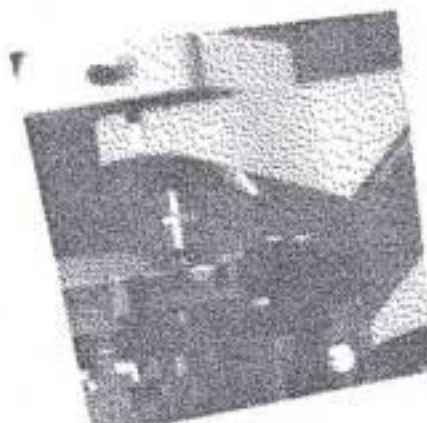


**Comparaison de la numération
de fibres d'amiante
selon la méthode IRSST 47-1
et la méthode NIOSH 7400**



**BILANS DE
CONNAISSANCES**

Guy Perrault
Ginette Leclaire
André Dufresne

août 1988

B-014

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

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

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

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

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Comparaison de la numération
de fibres d'amiante
selon la méthode IRSST 47-1
et la méthode NIOSH 7400**

Guy Perrault, Ginette Leclaire
et André Dufresne
Direction des laboratoires, IRSST

**RECHERCHES
SCIENTIFIQUES
DE
SANTÉ
ET
DE
SÉCURITÉ**

RAPPORT

AVEC LA PARTICIPATION DE:

M. Beaudry
Carey Canada Inc.

F. Corriveau
J.M. Asbestos Inc.

D. Dion
Société Asbestos Ltée

J.P. Ducharme
Carey Canada Inc.

Y. Fortier
J.M. Asbestos Inc.

P. Labonté
Mines d'Amiante Bell

L. Lapointe
Lac d'Amiante du Québec

J. Lebel
Institut de recherche et de
développement sur l'amiante

L.A. Monaghan
Université McGill

C. Paré
Mines d'Amiante Bell

S. Turcotte
Environnement Québec

SOMMAIRE

Depuis 1981, les laboratoires de l'IRSST utilisent la méthode IRSST 47-1 pour doser les fibres d'amiante dans l'air des milieux de travail. Pour faciliter le choix d'une nouvelle méthode et la transition éventuelle vers une méthode semblable à la méthode américaine NIOSH 7400, une comparaison a été faite entre les deux méthodes sur la précision d'un groupe de douze compteurs qui travaillaient avec des échantillons de référence préparés en laboratoire, et sur les résultats en concentration à partir d'échantillons prélevés en industrie. Les résultats démontrent clairement l'obtention des coefficients de variation semblables avec les deux méthodes analytiques. Par contre, la comparaison entre la méthode IRSST 47-1 et la méthode 7400A indique une diminution de 45% des résultats en fibres par centimètre cube d'air par rapport à la méthode 47-1.

INTRODUCTION

La méthode analytique IRSST 47-1 "Numération de fibres d'amiante" (1) est la méthode en vigueur pour évaluer la concentration de fibres d'amiante dans l'air. C'est un condensé de la méthode NIOSH P & CAM 239 (2) qui permet de satisfaire aux besoins des mesures ambiantes à une concentration admissible de 2 fibres/mL.

Toutefois, les développements des dernières années sur l'abaissement de la norme, sur l'objectivité des critères de comptage (3-7), sur la qualité et la durée du montage (3,7 - 12), sur la validité et la disponibilité des contrôles de qualité inter-laboratoires (3, 13 - 19) et sur l'effet des différents paramètres du système compteur-microscope-montage-échantillonnage justifient la reconsidération du choix de la méthode québécoise de référence.

À l'heure actuelle, deux méthodes sont utilisées à travers le monde, chacune par un nombre important de laboratoires. Ce sont la nouvelle méthode américaine 7400 (20) et la méthode européenne (21) proposée par l'Organisation Internationale de Standardisation. Toutes deux ressemblent à la méthode proposée par l'Association Internationale pour l'Amiante en 1979 (22) à part quelques subtilités. Walton (3) a récemment revu l'évolution des méthodes de numération des fibres.

Pour faciliter la transition de l'utilisation de la méthode IRSST 47-1 (P & CAM 239) à une nouvelle méthode du type NIOSH 7400, une étude exploratoire d'une année fut entreprise.

Le scénario de l'étude comprenait une évaluation du coefficient de variation sur des filtres-étalons fournis par l'organisme NIOSH et sur des filtres prélevés dans des industries types représentant l'amiante au Québec.

Les quatre types d'industries qui furent sélectionnés sont le secteur minier, le textile, l'amiante ciment et les sabots de freins. Pour des raisons de délais dans l'évolution du projet, il n'y a pas eu d'intervention dans l'industrie du sabot de freins.

Les prochains chapitres constituent une présentation des résultats du scénario de validation de la méthode quelques réflexions sur l'évaluation de la qualité de l'environnement des travailleurs et l'orientation que doit prendre les prochaines études.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

. Les filtres étalons

Les filtres étalons furent fournis par l'organisme américain NIOSH. Ce sont des filtres qui sont préparés par la Stanford Research Institute au moyen de techniques utilisant les colonnes liquides. Ce type de filtres fait l'objet d'analyse dans le circuit "Proficiency Analysis Testing".

