballon que les concentrations de fibres d'amiante étaient le plus élevées, jusqu'à huit fois le critère de gestion.

Dans les conditions de l'étude, les différentes variables retenues pour les matériaux floqués contenant de l'amiante - teneur en amiante élevée, friabilité de modérée à élevée, état général du flocage dégradé et matrice - ne peuvent être considérées comme facteurs de dispersion des fibres dans l'air, même si des conditions de confinement optimales des locaux étaient favorisées. Dans les conditions normales d'occupation, des niveaux de fibres d'amiante dans l'air inférieurs au critère de gestion sont présents dans les écoles sauf dans les cas où des activités favorisant les contacts avec les matériaux sont présentes. Les flocages d'amiante même dégradés ne donneraient pas lieu à des niveaux de fibres dans l'air supérieurs au critère de gestion, à moins de contacts physiques avec le matériau.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Gabrielle Chamberland pour son aide à l'échantillonnage et pour les analyses par MOCP, Élyse Dion, Claudette M. Dufresne, Suzanne Paradis, Yves Beudet et Claude Létourneau pour la préparation du matériel d'échantillonnage et d'analyse, Claude Ostiguy pour la lecture du rapport et Lyne Boivin pour la rédaction du document. Un merci spécial au Dr André Dufresne de l'Université McGill pour ses précieux conseils dans l'utilisation de la méthode de MET. Des remerciements particuliers s'adressent également aux écoles et aux commissions scolaires qui nous ont ouvert leur portes pour la réalisation de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ministère de la Santé et des Services sociaux. Comité aviseur sur l'exposition à l'amiante au Québec. *Évaluation des matériaux contenant de l'amiante (MCA) dans les édifices publics. Mise à jour. Critère de gestion quantitatif démarche d'évaluation qualitative.* Québec. Janvier 2000.
2. Gouvernement du Québec. Code de sécurité pour les travaux de construction. S-2. 1, r.6. Québec. (1999).
3. Ministère de l'éducation du Québec et ministère de la Santé et des Services sociaux. *Démarche préventive concernant leflocage d'amiante dans les écoles primaires et secondaires du Québec.* Bilan Commun. Juillet 1999.
4. Chesson J., Rench J.D., Schultz B.D. and Milne K. L. *Interpretation of Airborne Asbestos Measurements.* RiskAnalysis. 1990; 10 (3): 437-447.
5. Dement J. M. and Wallingford K. M. *Comparison of Phase Contrast and Electron Microscopic Methods for Evaluation of Occupational Asbestos Exposures.* Appl. Occup. Environ. Hyg. 1990; 5(4): 242-247.
6. Verma D.K. and Clark N.B. *Relationships between Phase Contrast Microscopy and Transmission Electron Microscopy Results of Samples from Occupational Exposure to Airborne Chrysotile Asbestos.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1995; 56: 866-873.
7. Wilson R., Langer A.M., Nolan R.P., Gee J.B. L. and Ross M.M. *Asbestos in New York City Public School Buildings - Public Policy: Is There a Scientific Basis ?* Regul. Toxicol. Pharmacol. 1994; 20: 161-169.
8. Burdett G.J. and Jafrey S.A.M.T. *Airborne Asbestos Concentrations in Buildings.* Ann. Occup. Hyg. 1986; 30 (2): 185-199.
9. IRSST. Direction des opérations. Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air. Études et recherche, guide technique. 1994.
10. IRSST. Direction des opérations. Notes et rapports scientifiques et techniques. Méthode 243-1. *Numération des fibres.* 1990. 24 pages.
11. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th Ed. Method 7402. *Asbestos by TEM.* 1994, pp. 1-7.
12. Millette J.R. and Boltin W.R. *Effectiveness of Asbestos Operations and Maintenance: Measurement Issues.* Appl. Occup. Environ. Hyg. 1994; 9(11): 785-790.
13. Expertise Collective. INSERM. Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Paris, 1997.

14. ASTM. Standard Test Method for Microvacuum Sampling and Indirect Analysis of Dust by Transmission Electron Microscopy for Asbestos Structure Number Concentrations. D5755-95. West Conshohocken, PA, 1995.
15. Howitt D.G., Hatfield J. and Fishier G. The Difficulties with Low-Level Asbestos Exposure Assessments in Public, Commercial, and Industrial Buildings. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1993; 54: 267-271.
16. Health Effects Institute-Asbestos Research (HEI-AR). Asbestos in public and commercial building: A literature review and synthesis of current knowledge. Health Effects Institute-Asbestos Research, Cambridge, Massachusetts, 1991.
17. Corn M., Crump K., Farrar D. B., Lee R. J. and McFee D. R. *Airborne Concentrations of Asbestos in 71 School Buildings*. Regul. Toxicol. Pharmacol. 1991; 13: 99-114.

