

Fibres fines et fibres courtes d'amiante : quels risques ? [◇]

Professeur C. PARIS

Introduction

Les caractéristiques des fibres à prendre en compte pour la mesure de la concentration des fibres dans l'air ont été définies par l'Organisation Mondiale de la Santé sur la base d'un consensus international établi à la fin des années 1960. Selon ces recommandations, une fibre est définie comme toute particule solide, naturelle ou artificielle, allongée à bords parallèles ayant un diamètre inférieur à 3 μm , une longueur supérieure ou égale à 5 μm et un rapport longueur sur diamètre supérieur à 3. Dès lors la quasi-totalité des mesures réalisées (ou encore actuellement) en milieu professionnel avec la méthode de microscopie en contraste de phase (MOCP) ont suivi ces principes. Il en résulte que les niveaux d'empoussièrement atmosphérique en fibres ne sont connus que pour ces classes de fibres et plus particulièrement pour une longueur $\geq 5\mu\text{m}$. Comme corolaire, l'ensemble des études épidémiologiques évaluant les relations dose-effet des fibres d'amiante ont reposées sur ces seules classes de fibres. L'utilisation de technique de microscopie électronique à transmission analytique (META) a ensuite permis d'améliorer la résolution de comptage et les fibres de diamètre inférieur à 0,2 μm ont été prises en compte en particulier dans l'environnement général, lors des mesures à l'intérieur des bâtiments par exemple.

Un travail de Dodson et al. (2003) discute cette définition et s'intéresse à la pathogénicité des fibres d'amiante selon leurs paramètres dimensionnels. En particulier ces auteurs soulignent l'impact potentiel sur la santé des fibres d'amiante de longueur inférieure à 5 μm . Ils concluent que les données actuelles soutiennent l'hypothèse que les fibres d'amiante induisent une réponse pathologique et ce quelle que soit leur longueur. Ils suggèrent donc que l'exclusion des FCA dans la genèse des pathologies liées à l'amiante est critiquable.

Faisant suite à cette publication, l'Afsset a été saisie en date du 7 février 2005 par la direction générale de la santé (DGS), la direction générale du travail (DGT) et la direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (D4E), pour procéder à une évaluation des risques sanitaires liés aux fibres courtes d'amiante (FCA) (longueur $L < 5\mu\text{m}$, diamètre $d < 3\mu\text{m}$ et rapport $L/d \geq 3$). Une lettre de mission complémentaire a été adressée à l'Agence par la direction de la prévention des pollutions et des risques

[◇] Pr Christophe Paris
Inserm U954 - Nutrition, Génétique et Exposition aux Risques Environnementaux Faculté de Médecine
9 rue de la Forêt de Haye - 54505 Vandoeuvre Lès Nancy - France
c.paris@chu-nancy.fr

(DPPR), la DGS et la DGT en date du 16 mai 2007 demandant d'étendre le champ des investigations aux fibres fines d'amiante (FFA) ($L \geq 5 \mu\text{m}$, $d < 0,2 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$).

Cette saisine visait à faire le point sur la toxicité des fibres courtes ($L < 5 \mu\text{m}$) ou fines ($d < 0,2 \mu\text{m}$) d'amiante, d'en documenter la distribution dans l'environnement général ou professionnel, de procéder à une évaluation des risques sanitaires associés à ces classes granulométriques et enfin éventuellement d'en analyser les conséquences en termes de métrologie et de valeurs de références.

Les principaux résultats de l'expertise collective qui a été conduite sont présentés ici. Un rapport détaillé de l'expertise est disponible sur le site de l'Agence (www.afsset.fr). Un rappel des définitions utilisées par l'expertise collective est donné en fin de document

Méthode de travail du groupe d'expertise

Les experts du groupe de travail ont été répartis en trois sous-groupes en charge respectivement de traiter les thématiques relatives à la toxicité des fibres courtes et des fibres fines d'amiante, celles relatives à la métrologie et à l'évaluation de l'exposition puis celles relatives aux études épidémiologiques et à la coordination de l'évaluation des risques sanitaires.