Deux séries de 6 filtres et 1 série de 12 filtres, comportant quatre niveaux différents de concentration ont été analysés selon les critères A et les critères B de la méthode 7400 (20) par les douze compteurs de référence. Les observations qualitatives des compteurs sont résumées à l'annexe I.

. Les filtres prélevés en milieu de travail

Les prélèvements d'ambiance ont été effectués en poste fixe sur des membranes filtrantes cellulose, blanches, quadrillées de 37 mm de diamètre et non quadrillées de 25 mm. Les filtres de 0,8 µm de porosité furent utilisés dans les deux cas. Les porte-filtres de 37 mm (IRSST 47-1) ou 25 mm (NIOSH 7400 A-B) destinés à recevoir les membranes filtrantes sont placés de façon contiguë sur le support des pompes (Guillian). La distance qui sépare les deux têtes d'échantillonnage, dont l'ouverture fait face contre le sol, est moins de 20 cm. Les porte-filtres sont composés de 3 pièces. Dans le cas du porte-filtre 37 mm, la pièce centrale a une hauteur de 15 mm tandis que la pièce centrale du porte-filtre 25 mm a une hauteur de 50 mm sauf à la mine I où des porte-filtres de 15 mm ont été utilisés. Le porte-filtre 25 mm était en plastique.

Dans les deux cas, le prélèvement est effectué à un débit de 1,7 L/min. Les prélèvements en poste fixe ne permettent pas le calcul de doses d'exposition individuelles des travailleurs. Ce n'était pas le but de l'étude.

La préparation des filtres ayant servi au prélèvement afin d'en permettre l'observation au microscope est effectuée selon le protocole des méthodes NIOSH 7400 (20) et IRSST 47-1 (1,2). Les observations qualitatives des compteurs sont résumées à l'annexe I.

. Les systèmes optiques des compteurs

Le tableau 1 montre les caractéristiques optiques des microscopes des compteurs.

Les réticules G22 et G24 ont à peu près la même superficie d'un microscope à l'autre, alors que la superficie des réticules Porton varie quelque peu. À une exception près, le grossissement total obtenu est de 400 X. Les tests de limite de résolution effectués à l'aide des lames MARK II indiquent que la plage des blocs non visibles de l'ensemble des compteurs se situe entre 0,25 et 0,64 μm et la plage des blocs nettement visibles entre 0,53 et 0,77 μm .

RÉSULTATS

. Les filtres étalons NIOSH

Les résultats de numération des filtres étalons fournis par l'organisme NIOSH sont présentés aux tableaux 2, 3 et 4. Chaque tableau montre le numéro de la série de filtres, le numéro du compteur, les résultats obtenus selon les critères A (colonne G22) et les critères B (colonnes G24), les moyennes arithmétiques (\bar{X}) avec l'écart-type et les coefficients de variation (CV) de chaque série de filtres. Le dénombrement des fibres chez les filtres-témoins est également présenté dans les deux dernières colonnes de chaque tableau.

Les résultats moyens (\bar{X}) s'échelonnent entre 150 f/mm² et 950 f/mm², ce qui correspond au domaine optimal d'application de la méthode (20, 23).

Le résumé statistique de la numération de fibres des trois séries de filtres NIOSH sont présentés aux tableaux 5, 6 et 7. Chaque tableau montre aussi les éléments statistiques suivants : la moyenne arithmétique (\bar{X}), l'écart-type (s), le coefficient de variation (CV), le nombre de comptage (n), la variance (s²), l'intervalle X_L à X_U qui est un intervalle de confiance au niveau 100 (1- α)% pour la moyenne de l'échantillon, c'est-à-dire qu'il est possible de certifier avec un niveau de confiance 100 (1- α)% que $X_L < m < X_U$ où α est la probabilité de faire une erreur de premier ordre; la différence des moyennes en valeur absolue ($\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$), la mesure de la variabilité u, et la comparaison de la différence des moyennes à la mesure de variabilité.

Ces résultats indiquent bien qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les résultats obtenus selon les critères A (colonne G22) et les critères B (colonne G24). À tous les essais, la différence entre les densités moyennes de fibres par mm^2 de surface du filtre ($\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$) est toujours plus petite que la variabilité (u). Les chances de commettre une erreur du premier ordre sont de 5%.

Le tableau 8 est un résumé des coefficients de variation des séries NIOSH; il montre aussi la moyenne générale de coefficients de variation qui sont de 28 % dans le cas des critères A (G22) et 30 % dans le cas des critères B (G24).

Les coefficients de variation en fonction de la densité de fibres dénombrées sur les filtres NIOSH sont présentés à la figure 1. Cette figure confirme que le coefficient de variation est constant entre 200 et 1 000 fibres/ mm^2 avec une indication d'une tendance à l'augmentation du CV à 40-50% entre 100 et 200 fibres/ mm^2 .

. Les filtres prélevés en milieu de travail

Les résultats nets de numération des filtres prélevés en milieu de travail sont présentés aux tableaux 9, 10, 11 et 12. Chaque tableau montre l'origine du prélèvement (l'industrie type), le numéro du compteur, les résultats obtenus selon la méthode 7400, critères A (colonne G22) et selon la méthode IRSST 47-1 (colonnes Porton) aux trois postes d'échantillonnage.

