



Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches



RAPPORT R-600



Relation entre la teneur en amiante dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air ambiant lors de travaux de démantèlement

*André Dufresne
Daniel Drolet
Guy Perrault
François Lemay
Stéphanie Viau
Chantal Dion*



Institut national
de santé publique

Québec



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

Mission *travaillent pour vous !*

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.
De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046
preventionautravail@resourceintegration.ca

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2009
ISBN : 978-2-89631-347-1 (version imprimée)
ISBN : 978-2-89631-348-8 (PDF)
ISSN : 0820-8395

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,
janvier 2009



Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

 RAPPORT R-600

Relation entre la teneur en amiante dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air ambiant lors de travaux de démantèlement

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

André Dufresne, Université McGill

Daniel Drolet, Services et expertises de laboratoire, IRSST

Guy Perrault, consultant

François Lemay, Ressources informatiques, IRSST

Stéphanie Viau, IRSST

Chantal Dion, Service de la recherche, IRSST



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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Le démantèlement de matériaux à base d'amiante peut générer des concentrations importantes de fibres dans l'air. L'exposition à l'amiante se mesure généralement dans la zone respiratoire du travailleur. La concentration de fibres dans l'air peut dépendre de plusieurs déterminants tels que la teneur en amiante dans le matériau, la matrice dans laquelle sont dispersées les fibres, la friabilité du matériau, les techniques de désamiantage, etc. La relation entre la concentration de fibres dans l'air et les caractéristiques du matériau n'est pas bien documentée. Peu d'information est disponible sur l'exposition des travailleurs aux fibres dans le secteur de la construction au Québec, d'où l'importance d'identifier les principaux paramètres permettant d'améliorer la surveillance environnementale des travailleurs et de porter un jugement sur l'efficacité des moyens de protection. La présente étude visait à documenter les sources d'émission et la contribution de différentes variables à la génération de fibres dans l'air lors de l'exécution de tâches spécifiques par des travailleurs de la construction.

L'approche utilisée dans le cadre de cette étude a consisté à obtenir l'accès aux données recueillies lors de la caractérisation des matériaux, de l'échantillonnage dans l'air pendant l'exécution de travaux à risque élevé et aux rapports d'intervention produits par différents partenaires. Les données d'analyse des échantillons de matériaux et des échantillons d'air, les variables dépendantes et indépendantes ainsi que tous les déterminants liés à ces variables ont été saisis dans une base de données relationnelle.

Plus de la moitié des 5383 échantillons de matériaux analysés ne contenait pas de fibres d'amiante tandis que 37 % ne comportait aucune phase fibreuse. Le chrysotile a été retrouvé dans 90 % des échantillons positifs en amiante tandis que l'amosite y était présent dans 21 % des cas et les amphiboles de type trémolite/actinolite ont été retrouvées dans moins de 4 % des échantillons. La très grande majorité des échantillons de murs, plafonds et planchers ne contenait pas d'amiante, sinon, la concentration d'amiante, majoritairement du chrysotile, y était inférieure à 7 %. Par contre, les coudes et tuyaux avaient une teneur en amiante (chrysotile et amosite) supérieure à 50 %.

Des 3000 prélèvements d'air recueillis pendant les travaux dans la zone de désamiantage, 13 % des concentrations étaient supérieures à 5 f/cc et 5 % étaient supérieures à 10 f/cc, avec une valeur maximale de 96 f/cc. Seulement 3,3 % des échantillons ont été prélevés dans la zone respiratoire des travailleurs et 52 % l'ont été en zone respiratoire de marcheurs (techniciens réalisant l'échantillonnage ou la surveillance de chantier). Plus de 42 % des échantillons ont été prélevés en poste fixe, laissant supposer que le nombre des dépassements des valeurs de références auraient été plus important si les échantillons avaient été prélevés en zone respiratoire des travailleurs. Ces observations montrent un risque potentiel pour la santé des travailleurs qui œuvrent dans ces chantiers ou enceintes et que les mesures de maîtrise prévues par la réglementation doivent être appliquées rigoureusement.

Pendant les travaux de désamiantage, 77 % des concentrations de fibres dans les vestiaires étaient égales ou supérieures à 0,01 f/cc comparativement à 14 % pour les zones connexes. Cependant, 46 % des échantillons dans les vestiaires et 74 % dans les zones connexes ne respectaient pas les conditions optimales d'échantillonnage requises par les méthodes en MOCP. Un volume accru permettrait une détermination plus adéquate de la concentration. De plus,

l'utilisation de la MET devrait être envisagée dans de telles situations où l'amiante n'est pas prédominant.

Seule la variable de la teneur en amiante amosite dans les matériaux semble permettre la déduction de la concentration de fibres dans l'air quoique cette association soit faible. De plus, certaines tâches semblent être caractérisées par des émissions de poussières d'amiante beaucoup plus intenses que d'autres. Le travailleur est plus à risque d'être exposé lors d'activités comme la récupération de déchets d'amiante, l'enlèvement de matériaux et la démolition.

Les auteurs recommandent que des prélèvements d'air en zone respiratoire (comme cela est prescrit dans le Code de sécurité pour les travaux de construction et le Règlement sur la santé et la sécurité du travail) soient favorisés pour mieux cerner l'exposition du travailleur et s'assurer de l'efficacité des moyens de maîtrise. Ces prélèvements devraient être effectués pendant l'exécution des tâches susceptibles d'émettre le plus de poussière et ce, afin de s'assurer que le travailleur possède la protection respiratoire appropriée et que les moyens de maîtrise mis en place, tel le mouillage, sont vraiment efficaces.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	i
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....	vii
1. INTRODUCTION	1
2. REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
2.1 Mesure de l'exposition pendant l'enlèvement, l'entretien et la rénovation.....	3
2.2 Mesure de la concentration de fibres dans les immeubles sans travaux	4
2.3 Techniques d'évaluation des fibres d'amiante.....	4
3. Objectifs et hypothèse de recherche	7
3.1 Objectif général.....	7
3.2 Objectifs spécifiques.....	7
3.3 Hypothèse de recherche	7
4. Matériel et méthodes.....	9
4.1 Sources de données	9
4.1.1 Données rétrospectives	9
4.1.2 Données courantes	10
4.2 Élaboration de la base de données ACCESS	10
4.3 Saisie des données.....	11
4.3.1 Échantillons d'air	12
4.3.2 Échantillons de matériau.....	12
4.4 Élaboration des requêtes	13
4.5 Traitement des données.....	13
4.5.1 Liens entre les fichiers EXCEL et la base de données principale.....	14
4.5.2 Construction des tableaux croisés	14
4.5.3 Calcul de la charge totale d'un échantillon.....	14
4.5.4 Relation entre les variables	14
5. Résultats.....	15
5.1 Catégorisation des établissements.....	15
5.2 Matériaux contenant de l'amiante.....	16
5.2.1 Les types de fibres d'amiante et autres fibres.....	16
5.2.2 Charge totale en fibres dans les matériaux	17
5.2.3 Distribution des concentrations de fibres dans les matériaux.....	18

5.2.3.1	Fibres d'amiantes chrysotile et amosite.....	18
5.2.3.2	Fibres d'amiantes trémolite, actinolite, anthophyllite et crocidolite.....	19
5.2.3.3	Fibres minérales artificielles.....	20
5.2.3.4	Fibres de cellulose et fibres de textile.....	21
5.2.3.5	Résumé de la distribution des fibres dans les matériaux	21
5.2.4	Matériaux et structures.....	21
5.2.4.1	Description des matériaux.....	21
5.2.4.2	Description des structures	22
5.2.4.3	Résumé de la description des matériaux et des structures	25
5.3	Concentration de fibres dans l'air	25
5.3.1	Chantiers pendant les travaux	26
5.3.1.1	Répartition des échantillons d'air en fonction de la concentration...26	
5.3.1.2	Distribution des densités des fibres.....	27
5.3.1.3	Distribution des concentrations de fibre en fonction des densités27	
5.3.1.4	Distribution des catégories d'établissement en fonction des concentrations de fibres	28
5.3.2	Chantiers après les travaux	29
5.3.2.1	Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné	29
5.3.3	Vestiaires.....	30
5.3.3.1	Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné	30
5.3.4	Dans les zones connexes	31
5.3.4.1	Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné	31
5.4	Bilan sur les prélèvements d'air dans les locaux	32
5.4.1	Étude de la normalité des prélèvements d'air dans les locaux.....	32
5.4.2	Indicateur de la variabilité à l'aide de l'écart-type géométrique	32
5.5	Relation entre la teneur en fibres dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air ambiant	33
5.5.1	Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant du chrysotile (densités > 25 f/mm ²)	34
5.5.2	Relation entre la concentration de fibres dans l'air et matériaux contenant de l'amosite (densités > 25 f/mm ²)	34
5.5.3	Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant tous les types d'amiante (densités > 25 f/mm ²)	35
5.5.4	Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant tous les types de fibre (densités > 25 f/mm ²)	36
5.5.5	Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant de l'amiante : effet de la friabilité du matériau (densité > 25 f/mm ²).....	36
5.5.6	Tentatives de déterminer des tâches similaires d'exposition avec des prélèvements d'air (densité > 25 f/mm ²).....	38
5.5.7	Concentration de fibres dans l'air pendant les tâches accomplies en fonction des valeurs de référence	38
5.5.8	Déterminants qui influencent la concentration de fibres dans l'air	39
6.	Discussion.....	41

6.1	Les matériaux enregistrés dans la banque de données.....	41
6.2	Les échantillons d'air enregistrés dans la banque de données.....	43
6.3	Inférences statistiques	45
6.4	Quelques remarques sur les pratiques.....	46
6.5	Quelques remarques sur la protection respiratoire.....	46
7.	Conclusion	49
8.	Recommandations.....	51
9.	Remerciements.....	53
10.	Références.....	55
Annexe 1-A Revue de littérature sur la concentration de fibres pendant des travaux d'enlèvement ou de rénovation.....		61
Annexe 1-B Articles portant sur les concentrations dans l'air élevées lors de désamiantage		63
Annexe 1-C Études sur la mesure de fibres dans des immeubles.....		65
Annexe 2-A Exemple de requête		67
Annexe 2-B Exemple de tableau de données lié à une requête avec ajout de champs calculés		69
Annexe 2-C Exemple de tableau croisé et graphique lié		71

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Structure de la base de données.....	11
Figure 2 :	Formulaire de saisie pour les échantillons d'air	12
Figure 3 :	Formulaire de saisie pour les échantillons de matériaux.....	13
Figure 4 :	Répartition des échantillons selon la teneur en chrysotile et amosite	19
Figure 5 :	Répartition des échantillons selon la teneur en actinolite, trémolite et crocidolite	20
Figure 6 :	Répartition des échantillons selon leur teneur en laine de roche (ou laitier), laine de verre et fibres de verre en filaments continus	20
Figure 7 :	Répartition des échantillons selon leur teneur en cellulose et textile.....	21
Figure 8 :	Distribution des 3456 échantillons ayant une description des matériaux	22
Figure 9 :	Pourcentage moyen d'amiante selon la structure.....	24
Figure 10 :	Distribution des échantillons contenant du chrysotile ou de l'amosite selon les structures	25
Figure 11 :	Échantillons d'air selon les catégories d'établissement et la zone de prélèvement.....	26
Figure 12 :	Fréquence des concentrations de fibre dans l'air (n = 3000)	27
Figure 13 :	Distribution des densités des fibres sur les membranes (n = 3000)	27
Figure 14 :	Répartition des prélèvements d'air selon la densité et la concentration	28
Figure 15 :	Distribution du % cumulé d'établissements en fonction des concentrations d'échantillons d'air prélevés pendant les travaux	29

Figure 16 : Répartition des échantillons prélevés dans le chantier après les travaux selon le volume d'échantillonnage et la densité (n = 471).....	30
Figure 17 : Répartition des échantillons prélevés dans le vestiaire selon le volume d'échantillonnage et la densité de fibre sur la membrane (n = 2616).....	31
Figure 18 : Répartition des échantillons prélevés dans des locaux connexes selon leur volume d'échantillonnage et la densité (n = 587).....	32
Figure 19 : Proportions cumulées des écart-types provenant des distributions log-normales et des écart-types provenant de distributions non log-normales	33
Figure 20 : Relation entre la concentration de chrysotile dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=96)	34
Figure 21 : Relation entre la concentration de fibres amosite dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=32).....	35
Figure 22 : Relation entre la concentration de fibres d'amiante dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=132).....	35
Figure 23 : Relation entre la concentration de fibres dans les matériaux et la concentration de tous les types de fibres dans l'air (n=94)	36
Figure 24 : Effet de la friabilité des matériaux contenant du chrysotile (n=28).....	37
Figure 25 : Effet de la friabilité de matériaux contenant de l'amosite (n=28).....	37
Figure 26 : Analyse ANOVA des tâches d'exposition similaire en valeurs logarithmiques.....	38
Figure 27 : Distribution des échantillons supérieurs aux valeurs de référence retenues selon les tâches effectuées durant le prélèvement	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs limites d'exposition selon différents organismes	2
Tableau 2 : Répartition des établissements selon la catégorie.....	15
Tableau 3 : Répartition des échantillons de matériaux et d'air selon les catégories d'établissement	16
Tableau 4 : Répartition des échantillons de matériaux en fonction du nombre de types d'amiante et de tous les types de fibres	17
Tableau 5 : Nombre d'échantillons de matériaux selon leur charge totale en amiante et en tous types de fibres	18
Tableau 6 : Répartition des structures avec et sans amiante	23
Tableau 7 : Répartition des échantillons d'air selon la zone et le moment du prélèvement.....	25

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

ACGIH®	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CHSLD	Centre d'hébergement et de soins de longue durée
Code	Code de sécurité pour les travaux de construction
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail
EPA	Environmental Protection Agency
f/cc	Nombre de fibres par centimètre cube (unité de concentration)
FMA	Fibres minérales artificielles
FP	Facteur de protection pour les appareils de protection respiratoire
IARC	International Agency for Research on Cancer
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
MCA	Matériaux contenant de l'amiante
MEB	Microscopie électronique à balayage
MET	Microscopie électronique à transmission
MLP	Microscopie optique à lumière polarisée
MOCP	Microscopie optique à contraste de phase
MSSS	Ministère de la santé et des services sociaux
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety & Health Administration
RTI	Research Triangle Institute
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail
s/cc	Nombre de structures par centimètre cube (unité de concentration)
VECD	Valeur d'exposition de courte durée (15 minutes)
VEMP	Valeur d'exposition moyenne pondérée (8 heures)
TWA	Time Weighted Average (8 heures)
WHO	World Health Organization

1. INTRODUCTION

La toxicité des fibres d'amiante, du groupe des serpentines et du groupe des amphiboles, a été démontrée par des études épidémiologiques et toxicologiques (IARC, 1980; WHO, 1998). Au Québec, le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) (Gouvernement du Québec, 2007) reconnaît la toxicité des différentes fibres d'amiante en leur attribuant des valeurs d'exposition admissibles et la notation C1 qui signifie que l'agent a un effet cancérigène démontré chez l'humain.

L'exposition à l'amiante se mesure généralement dans la zone respiratoire du travailleur. La concentration de fibres dans l'air peut dépendre de plusieurs déterminants tels que la teneur en amiante dans le matériau, la matrice dans laquelle est dispersée la fibre d'amiante, la friabilité du matériau, la quantité d'énergie appliquée sur le matériau qui permettra de le réduire en poussière, les techniques d'enlèvement de l'amiante, etc.

Le démantèlement de matériaux à base d'amiante peut générer des concentrations de fibres dans l'air supérieures aux valeurs d'exposition admissibles. Le Code de sécurité pour les travaux de construction (Code) (Gouvernement du Québec, 2008) régit de tels travaux afin de protéger la santé des travailleurs. Ainsi, dans le cadre de la réalisation de travaux susceptibles d'émettre de la poussière d'amiante, le Code requiert des mesures de maîtrise de l'exposition telles que le mouillage des matériaux et des débris, le ramassage des débris au sol, etc., ainsi que, en dernier recours, des mesures de protection personnelle. Des prélèvements de fibres dans l'air sont exigés pour chaque quart de travail dans les chantiers d'enlèvement d'amiante à risque élevé conformément à l'article 44 du RSST. Le tableau 1 présente les valeurs limites d'exposition selon divers organismes du Québec et des États-Unis.

La relation entre la concentration de fibres générées dans l'air et les caractéristiques du matériau présent (type de fibre, pourcentage de fibres dans les matériaux, matrice, friabilité, etc.) n'est pas bien documentée. Même si, dans les situations idéales, les travailleurs sont protégés adéquatement, conformément au Code, il est important d'identifier les principaux paramètres permettant de maîtriser la concentration des fibres dans l'air afin d'améliorer la surveillance environnementale de l'exposition des travailleurs et de porter un jugement sur l'efficacité des moyens de protection en place mais aussi d'assurer la protection de l'environnement extérieur au chantier.

Tableau 1 : Valeurs limites d'exposition selon différents organismes

Règlement ou organisme	Type d'amiante	Valeurs limites
Code	Crocidolite ou amosite	Protection respiratoire à adduction d'air: 10 f/cc
	Tous types d'amiante	Test final : 0,01 f/cc
RSST	Actinolite	VEMP ⁽¹⁾ : 1 f/cc ; VECD ⁽²⁾ : 5 f/cc
	Amosite	VEMP : 0,2 f/cc ; VECD : 1 f/cc
	Anthophyllite	VEMP : 1 f/cc; VECD : 5 f/cc
	Chrysotile	VEMP : 1 f/cc; VECD : 5 f/cc
	Crocidolite	VEMP : 0,2 f/cc ; VECD : 1 f/cc
	Trémolite	VEMP : 1 f/cc; VECD : 5 f/cc
OSHA	Tous types d'amiante	TWA ⁽³⁾ : 0,1 f/cc
		Excursion level (30 minutes) : 1,0 f/cc
ACGIH®	Tous types d'amiante	TLV®-TWA : 0,1 f/cc

¹ VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée

² VECD : Valeur d'exposition de courte durée (15 minutes)

³ TWA : Time Weighted Average

Actuellement, il y a peu d'information disponible sur l'exposition des travailleurs dans le secteur de la construction au Québec (INSPQ, 2003a). D'ailleurs, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ, 2003b) recommandait « que le Ministère de la santé et des services sociaux (MSSS) voie à la réalisation d'études visant à mieux documenter l'exposition à l'amiante dans le secteur de la construction, de l'entretien et de la réparation de produits et de structures contenant de l'amiante ». Ce projet s'inscrit donc dans le cadre de cette recommandation pour l'établissement d'un programme de recherche et de suivi du dossier sanitaire et environnemental, plus spécifiquement dans la catégorie de mesure des expositions en milieu de travail.

2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Le secteur de la construction est un domaine dans lequel les matériaux contenant de l'amiante (MCA) ont été abondamment utilisés. Approximativement 20 % des édifices américains contiendraient des MCA (Paull, 1986). Les matériaux de construction qui contiennent de l'amiante peuvent être regroupés en trois grandes classes (Curtis, 1991) :

- 1) les produits qui sont appliqués à l'état liquide tels que les peintures et les composés à toiture en asphalte;
- 2) les produits rigides qui contiennent de la fibre d'amiante dans leur matrice, par exemple les tuiles de plafond et de plancher, les ciments, les cloisons sèches et les composés à joint;
- 3) les matériaux friables tels que les isolants thermiques, le flochage et les produits du textile.

La revue de littérature a porté sur l'exposition aux fibres pendant les travaux susceptibles d'émettre de la poussière d'amiante ainsi que sur la mesure des fibres d'amiante, sans activité quelconque, pour estimer la pollution dans les immeubles.

La littérature scientifique donne quelques informations sur l'exposition des travailleurs dans les secteurs de la construction et de l'entretien. Ainsi, la base de données française Évalutil (Orlowski, 1993) composée de deux bases documentaires relatives à l'amiante et aux fibres minérales artificielles (FMA) et d'une matrice emplois-exposition à l'amiante, fournit un certain nombre de données sur l'enlèvement et l'entretien de flochage mais aussi sur le ciment et le bitume. La nature du matériau, l'identification et la teneur en fibre d'amiante dans le matériau, l'identification et la teneur des autres composantes fibreuses et non fibreuses ainsi que les outils utilisés ne sont que rarement spécifiés. Par contre, l'efficacité de certaines méthodes de maîtrise de l'exposition telles que l'humidification, et certaines opérations spécifiques, tel le perçage, y sont documentées.

L'utilisation des bases de données pour établir une matrice poste-exposition dans le secteur de la construction a été étudiée par l'équipe de l'Université de Montréal (Beaudry, 2008).

2.1 Mesure de l'exposition pendant l'enlèvement, l'entretien et la rénovation

Dans une série de publications (fin 1990 - début 2000), il a été démontré que la concentration de fibres dans l'air pendant les travaux est généralement inférieure à 1 f/cc. Les articles consultés, tel que résumé à l'annexe 1-A, présentent la concentration de fibre d'amiante dans l'air lors de travaux d'enlèvement ou de rénovation en fonction des déterminants, tels le type de matériaux ou le procédé, qui pourraient influencer l'émission de fibres dans l'air.

Quelques études moins récentes ont rapporté des concentrations substantielles de fibres dans l'air lors d'activités de désamiantage (Annexe 1-B).