Concernant la partie relative à la caractérisation du danger, l'Afsset a mandaté l'[Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale](#) (Inserm) afin de réaliser un bilan bibliographique des données actuelles concernant l'influence du paramètre dimensionnel pour la toxicité des fibres d'amiante.

En vue d'acquérir des connaissances sur la distribution granulométrique de l'amiante dans les différents types d'environnements, l'Agence a sollicité le laboratoire d'études des particules inhalées (LEPI – ville de Paris), en complément d'une revue de la littérature réalisée par le groupe de travail. Ce laboratoire a initié un travail de synthèse et de ré analyse relatif à la répartition granulométrique des fibres d'amiante selon leur nature (chrysotile, amphiboles) et les circonstances d'exposition de la population générale (environnement intérieur ou extérieur, nature des matériaux en présence, ...) puis de la population professionnelle avec des échantillons de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail (IRSST, Québec).

Enfin, afin de confronter les expertises et de discuter des travaux puis des propositions du groupe de travail, l'Afsset a organisé, à la demande des experts, deux journées d'échanges (17 et 18 septembre 2008) à Paris avec des représentants de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), l'Environmental Protection Agency (US-EPA), le Health & Safety Laboratory (HSL- UK) et le Finnish Institute of Occupational Health (FIOH).

Résultat de l'expertise collective

identification et caractérisation du danger

Une toxicité différentielle des fibres d'amiante selon les critères dimensionnels a été avancée par Stanton *et al.* en 1981 sur la base de données animales après implantation pleurale. Les travaux menés depuis n'ont fait que confirmer le plus grand pouvoir cancérigène des fibres « longues » par rapport à celui des fibres « courtes ». Les classes granulométriques définies pour ces comparaisons varient selon les différentes études, mais les résultats concernent généralement des fibres de longueur supérieure ou égale à 8 μm , voire 4 μm ou 5 μm . Ces résultats ont également été observés dans des études animales utilisant d'autres voies d'exposition aux fibres (intra-trachéale, inhalation), avec un nombre de tumeurs induites par les FCA nul ou faible selon les protocoles et les variétés minéralogiques d'amiante. Une relation positive avec le nombre de tumeurs a également été observée avec la diminution du diamètre des fibres ($0,25 \mu\text{m} < d < 1,5 \mu\text{m}$) et cela de manière indépendante de la longueur, y compris pour des longueurs $< 8 \mu\text{m}$.

Les données *in vitro* sont globalement en accord avec l'existence d'un rôle majeur des paramètres dimensionnels (effets plus importants avec l'augmentation de la longueur et la diminution du diamètre) dans les propriétés cancérigènes des fibres d'amiante. Toutefois, quelques travaux ont aussi mis en évidence une action significative des FCA selon certains des critères étudiés (effets cytotoxiques, génotoxiques ou sur la mitose).

Cependant, plusieurs de ces travaux ont suggéré que des facteurs autres que dimensionnels interviennent dans les propriétés cancérigènes des fibres d'amiante : réactivité de surface, composition chimique, interaction avec certaines molécules comme les hydrocarbures polycycliques aromatiques ou encore la biopersistance. Ces facteurs s'appliquent à toutes les classes granulométriques des fibres d'amiante.

De nombreuses limites, liées aux contraintes expérimentales, viennent toutefois nuancer ces résultats et leur interprétation quant au potentiel toxique des FCA. Les conditions de préparation et d'analyse des échantillons, le nombre d'animaux utilisés dans les protocoles, la présence systématique et simultanée de fibres de longueur supérieure à 5 μm et de fibres de longueur inférieure à 5 μm dans les échantillons testés sont en effet autant de causes d'incertitude qui ne permettent pas de poser un diagnostic simple sur l'induction d'un effet cancérigène par les FCA. L'existence de propriétés cancérigènes des FCA ne peut donc pas être écartée avec certitude.

Concernant les FFA, les éléments recueillis sont concordants pour affirmer l'existence d'un effet cancérigène induit par cette classe granulométrique.