Les résultats s'échelonnent entre 75 et 500 f/ mm^2 avec quelques valeurs à la mine I (86 et 93 fibres/ mm^2), dans le textile (73 fibres/ mm^2) et en amiante-ciment (91 et 94 fibres/ mm^2), qui sont à la limite inférieure d'applicabilité de la méthode.

Le résumé statistique de la numération des filtres prélevés en milieu de travail est présenté aux tableaux 13, 14, 15 et 16.

Chaque tableau montre l'origine du prélèvement et les éléments statistiques suivants : la moyenne arithmétique (\bar{X}), l'écart-type (s), le coefficient de variation (CV), le nombre de comptages (n), la variance (s^2), la différence des moyennes en valeur absolue ($\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$), les limites inférieure (\bar{X}_l) et supérieure (\bar{X}_u) de la moyenne calculées à 95% d'intervalle de confiance et la mesure de la variabilité (u).

Les résultats indiquent des différences statistiquement significatives entre les résultats en densité des mines I et II et du textile obtenus à partir de la méthode NIOSH 7400 critère A (colonne, G22) et la méthode IRSST 47-1 (colonne Porton). Aucune différence n'est notée en amiante ciment.

Le tableau 17 est un résumé des coefficients de variation des séries d'échantillonnage effectuées en milieu de travail. Il montre aussi la moyenne générale des coefficients de variation qui sont de 34 % dans le cas de la méthode 7400 (G22) et 29 % dans le cas de la méthode IRSST 47-1 (Porton). Toutefois en excluant la série textile, les coefficients de variation sont toujours plus bas avec la méthode IRSST 47-1 (Porton) qu'avec la méthode 7400, critère A. L'ensemble des coefficients de variation en fonction de la densité de fibres dénombrées sur les filtres provenant des milieux de travail sont présentés à la figure 2 pour faciliter la visualisation.

Les tableaux 18, 19, 20 et 21 résument les paramètres d'échantillonnage des fibres d'amiante dans les différents milieux de travail et donnent la différence relative des densités en choisissant arbitrairement la méthode actuelle de référence au Québec (1), c'est-à-dire l'équivalent de la méthode NIOSH IRSST 47-1, comme point de référence. Toutefois, pour fins de comparaison globale des deux méthodes incluant l'échantillonnage et l'ensemble des manipulations qui mènent au comptage des fibres, ces tableaux spécifient de la même façon la différence relative des résultats en concentration (f/mL) en tenant compte du fait que la surface filtrante est de 385 mm² pour le système d'échantillonnage de la méthode 7400 (20) et de 855 mm² dans le cas de la méthode IRSST 47-1 (2). La figure 3 indique bien que les résultats en concentration (f/mL) obtenus suite à l'application systématique de la méthode 7400, critère A, sont toujours inférieurs aux résultats d'une application tout aussi systématique de la méthode actuelle de référence. La figure 4 montre l'absence apparente de relation entre la différence relative des concentrations et la densité de fibres à la surface du filtre.

DISCUSSION

. Filtres étalons NIOSH

La comparaison des deux séries de critères de comptage A et B n'a pas mis en évidence de différence entre les résultats. Un examen du type de fibres sur les lames indique qu'il s'agit de fibres unitaires, en général non divisées (Annexe I).

Intuitivement, il serait plausible de s'attendre à des différences statistiques entre les résultats des deux critères de comptage si le dénombrement était effectué sur des lames montrant davantage de fibres divisées. En effet, les critères B comptent tous les bouts, alors que les critères A définissent comme étant une seule fibre, la fibre divisée qui a les paramètres géométriques reconnus.

Lorsque les fibres sont simples (ce qui correspondait en général à la morphologie des fibres dénombrées dans ce circuit d'analyse), les critères qui peuvent influencer le dénombrement sont le rapport longueur sur diamètre qui est de 3:1 dans le cas des critères A et 5:1 dans le cas des critères B, et les fibres qui ne seront pas dénombrées, si elles présentent un diamètre plus grand que 3 μm (critères B). Ces deux critères ne semblent pas avoir influé sur le dénombrement, compte tenu de la réponse du test statistique sur la comparaison des moyennes qui permet de faire l'assertion que les deux séries de critères de comptage permettent de produire le même résultat avec 5 % seulement des chances de se tromper.

De façon plus spécifique, notons l'effet des différences entre les séries de filtre. La série 6 contient des fibres dont la longueur est plus près de 5 μm , alors que les fibres sont plus longues dans les séries 7 et 10. De plus, le diamètre moyen des fibres de la série 6 est plus petit que 1 μm , alors qu'il est plus grand que 1 μm dans le cas des séries 7 et 10. Ces différences dans la géométrie des fibres se sont traduites par des coefficients de variation légèrement supérieurs dans la série 6.

- . Les filtres prélevés en milieu de travail

Précision des méthodes

À première vue, les coefficients de variation des échantillons prélevés en milieu du travail sont du même ordre de grandeur que les coefficients de variation obtenus avec les filtres étalons. Toutefois un examen attentif des coefficients de variation (Tableau 17) révèle des valeurs plus élevées avec la nouvelle méthode 7400 (colonne G22) qu'avec la méthode IRSST 47-1 (colonne Porton) dans les trois milieux de travail où l'air ambiant contient des poussières particulaires; soit les mines et l'amiante-ciment. Cette observation préliminaire sans appui statistique peut refléter soit l'habitude des compteurs à utiliser la méthode IRSST 47-1, soit une meilleure visibilité des fibres lorsqu'elles sont réparties sur une plus grande surface (24), soit une déposition hétérogène des fibres à la surface du filtre (25).