2.2 Mesure de la concentration de fibres dans les immeubles sans travaux

Un effort considérable a été réalisé pour la mesure de fibres dans des immeubles isolés à l'amiante ou contenant de l'amiante afin de déterminer si les occupants étaient à risque, si le site nécessitait d'être défloqué ou si des matériaux contenant de l'amiante devaient être enlevés (Annexe 1-C). Les différents articles consultés démontrent la grande variabilité des concentrations lors des activités d'enlèvement ou de rénovation ou encore lors de l'évaluation du risque pour les occupants d'un immeuble.

Il aurait été possible de présenter les résultats de la revue de la littérature sous une forme quantitative en tenant compte de la diversité des formats rapportés dans la littérature (moyenne arithmétique, moyenne géométrique, valeur médiane, inférieure à, étendue ou encore données uniques). Il faudrait alors harmoniser la présentation des résultats à l'aide de transformations mathématiques des données basées sur les travaux de Lavoué *et al* (Lavoué, 2006). Cependant, ce travail dépassait les objectifs et les ressources prévus par le projet.

2.3 Techniques d'évaluation des fibres d'amiante

La microscopie est la technique analytique de choix pour la caractérisation de matériaux fibreux. Différents types de microscopie sont actuellement utilisés à travers le monde et comportent des avantages et des désavantages relativement à leur coût, la préparation des échantillons, le délai d'analyse et leurs capacités à fournir des informations pertinentes sur les fibres d'amiante.

La microscopie optique à lumière polarisée (MLP) est la technique standard pour identifier qualitativement l'amiante dans les échantillons en vrac ou dans les matériaux. La MLP peut aussi être utilisée pour estimer la teneur en amiante dans ces échantillons. Si l'EPA définit un MCA comme un matériau contenant plus de 1 % d'amiante, le RSST et le Code reconnaissent un MCA à partir de 0,1 %. Or la technique de MLP, une méthode semi-quantitative, ne peut mesurer avec précision des concentrations de cet ordre. De plus, cette technique est moins efficace pour les fibres plus fines que 1 µm (Baron, 2003).

La microscopie optique à contraste de phase (MOCP) est utilisée fréquemment en hygiène du travail pour évaluer l'empoussièrément dans les établissements où des travailleurs sont exposés aux poussières d'amiante. Cette technique est peu coûteuse, demande peu de préparation et est rapide. Les fibres plus longues que 5 µm, de diamètre inférieur à 3 µm et dont le rapport longueur-diamètre est supérieur à 3:1 sont prises en compte pour la numération. La MOCP ne permet pas de différencier les types de matériel fibreux retrouvés dans l'environnement général (fibres d'amiante, fibres inorganiques naturelles ou synthétiques, fibres organiques ou végétales). Son utilisation suppose donc une connaissance préalable de la prépondérance des fibres d'amiante dans le milieu (Dodson, 2006; Beard, 2000).

La microscopie électronique à transmission (MET) et dans certains cas la microscopie électronique à balayage (MEB) sont utilisées pour tous les types d'échantillons (air, poussières déposées, vrac, eau, etc.) lorsque des fibres fines ou courtes sont impliquées ou pour des besoins spécifiques d'identification de fibres d'amiante individuelles. Lorsque la majorité des fibres dans l'air ambiant n'est pas de l'amiante (comme dans les édifices publics), il est nécessaire de les

identifier lors de la mesure de leur concentration dans l'air. Notons que de nombreuses fibres d'amiante en suspension dans ces atmosphères ont des diamètres inférieurs à la limite de résolution du microscope optique ($< 0,25 \mu\text{m}$). La MET et la MEB permettent une analyse chimique des fibres échantillonnées par énergie dispersive des rayons X (EDRX) et, pour la MET, s'ajoute la diffraction des électrons dans une aire choisie (SAED) qui permet une analyse plus performante des amphiboles. Les paramètres géométriques des fibres comptées par MET sont fixés à une longueur supérieure à $0,5 \mu\text{m}$ mais la limite de résolution permet une analyse de fibre inférieure à $0,01 \mu\text{m}$. Le prix élevé de l'instrumentation, le coût d'entretien prohibitif ainsi que les manipulations multiples pour la préparation de l'échantillon contribuent à rendre coûteuse ces analyses (INSPQ, 2003b).

Il est difficile de statuer sur un facteur de conversion entre les différentes méthodes microscopiques. Puisqu'en MOCP, il est impossible d'identifier les fibres et que seule la morphologie est prise en compte, toutes les structures fibreuses répondant aux critères d'une fibre respirable sont considérées dans la détermination de la concentration. Par contre, si on utilise la MEB, les fibres d'amiante de cette taille seront identifiées à l'aide de l'analyse chimique et les autres fibres ne seront pas considérées. L'utilisation de la MEB, dans ces conditions, aura donc comme effet de donner des résultats inférieurs dans des environnements où les fibres d'amiante ne sont pas majoritaires. Il est encore plus difficile de trouver une relation entre la MOCP et la MET pour laquelle la résolution d'images est bien supérieure et que beaucoup plus de fibres courtes ($< 5 \mu\text{m}$) et fibres fines ($< 0,2 \mu\text{m}$) sont décelées. Pour des fibres équivalentes en optique prélevées en milieux industriels, la MET sous-estimera puisque cette technique aura éliminé les fibres qui ne sont pas de l'amiante. Par contre, pour des fibres de diamètre inférieur à $0,2 - 0,25 \mu\text{m}$, la MET en aura mis beaucoup plus en évidence, donc fournira un résultat supérieur, surtout en présence de chrysotile. Ce qui a été démontré par plusieurs études rapportées par l'INSERM (INSERM, 1997). Le rapport moyen entre la MET et la MOCP varie selon les études : de 1,2 à 4,35 pour le chrysotile ; de 3 pour des fibres de crocidolite entre 5 et $10 \mu\text{m}$ de longueur ; et de 1,7 pour des fibres d'amphiboles préparées en laboratoire.

D'autres facteurs dont la méthode de préparation des échantillons, directe ou indirecte, peuvent occasionner des biais dans l'évaluation de la concentration. La méthode indirecte consistant à traiter l'échantillon par incinération de la membrane sans modifier la phase minérale, à disperser par ultrasons les cendres obtenues, peut entraîner une défibrillation des fibres en multiples fibrilles élémentaires. Ce qui peut donc occasionner une augmentation du nombre de fibres. L'INSERM, dans son rapport de 1997, discute des résultats de plusieurs études portant sur les méthodes de préparation.

3. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

3.1 Objectif général

L'objectif général du projet est de documenter les sources d'émission et de cerner l'apport des différentes variables identifiées qui contribuent à la concentration des fibres dans l'air lors de l'exécution des tâches spécifiques des travailleurs de la construction et de l'entretien.

3.2 Objectifs spécifiques

- Contribuer à mieux répertorier les types de matériaux retrouvés dans les édifices publics contenant de la fibre d'amiante et faisant ou ayant fait l'objet de travaux à risque élevé;
- Évaluer s'il existe une relation entre la teneur en fibres d'amiante dans les matériaux de construction et la concentration de fibres dans l'air dans le chantier de construction à risque élevé et lors de l'exécution de certaines tâches spécifiques de désamiantage;
- Examiner sur une base qualitative les déterminants qui influencent la concentration de fibres d'amiante dans l'air lors de travaux d'enlèvement d'amiante.

3.3 Hypothèse de recherche

L'hypothèse de recherche est à l'effet qu'il existe une relation, tout au moins qualitative, entre certains déterminants de l'exposition ou regroupements de déterminants et la concentration de fibres dans l'air et que cette relation peut être mise en évidence en utilisant les résultats d'échantillonnage dans les chantiers de construction à risque élevé.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Conformément à l'article 3.23.3 du Code, l'employeur doit déterminer les types d'amiante présents dans les matériaux avant d'entreprendre des travaux susceptibles d'émettre de la poussière d'amiante. Lorsque l'analyse démontre la présence d'amiante, l'employeur est tenu d'en informer la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et de se soumettre aux prescriptions du Code et du RSST. De plus, pour les chantiers à risque élevé où le travail est réalisé à l'intérieur d'une enceinte étanche, l'employeur doit effectuer un relevé de la concentration des fibres respirables d'amiante dans l'air de l'aire de travail, conformément à l'article 44 du RSST. Ce prélèvement doit être réalisé au moins une fois par quart de travail en cours d'exécution des travaux. L'échantillon doit être expédié immédiatement à un laboratoire à des fins d'analyse et des mesures raisonnables doivent être prises pour obtenir le résultat dans les 24 heures. Le certificat d'analyse de la concentration de fibres mesurée dans l'air de l'aire de travail doit être consigné dans un registre disponible sur les lieux de travail pendant toute la durée des travaux. De plus, le Code spécifie la prise d'échantillons d'air dans l'aire de travail à la fin des travaux, avant le démantèlement de l'enceinte étanche. Des échantillons d'air sont également prélevés pendant les travaux, dans des zones connexes, vestiaire propre ou autre local. Ces prélèvements, non régis par le Code, permettent de vérifier les procédures de déplacement vers la zone propre ou de s'assurer de l'étanchéité de l'enceinte. Certains de ces résultats ont pu être pris en compte dans la compilation des données.

4.1 Sources de données

4.1.1 Données rétrospectives

L'approche utilisée dans le cadre du projet de recherche consistait à obtenir l'accès aux données recueillies pour la caractérisation des matériaux, l'échantillonnage dans l'air lors de l'exécution de travaux à risque élevé et les rapports d'intervention produits par différents partenaires. Les données proviennent de l'IRSST, des inspecteurs de la CSST provenant de deux grandes régions du Québec (Montréal et Trois-Rivières), des représentants de santé et sécurité de l'Université de Montréal et de l'Université McGill, ainsi que des consultants spécialisés (17 laboratoires reconnus pour leur compétence dans l'analyse) dans la gestion d'enlèvement de matériaux susceptibles d'émettre des poussières d'amiante. Le contenu de ces rapports de laboratoire constitue l'assise principale de ce projet de recherche. Toutes les données mises à notre disposition ont été dépersonnalisées pour en assurer la confidentialité.

Les critères suivants ont été retenus pour la sélection des chantiers de démantèlement de matériaux contenant de l'amiante :

- Demande formelle d'une analyse d'air ou d'une caractérisation des matériaux;
- Analyses réalisées par un laboratoire reconnu (participation à un programme de contrôle de la qualité);
- Travaux à risque élevé uniquement;

- Chantiers où les travaux se sont déroulés idéalement sur plus de trois jours afin d'avoir un nombre représentatif minimal d'échantillons d'air.

Les deux critères suivants ont été ciblés mais n'ont pu être appliqués dans tous les chantiers retenus :

- Chantiers avec surveillance et disponibilité d'un rapport détaillé sur les tâches et les moyens de maîtrise;
- Chantiers où il était possible de retracer les analyses des échantillons de matériaux ainsi que des échantillons d'air.

Pour certains chantiers, seuls les résultats d'analyse des prélèvements d'air étaient accessibles tandis que pour d'autres, les résultats d'échantillons de matériaux seuls étaient disponibles. Par exemple, 2063 échantillons de matériaux analysés à l'IRSST dans le cadre de la démarche préventive dans les écoles ont permis de constituer des données significatives dans ce type d'établissement (MSSS, 1999).

4.1.2 Données courantes

Les informations de chantiers où intervenaient les inspecteurs durant la réalisation du présent projet de recherche ont été intégrées aux données du projet de façon similaire. La possibilité de discuter directement avec la personne en charge de la prise des échantillons (air et matériau) avait pour effet de documenter de façon plus complète les différents paramètres recherchés.

4.2 Élaboration de la base de données ACCESS

Les données d'analyse des échantillons de matériaux et des échantillons d'air, les variables dépendantes et indépendantes ainsi que tous les déterminants liés à ces variables ont été saisis dans une base de données relationnelle gérée par le logiciel Access^{®1}. À chaque type de données correspond une table.

La figure 1 présente la structure de la base de données. Les tables sont représentées sous forme de rectangles et sont identifiées dans la zone grisée. Suivent les noms des champs. Le nom de la clé primaire est souligné et séparé des autres champs par un trait horizontal. Les relations entre les tables sont données par des flèches.

Chaque échantillon d'air ou de matériau (tables «echantillonAir» et «echantillonMateriau») a été prélevé dans un local (table «local») faisant partie d'un chantier de désamiantage (table «chantier») - potentiel ou réel - ayant cours dans un établissement spécifique (table «établissement»). Les établissements sont regroupés dans un plan de classement réalisé par la table «etablissementCategorie» : les établissements ont été dépersonnalisés. À un chantier est associé le surveillant de chantier (table «surveillant») et l'entrepreneur en charge des travaux (table «entrepreneur»).

¹ Access 2000 de Microsoft Corporation

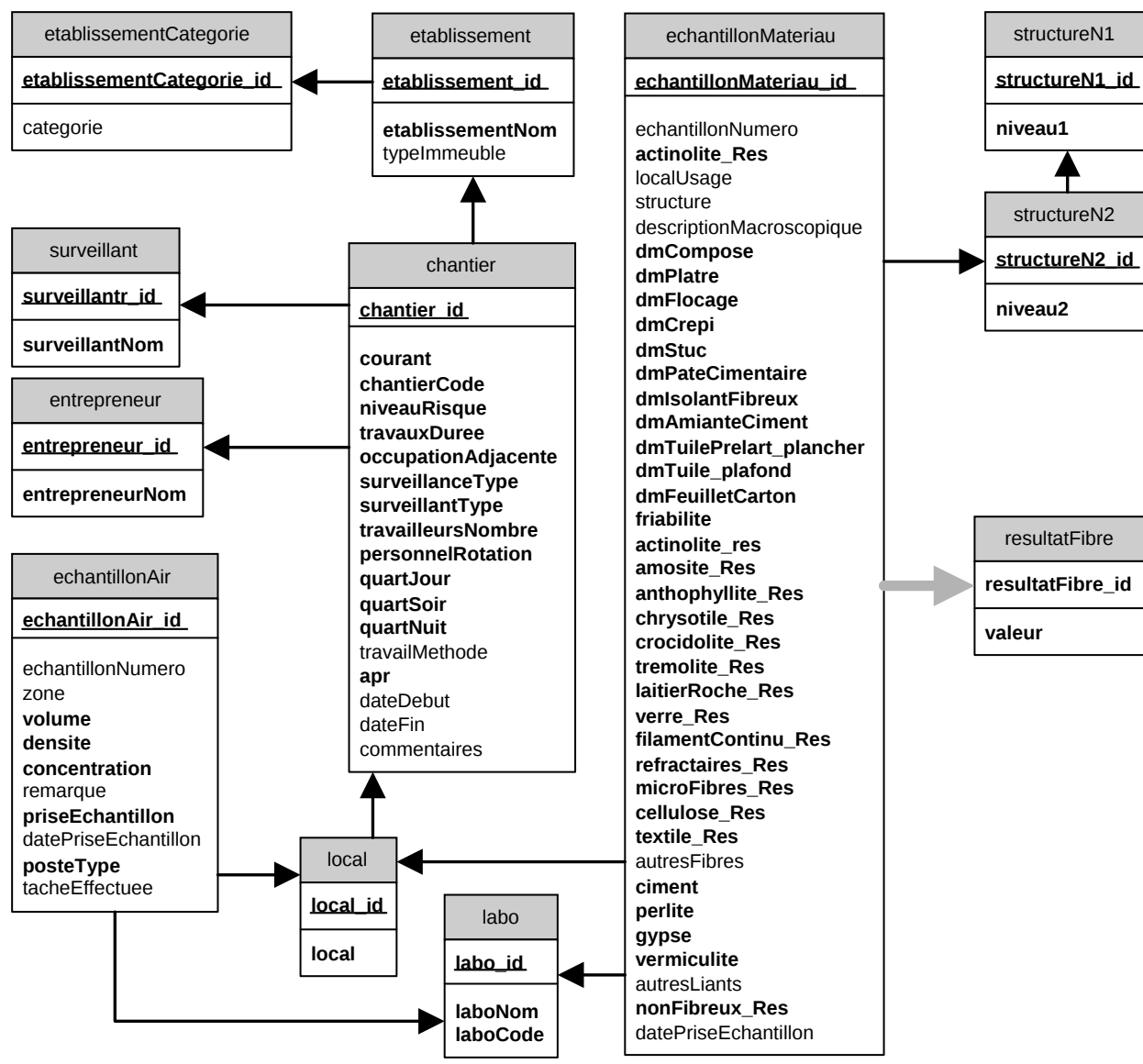


Figure 1 : Structure de la base de données

La table «labo» permet de lier un échantillon d'air ou de matériau au laboratoire qui a réalisé l'analyse. Tous les champs de la table «echantillonMateriau» servant à rendre un résultat de fibres (depuis «actinolite_Res» à «textile_Res») sont pilotés par la table «resultatFibre» : la figure 1 présente l'ensemble des relations entre ces deux tables (flèche pointillée). De plus, un plan de classement à 2 niveaux permet de regrouper les échantillons de matériau en fonction de l'élément de structure duquel ils ont été prélevés. Par exemple, un échantillon prélevé sur un coude ou un tuyau (N2) aurait été inclus dans un regroupement appelé plomberie (N1).

4.3 Saisie des données

Les figures 2 et 3 montrent les formulaires de saisie utilisés pour la saisie des données d'analyse des échantillons d'air et de matériaux.

4.3.1 Échantillons d'air

Des échantillons d'air peuvent être prélevés dans quatre contextes : dans l'aire de travail, durant les travaux et après les travaux, dans le vestiaire double ou dans un local connexe pendant les travaux. Les résultats des prélèvements (ambiant, zone respiratoire des travailleurs ou zone respiratoire du responsable de prélèvement) effectués dans le chantier durant les travaux ont été saisis en fonction des pratiques courantes de l'entreprise responsable de ces prélèvements. Il était aussi possible, dans certains cas, de connaître la ou les tâche(s) exécutée(s) au moment du prélèvement d'air. Les résultats d'analyse (densité et concentration), ainsi que le volume d'échantillonnage, étaient saisis (figure 2). Les analyses ont été effectuées exclusivement par microscopie optique à contraste de phase (MOCP). Le domaine d'applicabilité de la méthode IRSST 243 correspond à des densités variant de 100 à 1300 f/mm². Lorsque la densité est inférieure à 25 f/mm², une concentration a été calculée en utilisant une densité de 12,5 f/mm² (soit la densité minimale rapportée divisée par deux) (Hornung, 1990). Les densités entre 25 et 100 f/mm² ont été prises en considération pour évaluer les concentrations.

Figure 2 : Formulaire de saisie pour les échantillons d'air

4.3.2 Échantillons de matériau

Lors de la caractérisation de matériaux, si la composition de l'échantillon n'est pas homogène, chacune des phases doit être analysée distinctement. Cette procédure n'est toutefois pas toujours suivie par tous les laboratoires. Afin de simplifier le traitement des données, il a été convenu que seule la phase contenant le plus de fibres d'amiante ou la phase contenant des amphiboles serait considérée. Les caractéristiques des matériaux suivantes ont été colligées dans la base de données (figure 3):

- Les types de fibres, amiante et autres, ainsi que leurs teneurs ;

- Une description macroscopique (couleur, type de matrice ou liant, friabilité) faite soit par le technicien de laboratoire ou par la personne responsable de l'échantillonnage;
- L'élément de structure (mur, plafond, plancher, tuyaux, etc.) sur lequel l'échantillon a été prélevé;
- La description des matériaux (plâtre, composé à joint, crépis, flocage, ...) lorsque l'information était disponible, sinon la description a été déduite lors de l'observation macroscopique.

The screenshot shows a software window titled "échantillons MATÉRIAU". At the top, there are two text boxes: "C8 Aile D : Collège 8" and "Sous-sol, Aile G [2101]". Below these are navigation buttons. The main form area contains several fields: "numéro : T1", "date : 2005/08/07", and a "description de l'échantillon :" field with the text "alvéoles d'air (retour de chauffage), gris, fibreux, homo.". There are two tabs: "Analyse ..." and "Matériaux ...". The "Matériaux ..." tab is active, showing a "labo :" dropdown set to "lab-80", an "usage lieux :" field, a "structure:" dropdown set to "Tuyauterie", and another "structure:" dropdown set to "Chauffage / ventilation : Autre". Below these are two main sections: "fibres" and "liants". The "fibres" section has a grid of dropdowns for various fiber types (actinolite, amosite, anthophyllite, chrysotile, crocidolite, trémolite, laitier roche, fibre de verre, filaments cont., céram. réfract., micro-fibres, celluloseux, textiles) and an "autres fibres" field. The "liants" section has a grid of dropdowns for different binders (ciment, perlite, gypse, vermiculite, non fibreux) and an "autres liants" field. At the bottom, there is a status bar showing "Enr : 1 sur 11".

Figure 3 : Formulaire de saisie pour les échantillons de matériaux

4.4 Élaboration des requêtes

La dernière étape avant le traitement des données consiste à effectuer des extractions de champs en provenance d'une ou plusieurs tables en fonction de différents critères. Dans le langage d'ACCESS, il s'agit de requêtes. Un exemple de requête est présenté à l'annexe 1.

4.5 Traitement des données

Chaque requête produit un tableau de données qui sera soumis à une analyse plus spécifique en fonction de différents critères ou catégories à l'aide de Microsoft Excel et Minitab (version 15).

4.5.1 Liens entre les fichiers EXCEL et la base de données principale

Pour chacune des requêtes dans ACCESS, un lien dynamique a été créé dans une feuille de calcul EXCEL. Il est possible d'ajouter des colonnes au tableau ainsi créé pour effectuer des calculs appropriés. Par exemple, le calcul de la concentration en f/cc se fait à partir de la densité mesurée et du volume d'échantillonnage. La conformité d'un résultat par rapport à une valeur de référence peut également être calculée dans une autre colonne et ainsi de suite. Un exemple d'un tableau issu d'un lien dynamique avec ACCESS et l'ajout de champs calculés est présenté à l'annexe 2.

