

Concentrations des fibres inorganiques et organiques aéroportées dans l'environnement général (1)

Levels of airborne inorganic and organic fibres in general environment

Laurent MARTINON (*)

RÉSUMÉ

Une étude pilote a été réalisée dans le but de définir l'exposition individuelle aux fibres respirables inorganiques et organiques, durant la vie courante, dans trois villes d'Europe. Quatre groupes de cinq personnes ont été choisis : écoliers, retraités, employés de bureaux et chauffeurs de taxi. Les échantillons prélevés ont été analysés au MEB.

Les concentrations des fibres organiques sont en général supérieures à celles des fibres inorganiques (gypse et amiante ont été comptés à part). La contribution des fibres minérales synthétiques ne semble pas devoir excéder 30 % du groupe des autres fibres inorganiques, quelles que soient leurs longueurs. La granulométrie des fibres est relativement uniforme d'un groupe de personnes à l'autre. Par contre, des différences apparaissent en fonction du type de fibres.

ABSTRACT

A pilot-scale study was performed to evaluate personal exposure to respirable inorganic and organic fibres during normal human lives in three cities in Europe. The aim was to make an order of magnitude assessment of the contribution of inorganic fibres other than asbestos to all inorganic and organic fibres, from man made and natural sources to the fibre exposure of a normal person during normal life, as illustrated by the person groups chosen for study: school children, retired persons, office workers and taxi drivers. The methods for sampling and fibre analysis were validated. As determined by personal samples evaluated by SEM, mean asbestos concentrations were of the order of 100 WHO fibres/m³ or less. Geometric mean fibre concentrations ($L > 5 \mu\text{m}$) ranged for organic fibres from 9.000 WHO fibres/m³ (office workers) to 20.000 WHO fibres/m³ (school children), for gypsum fibres from 600 WHO fibres/m³ (taxi drivers) to 4.000 WHO fibres/m³ (school children) and for the other inorganic fibres (including MMVF) from 4.000 WHO fibres/m³ (office workers and retired persons) to 6.500 WHO fibres/m³ (school children).

Concentrations of organic fibres tended to be higher than concentrations of other inorganic fibres. The contribution of potential MMVF was less than approximately 30% of the content of other inorganic fibres (both for $L > 2,5 \mu\text{m}$ and WHO fibres).

Bivariate fibre size distributions were quite uniform across person groups. However, some differences appear between fibre species. Organic fibres tended to be the longest (about $10 \mu\text{m}$) while the other inorganic fibres tended to have the largest diameters (about $1.5 \mu\text{m}$).

The overwhelming mass of information in the field of biological effects of fibres is difficult to interpret for use in risk assessment of exposures to the low levels of ubiquitous fibres found in the present study.

1. Introduction

Le débat actuel sur les effets cancérigènes des fibres en suspension dans l'air englobe la question des expositions individuelles à l'intérieur des bâtiments et plus généralement celle de l'exposition de la population générale. Jusqu'à présent, les études menées sur l'analyse du risque pour la population générale ont principalement porté sur l'amiante. Toutefois l'homme dans son environnement, peut être exposé à de nombreux types de fibres différents, inorganiques ou organiques, d'origine naturelle (éruptions volcaniques, érosion des sols et des roches, feux de brousse et de forêts, etc.) ou anthropogénique (sources de combustion, incinérations des déchets, constructions et démolitions

de bâtiments, poses ou retraits de matériaux d'isolation, industries, mines et carrières, etc.) (FÖRSTER, 1993).

Cette étude a été réalisée dans le but de définir les ordres de grandeurs des contributions des fibres inorganiques autre que l'amiante, et des fibres organiques à l'exposition de l'homme aux fibres dans la vie courante.

(1) Schneider T., Burdett G., Martinon L., Brochard P., Guillemain M., Teichert U., Olsen E. and Draeger U. Ubiquitous fibre exposure in Europe. A pilot study. Projet HSP-05 financé par EURIMA. Juillet 1995. Article publié, en anglais, dans *Scand. J. Working Environmental Health*, 1996, vol. 22, n° 4.

(*) Laboratoire d'Etude des Particules Inhalées, Ville de Paris.

II. Description de l'étude

Quatre groupes de cinq personnes ont été choisis en différentes villes d'Europe : des écoliers (13-14 ans) en région parisienne, des retraités à Copenhague (Danemark), des employés de bureau et des chauffeurs de taxi, à Neuss, près de Dusseldorf (Allemagne), parmi des gens non exposés professionnellement à des émissions de fibres. Chacun de ces volontaires devait porter durant 24 heures un échantillonneur personnel, le suivant dans tous ses déplacements et prélevant les particules en suspension dans l'air au travers d'un filtre prémétallisé (Nuclepore, diamètre 25 mm, taille de pores 0,8 μm) à un débit de 1 litre par minute. L'opération a été renouvelée quatre fois, à chaque saison, du printemps 1993 à l'hiver 1994. Chaque volontaire devait préciser ses activités durant la journée de prélèvement, ainsi que les caractéristiques de son logement (taille, isolation, chauffage, travaux,...). Des prélèvements stationnaires ont également été effectués en différents points extérieurs pour servir de références.