- . Concentrations des fibres dans l'air

Lorsque les densités sont traduites en concentration (f/mL), tous les résultats produits par la méthode 7400 sont nettement inférieurs aux résultats produits par la méthode IRSST 47-1 et ce, même si la densité de fibres sur les filtres 25 mm est parfois près de deux fois supérieure à la densité de fibres sur les filtres 37 mm. La figure 3 aide à visualiser la relation directe entre les différences de densités et de concentrations. En moyenne, les résultats en f/mL mesurés par la méthode 7400 sont 50% inférieurs aux résultats obtenus en appliquant systématiquement la méthode IRSST 47-1. Toutefois la figure 4 indique que les différences relatives des concentrations mesurées par les deux méthodes ne sont pas fonction de la densité en f/mm².

Parmi les paramètres dont l'action pourrait être invoquée pour expliquer la différence observée entre les deux méthodes, soulignons l'effet du réticule sur le comptage et de la cassette sur l'échantillonnage. Toutes les autres différences entre les deux méthodes, tel que la solution de montage, devraient plutôt assurer une meilleure visibilité des fibres et un compte légèrement plus élevé avec la méthode 7400.

La superficie du réticule est beaucoup plus grande dans le cas de la méthode 7400 que dans le cas de la méthode IRSST 47-1. Beckett (26) n'a noté aucune différence à l'utilisation d'un réticule si l'aire du champ de comptage se

situait entre 5 et 20% du champ total de vision. Toutefois, Cherrie (6) a noté une diminution du compte d'environ 30% lors de l'introduction du réticule Porton avec les critères de comptage de l'AIA (22). Il note qu'un comptage "attentif" du champ total a tendance à amenuiser la différence. Gonzalez-Fernandez (7) rapporte une diminution en densité (f/mm^2) de 50% lors de l'utilisation du réticule Walton-Becket (7400) à la place du réticule Porton (IRSST 47-1). Toutefois ces résultats ont été obtenus avec des échantillons déposés sur filtre par colonne liquide qui élimine les effets éventuels de l'échantillonnage.

En principe, la cassette de 25 mm, avec la chambre de dispersion de 50 mm, devrait favoriser l'uniformité du dépôt de poussière. À débit constant (1,7 L/min) et temps d'échantillonnage équivalent, la densité devrait être plus importante sur le filtre dont le diamètre est 25 mm si le nuage de poussières demeure stable au cours du temps d'échantillonnage. Or les résultats présentés dans les tableaux 8 à 11 montrent très souvent des densités de valeur voisine.

Des résultats récents soulignent la possibilité d'une déposition de fibres par charge sur les parois du col (27) et d'une perte de visibilité des fibres suite à l'interaction des particules, ce qui est amplifié à la surface du nouveau filtre de faibles diamètres (24). Même en utilisant un col conducteur d'électricité pour minimiser l'effet des charges électrostatiques, la cassette d'échantillonnage ayant un diamètre de 25 mm peut être un atout intéressant pour baisser la limite de détection de la méthode dans le cas d'échantillonnage de courte durée, par exemple, lors de la surveillance de l'enlèvement de l'amiante dans un filtre ou lors des déterminations de faible concentration dans les édifices publics dont les matériaux de construction contiennent de l'amiante. Toutefois la cassette de diamètre réduit semble poser des difficultés pratiques pour évaluer l'exposition des travailleurs qui extraient, transforment ou utilisent l'amiante.

CONCLUSIONS

Comparaison des critères A et B de la méthode NIOSH 7400

Avec les filtres étalons recouverts de fibres uniques, en l'absence presque complète de fibres divisées, l'étude de comparaison des critères A (compte de fibres) et B (compte de bouts) n'a montré aucune différence significative.

Comparaison des méthodes NIOSH 7400 et IRSST 47-1

L'étude met en évidence une différence importante entre les deux méthodes lorsque les résultats sont rapportés en f/mL. Cette différence semble à première indication, attribuable, soit à l'effet du réticule, soit à la modification du train d'échantillonnage.