A l'heure actuelle, aucune étude expérimentale ne permet d'évaluer avec précision la relation dose-effet pour chaque classe granulométrique des fibres d'amiante, de façon indépendante des autres classes granulométriques.

Donnees metrologiques et evaluation de l'exposition

En France, la mesure des expositions en milieu professionnel repose sur la technique MOCP (norme XP X 43-269 :2002) alors que celle des expositions environnementales repose sur la META (méthode indirecte, norme NFX 43-050 :1996).

La première méthode présente un certain nombre de limites (pas d'identification de la nature des fibres, non prise en compte des FCA et des fibres de diamètre $< 0,2 \mu\text{m}$) mais sa simplicité et son caractère économique en ont fait la méthode de référence internationale en milieu professionnel. La mise en œuvre de la META est par contre variable selon les pays (méthode directe, indirecte ou utilisation de la microscopie électronique à balayage analytique (MEBA) par exemple en Allemagne avec la norme VDI-3492). Dans tous les cas, seules les fibres de plus de $5\mu\text{m}$ de longueur sont comptées à l'heure actuelle ($L \geq 5\mu\text{m}$, $0,2\mu\text{m} < d < 3\mu\text{m}$, $L/d \geq 3$ en MOCP ; $L \geq 5\mu\text{m}$, $d < 3\mu\text{m}$, $L/d \geq 3$ en META). Du fait de la différence de sensibilité entre les deux techniques et de l'absence d'identification de la nature des fibres par la MOCP, il n'existe pas de modélisation fiable permettant de passer d'une mesure réalisée par une technique à l'autre. Des facteurs de conversion moyens (MOCP \rightarrow MET) allant de 1,7 à 4 ont été proposés en fonction des types de fibres, pouvant atteindre 30 dans certains travaux.

Les données de la littérature relatives à la distribution granulométrique des fibres d'amiante dans l'environnement restent limitées. Ainsi, les résultats présentés proviennent principalement d'études réalisées dans le cadre de cette expertise. Ces études ont été réalisées avec la META (méthode indirecte, norme NFX 43-050 :1996).

Environnement général extérieur. Le LEPI a procédé à une ré-analyse de prélèvements effectués entre 1993 et 1995 en Ile de France, en prenant en compte la totalité des classes dimensionnelles. Les échantillons contenaient uniquement du chrysotile. Les niveaux médians et maximums sont respectivement de 0,12 et de 0,47 f/L pour les FRg (incluant les FFA) et de 0,32 et de 2,73 f/L pour les FCA. Le seuil réglementaire fixé actuellement pour l'environnement général repose sur le fond de pollution établi par des mesures réalisées en Ile de France en 1974, avec des concentrations maximales à 5 f/L pour les fibres d'amiante définies par une longueur supérieure à $5 \mu\text{m}$. Une réactualisation de ce seuil réglementaire selon le même principe conduirait à préconiser aujourd'hui un seuil de 0,47 f/L pour les fibres de longueur supérieure à $5 \mu\text{m}$ (soit une division par 10 de la concentration maximale relevée dans les années 1970).

Environnement général intérieur. Une ré-analyse de 105 échantillons en provenance de bâtiments divers a été réalisée par le LEPI (entre 1997 et 2004). La prépondérance de fibres de chrysotile a été confirmée ($>90\%$). Les concentrations vont de la limite de détection à 630,9 f/L pour les FCA, de la limite de détection à 14,03 f/L pour les FFA et de la limite de détection à 16,3 f/L pour les FRg. Les FCA représentent en moyenne dans ces situations de 71% (matériaux amiante ciment) à 98% (calorifugeage) des fibres

comptées alors que les FFA représentent de 1,5% à 16,5% des fibres comptées. Les concentrations et les proportions en FCA semblent être influencées par la nature des matériaux à proximité des points de prélèvements (concentrations moyennes en FCA : calorifugeage 91f/L, dalles de sol 36,2 f/L, flochage 20,4 f/L, faux-plafonds 5,1 f/L, enduits 2,4 f/L et amiante-ciment 0,9 f/L). De 4% (flocage) à 67% (amiante ciment) des échantillons ne contiennent que des FCA. Ces différences sont le reflet d'une dégradation variable des matériaux situés à proximité des prélèvements. Ces résultats sont toutefois à nuancer en raison du faible nombre de prélèvements (n=105) et de l'absence de représentativité de ceux-ci (série rétrospective sans tirage aléatoire des situations documentées).