4.5.2 Construction des tableaux croisés

À partir d'un tableau, il devient alors possible de générer des tableaux croisés qui permettent de calculer un paramètre (moyenne, écart-type, occurrence ...) en fonction de certains critères tout en permettant une ventilation. Trois tableaux croisés calculant le nombre d'échantillons d'air avec une ventilation pour le type d'établissement sont illustrés à l'annexe 1. Dans ce cas spécifique, les données issues des trois tableaux croisés sont synthétisées dans un tableau lui-même lié à un graphique qui permet une lecture plus facile des données. La majorité des tableaux et graphiques présentés dans la section 5 (Résultats) ont été générés en utilisant ce processus.

4.5.3 Calcul de la charge totale d'un échantillon

La charge de fibres dans les matériaux a été calculée à partir de la détermination du mode pour chacune des classes décrites dans la méthode IRSST 243. Ainsi, pour un échantillon comportant deux types d'amiante, 5-10 % d'amosite et 10-25 % de chrysotile, la charge totale de fibre serait la somme des modes, 7,5 et 17,5 %, soit 25 %. Compte tenu de cette procédure, il pourrait arriver lors de teneurs élevées en différents types de fibres que la charge totale soit supérieure à 100 %.

4.5.4 Relation entre les variables

Les relations entre la teneur en fibres d'amiante (variable indépendante) et la concentration de fibres dans l'air (variable dépendante) ont été évaluées à l'aide de régressions linéaires simples par la méthode des moindres carrés.

5. RÉSULTATS

Un grand nombre de paramètres a été documenté dans la base de données, tant au niveau des échantillons de matériaux et d'air qu'au niveau des chantiers. Dans cette section seront présentés les paramètres ayant donné des résultats susceptibles de mettre en évidence la contribution des différentes variables dans la concentration de fibres générées dans l'air.

5.1 Catégorisation des établissements

Les 1182 établissements répertoriés ont été classés en neuf (9) catégories (tableau 2). Les résultats sont limités dans le cas des immeubles liés à des activités industrielles comme les raffineries, usines et ateliers mécaniques. Notons aussi que les immeubles scolaires sont sur-représentés par rapport aux autres établissements compte tenu de la disponibilité des données de nos différentes sources. Il est donc difficile d'affirmer la représentativité de ces données pour l'ensemble des établissements du Québec.

Tableau 2 : Répartition des établissements selon la catégorie

Catégorie d'établissements	Nombre d'établissements
Ateliers mécaniques	2
Autres*	4
Hôpitaux et CHSLD	22
Immeubles à bureaux	24
Immeubles à logement	4
Immeubles scolaires	1100
Raffinerie	5
Salles communautaires	13
Usines	8
Total	1182

* Autres = transport, entrepôts de produits alimentaires et centrale d'énergie

Le tableau 3 présente le nombre d'établissements et d'échantillons d'air et d'échantillons de matériaux en fonction des catégories d'établissement. Notons que dans certains établissements, seulement un type d'échantillon (air ou matériaux) était saisi dans la base de données.

Tableau 3 : Répartition des échantillons de matériaux et d'air selon les catégories d'établissement

Catégorie d'établissements	Échantillons matériaux		Échantillons air	
	Nombre d'établissements	Nombre d'échantillons	Nombre d'établissements	Nombre d'échantillons
Ateliers mécaniques	1	19	2	52
Autres *	2	142	4	804
Hôpitaux et CHSLD	14	466	20	728
Immeubles à bureaux	12	997	24	2957
Immeubles à logement	2	15	4	214
Immeubles scolaires	1085	3263	28	579
Raffinerie	2	219	5	931
Salles communautaires	6	232	11	205
Usines	2	30	8	220
Total	1126	5383	106	6690

* Autres = transport, entrepôts de produits alimentaires et centrale d'énergie

5.2 Matériaux contenant de l'amiante

Les résultats de **5383** analyses de matériaux provenant de 1126 établissements ont été saisis dans la base de données.

5.2.1 Les types de fibres d'amiante et autres fibres

Un échantillon de matériau peut être constitué d'un seul type de fibre d'amiante, en concentration variée, ou de plusieurs types. Il peut également contenir un mélange de fibres d'amiante et autres types de fibres (fibres minérales artificielles, fibres organiques, etc.) ou seulement des fibres autres que l'amiante. La répartition des échantillons de matériaux est présentée dans le tableau 4 en fonction du nombre de types d'amiante et du nombre de types de fibres autres que l'amiante (fibres minérales artificielles, fibres organiques, etc.). Notons qu'un échantillon contenant de l'amiante peut aussi contenir d'autres fibres, et qu'un échantillon contenant d'autres fibres peut aussi contenir de l'amiante.

Tableau 4 : Répartition des échantillons de matériaux en fonction du nombre de types d'amiante et de tous les types de fibres

Nombre de types d'amiante ou fibres	Nombre d'échantillons (%)	
	Fibres d'amiante	Autres fibres
0	2908 (54 %)	3749 (69,6 %)
1	2095 (38,9 %)	1387 (25,8 %)
2	379 (7 %)	221 (4,1 %)
3	1 (0,1 %)	23 (0,4 %)
4	-	3 (0,1 %)
5	-	-
Total	5383 (100 %)	5383 (100 %)

Notons qu'un nombre important d'échantillons de matériaux acheminés aux laboratoires ne contenait aucune phase fibreuse. De plus, dans les matériaux contenant des fibres, la présence d'un seul type de fibre était plus fréquente que la présence d'un mélange de fibres, surtout pour les échantillons contenant de l'amiante.

Lorsqu'un seul type de fibres d'amiante était trouvé dans un matériau, il s'agissait de chrysotile dans 88,6 % des cas (1856/2095), d'amosite dans 10,6 % des cas (222/2095), d'actinolite ou trémolite dans 0,8 % des cas (17/2095). Dans les cas de mélanges de deux types d'amiante, 78,4 % (297/379) était constitué de chrysotile et amosite, 20,8 % (79/379) de trémolite ou actinolite et chrysotile, 0,5 % (2/379) de crocidolite et chrysotile et 0,3 % (1/379) d'amosite et crocidolite. Pour le mélange à trois amiantes, un seul échantillon contenait du chrysotile, de l'amosite et du crocidolite.

5.2.2 Charge totale en fibres dans les matériaux

Une charge totale en fibre a été calculée pour les échantillons de matériaux contenant un ou plusieurs types de fibres (tableau 5).

Tableau 5 : Nombre d'échantillons de matériaux selon leur charge totale en amiante et en tous types de fibres

Charge totale	Nombre d'échantillons (%)	
	Amiante	Fibres
0	2858 (53 %)	1862 (35 %)
Trace	48 (1 %)	133 (2 %)
< 1 %	395 (7 %)	408 (8 %)
1 – 5 %	411 (8 %)	338 (6 %)
5 – 10 %	232 (4 %)	293 (5 %)
10 – 25 %	288 (6 %)	346 (6 %)
25 – 50 %	261 (5 %)	333 (6 %)
50 – 75 %	538 (10 %)	516 (10 %)
75 – 95 %	285 (5 %)	513 (10 %)
> 95 %	67 (1 %)	641 (12 %)
Total	5383 (100 %)	5383 (100 %)

Plus de la moitié des échantillons (54 %) ne contenait pas de fibres d'amiante (0 et trace) et 37 % des échantillons analysés ne comportaient pas de fibres (tous types confondus). Les échantillons positifs (< 1 % et plus) étaient répartis dans les différents intervalles de concentrations. Notons que près de 15 % des échantillons se retrouvaient dans les intervalles de faibles concentrations en amiante (de < 1 % et 1-5 %), et que 16 % en contiendraient plus de 50 %.

5.2.3 Distribution des concentrations de fibres dans les matériaux

L'analyse spécifique des types d'amiante pour les 2477 échantillons positifs (< 1 % et plus) est présentée dans les sous-sections 5.2.3.1 et 5.2.3.2. Les sections 5.2.3.3 et 5.2.3.4 traitent des échantillons de fibres autres que l'amiante (3388 échantillons positifs).

5.2.3.1 Fibres d'amiantes chrysotile et amosite

La figure 4 montre la distribution des échantillons contenant du chrysotile et de l'amosite en fonction de la teneur en amiante:

- 90 % des échantillons (2232/2477) contenaient de l'amiante chrysotile;
- 21 % des échantillons (521/2477) contenaient de l'amiante amosite.

La comparaison entre les deux types d'amiante montre que 55 % des échantillons de chrysotile contenaient moins de 10 % d'amiante et que l'amosite se retrouvait généralement en concentrations plus élevées, avec 71 % des échantillons ayant une concentration supérieure à 25 %.

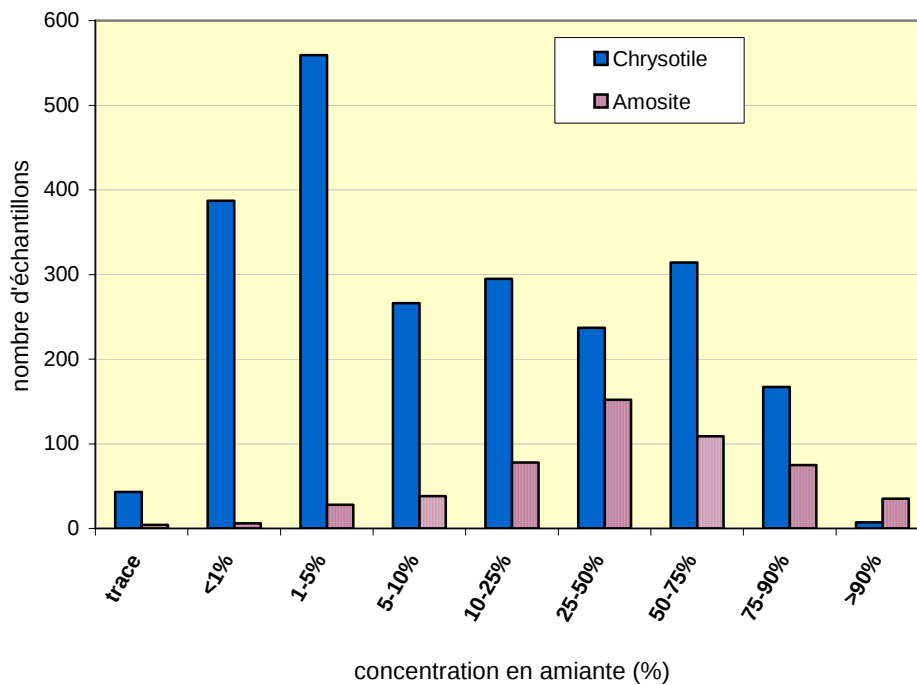


Figure 4 : Répartition des échantillons selon la teneur en chrysotile et amosite

5.2.3.2 Fibres d'amiante trémolite, actinolite, anthophyllite et crocidolite

La figure 5 présente la répartition des fibres de trémolite, d'actinolite et de crocidolite dans l'ensemble des matériaux contenant de l'amiante:

- 2,1 % des échantillons (52/2477) contenaient de l'actinolite;
- 1,9 % des échantillons (48/2477) contenaient de la trémolite;
- 0,2 % des échantillons (4/2477) contenaient de la crocidolite;
- l'amiante anthophyllite n'a pas été mis en évidence.

La concentration de fibre dans la majorité des échantillons était à l'état de trace ou inférieure à 1 %. La trémolite et l'actinolite sont une contamination naturelle du chrysotile, du talc et de la vermiculite. C'est pourquoi ces amiantes sont retrouvés à très faible concentration. Notons également qu'il est parfois difficile de différencier l'actinolite de la trémolite, compte tenu de leurs similitudes chimiques et morphologiques; ces amiantes sont donc traités de façon similaire.

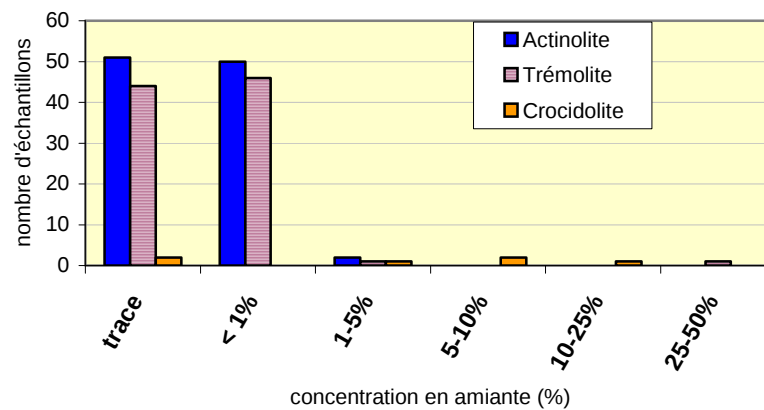


Figure 5 : Répartition des échantillons selon la teneur en actinolite, trémolite et crocidolite

5.2.3.3 Fibres minérales artificielles

La figure 6 montre la distribution des fibres minérales artificielles qui ont été décelées dans les matériaux:

- 11 % des échantillons (379/3388) contenaient de la laine de roche ou de la laine de laitier, dont 79 % dans une concentration supérieure à 25 %;
- 5 % des échantillons (171/3388) contenaient de la laine de verre, dont 33 % dans une concentration supérieure à 25 %;
- 1,4 % des échantillons (46/3388) contenaient de la fibre de verre en filament continu, dont la majorité a une concentration inférieure à 25 %;
- un (1) seul échantillon a été positif quant à son contenu en fibre réfractaire céramique.

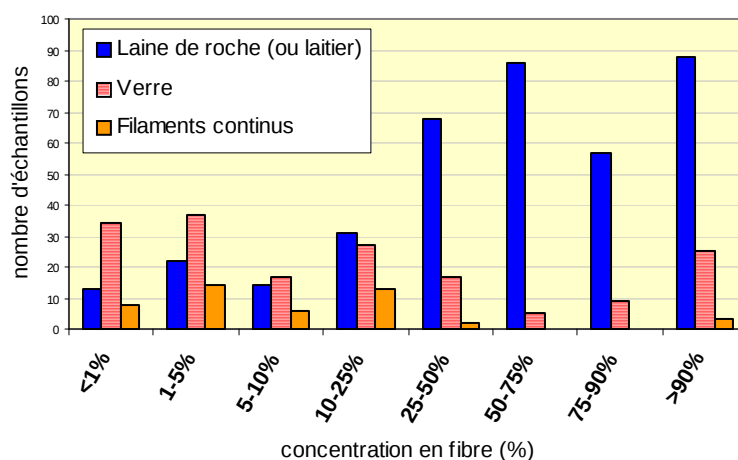


Figure 6 : Répartition des échantillons selon leur teneur en laine de roche (ou laitier), laine de verre et fibres de verre en filaments continus

5.2.3.4 Fibres de cellulose et fibres de textile

La figure 7 présente la distribution de la concentration de fibres de cellulose et de fibres de textile (synthèse) décelées dans les échantillons :

- 37 % des échantillons (1255/3388) contenaient de la cellulose, dont 76,2 % dans une concentration inférieure à 10 %;
- 1,7 % des échantillons (57/3388) contenaient des fibres de textile dans une concentration inférieure à 10 % pour 94 % des échantillons.

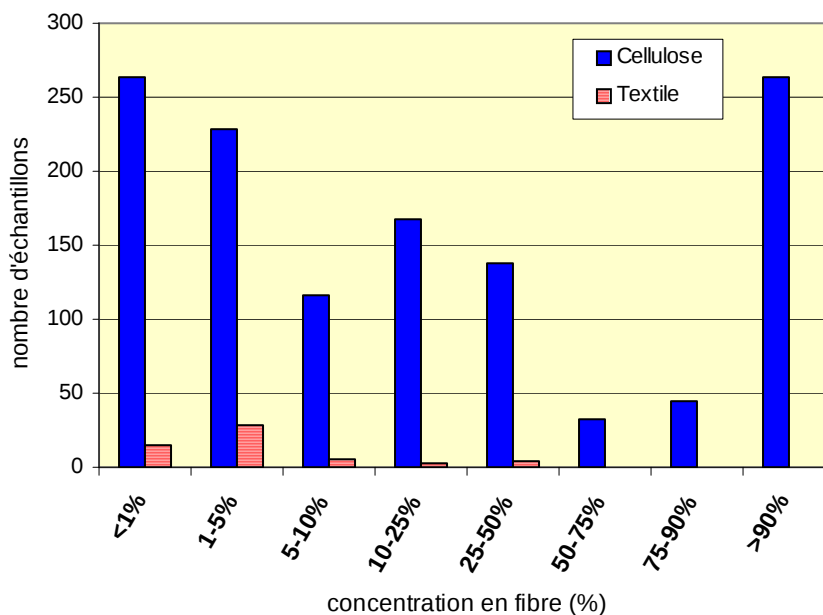


Figure 7 : Répartition des échantillons selon leur teneur en cellulose et textile

5.2.3.5 Résumé de la distribution des fibres dans les matériaux

En résumé, plus de la moitié des échantillons (54 %) ne contenait pas de fibres d'amiante (0 et trace) et 37 % des échantillons analysés ne comportaient pas de fibres (tous types confondus). Le chrysotile a été retrouvé dans 90 % des échantillons positifs en amiante et l'amosite y était présent dans 21 % des cas. Les amphiboles de type trémolite/actinolite ont été retrouvées dans moins de 4 % des échantillons.

5.2.4 Matériaux et structures

5.2.4.1 Description des matériaux

La figure 8 présente la distribution des échantillons pour lesquels il y avait une description des matériaux (64 %). Le plâtre et le flocage ont été rapportés le plus souvent dans les descriptions :

- 52,6 % des échantillons (1818/3456) étaient du plâtre;
- 25,4 % des échantillons (878/3456) ont été identifiés comme étant un flocage.

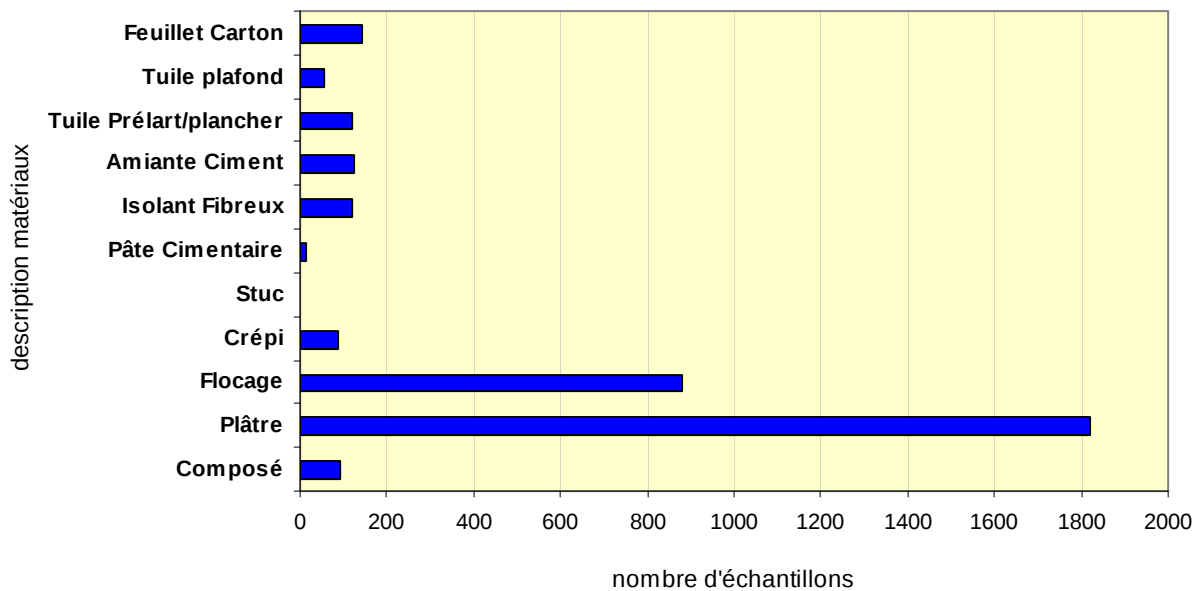


Figure 8 : Distribution des 3456 échantillons ayant une description des matériaux

5.2.4.2 Description des structures

Plusieurs rapports d'analyse comportaient l'information permettant d'identifier la pièce de structure (mur, plancher, tuyau, etc.) sur laquelle était prélevé l'échantillon de matériau. Les pièces de structure identifiées dans les rapports d'analyse ont été classées en 34 catégories décrites au tableau 6. Il n'y avait pas d'information sur la nature de la structure pour 2076 échantillons (structure « indéterminée »). La grande majorité de ces échantillons a été prélevée lors de la démarche préventive de caractérisation des matériaux isolants utilisés dans les bâtiments scolaires du Québec où les échantillons de mur ou de plafond sont le plus représentés, étant donné que l'objectif initial de ces interventions était de documenter la présence de flocage dans les locaux occupés.

Les structures avec amiante et sans amiante sont réparties comme suit :

- Plus de la moitié de tous les échantillons (54 %) ne contenait pas d'amiante;
- 82 % de tous les échantillons prélevés dans les murs ne contenaient pas d'amiante;
- 71 % de tous les échantillons prélevés dans les plafonds ne contenaient pas d'amiante;
- 84 % de tous les échantillons provenant de plancher ne contenaient pas d'amiante;
- Par contre, 52 % de tous les échantillons contenant de l'amiante avaient une structure indéterminée.