L'analyse des filtres a été faite au Microscope Electronique à Balayage, à un grossissement de 2 000, selon la directive allemande VDI 3492 (VDI, 1994), avec une exception : les filtres n'étaient pas incinérés avant l'analyse pour préserver les fibres organiques. Les fibres observées ont été classées en quatre catégories suivant leur nature : amiante, gypse, autres fibres inorganiques et fibres organiques, et suivant leur granulométrie : longueur comprise entre 2,5 et 5 μm , longueur supérieure à 5 μm ; diamètre inférieur à 0,5 μm ; diamètre compris entre 0,5 et 1 μm ; diamètre compris entre 1 μm et 3 μm .

Tous les échantillons ont été analysés au même laboratoire (GSA, à Neuss).

Une intercomparaison a été effectuée sur plusieurs échantillons entre GSA et le HSE (Sheffield, GB).

III. Résultats

Les valeurs moyennes des concentrations par type de fibres et par groupe de personnes sont reportées dans le tableau I pour les fibres de longueur supérieure à 5 μm , et dans le tableau II pour les fibres de longueur comprise entre 2,5 et 5 μm .

Les concentrations en fibres d'amiante étant dans la plupart des échantillons proches voire inférieures à la sensibilité analytique (260 F/m³ pour 2 mm² de surface de filtre observée), ces résultats ont été regroupés de la manière suivante : les volumes d'air, les surfaces de filtre et les quantités de fibres d'amiante observées ont été sommées pour chacun des groupes sur l'ensemble des échantillons (quelle que soit la saison ou la personne) (tableau III).

Tableau I.

Fibres longues ($L \geq 5 \mu\text{m}$). Moyennes géométriques (et déviations standard) des concentrations en F/m³.

Long fibres ($L \geq 5 \mu\text{m}$). Geometrical means (and standard variations) of concentrations in F/m³.

Fibres inorganiques (sauf gypse et amiante)	
Elèves	6 483 (1.7)
Retraités	4 095 (2.2)
Employés de bureau	3 955 (1.6)
Taxis	5 233 (1.9)
Fibres organiques	
Elèves	18 826 (1.5)
Retraités	10 927 (1.4)
Employés de bureau	8 857 (1.8)
Taxis	11 814 (2.5)
Gypse	
Elèves	3 722 (3.6)
Retraités	1 965 (3.4)
Employés de bureau	1 046 (2.5)
Taxis	597 (2.7)

Tableau II.

Fibres courtes ($2,5 < L < 5 \mu\text{m}$). Moyennes géométriques (et déviations standard) des concentrations en F/m³.

Short fibres ($2,5 < L < 5 \mu\text{m}$). Geometrical means (and standard variations) of concentrations in F/mg³.

Fibres inorganiques (sauf gypse et amiante)	
Elèves	9 144 (2.3)
Retraités	6 845 (3.8)
Employés de bureau	7 955 (1.6)
Taxis	11 967 (1.3)
Fibres organiques	
Elèves	7 275 (2.0)
Retraités	3 290 (1.8)
Employés de bureau	8 856 (2.0)
Taxis	10 875 (1.9)
Gypse	
Elèves	4 725 (5.6)
Retraités	3 010 (3.8)
Employés de bureau	1 406 (1.9)
Taxis	1 729 (2.2)

Tableau III.
Concentrations estimées en fibres d'amiante en F/m³
(et intervalles de confiance à 95 %).

*Estimated concentrations in asbestos fibres in F/m³
(and confidence intervals at 95 %).*

	2,5 < L < 5 µm	L > 5 µm
Elèves	50 (1.4 - 280)	44 (12 - 112)
Retraités	0 (0 - 390)	66 (21 - 154)
Bureaux	0 (0 - 160)	10 (0.3 - 58)
Taxis	281 (120 - 255) 105 (22 - 308) *	164 (90 - 275) 47 (13 - 120) *

* avec une mesure exclue.
with one excluded measure.

Concernant les concentrations en fibres organiques, en autres fibres inorganiques, et en fibres de gypse, les résultats détaillés sont illustrés par les figures 1 à 3. Les concentrations de fibres d'amiante mesurées pour l'ensemble des groupes étaient de l'ordre de 100 fibres OMS⁽¹⁾ par m³ (F/m³) au plus. Pour les fibres supérieures à 5 µm de longueur, les moyennes géométriques des concentrations s'étalent pour les fibres organiques de 9 000 F OMS/m³ (employés de bureau) à 20 000 F OMS/m³ (écoliers), pour les fibres de gypse de 600 F OMS/m³ (chauffeurs de taxi) à 4000 F

OMS/m³ (écoliers) et pour les autres fibres inorganiques de 4 000 F OMS/m³ (employés de bureau et retraités) à 6 500 F OMS/m³ (écoliers). Pour les fibres courtes (longueur comprise entre 2,5 et 5 µm), la différence est moins accentuée entre les fibres organiques (de 3 000 à 11 000 F/m³) et les autres fibres inorganiques (7 000 à 12 000 F/m³). Les concentrations en fibres courtes de gypse vont de 1 400 à 5 000 F/m³.