Environnement professionnel. 192 échantillons, prélevés entre 1990 et 2006, correspondant à 7 secteurs industriels (asphalte, fabrication de freins, mines, textile, enlèvement, recyclage et amiante ciment) ont été analysés. Plus de 45 000 fibres ont été comptées (dont 98% de chrysotile) avec des concentrations moyennes et maximales respectivement de 16,3 à 505,2 f/mL pour les FCA, de 0,4 à 18,4 f/mL pour les FFA et de 0,5 à 9,3 f/mL pour les FRp. Les proportions de FCA et de FFA dans ces échantillons varient peu (respectivement de 87% à 96% et de 2,1% à 5,6%). Dans les limites de la comparaison de données acquises avec des méthodologies analytiques différentes, les données historiques recensées dans la littérature semblent toutefois indiquer une variation plus importante de ces différentes classes granulométriques, en particulier des FCA (60 à 100%). Les données par secteurs sont insuffisantes pour pouvoir être exploitées et déterminer d'éventuelles variations significatives de la distribution des FCA entre les secteurs. Concernant le secteur du retrait de l'amiante, les quelques données disponibles confirment la sous-estimation des niveaux d'empoussièrement reposant sur la seule méthode MOCP.

Données de bio-métrie chez l'homme

L'interprétation des données bio-métrie chez l'homme est difficile en raison des multiples paramètres techniques pouvant interférer avec le résultat (méthodes de prélèvement des échantillons biologiques, de stockage, de préparation et de comptage) et des critères intervenant après inhalation de fibres (cinétique d'élimination, notamment rôle de l'épuration ou du tabagisme). Ces remarques étant faites, l'étude de la charge pulmonaire en fibres d'amiante montre la présence constante de FCA et plus encore de FFA, dans des proportions variables selon les études et le type de fibres. L'appréciation par la bio-métrie des expositions antérieures, notamment aux FCA, est difficile en raison des caractéristiques de bio-persistence des fibres, et en particulier pour le chrysotile. Une corrélation entre rétention des FCA et fibrose a été rapportée par plusieurs auteurs pour la trémolite suggérant des propriétés fibrogènes pour ces fibres, mais le rôle d'une rétention accrue de FCA dans les zones de fibrose n'est pas exclu.

Enfin, bien que des fibres d'amiante de longueur supérieure ou égale à 5 µm, et plus singulièrement des FFA, soient retrouvées au niveau de la plèvre pariétale, la proportion de FCA y est globalement plus élevée que dans le poumon. Au final, les données biométriologiques ne permettent pas de définir un rôle éventuel des FCA dans la pathologie humaine.

Données épidémiologiques

Une analyse des études épidémiologiques a été conduite dans les secteurs industriels présentant les plus fortes concentrations en FCA selon les données métrologiques issues de la littérature ou acquises pour cette expertise. Cette analyse n'a pas mis en évidence d'excès de risque de cancer bronchique ou de mésothéliome dans le secteur de la maintenance des systèmes de freinage ou de production d'amiante-ciment (chrysotile), et un risque avéré, mais plus faible comparativement aux autres secteurs industriels, dans le secteur minier. Les données issues des méta-analyses publiées récemment confortent ces résultats et soulignent le rôle majeur des fibres amphiboles comparativement au chrysotile.