Tableau 6 : Répartition des structures avec et sans amiante

Structure	Avec amiante	Sans amiante	Total
Indéterminé	1325	751	2076
Mur	241	1118	1359
Plafond	238	587	825
Coude	227	34	261
Tuyau	206	83	289
Poutre	72	12	84
Réservoir	61	18	79
Faux-plafond	50	28	78
Plancher	31	160	191
Conduit	11	12	23
Échangeur	11	1	12
Chaudière	8	8	16
Cheminée	8	1	9
Conduit de ventilation	7	2	9
Tuyauterie	5	2	7
Autres	4	8	12
Colonne	3	3	6
Vaisseau	3	-	3
Valve	3	2	5
Équipement	2	-	2
Finition plâtre	2	13	15
Tuile	2	-	2
Bloc	1	-	1
Caisson de lumière	1	-	1
Distributeur	1	-	1
Fournaise	1	4	5
Râtelier	1	-	1
Ballon vapeur	-	2	2
Haut des fenêtres	-	1	1
Indéterminé (chauffage)	-	2	2
Palier	-	2	2
Réacteur	-	2	2
Solives	-	1	1
Trou d'homme	-	1	1
Total	2525	2858	5383

La figure 9 présente la concentration moyenne d'amiante (et l'écart-type) dans les échantillons selon l'élément de structure. Seules les structures pour lesquelles plus de 10 échantillons ont été compilés sont représentées.

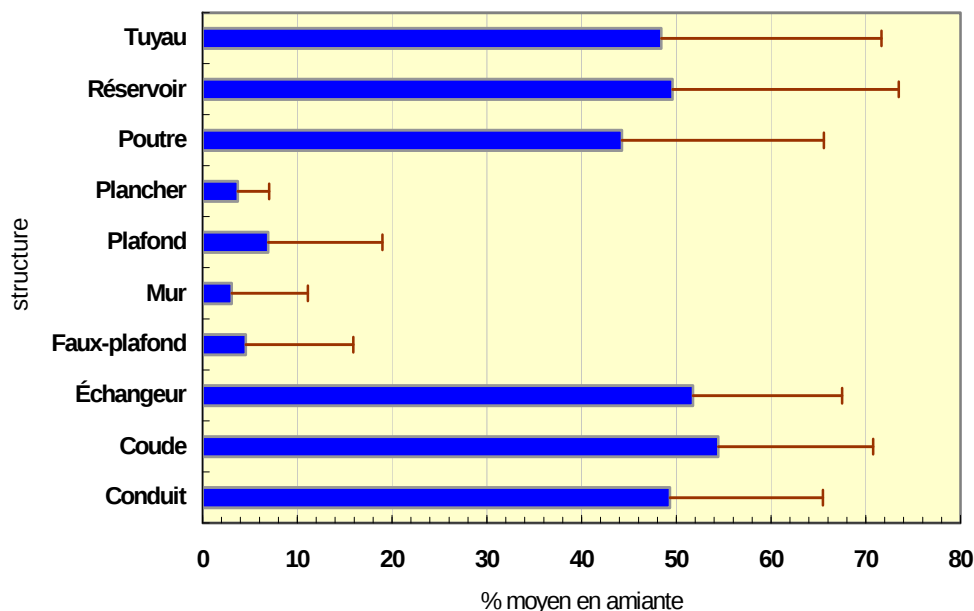


Figure 9 : Pourcentage moyen d'amiante selon la structure

Les planchers, plafonds, murs et faux-plafonds constituent les structures où l'on retrouve le moins d'amiante (environ 7 % et moins) comparativement aux autres structures, dont les coudes et échangeurs, qui en contiennent en moyenne plus de 50 %.

La figure 10 présente la répartition des échantillons avec chrysotile et avec amosite en fonction des structures. Le chrysotile est généralement décelé dans les plafonds, les murs, les coudes et exclusivement dans les planchers tandis que l'amosite se retrouve principalement au niveau des tuyaux et des coudes.

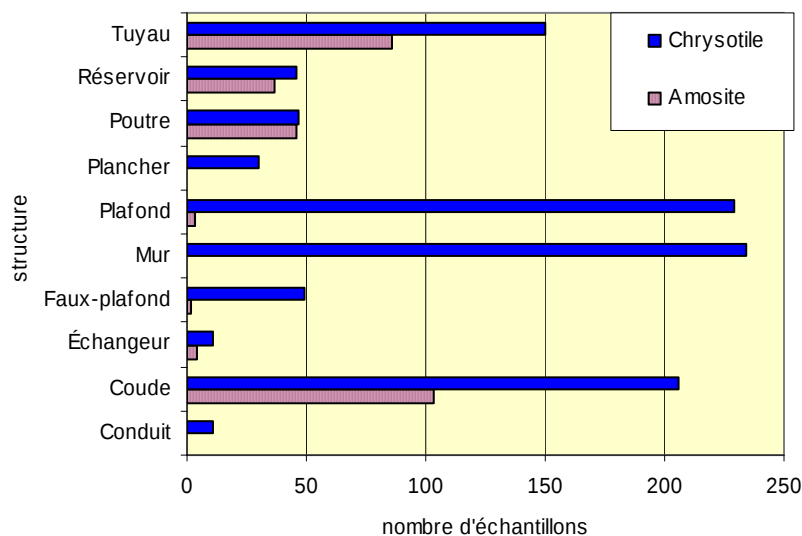


Figure 10 : Distribution des échantillons contenant du chrysotile ou de l'amosite selon les structures

5.2.4.3 Résumé de la description des matériaux et des structures

Le plâtre et le flocage sont rapportés le plus souvent dans la description des matériaux. Pour les structures décrites, plus de la moitié ne contenait pas d'amiante. La très grande majorité des échantillons de murs, plafonds et planchers ne contenait pas d'amiante sinon la concentration d'amiante, majoritairement du chrysotile, y était inférieure à 5 %. Par contre, les coudes et tuyaux avaient une teneur en amiante (chrysotile et amosite) supérieure à 50 %.

5.3 Concentration de fibres dans l'air

Cette section discute de l'ensemble des résultats de prélèvements d'air effectués lors de différents contextes ou de zones de travail (tableau 7) :

Tableau 7 : Répartition des échantillons d'air selon la zone et le moment du prélèvement

Zone de prélèvement	Nombre d'échantillons
Chantier <i>pendant</i> les travaux	3000
Vestiaires	2623
Zones connexes	587
Zones de prélèvement inconnues	9
Chantier <i>après</i> les travaux	471
Total	6690

La figure 11 montre la distribution des échantillons d'air en fonction de la zone de prélèvement et des catégories d'établissement. Les échantillons d'air ont été prélevés principalement pendant les travaux et dans les vestiaires des immeubles à bureaux suivis du secteur des raffineries.

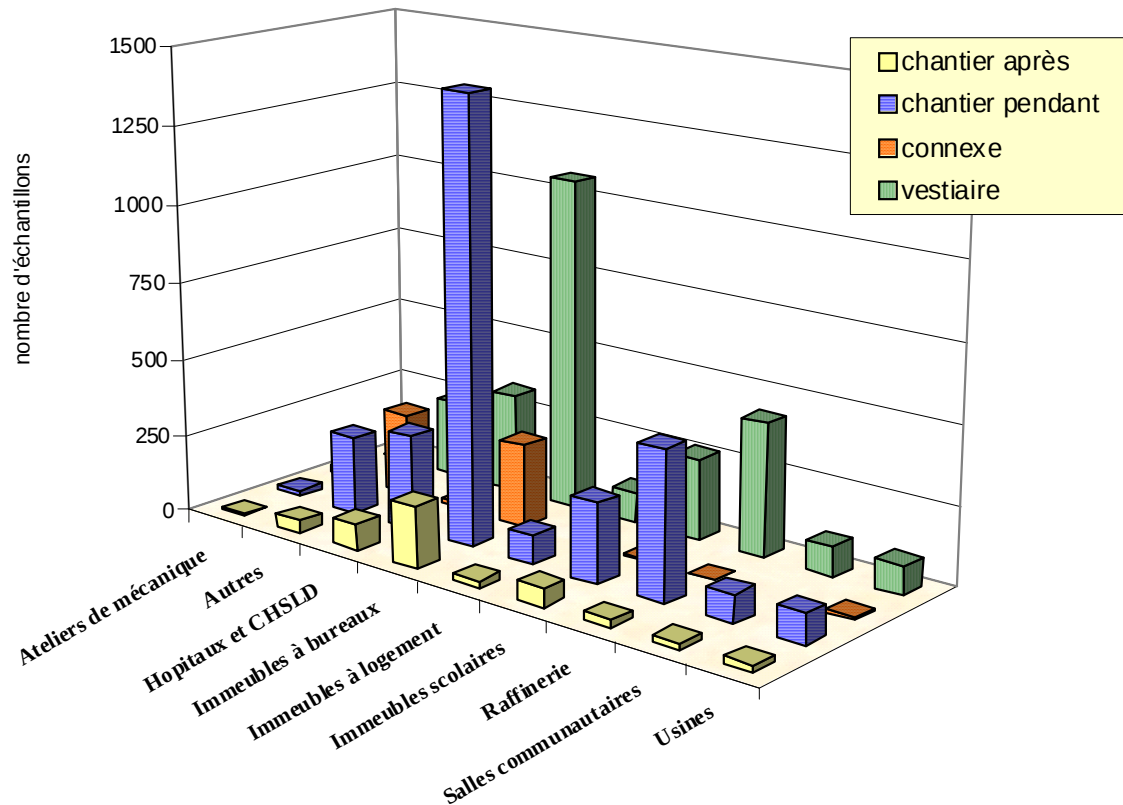


Figure 11 : Échantillons d'air selon les catégories d'établissement et la zone de prélèvement

5.3.1 Chantiers pendant les travaux

Des 3000 prélèvements d'air effectués pendant les travaux dans la zone d'enlèvement, 42,4 % des échantillons ont été prélevés en poste fixe, 3,3 % des échantillons ont été prélevés en zone respiratoire des travailleurs et 52 % des échantillons en zone respiratoire de marcheurs (généralement le technicien réalisant l'échantillonnage). Le contexte d'échantillonnage était indéterminé dans 2,3 % des cas.

5.3.1.1 Répartition des échantillons d'air en fonction de la concentration

La figure 12 présente la distribution des concentrations de fibres dans l'air lors de prélèvements effectués pendant les activités d'enlèvement sur les chantiers. Près de 95 % des résultats (2837/3000) étaient inférieurs à 10 f/cc, valeur seuil à respecter en présence de crocidolite et amosite, avant qu'une protection respiratoire maximale ne soit requise, conformément au Code.

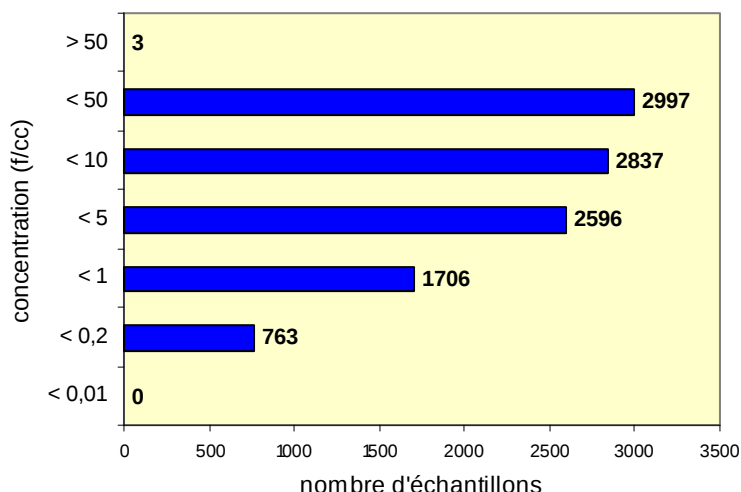


Figure 12 : Fréquence des concentrations de fibre dans l'air (n = 3000)

5.3.1.2 Distribution des densités des fibres

Pour près de la moitié des échantillons (45 %), la densité variait entre 100 et 1300 f/mm² (figure 13). Vingt-huit pour cent des échantillons ont une densité se situant entre 25 et 100 f/mm². Des densités inférieures à 25 f/mm² ont été obtenues pour 21 % des échantillons. Quarante-huit pour cent (48 %) des résultats sont inférieures à 100 f/mm² et 7 % sont supérieures à 1300 f/mm², ce qui signifie que plus de 55 % des échantillons avaient une densité ne rencontrant pas les densités optimales de fibres recommandées par la méthode de référence québécoise.

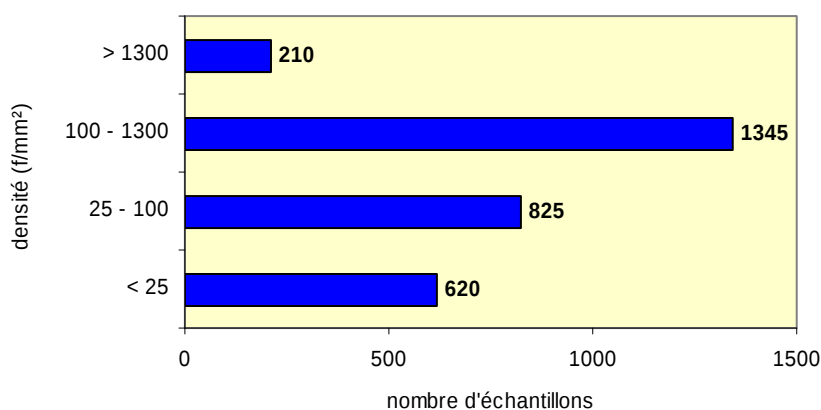


Figure 13 : Distribution des densités des fibres sur les membranes (n = 3000)

5.3.1.3 Distribution des concentrations de fibre en fonction des densités

La figure 14 présente la répartition des prélèvements d'air selon leur densité et leur concentration. Même si le graphique montre une densité maximale de 1400 f/mm², des densités supérieures (jusqu'à 7009 ont été observées), le graphique ayant été coupé pour permettre une meilleure

observation de la répartition des échantillons. Les deux lignes verticales correspondent à la limite de quantification (25 f/mm^2) et à la limite inférieure d'applicabilité (100 f/mm^2).

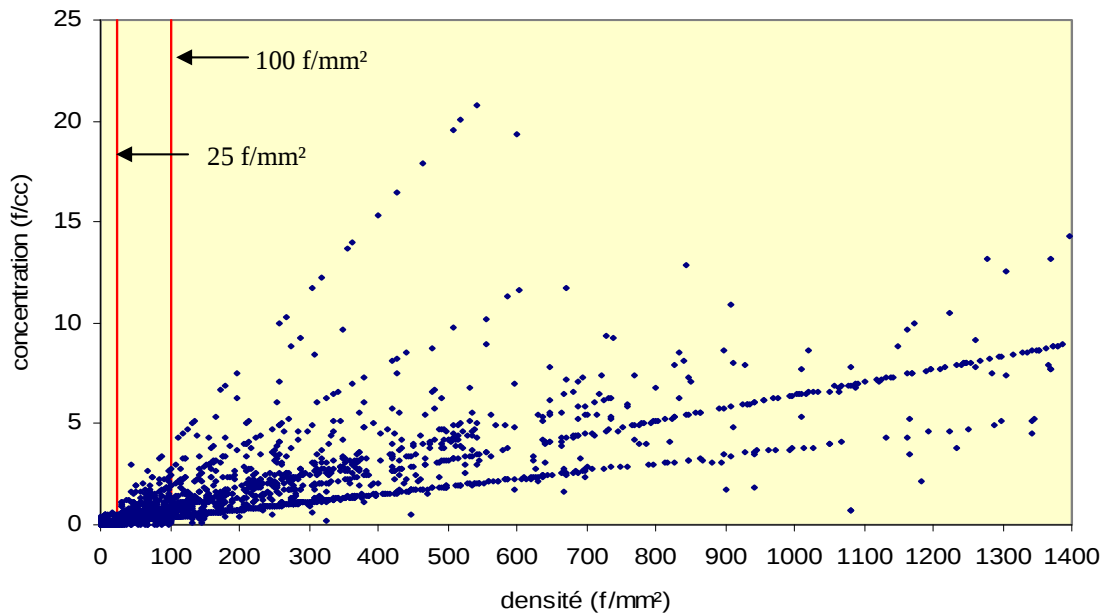


Figure 14 : Répartition des prélèvements d'air selon la densité et la concentration

5.3.1.4 Distribution des catégories d'établissement en fonction des concentrations de fibres

La figure 15 montre le pourcentage cumulé des distributions des catégories d'établissement en fonction des concentrations d'air. Des lignes verticales ont été tracées pour mettre en évidence la conformité à différentes valeurs de référence:

- $0,2 \text{ f/cc}$ (amosite/crocidolite, RSST);
- 1 f/cc (chrysotile, RSST);
- et pour rencontrer la protection respiratoire avec un facteur de protection (FP) de 50 (NIOSH, 2004) :
- 5 f/cc (la concentration permise pour une concentration normalisée à $0,1 \text{ f/cc}$ (TLV[®] ACGIH[®] 2007);
- 10 f/cc (Code, pour crocidolite et amosite).

En considérant l'ensemble des catégories d'établissements, pour les différentes valeurs de référence, entre 80 % (immeubles à bureaux) et 96 % (ateliers mécaniques) des échantillons respecteraient la valeur de 5 f/cc et entre 91 % (immeubles à bureaux) et 100 % (ateliers mécaniques) des échantillons rencontreraient la valeur de 10 f/cc . Entre 0 % (ateliers mécaniques) et 42 % (raffineries) rencontrent le $0,2 \text{ f/cc}$ du RSST et 42 % (ateliers mécaniques et immeubles à bureaux) et 81 % (immeubles à logements) respecteraient la norme du RSST de 1 f/cc . Seulement 3 échantillons (n'apparaissant pas sur la figure 15), appartenant aux catégories hôpitaux,

immeubles scolaires et raffinerie, dépasseraient la valeur de 50 f/cc (norme pour le chrysotile et le facteur de 50 pour la protection respiratoire).

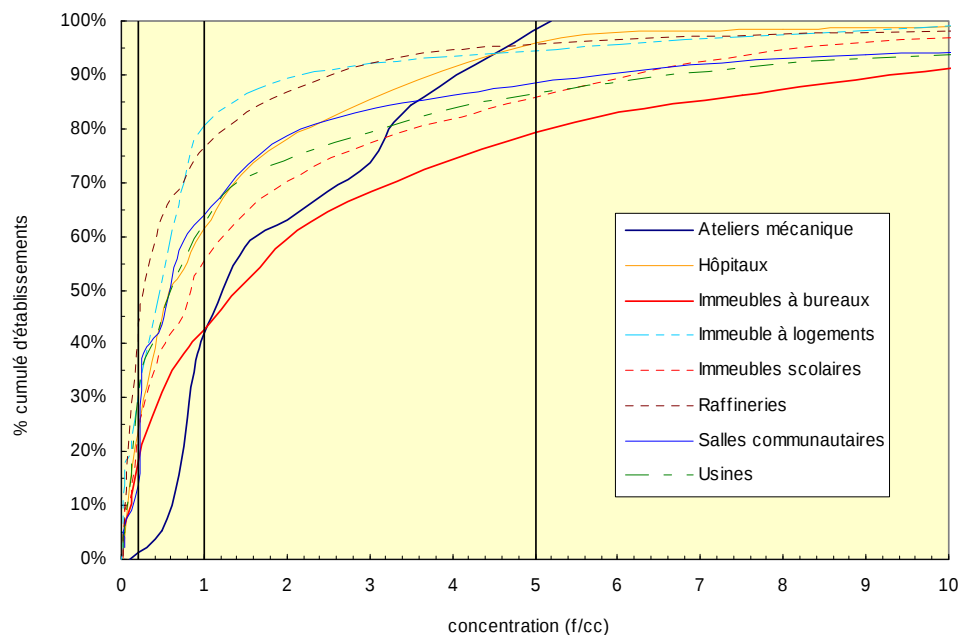


Figure 15 : Distribution du % cumulé d'établissements en fonction des concentrations d'échantillons d'air prélevés pendant les travaux

5.3.2 Chantiers après les travaux

Cette section traite des 471 prélèvements effectués dans les chantiers à la fin des travaux de désamiantage et avant le démantèlement de l'enceinte. La très grande majorité, soit 94 % (443/471) des concentrations de fibres était inférieure à 0,01 f/cc, valeur seuil à respecter avant le démantèlement de l'enceinte étanche ou le retrait des membranes étanches, conformément au Code.

5.3.2.1 Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné

La figure 16 présente la distribution des densités en fonction des volumes prélevés lors des tests finaux. En principe, pour cibler la concentration réglementaire de 0,01 f/cc, avec un niveau de confiance acceptable, un volume de 4000 L est requis selon la méthode IRSST 243-1. Une majorité des résultats respectait cette condition. On constate toutefois qu'un certain nombre d'échantillons (près de 12 %) déviait considérablement des exigences de la méthode, avec un volume d'échantillonnage bien inférieur à 4000 L.