Parmi le groupe des autres fibres inorganiques, plusieurs familles de fibres ont été distinguées suivant leur composition chimique (figure 4) : les fibres minérales synthétiques ou Man Made Vitreous Fibers (MMVF), les fibres ne contenant pas de Silicium (Non - Si), les fibres ne contenant que du fer (Fe), les fibres de Ca Si, et les fibres ne contenant que Si. Les MMVF potentielles sont définies suivant les critères de composition élémentaires donnés dans UBA (1994). Leur contribution ne semble pas devoir excéder 30 % du groupe des autres fibres inorganiques, que ce soit pour les fibres courtes ou longues.

La granulométrie de chaque type de fibres (figures 5 à 8) est relativement uniforme d'un groupe de volontaires à l'autre. Par contre, il y a des différences entre les espèces de fibres. Les fibres organiques sont dans l'ensemble les plus longues (longueur moyenne : 10 mm), tandis que les autres fibres inorganiques ont le diamètre géométrique moyen le plus grand (1,5 µm).

Il existe peu de variations saisonnières, excepté pour les autres fibres inorganiques supérieures à 5 µm de longueur, dont les concentrations paraissent

(1) Norme OMS : Exposition professionnelle en F/ml pour L longueur, D diamètre avec L/D ≥ 3:1.

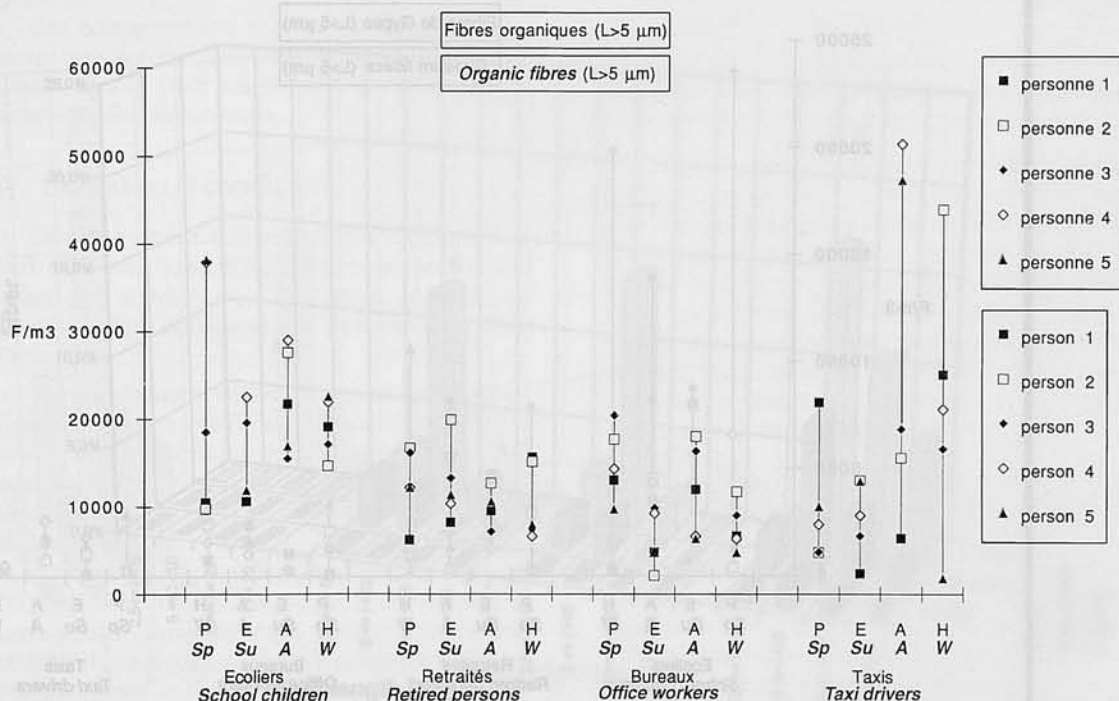


Figure 1.

Concentrations (en F/m³) en fibres organiques, de longueur supérieure à 5 µm, par groupe de personnes et par saison (P : Printemps ; E : Eté ; A : Automne ; H : Hiver).

Concentrations (in F/m³) in organic fibres, which length is above 5 µm by group of people and by season (Sp : Spring ; Su : Summer ; A : Autumn ; W : Winter).