La variabilité des proportions de FCA entre les secteurs et une toxicité moindre de celles-ci pourraient constituer une hypothèse plausible pour expliquer ces différences de risque entre secteurs. Toutefois, l'incertitude qui pèse sur les estimations des niveaux d'expositions, le caractère non représentatif des données métrologiques collectées et la présence, même en faible proportion, de fibres de longueur $\geq 5\mu\text{m}$ dans les secteurs où l'excès de risque est plus faible, ne permettent pas de conclure formellement à l'absence ou à l'existence d'un faible effet cancérigène des FCA. De plus, les faibles variations des proportions de FCA observées dans les données acquises au cours de cette expertise pour quelques secteurs industriels suggèrent un effet limité de ces variations granulométriques par rapport aux différences d'effets sanitaires observées en fonction des secteurs industriels.

Les travaux récents de l'EPA et du NIOSH sur la modélisation des relations dose-effet pour le cancer bronchique (et le mésothéliome pour l'EPA), à partir de données métrologiques en META apportent des éléments intéressants. La prise en compte des fibres les plus fines permet d'améliorer significativement l'adéquation des modèles estimant les pentes des relations dose-effet pour le cancer bronchique et le mésothéliome. Concernant les FCA, les résultats sont moins probants, du fait d'une forte corrélation entre les nombres de fibres des différentes classes de longueur ($<$ ou $\geq 5\mu\text{m}$). Au final, la toxicité des FCA évaluée d'un point de vue épidémiologique ne peut être écartée, bien que certains auteurs considèrent que celle-ci est nulle. L'existence d'un effet non nul, mais faible des FCA apparaît ainsi comme une hypothèse conservatrice. En ce qui concerne les FFA, les données récentes, bien que peu nombreuses, confirment l'existence d'un effet cancérigène important.

Enfin, les données récentes sur les relations dose-effets pour le cancer bronchique aux faibles niveaux d'exposition cumulée pour les fibres d'amiante de longueur supérieure à 5 µm tendent à montrer que le modèle linéaire sans seuil sous-estime la relation pour les faibles doses. Ces éléments incitent à abaisser la VLEP actuellement en vigueur en France, à l'instar de certains pays comme la Suisse, qui ont adopté une valeur de 0,01 f/mL sur 8h.

Propositions concernant la prise en compte des critères dimensionnels dans la mesure des fibres d'amiante

Concernant les FFA, les résultats de l'expertise confirment l'intérêt de mesurer les FFA dans le cadre de la réglementation en environnement général et s'accordent sur la nécessité de recommander la prise en compte de cette classe granulométrique dans la réglementation en milieu professionnel.

Au vu de l'expertise réalisée concernant les FCA et compte tenu des nombreuses inconnues, l'intérêt de mesurer cette classe granulométrique dans le cadre d'une réglementation est questionnable et nécessite l'acquisition de données complémentaires. Cependant, il faut souligner le fait que la dangerosité des FCA n'est pas exclue et que cette classe granulométrique est présente systématiquement et dans des proportions importantes lors des mesures métrologiques. De plus, la quantification et l'identification des FCA peuvent contribuer au diagnostic de pollution d'un environnement à partir d'une source potentielle. Ces arguments sont en faveur d'une prise en compte dès à présent des FCA pour l'environnement général et professionnel. Pour l'environnement général, les FCA pourraient être utilisées dans la réglementation comme indicateur pour témoigner de la dégradation des MPCA. Pour l'environnement professionnel, la prise en compte des FCA dans les études épidémiologiques pourrait permettre d'améliorer les connaissances sur les relations dose-effet et de réduire éventuellement les imprécisions des modèles incluant uniquement les fibres de longueur supérieure à 5 µm mesurées en MOCP.

La META paraît incontestablement la méthode la plus appropriée en vue d'apprécier l'ensemble de la distribution granulométrique de l'amiante dans les échantillons d'air. L'utilisation de cette technique est donc recommandée dans le cadre du milieu professionnel comme dans l'environnement général. Néanmoins, cette méthode devra faire l'objet d'adaptation pour pouvoir s'appliquer au milieu professionnel notamment pour déterminer les durées de prélèvement en fonction de la sensibilité analytique souhaitée et du débit des pompes de prélèvement utilisées. De même en environnement général, la prise en compte des FCA nécessitera une adaptation des paramètres analytiques. Ces adaptations conduiront à modifier les méthodes normalisées actuelles dans le cadre de la métrologie.