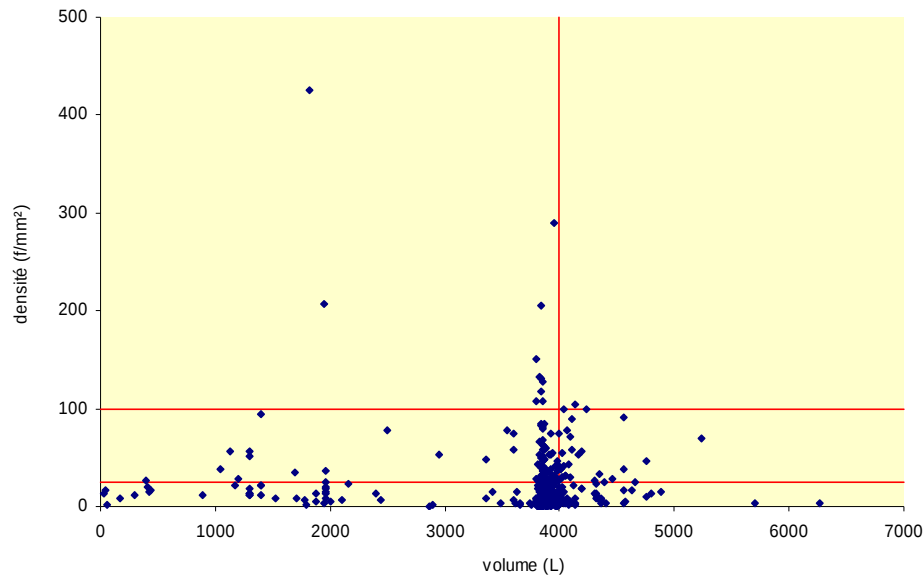


Figure 16 : Répartition des échantillons prélevés dans le chantier après les travaux selon le volume d'échantillonnage et la densité (n = 471)

5.3.3 Vestiaires

Le prélèvement dans le vestiaire permet de vérifier la contamination causée par la circulation des travailleurs ou un manque d'étanchéité de l'enceinte. Notons que les travailleurs doivent au préalable s'être douchés avant de passer dans le vestiaire. En principe, si une bonne gestion du passage entre le chantier de travail et le vestiaire est assurée, il ne devrait pas y avoir de contamination majeure. La concentration en fibres d'amiante qui est ciblée par les surveillants de chantier est de 0,01 f/cc. La majorité (77 % ou 2013/2616) des concentrations de fibres, mesurée pendant les travaux, était égale ou supérieure à cette valeur. Notons que dans un tel environnement plusieurs types de fibres autres que l'amiante peuvent coexister : fibres de tissus provenant des vêtements des travailleurs ou des serviettes de toilettes, papier mouchoir, etc. La MOCP utilisée dans la surveillance de ces lieux n'est pas optimale puisqu'elle aura pour effet de mesurer toutes ces fibres et ainsi surestimer la concentration d'amiante dans l'air.

5.3.3.1 Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné

Dans cette section, il sera question des 2616 prélèvements effectués dans le vestiaire durant les travaux de démantèlement. La figure 17 montre la distribution des densités en fonction du volume d'air. Quatre-vingt-huit pour cent (88 %) des échantillons avaient une densité de fibres inférieure à 100 f/mm² et 46 % des échantillons avaient une densité de fibres inférieure à 25 f/mm². Quatre-vingt-dix-huit pour cent (98 %) des prélèvements ont été effectués avec un volume inférieur à 1000 L, démontrant ainsi que la très grande majorité des échantillonnages ne respectait pas les exigences de la méthode officielle quant aux volumes optimaux pour rencontrer les limites d'applicabilité de la méthode officielle de numération de fibres.

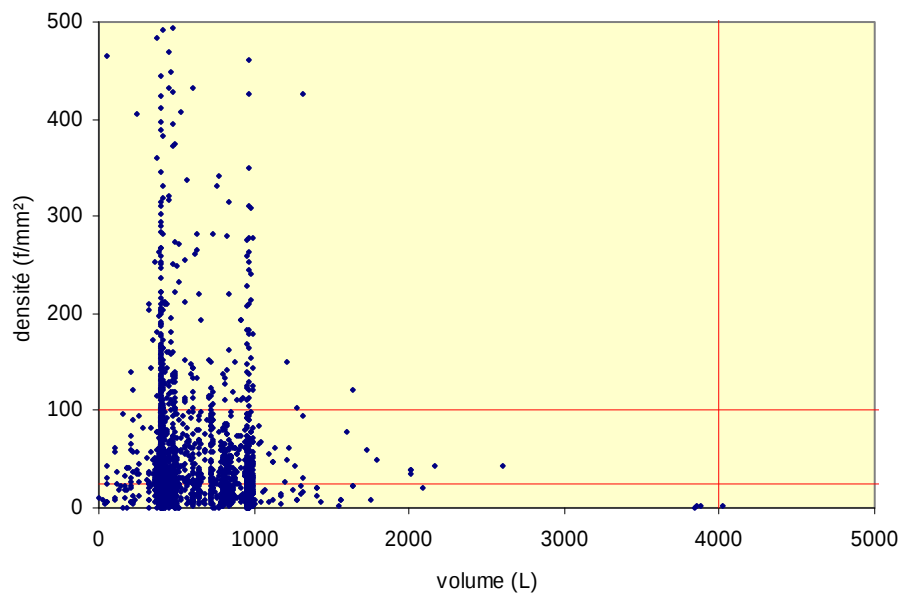


Figure 17 : Répartition des échantillons prélevés dans le vestiaire selon le volume d'échantillonnage et la densité de fibre sur la membrane (n = 2616)

5.3.4 Dans les zones connexes

Les prélèvements dans les zones connexes veulent assurer l'intégrité des zones adjacentes aux chantiers où se font les travaux d'enlèvement de matériaux d'amiante. Comme pour les vestiaires, la valeur de référence ciblée par les surveillants est de 0,01 f/cc. Près de 86 % (506/587) des concentrations de fibres étaient inférieures à cette valeur.

5.3.4.1 Distribution des échantillons d'air en fonction de la densité et du volume échantillonné

La figure 18 démontre que 74 % des échantillons avaient une densité inférieure à 25 f/mm² et un volume d'échantillonnage inférieur à 4000 L. Ce qui limite l'interprétation des données. Un volume d'échantillonnage accru aurait permis de mieux cibler la valeur de référence.

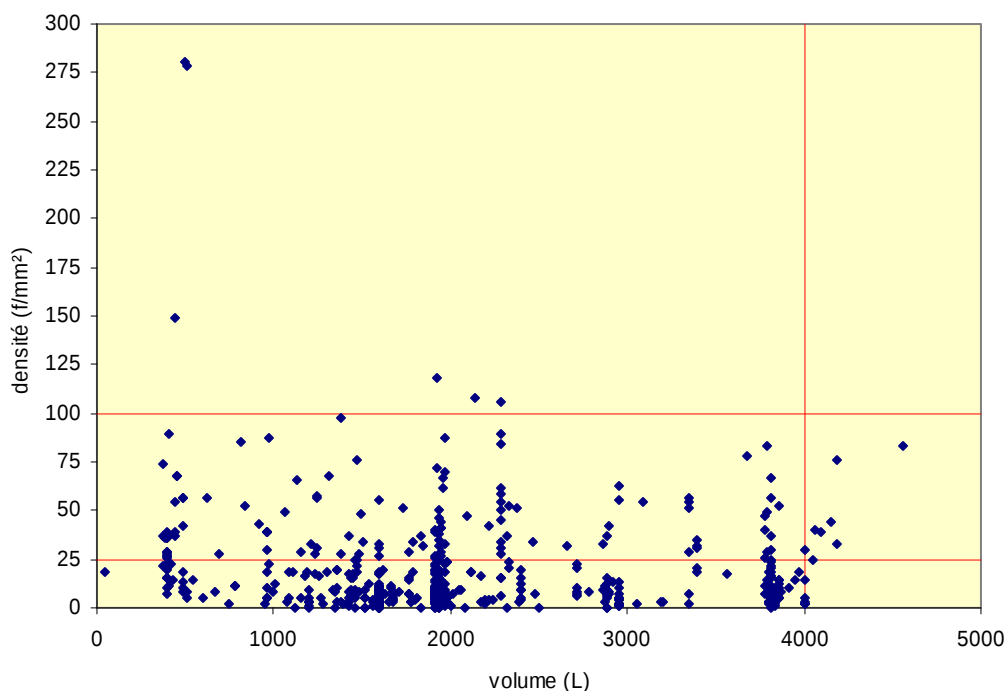


Figure 18 : Répartition des échantillons prélevés dans des locaux connexes selon leur volume d'échantillonnage et la densité (n = 587)

5.4 Bilan sur les prélèvements d'air dans les locaux

Un profil d'exposition a été réalisé à partir des concentrations de fibres de 2481 sur 3000 échantillons d'air mesurés à l'intérieur des chantiers pendant les travaux, dans 175 locaux pour lesquels le nombre d'échantillons d'air était égal ou supérieur à 5. Ainsi, ces concentrations d'air ont été exportées dans le logiciel IHSTAT afin d'en estimer la normalité et la variabilité de ces profils d'exposition.

5.4.1 Étude de la normalité des prélèvements d'air dans les locaux

Le nombre moyen d'échantillons dans chaque local était de 14,2. La moyenne des moyennes géométriques des concentrations de fibres pour chaque local était de 1,4 f/cc avec un écart-type géométrique moyen de 3,6. La distribution des concentrations dans 117/175 (66,9 %) des locaux était log-normale. La valeur moyenne du 95^e centile des 175 locaux, inférée en assumant que toutes les distributions sont log-normales, était de 10,1 f/cc. En moyenne par local, 0,13 % des échantillons d'air dépassaient la valeur cible de 5 f/cc tandis que 0,06 % des échantillons dépassaient la valeur de 10 f/cc.

5.4.2 Indicateur de la variabilité à l'aide de l'écart-type géométrique

Pour apprécier la variabilité des distributions des concentrations, la figure 19 montre le cumul des écarts-types géométriques lorsque les distributions sont log-normales et non log-normales, pour

les 175 locaux dans lesquels ont été prélevés des échantillons d'air lors de travaux d'enlèvement d'amiante. Le tiers des profils de concentrations de fibres dans les locaux ne suivait pas une distribution log-normale. Plus de 52 % des profils de distribution avaient un écart-type géométrique plus grand que trois, ce qui indique la très grande variabilité des distributions de la concentration d'air dans les locaux.

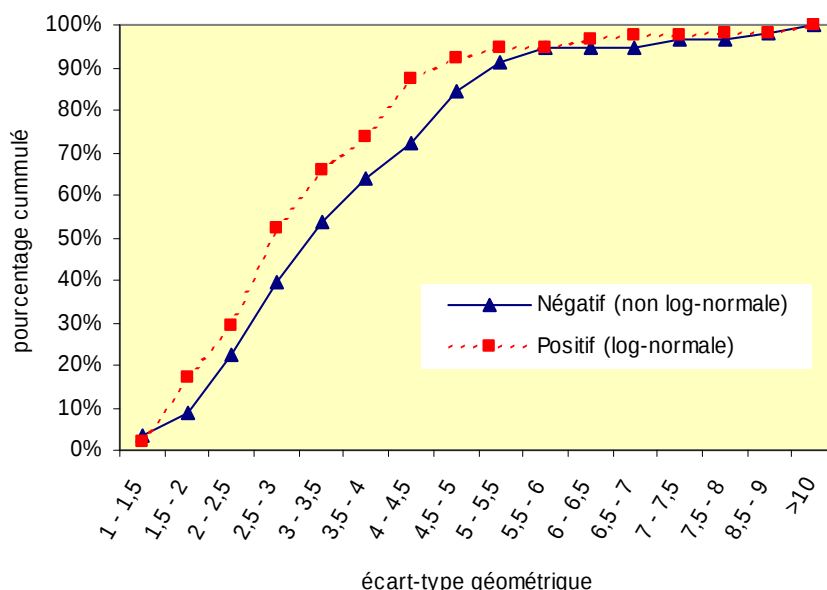


Figure 19 : Proportions cumulées des écart-types provenant des distributions log-normales et des écart-types provenant de distributions non log-normales

5.5 Relation entre la teneur en fibres dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air ambiant

Le deuxième objectif spécifique du projet consistait à évaluer s'il existait une relation entre la teneur en fibres d'amiante dans les matériaux de construction et la concentration de fibres dans l'air dans le chantier de construction lors de l'exécution de certaines tâches spécifiques du désamiantage. À la lueur des résultats mis en évidence dans la présente étude, la relation entre la concentration moyenne de fibres d'amiante dans un ensemble d'échantillons de matériaux provenant d'un local spécifique et la concentration moyenne de fibres dans l'air d'un ensemble d'échantillons pris dans ce local pendant les travaux a été évaluée pour:

- des matériaux contenant seulement du chrysotile;
- des matériaux contenant seulement de l'amosite;
- des matériaux contenant de l'amiante (chrysotile, amosite, crocidolite, actinolite ou trémolite);
- des matériaux contenant tous les types de fibre (amiantes et autres).

Pour cette évaluation, il a été assumé que les variables étaient continues et la méthode des moindres carrés a été investiguée pour vérifier la relation entre la variable de réponse et les variables de prédiction. Les observations inhabituelles et les résidus n'ont pas été analysés.

5.5.1 Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant du chrysotile (densités > 25 f/mm²)

La figure 20 montre la relation entre la concentration moyenne de fibres chrysotile dans les matériaux et la concentration moyenne de fibres prélevées dans l'air **pendant** l'enlèvement de matériaux d'amiante dans un local spécifique. La courbe de régression n'est pas statistiquement significative et la pente est légèrement négative. Ce qui ne démontre pas qu'il y ait une relation entre ces deux paramètres.

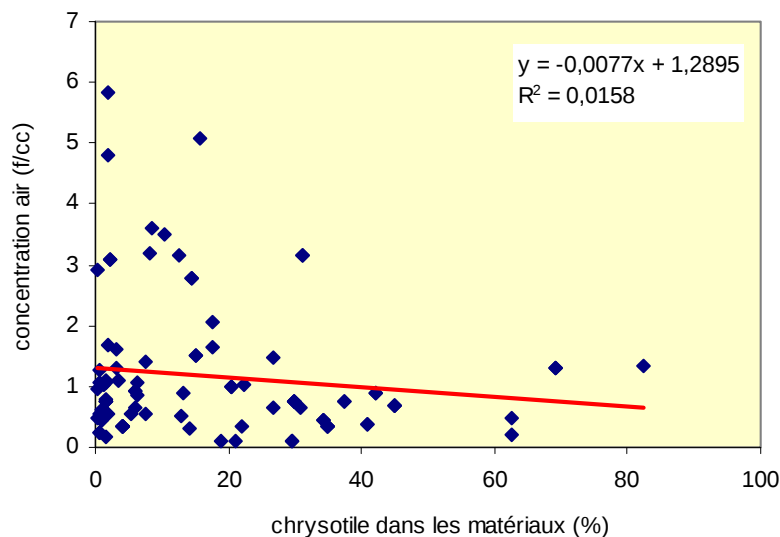


Figure 20 : Relation entre la concentration de chrysotile dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=96)

5.5.2 Relation entre la concentration de fibres dans l'air et matériaux contenant de l'amosite (densités > 25 f/mm²)

La figure 21 montre la relation entre la concentration de fibres d'amosite dans les matériaux et la concentration de fibres prélevées pendant l'enlèvement de matériaux d'amiante. Le coefficient de détermination (R^2) indique une droite de régression, dont la signification statistique de la tendance est faible.

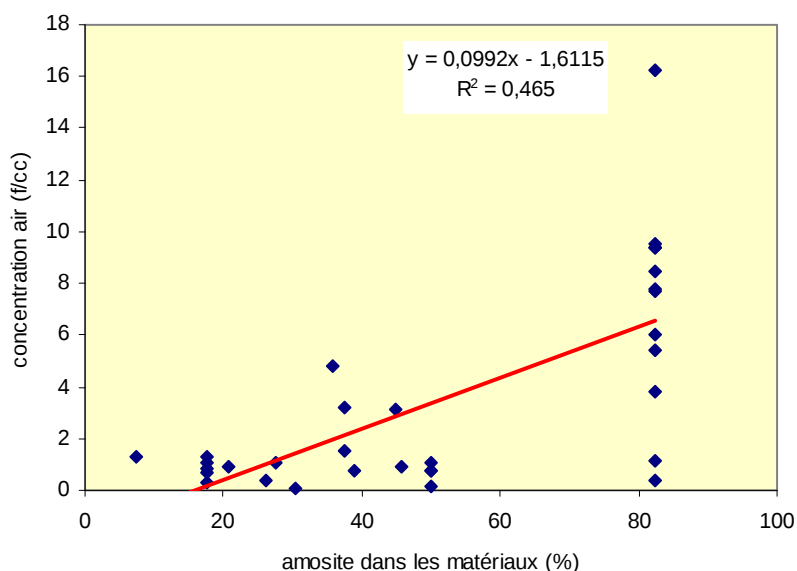


Figure 21 : Relation entre la concentration de fibres amosite dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=32)

5.5.3 *Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant tous les types d'amiante (densités > 25 f/mm²)*

La figure 22 présente la relation entre la concentration de fibres de chrysotile, d'amosite et autres fibres d'amiante dans les matériaux et la concentration de fibres prélevées pendant l'enlèvement de matériaux d'amiante. La droite de régression n'est pas statistiquement significative.

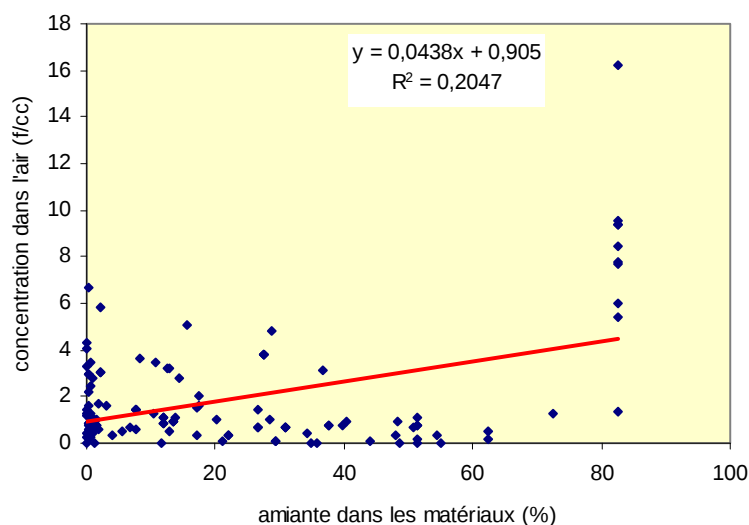


Figure 22 : Relation entre la concentration de fibres d'amiante dans les matériaux et la concentration de fibres dans l'air (n=132)

5.5.4 Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant tous les types de fibre (densités > 25 f/mm²)

La figure 23 montre la relation entre la concentration de fibres (amiante et autres) dans les matériaux et la concentration de fibres prélevées pendant l'enlèvement de matériaux d'amiante. La courbe de régression n'est pas statistiquement significative.

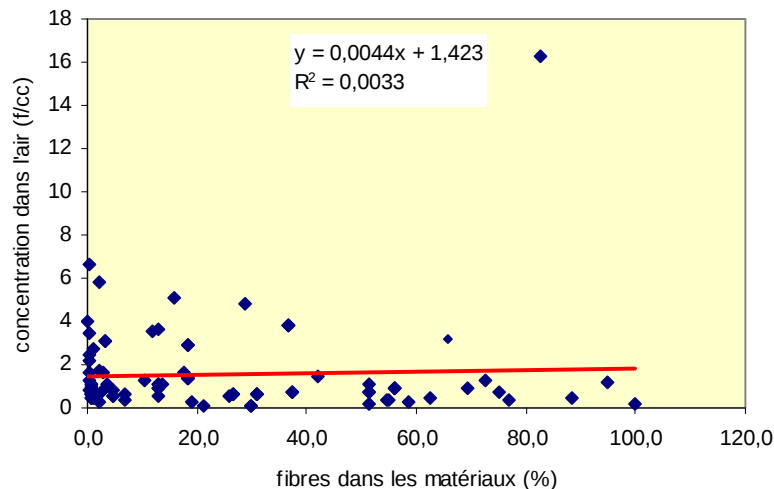


Figure 23 : Relation entre la concentration de fibres dans les matériaux et la concentration de tous les types de fibres dans l'air (n=94)

5.5.5 Relation entre la concentration de fibres dans l'air et les matériaux contenant de l'amiante : effet de la friabilité du matériau (densité > 25 f/mm²)

La relation entre la concentration de fibres dans les matériaux et la concentration de fibres prélevées pendant l'enlèvement de matériaux d'amiante est présentée à la figure 24. Seuls les matériaux friables contenant du **chrysotile** ont été appariés aux concentrations de fibres dans l'air. On notera que l'inférence a été testée pour les locaux où il y avait des matériaux de chrysotile, une indication sur la friabilité du matériau et pour les échantillons d'air dont la densité de fibres était supérieure à 25 f/mm². Bien que 76 locaux contenaient de l'amiante chrysotile, seulement 28 ont été identifiés comme contenant des matériaux friables. L'exercice ne met pas en évidence que la friabilité des matériaux contenant du chrysotile permet de prédire la concentration de fibres dans l'air.