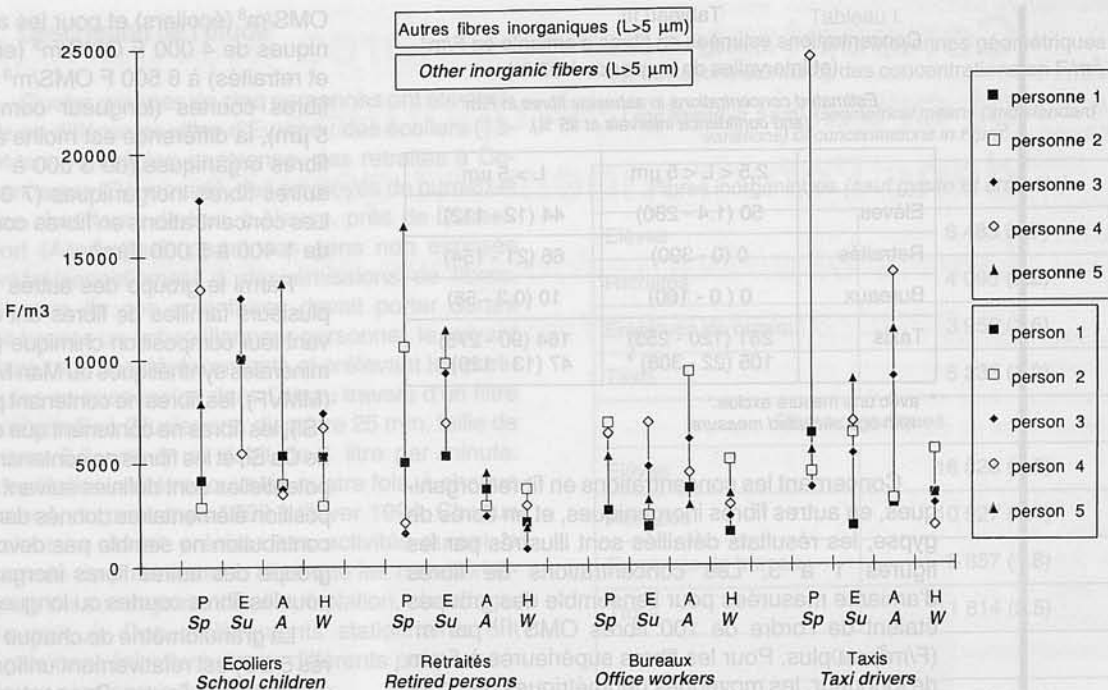


Figure 2.

Concentrations (en F/m^3) en autres fibres inorganiques, de longueur supérieure à $5 \mu m$, par groupe de personnes et par saison (P : Printemps ; E : Été ; A : Automne ; H : Hiver).

Concentrations (in F/m^3) in other inorganic fibers, which length above $5 \mu m$ by group of people and by season (Sp : Spring ; Su : Summer ; A : Autumn ; W : Winter).

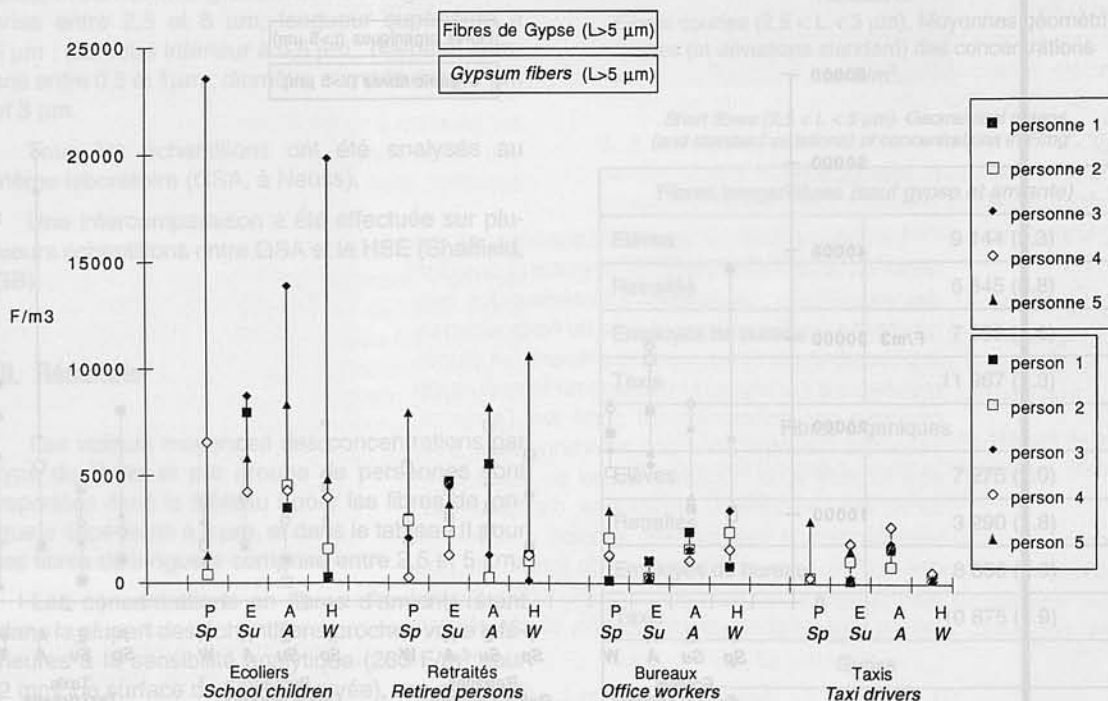


Figure 3.