Annexe 1

Comparaison de méthodes de comptage d'amiante par microscopie optique à contraste de phase (MOCP) et par microscopie électronique à transmission (MET) dans les environnements scolaires

École	Usage	MOCP (f/mL)	MET (fé ¹ /mL)			mocp/met	opt.équi. /mocp
			amiante	limite de détection	opt. équi. 2		
1	classe	0,052	0,0003	0,0001	0,0153	173	0,3
	classe	0,019	0,0004	0,0004	0,0414	48	2,2
	grande salle	0,035					
	gymnase	0,034					
	gymnase	0,045	0,0813	0,0014	0,0882	0,6	2,0
1a	classe	0,078	0	0,0007	0,078		1,0
	gymnase	0,136	0,008	0,0016	0,166	17	1,2
	gymnase	0,112	0,079	0,0018	0,228	1,4	2,0
2	classe	0,031					
	classe	0,041					
	classe	0,05	0	0,0005	0,0594		1,2
	grande salle/gymnase	0,042	0	0,0005	0,0534		1,3
	salle profs	0,042	0	0,0004	0,0446		1,1
	classe	0,027	0,0003	0,0003	0,0349	90	1,3
	3	arts plastiques	0,053	0,0006	0,0006	0,0686	88
	classe	0,051	0	0,0006	0,0659		1,3
	classe	0,058	0	0,0005	0,0536		0,9
	classe	0,032	0	0,0004	0,0452		1,4
	salle profs	0,066					
	grande salle	0,042	0	0,0006	0,0603		1,4
4	salle de jeux	0,005	0	0,0002	0,015		3,0
	corridor	0,042	0	0,0009	0,085		2,0
	classe	0,011					0,0
	classe	0,021	0	0,0005	0,043		2,0
	classe	0,023	0	0,0005	0,04		1,7
	classe	0,032	0	0,0007	0,049		1,5
	5	grande salle/caféteria	0,004	0	0,0001	0,004	
	corridor	0,023	0,0006	0,0006	0,049	38	2,1
	classe	0,056	0	0,001	0,089		1,6
	classe	0,031	0,0007	0,0007	0,0617	44	2,0
	classe	0,039	0	0,0011	0,094		2,4
	classe	0,035	0,001	0,0005	0,085	35	2,4
6	classe informatique	0,009	0	0,0002	0,016		1,8
	classe informatique	0,011	0	0,0002	0,014		1,3
	classe	0,02	0	0,0003	0,031		1,6
	classe	0,031	0	0,0003	0,025		0,8
7	classe	0,074	0	0,0012	0,13		1,8
	classe	0,069	0	0,0013	0,14		2,0
	corridor	0,087	0	0,0014	0,15		1,7
	hall d'entrée	0,061	0	0,0012	0,12		2,0
	salle profs	0,064	0	0,0012	0,13		2,0
8	gymnase	0,071	0	0,0013	0,068		1,0
	gymnase	0,07	0,0005	0,0005	0,0575	140	0,8
	gymnase	0,054	0,0012	0,0006	0,0602	45	1,1
	gymnase	0,079	0,0023	0,0005	0,0493	34	0,6
Moyenne arithmétique		0,046	0,005	0,0007	0,069	58	1,50
Écart-type		0,027	0,018	0,0004	0,047	52	0,61
Nombre		45	39	39	39	13	40

1: fé: fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission;

2: opt. équi.: optiques équivalentes = toutes les fibres (amiante et autres) analysées par MET avec les critères de la MOCP (longueur > 5 µm; largeur: entre 0,2 et 3 µm; rapport longueur/diamètre > 3);

Valeurs en **gras** = dépassement du critère de gestion de 0,01 fé/mL.

Annexe 2**Types du matériau floqué dans les écoles choisies**

École	Matériau floqué		
	amiante	autres fibres	matrice
1, 1a	10-25% chrysotile	1-5% cellulose	vermiculite
2	25-50% chrysotile	25-50% laine de laitier/roche	perlite/pumice
3	10-25% chrysotile; 1-5% chrysotile		perlite
4	10-25% chrysotile		perlite
5	10-25% chrysotile; 25-50% chrysotile	1-5% cellulose	vermiculite; perlite
6	10-25% chrysotile	1-5% cellulose	perlite
7	10-25% chrysotile		vermiculite
8	5-10% chrysotile	1-5% cellulose, 1-5% textile	ciment
9	5-10% chrysotile; 10-25% chrysotile		vermiculite
10	75-90% amosite ¹ ; 5-10% chrysotile	5-10% cellulose	
11	25-50% chrysotile		vermiculite
12, 12a	10-25% chrysotile		perlite
13	10-25% chrysotile		vermiculite
14	10-25% chrysotile		vermiculite
15	10-25% chrysotile		perlite/pumice
16	1-5% chrysotile	75-90% laine de laitier/roche	
17	10-25% chrysotile		perlite

1: Ce matériau d'amiante était recouvert d'une couche de matériau à base de cellulose, ce qui pouvait limiter la libération directe des fibres d'amosite dans l'air.