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements s'adressent à tout le personnel du secteur hygiène et toxicologie pour l'atmosphère de travail et la participation aux discussions. Nous tenons aussi à souligner l'apport de Messieurs Elphège Thibodeau, Fernand Corriveau et Jacques Lebel à la présentation de cet article et à tous les participants au groupe de compteurs. Tous nos remerciements à madame Diane Laprés-Beaupré et Christine Lecours pour le travail de secrétariat.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- "Numération des fibres d'amiante dans l'air" IRSST, Méthode analytique no 47-1 (1982).
- 2- National Institute for Occupational Safety and Health; "Asbestos Fibers in Air". NIOSH Manual of Analytical Methods. No 77-157-A, 2e ed. Vol. 1. Cincinnati, Ohio. Method P & CAM 239 (1977).
- 3- W.H. Walton: "The Nature, Hazards, and Assessment of Occupational Exposure to Airborne Asbestos Dust: A Review", Ann. Occup. Hyg., 25: 117-247 (1982).
- 4- A.J. Cowie and N.P. Crawford: "A comparison of the Effects of Different Counting Rules and Aspect Ratios on the Level and Reproducibility of Asbestos Fibre Counts. Part I: "Effects on Level", Report no TM/82/23 (EUR, p. 77), December 1982.
- 5- N.P. Crawford, H.L. Thorpe, and W. Alexander, "A Comparison of the Effects of Different Counting Rules and Aspect Ratios on the Level and Reproducibility of Asbestos Fibre Counts. Part II: "Effects on Reproducibility", Report no TM/82/24 (EUR p. 77), December 1982.
- 6- J.W. Cherrie "The Effect of Microscope Graticule Size and Counting Rules on the Estimation of Airborne Fibre Numbers Using the Membrane Filter Technique". Ann. Occup. Hyg., 28 (2): 229-236 (1984).
- 7- E. Gonzalez-Fernandez and F.R. Martin: "Comparison of NIOSH and AIA Methods of Evaluating Asbestos Fibres: Effects of Asbestos Type, Mounting Medium, Graticule Type and Counting Rules" Ann. Occup. Hyg., 30(4): 397-410 (1986).
- 8- J.T. Jankovic, W. Jone S. and J. Clere: "Field Techniques for Clearing Cellulose Ester Filters used in Asbestos Sampling". Appl. Ind. Hyg., 1(3): 145-147 (1986).
- 9- T. Shenton-Taylor and T.L. Ogden: "Permanence of Membrane Filter Clearing and Mounting Methods for Asbestos Measurement". Microscope 34: 161-172 (1986).
- 10- T.L. Ogden, D.J.M. Thomson and P.A. Ellwood: "Euparal and its Use in Measurement of Asbestos". Microscope 34: 173-179 (1986).

- 11- I.W. Furness, and P.J. Reed: "The Assessment of a Modification to the Acetone/Triacetin Clearing Technique as used in the Measurement of Airborne Asbestos Dust". *Ann. Occup. Hyg.*, 29(1): 109-112 (1985).
- 12- P.A. Baron, and G.C. Pickford: "An Asbestos Sample Filter Clearing Procedure". *Appl. Ind. Hyg.*, 1(4): 169-171 (1986).
- 13- J.R. Hoyes, and R. Clayton: "A Routine for the Control of the Performance of Microscopists Evaluating Airborne Asbestos Fibre Samples on Membrane Filters by Phase Contrast Microscopy". *Ann. Occup. Hyg.*, 23: 381-401 (1980).
- 14- T.L. Ogden, and L.C. Kenny: "Coping with Subjective Errors". Papers delivered at the Fourth International Colloquium on Dust Measuring Technique and Strategy. Edinburgh (United Kingdom), September 20-23 (1982).
- 15- T.L. Ogden: "The Reproducibility of Asbestos Counts". Research Paper 18, Health and Safety Executive (1982).
- 16- N.P. Crawford, and A.J. Cowie: "Quality Control of Airborne Asbestos Fibre Counts in the United Kingdom - The Present Position". *Ann. Occup. Hyg.* 28(4): 391-398 (1984).
- 17- T.L. Ogden: "Statistical Uncertainties in Asbestos-Laboratory Classification through the Rice Scheme". *Ann. Occup. Hyg.*, 28(4): 449-452 (1984).
- 18- P.C. Schlecht, and S.A. Shulman: "Performance of Asbestos Fiber Counting Laboratories in the NIOSH Proficiency Analytical Testing (PAT) Program". *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 47(5): 259-269 (1986).
- 19- T.L. Ogden, T. Shenton-Taylor, J.W. Cherrie, N.P. Crawford, S. Moorcroft, M.J. Duggan, P.A. Jackson, and R.D. Treble: "Within-Laboratory Quality Control of Asbestos Counting". *Ann. Occup. Hyg.*, 30(4): 411-425 (1986).
- 20- "Asbestos Fibers in Air" National Institute for Occupational Safety and Health - Analytical Method 7400, Issued: 1984.
- 21- "Determination of the Number Concentration of Airborne Inorganic Fibres by Phase Contrast Optical Microscopy - Membrane Filter Method". Third revised version: 1986, ISO/TC 146/Sc, 2/WG 5.

- 22- "Reference Method for the Determination of Airborne Asbestos Fibre Concentrations at Workplaces by Light Microscopy". (Membrane Filter Method) Asbestos International Association, London, England, October 1979.
- 23- J. Cherrie, A.D. Jones, and A.M. Johnston: "The Influence of Fiber Density on the Assessment of Fiber Concentration Using the Membrane Filter Method". Am. Hyg. Assoc. J. 47(8): 465-474 (1986).
- 24- A.S. Peck, J.E. Serocki, and L.C. Dicker: "Sample Density and the Quantitative Capabilities of PCM Analyses for the Measurement of Airborne Asbestos". Am. Ind. Hyg. Assoc., J. 47: A-230-A-234 (1986).
- 25- M.B. Hook, C.E. Feigley, and D.A. Judwig: "Interwedge Variation in the Membrane Filter Method for Airborne Asbestos Fibers" Am. Ind. Hyg. Assoc., J. 44: 542-546 (1983).
- 26- S.T. Beckett, R.K. Hey, R. Hirst, R.D. Hunt, J.L. Janis, and A.L. Richards: "A Comparison of Airborne Asbestos Fiber counting with and without and Eyepiece Graticule", Ann. of Occup. Hyg., 19: 69-76 (1976).
- 27- N. Seixas, G. Siwinski, and A. Ghosh: "Bias Introduced by NIOSH Method 7400 Quantitative Fiber Exposure Assessment", Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 48: A-242-A-243 (1987).