Concentrations (en F/m^3) en fibres de gypse de longueur supérieure à $5 \mu m$, par groupe de personnes et par saison (P : Printemps ; E : Été ; A : Automne ; H : Hiver).

Concentrations (in F/m^3) in gypsum fibers, which length above $5 \mu m$ by group of people and by season (Sp : Spring ; Su : Summer ; A : Autumn ; W : Winter).

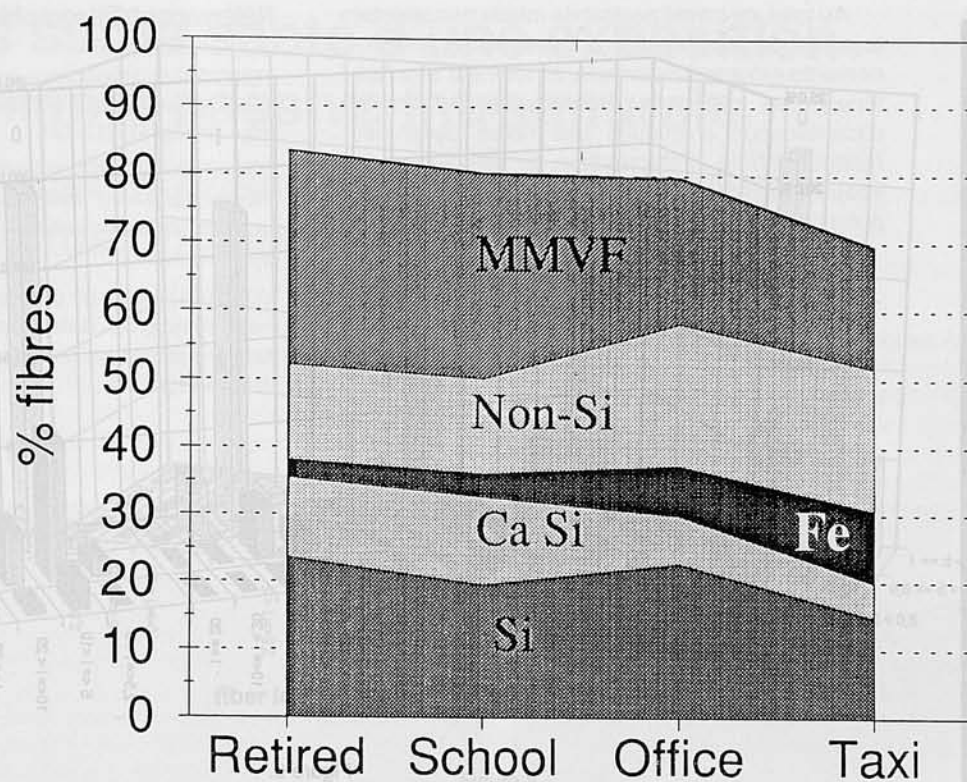


Figure 4.
Composition élémentaire des autres fibres inorganiques, $L > 2,5 \mu\text{m}$.
Elementary composition of other inorganic fibres $L > 2,5 \mu\text{m}$.