Annexe 3

Résultats du recomptage aveugle pour 10 % des échantillons par MET

École	analyse*		limites de confiance	re-analyse		limites de confiance
	fé/ml	amiante	(c. v. de 0,5)	fé/ml	amiante	(c. v. de 0,5)
3	0,0006	chrysotile	limite de détection	n.d.**		
1a	0,079	chrysotile	0,0014-0,157	0,065**	chrysotile	0,0011-0,129
1a	0,0083	chrysotile	0,0001-0,016	0,0137*	chrysotile	0,0002-0,027
10	0,0003	chrysotile	l.d.d	n.d.**		
8	0,0023	chrysotile	0-0,0046	0,0026*	chrysotile et amosite	0-0,005
9	0,0004	chrysotile	0-0,0008	0*		
12	0			0,0013*	chrysotile	0-0,0026
16	0			0,0009*	chrysotile	0-0,0018

n.d. = non-déecté

c.v. = coefficient de variation (0,5 est assumé dans le calcul des limites de confiance à 95%)

*: Laboratoire DataChem (Cincinnati, Ohio) (5 des 8 recomptages)

** : Laboratoire de l'Université McGill (3 des 8 recomptages)

Annexe 4**Résultats d'analyse par MET dans les environnements scolaires**

École	Usage	MET (fé ¹ /mL)		École	Usage	MET (fé ¹ /mL)		
		amiante	I. d. d.			amiante	I. d. d.	
1	Classe	0,0003	0,0001	9	Cafétéria	0	0,0002	
	Classe	0,0004	0,0004		Cafétéria	0	0,0002	
	Gymnase	0,0813	0,0014		Salle de jeux	0,0004	0,0002	
1a	Classe	0	0,0007	10	Salle de jeux	0,0008	0,0004	
	Gymnase	0,008	0,0016		Corridor	0,001	0,0003	
	Gymnase	0,079	0,0018		Corridor	0	0,0002	
2	Classe	0	0,0005	11	Auditorium	0	0,0007	
	Grande salle/gymnase	0	0,0005		Auditorium	0,0003	0,0003	
	Salle profs	0	0,0004		Auditorium	0	0,0004	
3	Classe	0,0003	0,0003	12	Classe	0	0,0002	
	Arts plastiques	0,0006	0,0006		Toilette	0	0,0013	
	Classe	0	0,0006		Hall d'entrée	0	0,0019	
	Classe	0	0,0005		Vestiaire	0,002	0,002	
	Classe	0	0,0004		Corridor	0	0,0003	
4	Grande salle	0	0,0006	12a	Hall d'entrée	0	0,0023	
	Salle de jeux	0	0,0002		Classe	0	0,0002	
	Corridor	0	0,0009		Corridor	0	0,0019	
	Classe	0	0,0005		Service de garde	0	0,002	
	Classe	0	0,0005		Corridor	0	0,0022	
5	Classe	0	0,0007	13	Classe	0	0,0005	
	Grande salle/caféteria	0	0,0001		Classe	0	0,0003	
	Corridor	0,0006	0,0006		Corridor	0	0,0005	
	Classe	0	0,001		Service de garde	0	0,0009	
	Classe	0,0007	0,0007		Corridor	0	0,0013	
	Classe	0	0,0011		Corridor	0	0,0011	
6	Classe	0,001	0,0005	14	Gymnase	0	0,0002	
	Classe informatique	0	0,0002		Gymnase	0	0,0033	
	Classe informatique	0	0,0002		Classe	0	0,0006	
	Classe	0	0,0003		Corridor	0	0,0028	
7	Classe	0	0,0003	15	Corridor	0	0,0002	
	Classe	0	0,0012		Cafétéria	0	0,0002	
	Classe	0	0,0013		Corridor	0	0,002	
	Corridor	0	0,0014		Classe	0	0,0034	
	Hall d'entrée	0	0,0012		Classe	0	0,0021	
8	Salle profs	0	0,0012	16	Gymnase	0	0,0037	
	Gymnase	0	0,0013		Gymnase	0	0,0032	
	Gymnase	0,0005	0,0005		17	Gymnase	0,023	0,0005
	Gymnase	0,0012	0,0006			Gymnase	0,032	0,0004
	Gymnase	0,0023	0,0005					

Moyenne arithmétique	0,0031 fé ¹ /mL
Ecart-type	0,0134
Nombre	77

I. dd = limite de détection;

valeurs en **gras** = dépassement du critère de gestion de 0,01 fé¹/mL;

1: fé = fibre d'amiante visible par microscopie électronique à transmission.