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES OPTIQUES

N° du compteur	Superficie Réticule G22 mm ²	Superficie Réticule G24 mm ²	Superficie Réticule Porton mm ²	Ouverture numérique	LAME MARK II	
					visible um	/ non visible um
1	0,00785	0,01039	0,0041	0,70	0,53	/ 0,36
2*	0,00785	0,004778	0,0025	0,75	0,53	/ 0,36
3**	0,00785	0,00785	0,0025	0,65	0,53	/ 0,36
4	0,00785	0,00785	0,003	0,65	0,64	/ 0,44
5	0,00785	0,00785	0,003	0,65	0,65	/ 0,44
6	0,00785	0,00754	0,003	0,65	0,53	/ 0,25
7	0,00785	0,00785	0,003	0,65	0,64	/ 0,44
8	0,00785	0,00785	0,003	0,65	0,64	/ 0,44
9	0,00785	0,00785	0,003	0,65	0,64	/ 0,44
10***	0,00849	0,00785	0,003	0,75	0,77	/ 0,64
11	0,00785	0,00785	0,0025	0,65	0,64	/ 0,44
12	0,00785	0,00785	0,0025	0,65	0,77	/ 0,53

* : Intermédiaire : 1,25 sans filtre
 ** : Zoom inclus
 *** : Filtres vert et bleu

GL/AD/dlb

//w//

TABLEAU 2

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES / mm²

(FILTRE NIOSH, SÉRIE 6)

Compteur	Lameille & réticule		6-2		6-3		6-4		6-Témoin G22	6-Témoin G24
	6-1 G22	6-1 G24	6-2 G22	6-2 G24	6-3 G22	6-3 G24	6-4 G22	6-4 G24		
1	648	364	1116	676	1199	931	629	478	24	27
2	540	497	635	680	907	1067	405	518	2	5
3	631	1065	930	913	1223	1127	790	658	12	10
4	288	299	467	395	511	488	409	389	15	19
5	297	468	449	612	944	717	399	458	7	17
6	436	708	1099	1023	1038	1152	618	754	19	15
7	572	463	768	727	781	441	610	868	15	12
8	472	354	654	563	679	549	472	594	19	16
9	rejet	rejet	795	693	938	690	626	494	14	11
10	228	252	518	483	590	694	485	556	24	7
11	369	327	525	456	863	743	464	473	20	11
12	356	261	426	367	627	868	350	382	13	8
\bar{X} CV(%)	440±145 33	460±240 52	699±245 35	632±199 31	858±230 27	789±242 31	521±131 25	552±146 27		

TABLEAU 3

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRE/mm²

(FILTRE NIOSH, SÉRIE 7)

Compteur	Lamelle & réticule		7-2		7-3		7-4		7-Témoin	7-Témoin
	7-1	7-1	G22	G24	G22	G24	G22	G24		
1	1182	1121	819	784	114	134	501	490	19	3
2	686	1050	709	969	89	92	465	584	4	2
3	732	696	755	657	113	113	524	533	4	5
4	761	696	543	532	172	174	472	405	11	10
5	926	539	633	548	176	171	478	503	8	10
6	1024	982	750	876	115	116	547	557	11	3
7	1068	1130	641	726	154	267	483	506	12	4
8	1219	1034	575	526	148	190	517	505	13	8
9	1284	1169	940	882	291	259	493	556	3	6
10	555	716	534	594	220	228	477	540	8	5
11	622	625	499	564	54	65	412	314	15	12
12	376	450	440	478	73	104	317	280	14	6
\bar{X} CV(%)	870±290 33	851±225 30	653±146 22	678±165 24	143±66 46	159±67 42	474±60 13	481±97 20		

TABLEAU 4

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES/mm²

(FILITRE NIOSH, SÉRIE 10)

Compteur	Lamelle & réticule		10-1		10-2		10-3		10-4		10-Témoin	10-Témoin
	G22	G24	G22	G24	G22	G24	G22	G24	G22	G24	G22	G24
1	1010	833	223	222	1023	794	419	486	12	15		
2	869	1064	286	355	1051	998	503	565	3	2		
3	1032	829	195	191	1089	1023	449	383	3	3		
4	800	724	229	174	834	781	316	289	20	22		
5	745	571	245	220	831	843	325	364	19	10		
6	1206	1066	313	250	1381	1027	457	362	23	11		
7	1334	1065	278	282	949	1015	441	540	16	11		
8	606	649	201	257	621	700	321	285	4	13		
9	1183	820	249	242	1209	773	607	417	12	14		
10	565	569	194	205	627	653	276	323	4	5		
11	842	656	331	268	979	682	445	256	24	22		
12	638	414	181	136	707	512	281	289	23	15		
\bar{X} CV(%)	903±251 28	772±215 28	244±49 20	234±57 24	942±231 25	817±169 21	403±101 25	380±103 27				