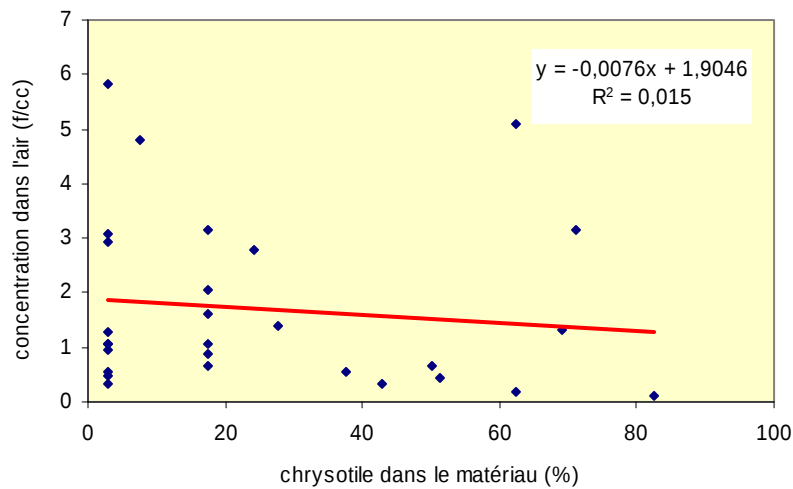


Figure 24 : Effet de la friabilité des matériaux contenant du chrysotile (n=28)

La figure 25 montre la relation entre la concentration de fibres dans les matériaux et la concentration de fibres prélevées pendant le désamiantage. Seuls les matériaux friables contenant de l'**amosite** ont été appariés aux concentrations de fibres dans l'air. L'inférence a été testée pour les locaux où il y avait des matériaux d'amosite et où il y avait une indication sur la friabilité du matériau et pour les échantillons d'air dont la densité était supérieure à 25 f/mm². Trente-sept locaux contenaient de l'amosite et seulement 8 d'entre eux contenaient des matériaux friables. Quoique le nombre de paires permettant la comparaison soit limité, il existe une relation entre les matériaux friables contenant de l'amosite et la concentration de fibres dans l'air.

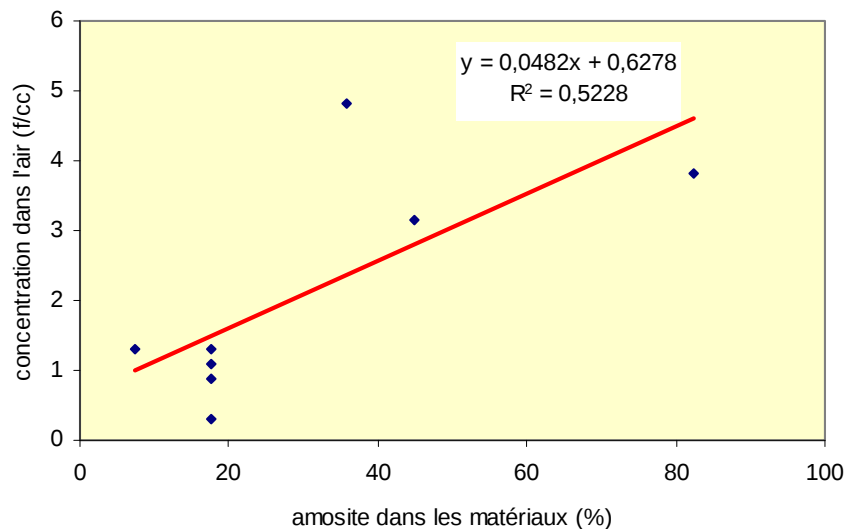


Figure 25 : Effet de la friabilité de matériaux contenant de l'amosite (n=28)

5.5.6 Tentatives de déterminer des tâches similaires d'exposition avec des prélèvements d'air (densité > 25 f/mm²)

Il y avait peu d'informations dans les données disponibles quant à la nature du travail effectué sur le site lors des prélèvements d'air. La figure 26 présente une analyse de variance unilatérale (ANOVA) des tâches étudiées lors de travaux réalisés exclusivement dans des immeubles à bureaux. Des groupes similaires d'exposition ont été estimés par évaluation de la moyenne de chaque groupe pressenti puis l'égalité de leur moyenne (obtenue par transformation logarithmique des données) a été estimée par une analyse d'ANOVA. Les multiples comparaisons sont présentées à l'aide d'un jeu d'intervalles de confiance. Cette procédure permet d'évaluer s'il y a une différence significative entre les moyennes. L'outil ANOVA permet donc d'examiner le nombre d'échantillons prélevés pour chacune des tâches, et d'analyser la moyenne, l'écart type et l'intervalle de confiance à 95 % et de voir si on arrive à former des groupes similaires d'exposition, malgré la faiblesse de la représentativité des données (poste fixe). L'analyse des valeurs log transformées montre que ces tâches ont un caractère homogène quant aux niveaux moyens d'exposition qui ont été mesurés dans le milieu de travail. La moyenne des concentrations de la tâche « enlever » est la plus élevée mais l'ensachage de « déchets » montre une variation des concentrations pouvant avoir la même intensité que la tâche « enlever ».

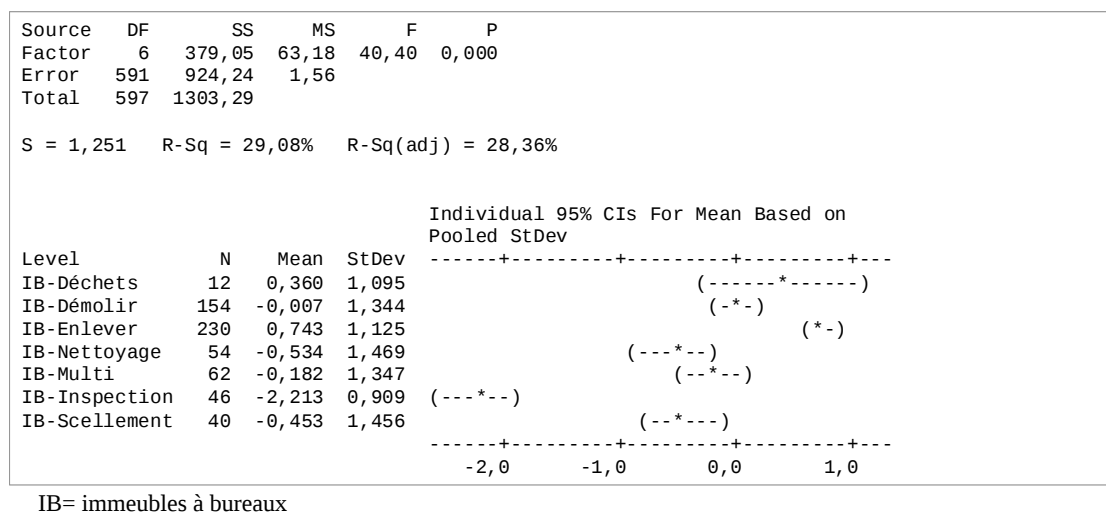


Figure 26 : Analyse ANOVA des tâches d'exposition similaire en valeurs logarithmiques

5.5.7 Concentration de fibres dans l'air pendant les tâches accomplies en fonction des valeurs de référence

La figure 27 présente la distribution des échantillons en fonction des tâches et des valeurs de référence retenues (0,1 f/cc; 0,2 f/cc; 1 f/cc; 5 f/cc et 10 f/cc). Les tâches « démolir » et « enlever » évaluées lors de travaux réalisés dans les immeubles à bureaux présentaient les pourcentages excédant les valeurs de référence les plus élevés.

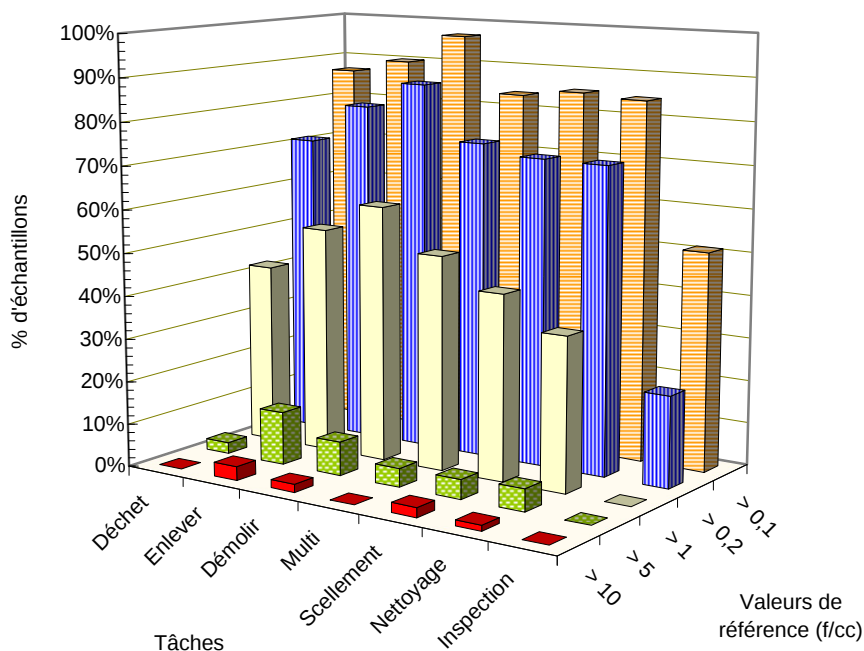


Figure 27 : Distribution des échantillons supérieurs aux valeurs de référence retenues selon les tâches effectuées durant le prélèvement

5.5.8 Déterminants qui influencent la concentration de fibres dans l'air

Le troisième objectif du projet consistait à examiner sur une base qualitative les déterminants qui influencent la concentration de fibres d'amiante lors de travaux d'enlèvement d'amiante. Quelques-unes des variables dont nous voulions explorer l'effet sur la concentration de fibres dans l'air étaient les suivantes : la nature et la friabilité du matériau ; l'identification et la teneur en fibres d'amiante; l'identification et la teneur des autres types de fibre (laines minérales, cellulose, etc.); l'identification et la teneur des autres composantes non fibreuses (vermiculite, carbonates, ciment, etc.) qui forment la matrice dans laquelle sont dispersées les fibres d'amiante, la concentration de fibres d'amiante (ou d'autres fibres selon le cas et selon les techniques d'analyse) dans l'air lorsque le matériau est enlevé ou altéré. Hormis la variable friabilité (Section 5.4.5), l'hétérogénéité des résultats d'analyse des matériaux rapportés par les différents laboratoires et la faible documentation quant à la description macroscopique des matériaux n'ont pu permettre d'atteindre cet objectif.

6. DISCUSSION

L'analyse des matériaux répertoriés dans cette étude est présentée à la section 6.1. La section 6.2 traite des résultats d'échantillonnage d'air tandis que la section 6.3 couvre la relation entre les teneurs en amiante des matériaux et la concentration dans l'air ainsi que de la relation entre certaines tâches et l'exposition des travailleurs.

Finalement, comme la concentration des fibres dans l'air est fonction de différentes variables dont l'efficacité d'application et de gestion des mesures de maîtrise en milieu de travail, des discussions sur les pratiques de prélèvement et sur la protection respiratoire sont incluses aux sections 6.4 et 6.5.

6.1 Les matériaux enregistrés dans la banque de données

L'article 3.23.3 du Code prescrit qu'avant d'entreprendre des travaux susceptibles d'émettre de la poussière d'amiante, l'employeur doit déterminer les types d'amiante présents dans les matériaux. Pour s'assurer de la qualité des résultats (positifs ou négatifs), les règles de l'art supposent que l'employeur, l'hygiéniste, l'inspecteur ou toute autre personne responsable de prendre des décisions, doit donc faire appel à des laboratoires qui ont une expertise reconnue dans l'analyse du contenu en fibres d'amiante dans les divers matériaux retrouvés dans les établissements.

Une des observations de l'analyse descriptive effectuée sur ces matériaux (tableau 4) est à l'égard des échantillons soumis pour analyse qui ne contenaient ni fibre d'amiante (54 %), ni aucune autre fibre (37,6 %). La grande majorité des matériaux ne contenant pas de fibres était associée à la structure « mur » (tableau 6). En pratique, une quantité substantielle d'échantillons est prélevée selon les stratégies d'échantillonnage utilisées par certains laboratoires et recommandées par l'Environmental Protection Agency (EPA), nécessitant le prélèvement d'échantillons multiples dans les situations où une faible quantité d'amiante est attendue (comme dans les revêtements en plâtre, les crépis, etc.) (EPA, 2003).

Seize pour cent (16 %) des échantillons répertoriés étaient composés de fibres d'amiante à plus de 50 % (tableau 5). Ces matériaux peuvent présenter une possibilité accrue d'émettre des fibres d'amiante en concentration élevée, s'ils sont friables ou le deviennent lors de leurs manipulations. Parmi tous les matériaux qui contenaient de l'amiante, le chrysotile est distribué dans toute la gamme des concentrations (figure 4). Puisque le chrysotile a été utilisé dans plus de 3000 types de matériaux industriels, il n'est pas étonnant que ce type d'amiante ait la fréquence observée la plus élevée. Le chrysotile a été principalement localisé dans les murs et les plafonds. L'amosite a été retrouvé surtout dans l'isolant des tuyaux. Les amiantes du groupe trémolite/actinolite sont retrouvés surtout dans les matériaux à base de vermiculite et le plus souvent en concentration inférieure à 1 % (figure 5).

Les échantillons de matériaux qui contiennent des fibres minérales artificielles ont été surtout prélevés dans les écoles et analysés par le même laboratoire. Il y a probablement une sous-estimation de l'identification de ces fibres par les autres laboratoires qui répondent surtout à une demande de détermination de la présence de fibres d'amiante, les autres constituants fibreux ne sont donc pas détaillés. De tous les matériaux à l'étude, la structure plâtre est celle dont la

fréquence était la plus élevée (figure 8). Cette observation est probablement liée au fait que la concentration d'amiante dans cette structure est généralement inférieure à 1 % et qu'il faille effectuer plusieurs prélèvements pour être en mesure d'y confirmer l'absence de fibre d'amiante. De plus, l'amiante pouvait ne pas être utilisé régulièrement ou de façon homogène dans le plâtre, sa préparation étant plutôt qualitative (une poignée d'amiante dans une chaudière de plâtre) et son utilisation, plutôt aléatoire, se limitant aux journées humides pour aider à la prise du plâtre sur un mur ou un plafond. Dans ce contexte, un surveillant doit prélever une quantité significative et aléatoire d'échantillons afin de s'assurer de l'absence d'amiante dans les plâtres.

Dans le même ordre d'idée, un seul laboratoire a rapporté des résultats de matériaux contenant de l'amiante à l'état de trace. Le peu de résultats rapportés au niveau « trace » par les laboratoires québécois démontre la nécessité d'une procédure expérimentale systématique pour estimer les faibles concentrations (inférieures à 1 %) de fibres d'amiante dans les matériaux. EPA, OSHA et autres consultants américains poursuivent les discussions quant à la difficulté de quantifier les faibles concentrations de fibres. La méthode la plus communément utilisée, celle utilisant une estimation visuelle à l'aide de la microscopie optique en lumière polarisée couplée à l'observation au stéréomicroscope, pourrait surestimer la concentration d'amiante présente dans certains matériaux. D'où l'implantation aux États-Unis de la méthode EPA « comptage par point » (EPA, 1993) pour améliorer la sensibilité des résultats des échantillons dont la concentration en fibres d'amiante est inférieure à 10 %. Ainsi, lorsque l'analyste observe 400 points sur une lame et qu'il ne détecte aucune fibre d'amiante, la limite de détection qu'il a atteinte est de 1 fibre par 400 champs, soit une concentration inférieure à 0,25 %. Pour arriver à une limite de détection de 0,1 %, tel que requis par la réglementation québécoise, l'analyste doit observer 1000 points. Il faut toutefois mentionner que la précision de cette méthode n'a pas été documentée et que la variabilité peut être assez importante, telle qu'indiqué dans les rapports aux participants du programme de contrôle de la qualité du Research Triangle Institute (RTI). De plus, pour des matériaux tels les tuiles de plancher, où les fibres d'amiante incorporées proviennent de grades très fins (Barbeau, 1979), la MLP pourrait ne pas identifier la présence d'amiante ou sous-estimer la teneur en amiante dans de tels échantillons.

Par ailleurs les définitions de matériaux contenant de l'amiante sont variées selon les provinces ou les pays. Ainsi pour le Québec, le seuil de positivité se situe à 0,1 %, en Ontario, il est de 0,5 % (Ontario Regulation, 2007) tandis qu'aux États-Unis, OSHA (OSHA, 29CFR1910.1001(b)) prescrit qu'un matériau est réputé contenir de l'amiante si la concentration est supérieure à 1 %. Pour répondre aux différentes réglementations, il est important d'établir des stratégies standardisées d'échantillonnage et d'analyse dans tous les laboratoires, soutenues par des programmes de contrôle de la qualité et d'assurance qualité.

La grande majorité des échantillons de matériaux provenait des bâtiments scolaires. Ces échantillons ont permis de faire le portrait de la charge en fibres d'amiante dans les matériaux; cependant, il n'y avait pas d'information quant à la description macroscopique de ces matériaux ou quant à la structure de bâtiment où ils ont été prélevés, ce qui limite leur utilisation dans l'établissement de relations entre leur teneur en amiante et la concentration dans l'air. Il faut admettre également que les types de structures provenant de l'industrie ont probablement été sous-estimés car il y avait peu d'établissements répertoriés dans la présente étude qui représentaient ce groupe d'établissements.

En résumé, faute d'informations suffisantes, nous n'avons pu contribuer à mieux répertorier les matériaux contenant de l'amiante dans les édifices publics. Par contre, les résultats fournissent des informations sur le type d'amiante, ainsi le chrysotile est retrouvé dans 90 % des échantillons positifs en amiante et l'amosite y est présent dans 21 % des cas. De plus, la charge d'amiante dans les différentes structures a pu être documentée soit, par ordre décroissant du nombre d'échantillons :

- Plus de 40 % d'amiante : tuyau > réservoir > poutre > échangeur > coude de tuyau > conduit;
- Moins de 5 % : mur > plafond > faux-plafond > plancher.

Ces observations pourraient permettre de planifier et de prioriser des actions futures.

6.2 Les échantillons d'air enregistrés dans la banque de données

Le Code, à l'article 3.23.16 (travaux à risque élevé), paragraphe 4, prescrit

« qu'il (l'employeur) doit prendre un échantillon de la concentration des fibres respirables d'amiante dans l'air de l'aire de travail conformément à l'article 44 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail au moins une fois par quart de travail en cours d'exécution des travaux, l'expédier immédiatement à un laboratoire à des fins d'analyse et prendre les mesures raisonnables pour obtenir le résultat de ces analyses dans les 24 heures ... ».

Le paragraphe 12 du même article prescrit :

« 'à la fin des travaux, il est interdit de démanteler l'enceinte étanche ou de retirer les membranes étanches avant que la concentration de fibres respirables dans l'aire de travail ne soit inférieure à 0,01 f/cc; ... ».

L'article 44 du RSST stipule que :

*« Les gaz, les fumées, les vapeurs et les brouillards présents dans le milieu de travail doivent être mesurés **au niveau de la zone respiratoire des travailleurs** ou, si cela se révèle impossible en raison de l'inexistence d'un équipement permettant d'effectuer un échantillonnage dans cette zone, en dehors de la zone respiratoire, mais à l'endroit situé le plus près possible de cette zone. »*

Contrairement aux prescriptions du Code (en continuité avec le RSST), seulement 3,3 % des échantillons qui ont été saisis dans la banque de données ont été prélevés en poste personnel dans la zone respiratoire des travailleurs. Une étude terrain réalisée par un étudiant dans le cadre de son stage de maîtrise à l'Université McGill (Friedlaender, 2005) a d'ailleurs indiqué que les concentrations mesurées dans la zone respiratoire étaient de 5 à 10 fois plus élevées qu'en poste fixe lors des activités de démantèlement de matériaux à base d'amosite. Tel que rapporté par d'autres études, ceci aurait un impact important sur l'utilisation de tels résultats pour évaluer le risque pour les travailleurs (Lange, 1996; Kromhout, 2003 et Cherrie, 2004).

Il ne semble pas y avoir de lignes directrices quant à la localisation ou la proximité du poste stationnaire par rapport aux sources d'émission dans le chantier ou dans l'enceinte (à tout le

moins, peu de rapports consultés ont documenté cet aspect). Malgré que les prélèvements étaient effectués quotidiennement (ou à chaque quart de travail), les résultats de ces échantillonnages n'étaient pas toujours reliés aux objectifs normalement visés soit:

- assurer que la protection respiratoire utilisée, en tenant compte du facteur de protection assignée à l'appareil de protection respiratoire, est suffisante pour protéger le travailleur contre l'inhalation de poussière d'amiante;
- tester si la réduction de poussière par mouillage du matériel contenant de l'amiante est efficace;
- informer le travailleur sur les concentrations à l'intérieur de l'enceinte;
- etc.

De plus, les échantillons prélevés sur les chantiers n'ont couvert qu'une fraction du quart de travail, le plus souvent une trentaine de minutes.

Malgré la limitation intrinsèque des résultats des échantillons d'air prélevés en poste fixe, il ressort de notre analyse des observations pertinentes à souligner.

Ce sont les immeubles à bureaux qui comptaient le plus grand nombre d'échantillons d'air (43 %) prélevés dans les différentes zones pendant et après les travaux (tableau 3 et figure 11). Cela est probablement dû aux chantiers d'enlèvement d'amiante de grande envergure réalisés dans trois établissements.

Pour l'ensemble des 3000 échantillons prélevés dans le chantier pendant les travaux, 13,5 % des résultats étaient supérieurs à 5 f/cc et 5,4 % étaient supérieurs à 10 f/cc (figure 12), avec une valeur maximale de 96 f/cc. On peut donc supposer que si les échantillons d'air avaient été prélevés dans la zone respiratoire des travailleurs, les concentrations auraient été encore plus élevées.