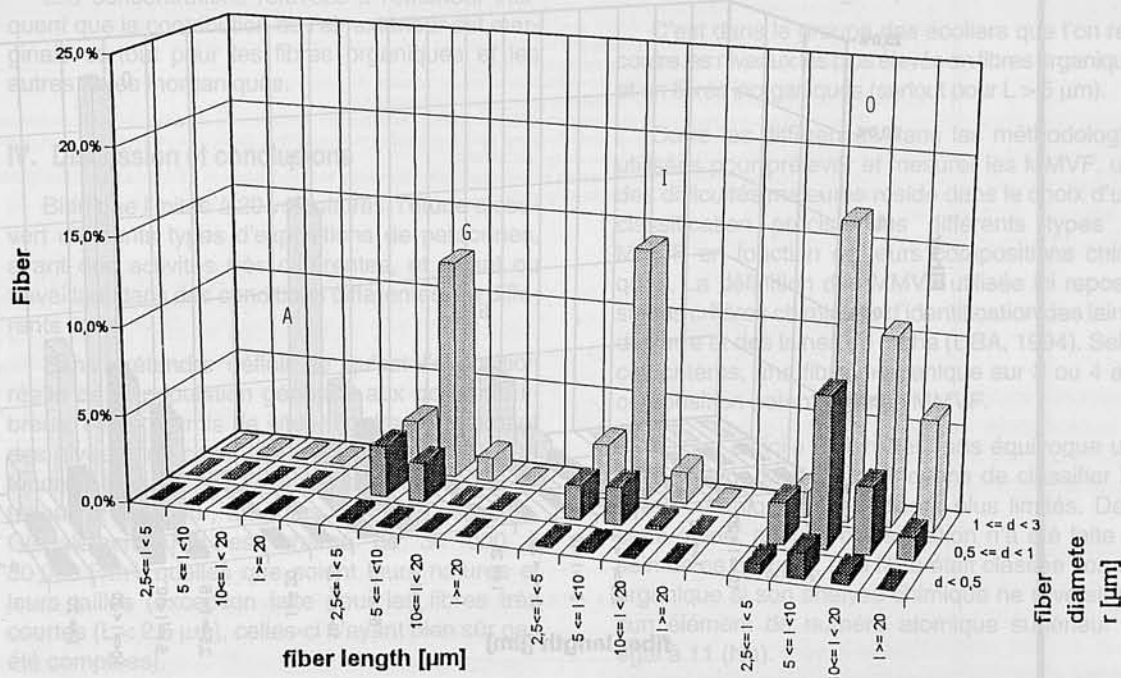


Figure 5.
Distribution granulométrique des fibres d'amiante (A), des fibres de gypse (G), des autres fibres inorganiques (I) et des fibres organiques (O) pour le groupe Ecoliers.
Granularity curve of asbestos fibres (A), gypsum fibres (G), other inorganic fibres (O) for the school child groups.

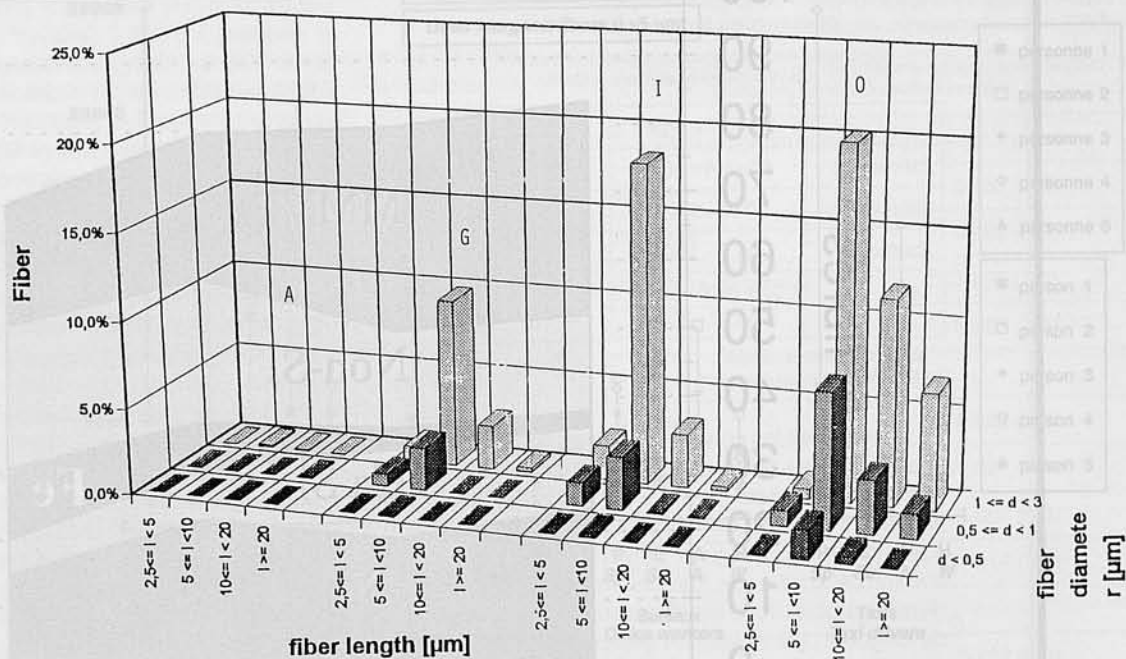


Figure 6.

Distribution granulométrique des fibres d'amiante (A), des fibres de gypse (G), des autres fibres inorganiques (I) et des fibres organiques (O) pour le groupe Retraités.

Granularity curve of asbestos fibres (A), gypsum fibres (G), other inorganic fibres (I) and organic fibres (O) for the retired person group.