TABLEAU 5
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE
(FILTRE NIOSH, SÉRIE 6)

Lamelle	6-1		6-2		6-3		6-4	
Réticule	G22, G24		G22, G24		G22, G24		G22, G24	
\bar{X}	440	460	699	632	858	789	521	552
s	145	240	245	199	230	242	131	146
CV(%)	33	52	35	31	27	31	25	27
n	11	11	12	12	12	12	12	12
\bar{X}_u	540	621	855	759	1004	943	604	645
\bar{X}_l	353	299	543	505	712	635	438	459
s^2	21025	57600	60025	39601	52900	58564	17161	21316
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	20		67		69		31	
u	176		189		200		117	
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	< u		< u		< u		< u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 6
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE
(FILTRE NIOSH, SÉRIE 7)

Lamelle	7-1		7-2		7-3		7-4	
Réticule	G22, G24		G22, G24		G22, G24		G22, G24	
\bar{X}	870	851	653	678	143	159	474	481
s	290	255	146	165	66	67	60	97
CV(%)	33	30	22	24	46	42	13	20
n	12	12	12	12	12	12	12	12
\bar{X}_u	1054	1013	746	782	184	202	512	542
\bar{X}_l	686	689	560	573	101	116	435	419
s^2	84600	65025	21316	27225	4356	4489	3600	9409
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	19		25		16		7	
u	231		132		57		69	
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	< u		< u		< u		< u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 7
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE
(FILTRE NIOSH, SÉRIE 10)

Lamelle	10-1		10-2		10-3		10-4	
Réticule	G22, G24		G22, G24		G22, G24		G22, G24	
\bar{X}	903	772	244	234	942	817	403	380
s	251	215	49	57	231	169	101	103
CV(%)	28	28	20	24	25	21	25	27
n	12	12	12	12	12	12	12	12
\bar{X}_u	1063	909	275	270	1088	95	467	445
\bar{X}_l	743	635	213	198	795	709	339	314
s ²	63001	46225	2401	3249	53361	28561	10201	10609
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	131		10		125		23	
u	198		45		171		86	
$\bar{X}_{G22} - \bar{X}_{G24}$	< u		< u		< u		< u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 8
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE
RÉSUMÉ DES SÉRIES NIOSH

Série de lamelles	6		7		10		Global	
Réticule	G22, G24		G22, G24		G22, G24		G22, G24	
$\overline{CV}(\%)$	30	35	29	29	25	25	28	30
s (%)	5	11	14	10	3	3	8	9

GL/AD/d1b

TABLEAU 9

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES/mm²

(SÉRIE MINE I)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3		Témoïn	
	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur
	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
1	97	118	250	84	381	137	1	0
2	36	68	78	80	149	132	0	0
3	104	160	196	158	311	352	3	8
4	78	146	100	87	181	138	3	16
5	53	105	154	98	212	193	6	10
6	99	155	316	115	406	233	2	7
7	93	143	240	80	398	182	0	2
8	114	143	258	75	399	195	3	5
9	149	147	241	93	418	262	6	2
10	96	158	201	113	247	252	2	7
11	66	120	144	46	178	140	7	6
12	47	94	130	92	197	178	10	20
\bar{X} CV(%)	86±32 37	130±29 22	192±72 37	93±27 29	290±106 37	200±66 33		

TABLEAU 10
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES/mm²
(SÉRIE MINE II)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3		Témoin	
	Réticule							
Compteur	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
1	387	517	338	237	235	172	1	0
2	197	442	242	156	120	172	0	0
3	605	840	906	544	378	280	2	8
4	462	663	963	213	446	171	12	15
5	422	592	448	346	277	208	13	7
6	702	651	590	315	462	193	4	0
7	589	755	418	308	252	207	3	2
8	428	540	341	290	254	218	3	7
9	352	333	386	277	282	205	2	5
10	410	498	396	253	302	170	2	7
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	476	570	468	166	262	112	16	18
\bar{X} CV(%)	457±137 30	582±142 25	500±232 47	282±106 37	297±98 33	192±42 22		

TABLEAU 11
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES/mm²
(SÉRIE TEXTILE)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3		Témoïn	
	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
1	480	426	280	485	147	32	0	7
2	464	346	229	474	119	68	1	4
3	642	647	417	726	164	90	1	4
4	551	313	227	393	95	110	6	12
5	399	435	234	538	150	72	5	8
6	671	478	378	516	175	103	1	0
7	545	490	360	563	172	62	3	3
8	463	342	315	500	139	95	0	5
9	502	333	282	328	160	45	3	7
10	490	330	257	645	145	88	4	8
11	355	276	247	491	113	42	3	12
12	342	358	297	350	130	70	5	28
\bar{X} CV(%)	492±101 21	398±103 26	294±63 21	501±114 23	142±25 17	73±25 34		