Cinquante-deux pour cent des profils de concentration réalisés dans les 175 locaux (pour lesquels des concentrations étaient disponibles pour au moins 5 échantillons) dans les chantiers pendant les travaux ont montré des écart-types géométriques supérieurs à 3 (figure 19). Ceci suggère que les concentrations mesurées dans ces locaux étaient très variables, démontrant des situations hors contrôle. De plus, en assumant que les distributions étaient log-normales (ce qui est vrai seulement pour les deux tiers), environ 46 % et 31 % des locaux obtiennent une valeur du 95^e centile estimée au-dessus de 5 f/cc et de 10 f/cc, respectivement. Cela montre un certain potentiel d'exposition à des concentrations non négligeables de fibres d'amiante dans ce milieu de travail. Encore une fois, ces pourcentages auraient été plus élevés si les échantillons avaient été prélevés en zone respiratoire des travailleurs.

Toujours pendant les chantiers, la majorité (77 %) des concentrations de fibres dans les vestiaires était égale ou supérieure à 0,01 f/cc comparativement à 14 % pour les zones connexes. Cependant, 46 % des échantillons dans le vestiaire avaient une densité inférieure à 25 f/mm² et 98 % avait un volume d'échantillonnage inférieur à 1000 L, démontrant ainsi le non-respect des conditions optimales de la méthode analytique. Ce qui pourrait expliquer le nombre important d'échantillons dépassant 0,01 f/cc puisque la concentration a été estimée, souvent à la limite de

quantification, représentant ici une valeur bien supérieure à la valeur visée. De même, pour les zones connexes où les densités étaient inférieures à 25 f/mm² et le volume inférieur à 1000 L pour 74 % des échantillons. Un volume accru aurait permis une détermination plus précise de la concentration. Notons que dans des environnements où les fibres d'amiante ne sont pas prédominantes (comme dans les vestiaires ou des bureaux à proximité de la zone de désamiantage), plusieurs types de fibres peuvent coexister : fibres de tissus provenant des vêtements des travailleurs ou des serviettes de toilettes, papier mouchoir, feuilles de papier et carton, etc. La MOCP, qui a été utilisée dans la surveillance de ces lieux, n'est pas optimale puisqu'elle tient compte de toutes les fibres rencontrant les critères d'une fibre respirable. Ce qui a pour effet de surestimer la concentration d'amiante dans l'air, lorsque celui n'est pas prédominant. Dans de telles situations, l'utilisation de la MET est fortement recommandée.

Ces observations montrent un risque potentiel pour la santé pulmonaire des travailleurs qui œuvrent dans ces chantiers ou enceintes et que les mesures de maîtrise prévues par la réglementation doivent être appliquées rigoureusement.

6.3 Inférences statistiques

L'amosite contenu dans les matériaux semble mieux prédire la concentration de fibres d'amiante dans l'air (figure 21) tandis qu'aucune relation n'a été possible avec le chrysotile (figure 20) ou tous les types de fibres confondues (figure 23). Ces résultats pourraient démontrer la difficulté de mouiller les matériaux contenant de l'amosite comparativement à ceux avec du chrysotile ou des fibres minérales artificielles qui seraient plus faciles à agglomérer sous l'effet du mouillage. Cette assertion est légèrement supportée par le tri qui a été fait sur les matériaux friables contenant de l'amosite (figure 25) et du chrysotile (figure 24). Toutefois, il faut admettre qu'il y a peu de données pour consolider cette hypothèse. Certes, il serait intéressant de vérifier cette hypothèse en prélèvements personnels pendant que le travailleur effectue une tâche comme le grattage de flocage d'amiante puisque le poste fixe n'est pas représentatif de l'exposition du travailleur.

Sur un chantier de rénovation/démolition, les travailleurs peuvent effectuer plusieurs tâches. On peut présumer que l'intensité de l'exposition n'est pas la même d'une tâche à l'autre. Malheureusement, peu de rapports mis à notre disposition, documentaient l'information quant aux tâches effectuées pendant la période d'échantillonnage. Dans le cadre de travaux dans des immeubles à bureaux, il a été possible de construire une matrice de tâches avec un nombre significatif de prélèvements d'air pouvant être appariés. C'est ce que montre l'analyse ANOVA réalisée sur ces données, pour les valeurs logarithmiques. Les émissions de fibres de certaines tâches sont plus intenses que d'autres (ex. le ramassage de déchets, la démolition et l'enlèvement versus le nettoyage, le scellement, l'inspection et les tâches multiples). De plus la variabilité des émissions est moins grande pour certaines tâches (enlèvement d'amiante) que pour d'autres (le ramassage de déchets). Ces résultats semblent exprimer que le déterminant de l'intensité de la concentration n'est pas les travailleurs (et leurs pratiques de travail) mais la tâche qu'ils accomplissent et que le chantier, bien que souvent restreint en espace, ne doit pas être considéré comme un procédé unique. Néanmoins, il est connu (Mulhausen, 1998) que les habitudes de travail de chaque travailleur ont un effet marqué sur l'étendue de la variation de l'exposition et qu'il y aurait un besoin de recherche pour consolider l'effet des tâches versus l'effet des habitudes de travail.

6.4 Quelques remarques sur les pratiques

La méthode analytique de l'IRSST requiert des densités de fibres optimales entre 100 et 1300 f/mm² quoique des densités de fibres de 25 à 100 f/mm² peuvent être prises en considération pour évaluer l'exposition d'un travailleur, mais le coefficient de variation de la méthode est inconnu à ces densités. L'échantillonnage de fibres dans le milieu de travail doit tenir compte du domaine d'application de la méthode et de l'empoussièrement des locaux. Il faut donc déterminer le volume d'échantillonnage requis pour obtenir la densité optimale sur le filtre, par quelques tests empiriques. Quatre-vingts pour cent des densités étaient supérieures à 25 f/mm² (figure 13), ce qui constitue, à notre avis, un excellent taux de production d'échantillons valables, compte tenu de la difficulté à estimer le temps (ou le volume) d'échantillonnage dans des conditions très variées d'exposition. Bien que ces échantillons ne représentent que des clichés du niveau de risque, il n'en demeure pas moins qu'ils mettent en évidence que les tâches dans ce milieu de travail sont à risque d'émettre des concentrations massives de poussière d'amiante aéroportée.

Parmi les 471 résultats de test final (test qui assure que le démantèlement de l'enceinte peut être fait, article 3.23.16, paragraphe 12), 94 % ont été rapportés avec une concentration inférieure à 0,01 f/cc (section 5.3.2). Cependant, seulement 27 % avaient une densité de fibres supérieure à 25 f/mm² (figure 16). Comme corollaire, parmi les 73 % qui avaient une densité inférieure à 25 f/mm², 86,3 % avaient un volume de prélèvement inférieur à 4000 litres. Cet exercice montre que des volumes d'air plus grands devraient être prélevés pour garantir la validité des résultats des tests finaux.

Les mêmes remarques s'appliquent à l'égard des prélèvements d'air dans les vestiaires (figure 17) et dans les zones connexes (figure 18). On suppose que l'objectif premier de ces scénarios est d'assurer qu'il n'y ait pas de contamination dans le vestiaire ou de fuites vers des zones connexes. Pour ces scénarios, le prélèvement en poste stationnaire peut être de mise. Cependant, les volumes de prélèvements doivent être d'environ 4000 litres, pour permettre l'atteinte de la densité critique de fibres (100 f/mm²) pour une concentration visée de 0,01 f/cc. Environ 54 % des échantillons prélevés dans les vestiaires ont pu être calculés parce qu'ils avaient la densité de 25 f/mm² (figure 17). Dans les cas des échantillons prélevés en zones connexes, environ 75 % étaient inférieurs à 25 f/mm², dont 70 % avaient un volume d'échantillonnage de moins de 2000 L d'air. Il est important de procéder à des prélèvements d'air avec de plus grands volumes pour assurer la significativité des résultats. Comme les coûts à encourir, tant pour le technicien qui supervise l'échantillonnage que pour l'analyste qui gère le décompte des fibres, sont généralement élevés, les intervenants y gagneront en qualité si ces prélèvements couvrent le temps nécessaire pour obtenir les volumes (ou les densités de fibres) reconnus par les méthodes de référence. De plus, des tests complémentaires en MET permettraient de confirmer l'absence de fibres d'amiante de faibles diamètres (diamètre inférieur à 0,2 ou 0,25 µm, représentant le seuil de détection de la MOCP), dans des milieux où l'amiante pourrait ne pas être prédominant.

6.5 Quelques remarques sur la protection respiratoire

La mesure quotidienne (ou pour chaque quart de travail) de la concentration d'amiante à l'intérieur des enceintes devrait servir, entre autres, à vérifier l'efficacité de la protection respiratoire. Par exemple, si un appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé avec

masque complet (facteur de protection assigné par NIOSH de 50) assure que les valeurs d'exposition admissibles ne seront pas dépassées à l'intérieur du masque.

La figure 27 montre la distribution du pourcentage d'échantillons qui excède les différentes valeurs de référence retenues, pour les tâches répertoriées. Ainsi, la valeur de 5 f/cc est dépassée dans 8 et 12 % des cas pour les tâches « démolir » et « enlever » tandis que le seuil de 10 f/cc est excédé dans 2 et 3 % des cas, pour ces mêmes tâches respectivement. De plus, si tous les échantillons avaient été prélevés en postes personnels, le pourcentage des résultats excédant les valeurs de référence, aurait été encore plus élevé comme il a été déjà discuté à la section 6.2.

Par conséquent, si les concentrations de fibres d'amiante dans l'air avaient été prélevées à l'intérieur de l'appareil de protection respiratoire, les travailleurs auraient été exposés au-delà des valeurs d'exposition réglementaires. D'ailleurs, il faut rappeler que le facteur de protection assigné est une valeur théorique et que le facteur de protection en milieu de travail est toujours plus bas (Han, 2002).

D'où l'importance que le programme de protection respiratoire, tel qu'exigé par la loi, soit appliqué de façon rigoureuse et d'insister sur la nécessité d'utiliser le type de mesure adéquat (en zone respiratoire plutôt qu'en poste fixe) afin d'assurer la protection respiratoire du travailleur.

7. CONCLUSION

Le premier objectif du projet visait à répertorier les types de matériaux retrouvés dans les édifices publics contenant de la fibre d'amiante et faisant ou ayant fait l'objet de travaux. Un total de 5383 échantillons répartis dans 33 structures de bâtiment ont été saisis dans la banque de données. De ce nombre d'échantillons, 39 % n'était pas associé à une structure et 25 % était jumelé à la structure « mur ». Plus de la moitié des échantillons (54 %) ne contenait pas de fibres d'amiante et 37,5 % des échantillons analysés ne comportaient pas de fibres (tous types confondus). Le chrysotile a été retrouvé dans 90 % des échantillons positifs en amiante (surtout au niveau des murs, plafonds et planchers) et l'amosite y était présent dans 21 % des cas (surtout au niveau des coudes et tuyaux). Le plâtre et le flocage sont rapportés le plus souvent dans la description des matériaux.

Le deuxième objectif visait à évaluer la relation entre la teneur en fibres d'amiante dans les matériaux de construction et la concentration de fibres dans l'air ambiant de chantiers de construction. Seule la concentration en amosite dans les matériaux semble permettre la déduction de la concentration de fibres dans l'air quoique cette association soit faible. De plus certaines tâches semblent être caractérisées par des émissions de poussière d'amiante beaucoup plus intenses que d'autres. Le travailleur est plus à risque d'être exposé lors d'activités comme la récupération de déchets d'amiante, l'enlèvement de matériaux et la démolition. Notre réponse à cette question doit être considérée avec précaution, car tous les échantillons saisis dans la banque de données avaient été prélevés majoritairement en poste fixe, ce qui va à l'encontre du Code et du RSST.

Alors que les responsables des échantillonnages semblent viser la densité minimale de fibres (25 f/mm^2) sur les membranes pour les échantillons pris pendant les travaux et analysés par MOCP, ces densités sont moins significatives lors d'échantillonnages reliés aux tests finaux et vraiment inefficaces pour les échantillons prélevés dans les vestiaires et dans les zones connexes. En effet, dans des environnements où les fibres d'amiante ne sont pas prédominantes (comme dans les vestiaires ou des bureaux à proximité de la zone de désamiantage), plusieurs types de fibres autres que l'amiante sont présentes. La technique MOCP généralement utilisée dans la surveillance de ces lieux n'est pas optimale car elle tient compte de toutes les fibres rencontrant les critères d'une fibre respirable. Ce qui a pour effet de surestimer la concentration d'amiante dans l'air, lorsque celui-ci n'est pas prédominant. Dans de telles situations, l'utilisation de la MET est fortement recommandée. De plus, des tests complémentaires en MET permettraient de confirmer l'absence de fibres d'amiante de faibles diamètres (diamètre inférieur à 0,2 ou 0,25 μm , représentant le seuil de détection de la MOCP), dans des milieux où l'amiante pourrait ne pas être prédominant.

Et finalement, le troisième objectif consistait à examiner sur une base qualitative les déterminants qui influent sur la concentration de fibres d'amiante mesurée en poste fixe lors de travaux d'enlèvement d'amiante. Les données recueillies n'ont pas permis d'atteindre l'objectif parce que les descriptions macroscopiques ne sont peu ou pas documentées dans les rapports à notre disposition. Quelques bribes d'information permettent de supposer que les matériaux d'amosite friable sont un facteur déterminant de la concentration de fibres aéroportées. Cette hypothèse devrait être confirmée par de futures recherches.

8. RECOMMANDATIONS

L'analyse que nous avons effectuée peut probablement être considérée comme un simple cliché de la gestion des prélèvements de matériaux d'amiante et la gestion des échantillons d'air dans le contexte de l'application du Code. Nos recommandations ciblent ce que pourrait être une démarche d'hygiène du travail dans ces milieux, en particulier ce que pourrait être la stratégie de la mesure de l'exposition en poste personnel, d'une évaluation du risque à la santé et d'une assurance du bon fonctionnement des mesures de maîtrise, comme l'arrosage des matériaux, afin de minimiser l'occurrence d'expositions intenses.

Dans les enceintes des chantiers à risque élevé, le risque engendré par l'exposition à l'amiante est contrôlé essentiellement par une protection respiratoire adéquate et une gestion très serrée des moyens de maîtrise. Dans ce contexte, il serait souhaitable que des prélèvements d'air en zone respiratoire (comme cela est prescrit dans le Code et le RSST) soient effectués pour estimer l'intensité de l'exposition du travailleur et s'assurer de l'efficacité des moyens de maîtrise, et ce, dans le but de maintenir le plus bas possible les expositions à tous les types d'amiante, comme cela est indiqué dans le RSST.

Ces prélèvements devraient être effectués pendant l'exécution des tâches susceptibles d'émettre le plus de poussière et ce, pour assurer que le travailleur possède la protection respiratoire appropriée et que les moyens de maîtrise mis en place (le mouillage semble être le moyen de maîtrise le plus utilisé) sont vraiment efficaces. À la lueur de nos résultats, les tâches suggérant les pires scénarios d'exposition sont l'enlèvement d'amiante avec grattoir, l'ensachage des résidus d'amiante, le nettoyage, l'encollage, etc. Un hygiéniste industriel certifié, régulièrement présent sur le chantier, devrait déterminer la tâche qui sera échantillonnée pendant la journée pour vraiment estimer le risque d'exposition à la fibre d'amiante dans le chantier et assurer que les mesures de maîtrise sélectionnées sont vraiment efficaces.

Finalement, l'utilisation de la microscopie électronique à transmission (MET) devrait être envisagée dans les situations où l'amiante n'est pas prédominant comme dans les vestiaires ou des bureaux à proximité de la zone de désamiantage, puisque la microscopie optique à contraste de phase, généralement utilisée dans la surveillance de ces lieux, n'est pas optimale car elle tient compte de toutes les fibres rencontrant les critères d'une fibre respirable. De plus, des tests complémentaires en MET permettraient de confirmer l'absence de fibres d'amiante de faibles diamètres (diamètre inférieur à 0,2 ou 0,25 μm , représentant le seuil de détection de la MOCP), pour les tests finaux ou dans des milieux où l'amiante pourrait ne pas être prédominant.

9. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les inspecteurs de la CSST, les laboratoires privés d'analyse et de surveillance de travaux, ainsi que tous les organismes qui ont participé activement à cette étude et nous ont donné l'accès à leurs différentes données. Nous voulons également souligner la précieuse collaboration d'Alex Friedlaender et de Laura Harnish, étudiants à l'Université McGill, ainsi que de Julie McCabe, technicienne de laboratoire (IRSST).

Cette recherche a été co-financée par l'INSPQ et l'IRSST.

10. RÉFÉRENCES

- Barbeau *et al.* (1979). Cours intensif sur les techniques de détermination minéralogique de l'amiante . Association minéralogique du Canada. 309 p.
- Baron, P.A. (2003). Measurement of fibers. NIOSH Manual of Analytical Methods. p. 143-166.
- Beard, M. E. and Rook, H. L.. Editors (2000). Advances in environmental measurement methods for asbestos. ASTM. 416 p.
- Beaudry C., Bégin D., Moidovanu M. et Gérin M. (2008). Surveillance de l'exposition à l'amiante dans les métiers de la construction. Université de Montréal. INSPQ, Institut National de Santé Publique du Québec.
http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/815_MCAsurveillance.pdf
- Burdett G.J., Jaffrey S.A. (1986). Airborne asbestos concentrations in buildings. *Ann Occup Hyg.* 30(2):185-189.
- Burdett G.J., Nagar N. and Smith L. (1994). Removal of asbestos from difficult-to-access large diameter pipes: A comparison on wet removal methods. *Appl Occup Environ Hyg.* 9(11):836-894.
- Cherrie, J.W. (2004). Personal and static samples measurements are related. *Occup Environ Med.* 61:374-375.
- Chesson J., Hatfield J., Schultz B., Dutrow E. and Blake J. (1990). Airborne asbestos in public buildings. *Environ Res.* 51:100-107.
- Corn M., Crump K., Farrar D.B., Lee R.J. and McFee D.R. (1991). Airborne concentrations of asbestos in 71 school buildings. *Regul Toxicol Pharmacol.* 13:99-114.
- Crossman Jr R.N., Williams Jr M.G., Lauderdale J., Schosek K. and Dodson R.F. (1996). Quantification of fiber releases for various floor tile removal methods. *Appl Occup Environ Hyg.* 11:1113-1124.
- Curtis F. (1991). Monitoring the presence of asbestos in a residential apartment building. *Environ Pollution.* 71:69-81.
- Dion C. et Perrault G. (2000). Évaluation de la concentration de fibres d'amiante émises dans l'air ambiant de bâtiments scolaires. Études et recherches / Rapport R-256, Montréal, IRSST, 14 pages.
- Dodson, R. F., and Hammar, S. P., Editors (2006). Asbestos – Risk Assessment, Epidemiology, and Health Effects. CRC Taylor & Francis. 425 p.

- Dufresne A., Anthes M., Santos B. and Infante-Rivard C. (2002a). Airborne asbestos fibres in steam tunnels. A qualitative analysis by PLM, and a quantitative analysis by PCOM and MET/EDS. *Ann Occup Hyg.* 46:125-127.
- Dufresne A. and Infante-Rivard C. (2002b). Mineralogy and morphology of fibres determined by Transmission Electron Microscopy (TEM) and Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) in steam tunnels. *Ann Occup Hyg.* 46:121-124.
- EPA (1993). EPA/600/R-93/116, Method for the determination of asbestos in bulk building material. 99 p. <http://www.rti.org/pubs/Test-Method-for-Determination.pdf>
- EPA (2003). 40 CFR Part 763.86, Asbestos – Asbestos containing materials in schools – sampling. <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/2003pt763.pdf>
- Friedlaender A. (2005). Asbestos exposure assessment during the removal of amosite ceiling insulation in a Montreal High-School. Projet de maîtrise appliquée, Université McGill.
- Ganor E., Fischbein A., Brenner S. and Froom P. (1992). Extreme airborne asbestos concentrations in a public building. *Br J Ind Med.* 49:486-488.
- Gouvernement du Québec (2008). Code de sécurité pour les travaux de construction. S-2.1, r.6. Éditeur Officiel du Québec.
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS2_1R6.htm
- Gouvernement du Québec (2007). Règlement sur la santé et la sécurité du travail. S-2.1, r.19.01. Éditeur Officiel du Québec.
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS2_1R19_01.htm
- Gouvernement de l'Ontario (2007). Designed substance – asbestos on construction projects and in buildings and repair operations. Ontario Regulation 278/05.
http://www.e-laws.gov.on.ca/html/regs/english/elaws_regs_050278_e.htm
- Han H.D. (2002). Correlations between workplace protection factors and fit factors for filtering facepieces in the welding workplace. *Industrial Health.* 40:328-334.
- Héry M., Possoz C. et Kauffer E. (1997). Exposition professionnelles des travailleurs employés sur les chantiers d'enlèvement d'amiante. Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail. 167:217-224.
- Hornung R.W. and Reed L.D. (1990). Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values. *Appl occup environ hyg.* 5(1):46-51.
- IARC, International Agency for Research on Cancer (1980). Biological effects of mineral fibres. Volume 1. III. Experimental pathology (in vivo studies) related to asbestos and other mineral fibres. Wagner J.C., Editor-in-Chief, World Health Organization, Scientific Publications No 30, Lyon. p 261-491.