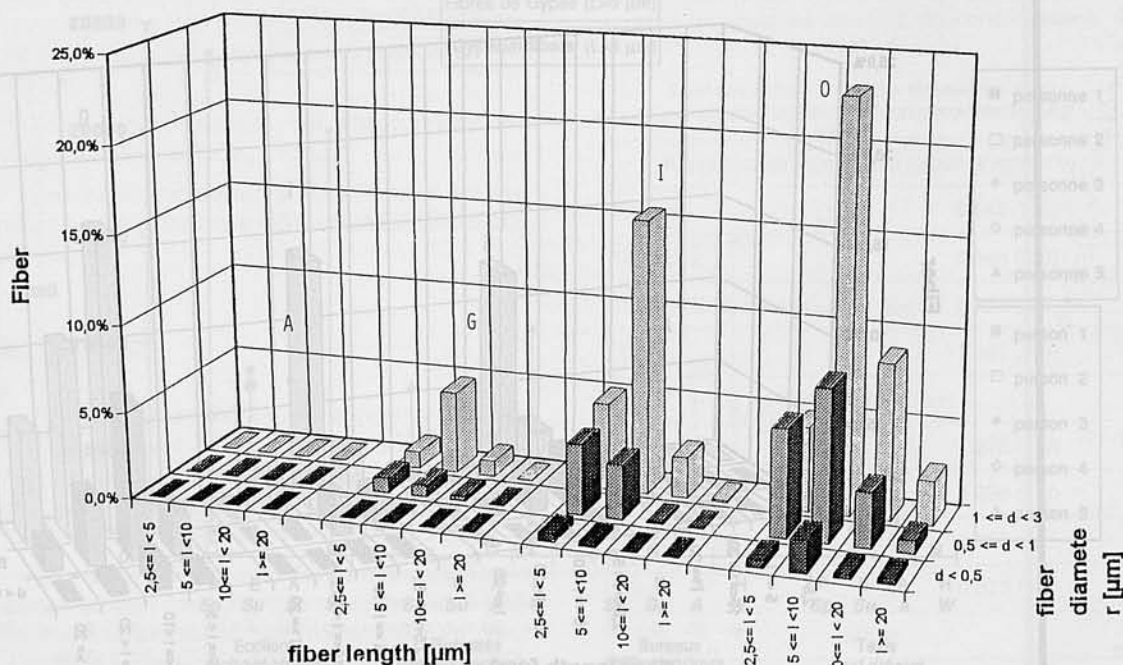


Figure 7.

Distribution granulométrique des fibres d'amiante (A), des fibres de gypse (G), des autres fibres inorganiques (I) et des fibres organiques (O) pour le groupe Employés de bureau.

Granularity curve of asbestos fibres (A), gypsum fibres (G), other inorganic fibres and organic fibres (O) for the office worker group.

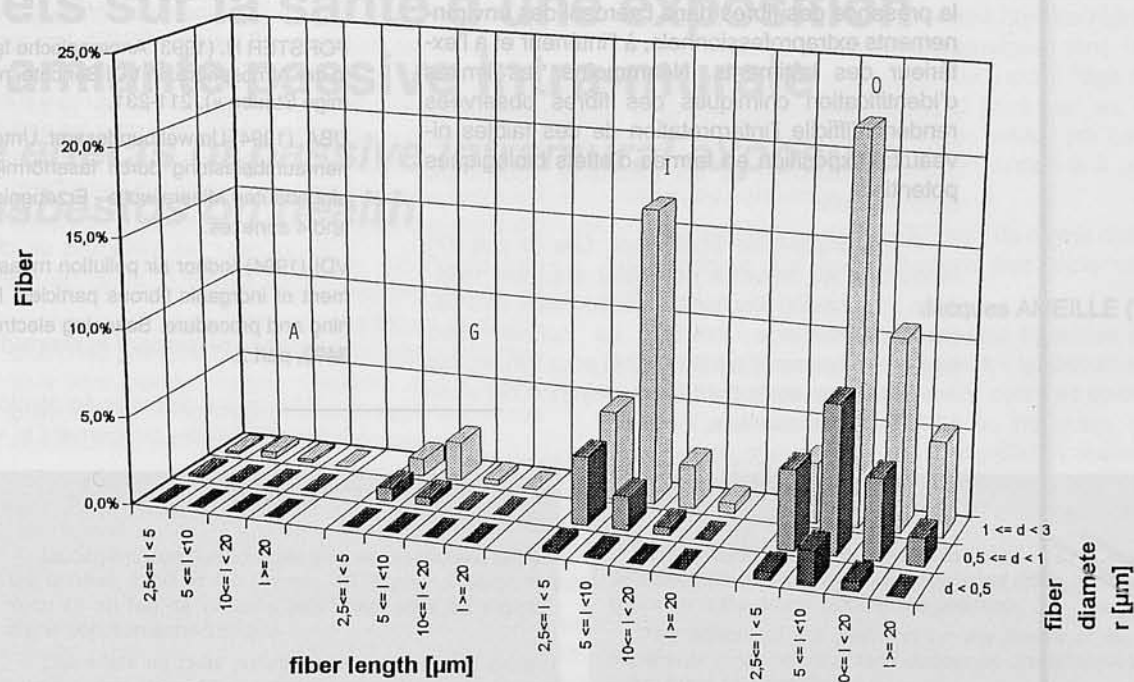


Figure 8.

Distribution granulométrique des fibres d'amiant (A), des fibres de gypse (G), des autres fibres inorganiques (I) et des fibres organiques (O) pour le groupe Taxis.

Granularity curve of asbestos fibres (A), gypsum fibres (G), other inorganic fibres (I) and organic fibres (O) for the Taxi driver group.

sent plus faibles en hiver pour chacun des quatre groupes.

Les concentrations relevées à l'extérieur indiquent que la contribution de l'air extérieur est marginale surtout pour les fibres organiques et les autres fibres inorganiques.

IV. Discussion et conclusions

Bien que limitée à 20 volontaires, l'étude a couvert différents types d'expositions de personnes, ayant des activités très différentes, et vivant ou travaillant dans des conditions différentes, en différents lieux.