Enfin, l'expertise collective s'est interrogée sur l'efficacité des systèmes de protection respiratoire vis-à-vis des FCA et FFA et recommande une évaluation de ces dispositifs. Les conclusions de l'expertise collective ont été remises à l'Agence et celle-ci a publié son avis en Février 2009.

Concernant le milieu professionnel, l'Agence a ainsi recommandé (1) de recourir à la microscopie électronique pour les mesures d'empoussièrement en fibres d'amiante, (2). d'abaisser le seuil réglementaire actuel (valeur limite d'exposition professionnelle) et d'ajouter les fibres fines au comptage des poussières d'amiante

L'Agence a également recommandé, pour l'environnement général, et en particulier les bâtiments, d'abaisser la valeur réglementaire actuelle de 5 fibres par litre, qui définit le niveau résiduel autorisé à l'intérieur des bâtiments et de créer un nouveau seuil réglementaire spécifique pour les fibres courtes d'amiante, applicable dans les environnements intérieurs (établissements recevant du public...) servant d'indicateur de dégradation des matériaux amiantés, qu'elle qu'en soit la nature.

Les modifications réglementaires sont actuellement en attente, et en particulier la modification VLEP.

Définition des paramètres dimensionnels retenus pour l'expertise et valeurs réglementaires actuelles

fibres courtes d'amiante (FCA) : $0,5 \mu\text{m} < L < 5 \mu\text{m}$, $d < 3 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$

fibres fines d'amiante (FFA) : $L \geq 5 \mu\text{m}$, $d < 0,2 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$

fibres mesurées en hygiène du travail (FRp, correspondant aux fibres OMS) :

- Valeur limite d'exposition professionnelle sur 1 heure : $0,1 \text{ f/cm}^3$ (100 f/L)
- Technique de mesure : microscopie optique en contraste de phase (MOCP)
- Dimensions mesurées : $L \geq 5 \mu\text{m}$, $0,2 \mu\text{m} < D < 3 \mu\text{m}$ et $L/D \geq 3$

Pour information, l'environnement professionnel actuel concerne, outre les chantiers de désamiantage, des activités au contact avec des matériaux ou produits contenant de l'amiante (MPCA) susceptibles d'exposer le travailleur aux fibres d'amiante tant dans l'environnement extérieur (exemple : travaux sur de l'asphalte amianté, transfert de matériaux amiantés...) que dans l'environnement intérieur.

fibres mesurées en environnement général (FRg, correspondant aux fibres OMS + FFA) :

- Valeur réglementaire : 5 f/L
- Technique de mesure : microscopie électronique à transmission analytique (META)
- Dimensions mesurées : $L \geq 5 \mu\text{m}$, $0,01 \mu\text{m} < d < 3 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$

Pour information, l'environnement général intérieur concerne les bâtiments résidentiels ou non résidentiels mais également les environnements professionnels définis par une exposition « passive » des travailleurs tels que les bureaux, commerces, locaux industriels dont, par exemple, une partie du bâtiment contient des MPCA toujours en place... Ces situations ne concernent pas les expositions « actives » aux postes de travail.

Bibliographie

- Dodson RF, Atkinson MA, Levin JL. (2003). Asbestos fiber length as related to potential pathogenicity: a critical review. *Am J Ind Med.* 44(3) : 291-297.
- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. (2008). Prise en compte du critère dimensionnel pour la caractérisation des risques sanitaires liés à l'inhalation d'amiante / Réévaluation des données toxicologiques, métrologiques et épidémiologiques dans l'optique d'une évaluation des risques sanitaires en population générale et professionnelle. 379 p.
- Stanton MF, Layard M, Tegeris A *et al.* (1981). Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals. *J Natl Cancer Inst.* 67(5) : 965-75.