- INSERM, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (1997). Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Expertise Collective. Paris : Les Editions INSERM.
- INSPQ, Institut National de Santé Publique du Québec (2003a). Fibres d'amiante dans l'air extérieur et intérieur - État de situation au Québec. INSPQ-2003-053, quatrième trimestre. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/233-FibresAmianteAirInterieurExterieur.pdf>
- INSPQ, Institut National de Santé Publique du Québec (2003b). Fibres d'amiante dans l'air extérieur et intérieur et épidémiologie des maladies reliées à l'exposition à l'amiante au Québec - Résumé et recommandations des rapports. INSPQ-2003-066, quatrième trimestre. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/250-ResumeAmiante.pdf>
- Jaffrey S.A., Burdett, G.J. and Rood A.P. (1988). An investigation of airborne asbestos concentration in two UK buildings: before, during and after the removal of asbestos. Intern J Environ Studies. 32:169-180.
- Keyes D.L., Chesson J., Ewing W.M. Fass J.C., Hatfield R.L., Hays S.M., Longo W.E. and Millette J.R. (1991). Exposure to airborne asbestos associated with simulated cable installation above a suspended ceiling. Am Ind Hyg Assoc J. 52:479-484.
- Kominsky J.R., Freyberg R.W., Clark P.J., Edwards A., Wilmoth R.C. and Brackett K.A. (1998). Asbestos exposure during routine floor tile maintenance. Part.1: Spay-buffing and wet-stripping. Appl Occup Environ Hyg. 13:101-106.
- Kromhout H. and van Tongeren M. (2003). How important is personal exposure assessment in the epidemiology of air pollutants? Occup Environ Med. 60:43-144.
- Lange J.H., Thomulka K.W., Sites S.L., Priolo G. and Mastrangelo G. (2006a). Personal airborne asbestos exposure levels associated with various types of abatement. Bull Environ Contam Toxicol. 76(3):389-391.
- Lange J.H., Sites S.L., Mastrangelo G. and Thomulka K.W. (2006b). Exposure to airborne asbestos during abatement of ceiling material, window caulking, floor tile and toofing material. Bull Environ Contam Toxicol. 77(3):718-722.
- Lange J.H. (2005a). Airborne exposure during asbestos abatement of floor, tile wall plaster, and pipe insulation. Bull Environ Contam Toxicol. 74(1):70-72.
- Lange J.H., Thomulka K.W., Sites S.L., Priolo G., Buja A. and Mastrangelo G. (2005b). Personal exposure during abatement of various asbestos-containeng materials in the same work area. Bull Environ Cont Toxicol. 74:1034-1036.
- Lange J.H. (2005c). Asbestos-containing floor tile and mastic abatement: is there enough exposure to cause mesothelioma, lung cancer or asbestosis? Indoor Built Environ. 14:83-88.

- Lange J.H., Wang M., Buja A. and Mastrangelo G. (2005d). Area and personal exposure measurements during asbestos abatement of a crawl space and boiler room. *Bull Environ Cont Toxicol*. 74(2):388-390.
- Lange J.H. and Thomulka K.W. (2002a). Airborne exposure concentrations during asbestos abatement of ceiling and wall plaster. *Bull Environ Cont Toxicol*. 69(5):712-718.
- Lange J.H. (2002b). Impact of asbestos concentrations in floor tiles on exposure during removal. *Int J Environ Health Res*. 12(4):293-300.
- Lange J.H. (2001). Airborne asbestos concentrations during abatement of floor tile and mastic: Evaluation of two different containment systems and discussion of regulatory issues. *Indoor Built Environ*. 10:193-199.
- Lange J.H., Kuhn B.D., Thomulka K.W. and Sites S.L. (2000). A study of area and personal airborne asbestos samples during abatement in a crawl space. *Indoor Built Environment*. 9:192-200.
- Lange J.H. and Thomulka K.W. (2000a). An evaluation of personal airborne asbestos exposure measurements during abatement of dry wall and floor tile/mastic. *Int J Envir Health Res*. 10:5-19.
- Lange J.H. and Thomulka K.W. (2000b). Air sampling during asbestos abatement of floor tile and mastic. *Bull Environ Cont toxicol*. 64(4):497-501.
- Lange J.H. and Thomulka K.W. (2000c). Area and personal airborne exposure during abatement of asbestos-containing roofing material. *Bull Environ Contam Toxicol*. 64(5):673-678.
- Lange J.H. and Thomulka K.W. (2000d). Occupational exposure to airborne asbestos during abatement of asbestos-containing pipe and boiler insulation. *Frenesius Envir Bull*, 9:477-482.
- Lange J.H., Lange P.R., Reinhard T.K. and Thomulka K.W. (1996). A study of personal and area airborne asbestos concentrations during asbestos abatement: a statistical evaluation of fibre concentration data. *Ann Occup Hyg*. 40(4):449-466.
- Lange J.H., Thomulka K.W., Lee R.J., Dunmyre G.R. and Schwerer F.C. (1995a). Surface and deposition sampling in a mechanical room that contains pipe and boiler asbestos insulation. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 50:51-56.
- Lange J.H., Thomulka K.W., Lee R.J. and Dunmyre G.R. (1995b). Evaluation of lift and passive sampling methods during asbestos abatement activities. *Bull Environ Contam Toxicol*. 55(3):325-331.
- Lange J.H., Grad J.W., Lange P.A., Thomulka K.W., Dunmyre G.R., Lee R.J., Richardson C.F. and Blumershire R.V.H. (1993). Asbestos abatement of ceiling panels and mold growth in a public school building after water damage: A case study of contaminant levels. *Frenesius Envir Bull*. 2:13-18.

- Lavoué J., Bégin D., Beaudry C. and Gérin M. (2006). Monte Carlo simulation to reconstruct formaldehyde exposure levels from summary parameters reported in the literature. *Ann Occup Hyg*. 51:161-172.
- Leidel N.A., Busch K.A. and Lynch J.R. (1976). Occupational exposure sampling strategy. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health, Center for Disease and Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati. 132 p.
- Lee R.J. and Van Orden D.R. (2008). Airborne asbestos in buildings. *Regul toxicol Pharmacol*. 50:218-225.
- Lee R.J., Van Orden D.R., Corn M. and Crump K.S. (1992). Exposure to airborne asbestos in buildings. *Regul toxicol Pharmacol*. 16:93-107.
- Mlynarek S., Corn M. and Blake C. (1996). Asbestos exposure of building maintenance personnel. *Regul Toxicol Pharmacol*. 23:213-224.
- MSSS, Ministère de la Santé et des Services sociaux et Ministère de l'éducation du Québec (1999). Démarche préventive concernant les flocages d'amiante dans les écoles primaires et secondaires du Québec. <http://www.mels.gouv.qc.ca/CPRESS/cprss99/bilan.htm>
- Mulhausen J.R. Damiano J. (1998). A strategy for assessing and managing occupational exposures. Second Edition. AIHA Press, American Industrial Hygiene Association. 349 p.
- NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health. (2004). NIOSH Respirator Selection Logic. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.
- Orlowski E., Creau Y., Gauducheau E. et coll. (1997). Evalutil : base de données pour l'évaluation des expositions à l'amiante des utilisateurs de matériaux en contenant. INRS, ND 2037. http://www.inrs.fr/htm/evalutil_base_donnees_pour_evaluation_expositions.html
- OSHA. 29 CFR 1910.1001(b). Occupational Safety and Health Standards - Toxic and Hazardous Substances – Asbestos. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9995
- Paik N.W., Walcott R.J. and Brogan P.A. (1983). Worker exposure to asbestos during removal of sprayed material and renovation activity in buildings containing sprayed material. *Am Ind Hyg Assoc J*. 44:428-432.
- Paull J.M. (1986). Non-occupational exposure to asbestos in buildings: a practical risk management program. *Am Ind Hyg Assoc J*. 47:497-540.
- Paustenbach D.J., Sage A., Bono M. and Mowat F. (2004) Occupational exposure to airborne asbestos from coating, mastics, adhesives. *J Exp Anal Environ Epid*. 14:234-244.

- Perkins R.A. and Hargesheimer J. (2002). Demolition of gypsum wallboard with asbestos-containing mastic. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*. 6:235-243.
- Perkins J.L., Rose V.E. and Cleveland M.S. (1992). Analyses of PCM asbestos air monitoring results for a major abatement project. *Appl Occup Environ Hyg.*, 7:27-32.
- Sawyer R., Rohl A.N. and Langer A.M. (1985). Airborne fiber control in buildings during asbestos material removal by amended water. *Methodology Environ Res.* 36:46-55.
- Sawyer R. (1977). Asbestos exposure in a Yale building : Analysis and resolution. *Environ Res.* 13(1):146-168.
- Williams M.G. and Crossman Jr R.N. (2003). Asbestos release during removal of resilient materials by recommended work practices of the resilient floor covering institute (RFCI). *Appl Occup Environ Hyg.* 18:466-478.
- WHO, World Health Organization (1998). International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 2003. Chrysotile Asbestos. Geneve.

ANNEXE 1-A REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA CONCENTRATION DE FIBRES PENDANT DES TRAVAUX D'ENLÈVEMENT OU DE RÉNOVATION

Publication	Type de matériaux ou de procédés	Résultats
Lange 2006a	finition pour plafond, calfeutrage à fenêtre, tuiles à plancher et toiture	MOCP ² : concentration moyenne (échantillons personnels) (n=119) : < 0,1 f/cc
Lange 2006b	différents types de matériaux	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants) (n=362) : < 0,01 f/cc
Lange 2005a	tuiles à plancher, joints à mur et isolants de tuyaux	MOCP : concentration (échantillons personnels ou ambiants, pondérés ou ponctuels) (n=14) : < 0,03 f/cc
Lange 2005b	différents types de matériaux	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants) (n=94) : < 0,1 f/cc
Lange 2005c	tuiles à plancher et travaux avec du mastic contenant de l'amiante	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants, pondérés ou ponctuels) (n=114) : < 0,1 f/cc
Lange 2005d	différents types de matériaux dans une salle de chaudière et un espace étroit	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants) : < 0,1 f/cc; des concentrations sur des prélèvements ponctuels varient de 0,01 à 0,55 f/cc en personnel (n=45) et de 0,01 à 0,75 f/cc pour les ambiants (n=97)
Paustenbach 2004	différents matériaux de recouvrement, de mastics et adhésifs	MOCP : concentration (n=452 ; 172 personnels et 280 ambiants) : < 0,1 f/cc ; (n = 452) ; MET ³ : contiennent de l'amiante (0,0017 – 0,0184 f/cc) (n=6/452)
Williams 2003	tuiles à plancher en vinyle et en asphalte	MOCP : concentrations ponctuelles (n=54) < 0,1 f/cc (0,008 à 0,014 f/cc) ; MET : > 0,1 s/cc (0,099 à 0,860 s/cc)
Perkins 2002	démolition simulée dans une boîte à gants et étude terrain, méthodes humides : panneaux muraux de gypse avec mastic à joint - chrysotile	MOCP : plusieurs concentrations > 1 f/cc; lors du découpage à la scie : 0,475 à 4,913 f/cc en MET (total des fibres : amiante et autres) (n > 1900). Seulement 2 – 4 % des fibres sont du chrysotile (le reste étant des fibres de gypse)
Lange 2002a	plâtres de plafonds et de murs	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants) (n = ?) < 0,1 f/cc; certaines concentrations (échantillons ponctuels) : > 0,1 f/cc
Lange 2002b	tuiles à plancher	MOCP : toutes les concentrations pondérées sur huit heures (n=35) < 0,1 f/cc. Les résultats ponctuels varient de 0,006 à 0,221 f/cc
Lange 2001	tuile à plancher et mastic pendant l'évaluation de systèmes de confinement	MOCP : concentration moyenne (n=30) < 0,1 f/cc

² MOCP : microscopie optique à contraste de phase

³ MET : microscopie électronique à transmission

Publication	Type de matériaux ou de procédés	Résultats
Lange 2000	tuyaux dans un espace restreint	MOCP : concentration moyenne (échantillons personnels ou ambiants) (n=69): < 0,1 f/cc
Lange 2000a	murs secs et tuile / mastic	MOCP : concentrations moyennes (n=25 murs secs et n=23 tuile/mastic) (échantillons personnels) > 0,1 f/cc (0,12 à 3,16 f/cc) pour murs secs et > 0,01 f/cc (0,01-0,08 f/cc) pour tuile/mastic
Lange 2000b	tuiles à plancher et mastic	MOCP : concentration (n= 11 échantillons personnels et n=14 échantillons ambiants) < 0,1 f/cc
Lange 2000c	bardeau de toit et dalle de revêtement de sol	MOCP : concentration moyenne (13 échantillons personnels 17 ambiants) < 0,1 f/cc
Lange 2000d	tuyaux et isolants à chaudière	MOCP : Concentration moyenne (échantillons personnels) < 0,1 f/cc (n=101)
Kominsky 1998	procédés de polissage par jet et décapage humide de tuiles à plancher en vinyle – 3 à 5 % de chrysotile	MOCP et MET (n= 15 polissage par jet et n=10 décapage humide): des concentrations < 0,1 s/cc lors du polissage par jet (MOCP et MET); des concentrations > 0,1 s/cc en MET durant le décapage humide seulement (moyenne de 0,041 - 0,978 s/cc) et < 0,01 f/cc en MOCP. (98,6% des structures d'amiante sont inférieures à 5 µm)
Héry 1997	déflochage d'immeubles à bureaux et d'édifices publics (marché, métro, cinéma)	MOCP et MET : des concentrations (n=78) > 1 f/cc (prélèvements effectués à l'intérieur de l'appareil de protection respiratoire); les concentrations ont varié de 0,006 à 7,8 f/cc lors de sablage sans agent mouillant.
Mlynarek 1996	durant 9 types de tâches de maintenance dans un édifice	MOCP : des résultats ponctuels (n=302 échantillons personnels et n=102 ambiants) > 0,1 f/cc (0,002 - 3,5 f/cc) et des résultats pondérés (0,0025 à 0,21 f/cc)
Crossman 1996	pendant la simulation de l'enlèvement de tuiles à plancher avec différentes techniques d'enlèvement	MOCP et MET : (n=62) plusieurs concentrations > 0,1 f/cc ou 1 s/cc (jusqu'à 8,3 s/cc)
Lange 1996	tuyaux dans une chaudière, tuiles de plafond, tuiles de plancher, etc.	MOCP : (n=265) quelques moyennes d'échantillons dépassent 0,1 f/cc et quelques échantillons ponctuels dépassent 1 f/cc
Burdett 1994	injection de liquide dans l'isolant recouvrant les tuyaux, mise en sac de déchets d'amiante et nettoyage après enlèvement de MCA	MOCP (n=52): concentrations (personnelles) pendant la mise en sac et le nettoyage varient de 0,75 à 4,05 f/cc, malgré l'application d'un liquide à suppression sur les matériaux
Perkins 1992	enlèvement effectué avec et sans le sac à gants	MOCP (n=2082): les concentrations sont inférieures à 0,1 f/cc (0,025 - 0,041) avec le sac à gants et entre 0,097-0,233 f/cc sans le sac à gants

ANNEXE 1-B ARTICLES PORTANT SUR LES CONCENTRATIONS DANS L'AIR ÉLEVÉES LORS DE DÉSAMIANTAGE

Publication	Type de matériaux ou de procédés	Résultats
Sawyer 1985	comparaison lorsque le matériel est mouillé et lorsqu'il est sec	MOCP (n=503): la concentration moyenne est de 1,1 f/cc lorsque le matériel est mouillé et de 28,6 f/cc lorsque le matériel est sec
Paik 1983	comparaison lorsque le matériel est mouillé et lorsqu'il est sec	MOCP : la moyenne géométrique des concentrations est de 16,4 f/cc (n = 79) avec des méthodes à sec et de 0,5 f/cc (n = 15) avec des méthodes humides
Sawyer 1977	différentes activités de surveillance et d'enlèvement d'amiante	MOCP (n=200) : des concentrations moyennes (personnelles) > 1 f/cc (0,2 – 82,2 f/cc)

ANNEXE 1-C ÉTUDES SUR LA MESURE DE FIBRES DANS DES IMMEUBLES

Publication	Type d'échantillon(s), lieux, structure, ...	Résultats
Dufresne 2002a et b	échantillons d'air prélevés en poste ambiant dans un tunnel de vapeur d'eau contenant des tuyaux isolés à l'amiante chrysotile et amosite	MOCP : 3,2 % des concentrations > 0,01 f/cc ; MET : 41,9 % > 0,01 f/cc et 3,2 % > 0,1 f/cc. Faible corrélation entre MOCP et MET (n=33). 50 % des fibres de chrysotile ont un diamètre < 0,25 µm
Dion 2000	Échantillons d'air prélevés dans des écoles avec floccages dégradés pendant l'occupation normale des locaux	MOCP (n=45) : concentration moyenne 0,046 f/cc et MET (n=77) : concentration moyenne : 0,0031 f/cc. Rapport moyen MOCP/MET : 58 (n=13). Rapport moyen MET(optique équivalent)/MOCP : 1,50 (n=40).
Lange 1995a	<i>échantillons de surface</i> prélevés dans la salle mécanique d'une école isolée à l'amiante	MET (n=20): les structures d'amiante sont majoritairement ≤ 5 µm
Lange 1995b	<i>échantillons de surface</i> prélevés dans différents locaux avant et après les travaux de rénovation d'un édifice isolé à l'amiante	MET (n=31): en général le nombre de structures d'amiante < 1000 s/mm ² et ≤ 5 µm
Lange 1993	échantillons d'air prélevés en poste ambiant à l'extérieur et à l'intérieur d'une zone confinée suite à une infiltration d'eau	MOCP et MET (n=58) : concentration < 0,1 f/cc
Lee 2008	Échantillons d'air prélevés en poste ambiant dans des édifices faisant l'objet de poursuites	MET (n=3978) : concentration moyenne 0,01 s/cc et concentration moyenne de fibres amiante ≥ 5 µm 0,00012 f/cc. 1,1% des fibres de chrysotile et 9,9 % des fibres d'amphiboles sont > à 5 µm.
Lee 1992	échantillons d'air prélevés en poste ambiant à l'intérieur d'édifices publics	MET (n=2892): la concentration moyenne des structures d'amiante est de 0,02 s/cc et la concentration moyenne d'amiante ≥ 5 µm est de 0,00013 f/cc
Ganor 1992	échantillons d'air prélevés en poste ambiant dans une salle à dîner commune (kibboutz) isolée à la crocidolite dont le plafond était très endommagé	(MEB ⁴ (n=4): la concentration moyenne mesurée est de 4 f/cc
Corn 1991	échantillons d'air prélevés dans des écoles sur le point de subir des rénovations	MET (n=473): la concentration moyenne est de 0,017 structures de chrysotile/cc et de 0,0015 s/cc d'amphiboles. 95% des structures sont du chrysotile
Keyes 1991	échantillons d'air prélevés dans une école lors de l'installation simulée de câble dans un plafond suspendu	MET (n=35): des concentrations (échantillons personnels et ambiants) > 50 structures/cc

⁴ MEB : Microscopie électronique à balayage

Publication	Type d'échantillon(s), lieux, structure, ...	Résultats
Chesson 1990	échantillons d'air prélevés dans des édifices isolés à l'amiante et dans des édifices ne contenant aucun MCA durant les activités normales	MET (n=387): la concentration moyenne dans l'air est de 0,0072 s/cc. Pas de structures d'amiante dans 83 % des échantillons
Jafferey 1988	échantillons d'air prélevés avant, après et pendant l'enlèvement d'amiante amosite	MOCP et MET (n=185): les concentrations moyennes < 0,1 f/cc pour les essais de contamination avant les travaux mais très élevées lors des travaux d'enlèvement (0,29 f/cc; dans les enclos : 30 f/cc)
Burdett 1986	échantillons d'air prélevés dans des édifices en poste ambiant	MOCP et MET (n=235): les concentrations de fibre < 0,075 f/cc

ANNEXE 2-B EXEMPLE DE TABLEAU DE DONNÉES LIÉ À UNE REQUÊTE AVEC AJOUT DE CHAMPS CALCULÉS

O23											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			r_echAir_chantiersCHPendant								Chrysotile
2			Nom : BDChP C4:M3006								Amphibole
3											CodeSST
4											5
5											0,2
											10
											403
											2230
											162
											13%
											74%
											5,40%
6											
7			volume	densite	remarque	categorie	laboNom	echantillonAir_id	conc	Type	Chrg
8			46,2	9,99		Raffinerie		20	0,104	E	N
9			62	13,38		Raffinerie		24	0,078	E	N
10			75,4	62,39		Raffinerie		26	0,319	C	N
11			75,3	38,83		Raffinerie		30	0,199	C	N
12			52,21	5,1		Raffinerie		33	0,092	E	N
13			43,89	14,36		Raffinerie		35	0,11	E	N
14			67,39	12,73		Raffinerie		39	0,071	E	N
15			59,06	1057,42		Raffinerie		41	6,894	C	Y
16			44,48	205,85		Raffinerie		43	1,78	C	N
17			46,7	170,62		Raffinerie		45	1,407	C	N
18			46,1	534,76		Raffinerie		47	4,466	C	N
19			75,1	45,21		Raffinerie		49	0,232	C	N
20			61,6	305,59		Raffinerie		51	1,91	C	N
21			56,53	102,35		Raffinerie		53	0,697	C	N
22			62,8	28,01		Raffinerie		55	0,172	C	N
23			46,9	44,57		Raffinerie		58	0,366	C	N
24			62,6	50,3		Raffinerie		60	0,309	C	N
25			62,6	40,11		Raffinerie		62	0,247	C	N
26			60,2	13,37		Raffinerie		64	0,08	E	N
27			47,4	271,21		Raffinerie		66	2,203	C	N
28			47,3	48,09		Raffinerie		68	0,099	C	N

ANNEXE 2-C EXEMPLE DE TABLEAU CROISÉ ET GRAPHIQUE LIÉ