GL/AD/d1b

TABLEAU 12

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE EN FIBRES/mm²

(SÉRIE AMIANTE CIMENT)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3		Témoïn	
	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur	Réticule	Compteur
	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
1	195	203	361	221	128	114	2	2
2	167	94	192	188	26	58	0	0
3	187	272	341	386	123	188	3	8
4	319	180	510	154	223	96	10	15
5	117	235	124	161	75	104	3	27
6	149	238	266	235	86	118	1	10
7	173	272	322	212	66	77	0	3
8	156	205	193	235	53	68	2	8
9	212	288	211	195	103	88	3	10
10	155	127	218	220	51	47	2	23
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	198	188	238	170	66	76	16	18
\bar{X} CV(%)	184±52 28	209±61 29	271±107 40	216±63 29	91±54 60	94±38 41		

GL/AD/dlb

TABLEAU 13
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE
(SÉRIE MINE I)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3	
	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
\bar{X}	86	130	192	93	290	200
s	32	29	72	27	106	66
CV(%)	37	22	37	29	37	33
n	12	12	12	12	12	12
\bar{X}_u	106	149	238	110	357	242
\bar{X}_l	66	112	146	76	223	158
s^2	1024	841	5184	729	11236	4356
$\bar{X} - \bar{X}$ 7400 239	44	-	99	-	90	-
u	26	-	46	-	44	-
$\bar{X} - \bar{X}$ 7400 239	> u	-	> u	-	> u	-

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 14

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE

(SÉRIE MINE II)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3	
Réticules	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
\bar{X}	457	582	500	282	297	192
s	137	142	232	106	98	42
CV(%)	30	25	47	37	33	22
n	11	11	11	11	11	11
\bar{X}_u	549	677	656	353	363	220
\bar{X}_l	365	487	344	211	231	164
s ²	18769	20164	53824	11236	9604	1764
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	125		218		105	
u	125		160		67	
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	= u		> u		> u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 15
NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE
(SÉRIE TEXTILE)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3	
	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
\bar{X}	492	398	294	501	142	73
s	101	103	63	114	25	25
CV(%)	21	26	21	23	17	34
n	12	12	12	12	12	12
\bar{X}_u	556	464	334	574	158	89
\bar{X}_l	428	333	254	429	126	57
s^2	10201	10609	3969	12996	625	625
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	94		207		69	
u	86		78		21	
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	> u		> u		> u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

TABLEAU 16

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE-RÉSUMÉ STATISTIQUE

(SÉRIE AMIANTE CIMENT)

Postes d'échan- tillonnage	1		2		3	
Réticules	G22	Porton	G22	Porton	G22	Porton
\bar{X}	184	209	271	216	91	94
s	52	61	107	63	54	38
CV(%)	28	29	40	29	60	41
n	11	11	11	11	11	11
\bar{X}_u	219	250	342	258	127	120
\bar{X}_l	149	168	200	174	55	69
s^2	2704	3721	11449	3969	2916	1444
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	25		55		3	
u	51		78		42	
$\bar{X}_{7400} - \bar{X}_{239}$	< u		< u		< u	

Les résultats sont exprimés en f/mm²

GL/AD/d1b

TABLEAU 17

NUMÉRATION DE FIBRES D'AMIANTE

ESSAIS EN MILIEU DE TRAVAIL

Séries d'échantillonnage	MINE I		MINE II		TEXTILE		AMIANTE CIMENT		GLOBAL	
Réticules	G22 Porton		G22 Porton		G22 Porton		G22 Porton		G22 Porton	
$\overline{CV}(\%)$	37	28	37	28	20	28	43	33	34	29
s	0	6	9	8	2	6	16	7	12	6

GL/AD/d1b

TABLEAU 18
CONCENTRATION DE FIBRES D'AMIANTE
(MINE I)

Méthodes	Temps (min) d'échantillonnage	Volume (L)	Différence des densités*	Différence des concentrations*
7400	119	202	-34	-71
239	119	202		
7400	90	153	+106	-8
239	90	153		
7400	119	202	+45	-35
239	119	202		

* $\frac{(7400 - 239)}{239}$

TABLEAU 19
CONCENTRATION DE FIBRES D'AMIANTE
(MINE II)

Méthodes	Temps (min) d'échantillonnage	Volume (l)	Différence des densités*	Différence des concentrations*
7400	115	195	-22	-64
239	116	197		
7400	84	143	+77	-21
239	83	141		
7400	59	101	+55	-31
239	59	100		

* $\frac{(7400 - 239)}{239}$

TABLEAU 20
CONCENTRATION DE FIBRES D'AMIANTE
 (TEXTILE)

Méthodes	Temps (min) d'échantillonnage	Volume (L)	Différence des densités*	Différence des concentrations*
7400	288	490	-24	-44
239	288	490		
7400	288	490	-41	-74
239	288	490		
7400	53	89	+45	-13
239	53	89		

*
$$\frac{(7400 - 239)}{239}$$

GL/AD/d1b

TABLEAU 21
CONCENTRATION DE FIBRES D'AMIANTE
 (AMIANTE-CIMENT)

Méthodes	Temps (min) d'échantillonnage	Volume (L)	Différence des densités*	Différence des concentrations*
7400	16	27,2	-12	-63
239	17	25,5		
7400	122	207,4	+26	-44
239	121	205,7		
7400	184	312,8	+ 1	-58
239	184	312,8		

* $(7400 - 239)$

239

GL/AD/d1b