Sans prétendre définir ce qu'est l'exposition réelle de la population générale aux polluants fibreux, elle a permis de situer l'ordre de grandeur des niveaux de concentrations que l'on peut s'attendre à trouver dans l'environnement général, intérieur et extérieur, au cours de la vie courante. Globalement, l'air est chargé de 30 000 à 50 000 F/m³, quelles que soient leurs natures et leurs tailles (exception faite pour les fibres très courtes ($L < 2,5 \mu\text{m}$), celles-ci n'ayant bien sûr pas été comptées).

A l'instar d'autres études, le fond de pollution extérieure par les fibres d'amiant est extrêmement faible. Les fibres les plus nombreuses en suspension dans l'air sont les fibres organiques, principalement dans le domaine des fibres supé-

rieures à $5 \mu\text{m}$ de longueur, où leurs concentrations sont plus de deux fois supérieures à celles des autres fibres inorganiques.

C'est dans le groupe des écoliers que l'on rencontre les niveaux les plus élevés en fibres organiques et en fibres inorganiques (surtout pour $L > 5 \mu\text{m}$).

Outre les différences dans les méthodologies utilisées pour prélever et mesurer les MMVF, une des difficultés majeures réside dans le choix d'une classification précise des différents types de MMVF en fonction de leurs compositions chimiques. La définition des MMVF utilisée ici reposait sur les critères chimiques d'identification des laines de verre et des laines de roche (UBA, 1994). Selon ces critères, une fibre inorganique sur 3 ou 4 a la composition potentielle des MMVF.

S'il est difficile d'identifier sans équivoque une fibre de type MMVF, les moyens de classer les fibres organiques sont encore plus limités. Dans cette étude, aucune classification n'a été faite au sein de ce groupe ; une fibre était classée comme organique si son analyse chimique ne révélait aucun élément de numéro atomique supérieur ou égal à 11 (Na).

Or il existe de nombreux types de fibres organiques provenant de sources diverses, naturelles (fibres végétales, fibres de cellulose,...), domestiques (fibres textiles,...) ou industrielles (fibre de carbone, para-aramides,...).

Au total, ce travail permet de mieux documenter la présence des fibres dans l'aérosol des environnements extraprofessionnels, à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Néanmoins, les limites d'identification chimiques des fibres observées rendent difficile l'interprétation de ces faibles niveaux d'exposition en termes d'effets biologiques potentiels.

Références bibliographiques

FORSTER H. (1993) Anorganische faserförmige Partikel in der Atmosphäre. In VDI Berichte, n° 1075, (« Faserförmige Stäube »), 211-231.

UBA, (1994) Umweltbundesamt. Untersuchungen zur Innenraumbelastung durch faserförmige Feinstäube aus eingebauten Mineralwolle - Erzeugnissen, Berlin. 109 pp and 4 annexes.

VDI (1994) Indoor air pollution measurement. Measurement of inorganic fibrous particles. Measurement planning and procedure. Scanning electron microscopy. VDI 3492, part 2.

LA REVUE POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Cette publication, expression de l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA, reconnue d'utilité publique, et agréée par le Ministère de l'Environnement), éditée avec le concours du Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) est la seule revue française scientifique et technique traitant exclusivement de la pollution de l'air.

Elle est diffusée par ailleurs dans une quarantaine de pays.

Les documents qu'elle publie dans ses différentes rubriques émanent de personnalités scientifiques éminentes. Ils font le point sur les sujets d'actualité et sur l'état des recherches dans le domaine de la pollution atmosphérique.

Pour élargir son audience sur le plan international, la revue édite les titres, les résumés et les légendes des figures et tableaux de ses articles en anglais ; de même, les articles qui lui seront adressés seront publiés en anglais et feront l'objet d'une publication en anglais et en français après avis du Comité de rédaction (la traduction étant prise en charge par la revue).

A l'heure où les problèmes d'environnement se posent à tous les niveaux et dans tous les pays, les bases scientifiques que la revue apporte sont les meilleurs arguments dont peuvent disposer les responsables.

**POLLUTION
ATMOSPHÉRIQUE**
REVUE TRIMESTRIELLE

RÉDACTION - ADMINISTRATION - PUBLICITÉ
58, RUE DU ROCHER - 75008 PARIS
Tél. 01 42 93 62 07 - 01 42 93 69 30
Fax 01 42 93 41 99

Registre du Commerce - Paris 6420 17438 B
C.C.P. PARIS 21242-77 C

Commission Paritaire des Papiers de Presse n° 56640

BULLETIN D'ABONNEMENT

NOM ou RAISON SOCIALE : _____

ADRESSE : _____

— déclare souscrire un abonnement d'un an à « POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE » pour 1997

— souhaite recevoir une facture en _____ exemplaire(s)

— joint un chèque de F : _____

— date : _____

(règlement en francs français uniquement)

1997

— cachet ou signature : _____

ABONNEMENT

1 AN (4 NUMÉROS)

{ FRANCE.....
OUTRE-MER...
ÉTRANGER...

480 F T.T.C.

475 F

695 F

Pour les entreprises dépendant de la CEE, merci d'indiquer votre numéro de TVA.