

Campagne de mesures d'exposition aux fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission analytique (META)

Synthèse des résultats et recommandations

F. CLERC¹, C. EYPERT- BLAISON¹, M. GUIMON², A. ROMERO-HARIOT², R.
VINCENT³

Août 2011

¹ Département Métrologie des Polluants

² Département Expertise et Conseil Technique

³ Direction Déléguée aux Applications

1. Contexte

En février 2009, l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail (AFSSET¹), a publié un rapport sur la toxicité des fibres courtes (FCA) et fibres fines d'amiante (FFA) dont les conclusions ont confirmé le caractère cancérigène des FFA et n'ont pas exclu le caractère toxique des FCA. Ce rapport a été suivi en septembre 2009 d'un avis de l'agence relatif à l'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) de l'amiante, en préconisant, dans un premier temps, d'abaisser cette valeur d'un facteur 10 : soit une VLEP-8h de 10 fibres par litre (f/l).

En environnement professionnel, l'une des recommandations de l'AFSSET portait sur la modification de la méthode d'analyse pour le contrôle du niveau d'empoussièrement en fibres d'amiante sur les lieux de travail, en utilisant la microscopie électronique à transmission analytique (META), de façon à intégrer au comptage les fibres les plus fines (diamètre inférieur à 0,2 micron), non visibles avec la microscopie optique à contraste de phase (MOCP) actuellement utilisée, et de caractériser la nature des fibres observées.

Cependant, pour rendre opérationnel le comptage en META, il fallait préalablement adapter une méthodologie de prélèvement de l'amiante en milieu professionnel, permettant d'analyser de façon fiable toute l'étendue des gammes de concentration susceptibles d'être rencontrées.

Dans ce contexte, dès novembre 2009 et jusqu'en octobre 2010, la Direction générale du travail (DGT) a diligenté une campagne de mesures de l'exposition professionnelle à l'amiante en META, dont les objectifs étaient notamment :

- D'établir une méthode et valider la faisabilité du prélèvement des fibres d'amiante en milieu professionnel en vue d'une analyse en META ;
- De connaître les niveaux d'empoussièrement générés par les couples « matériau amianté – technique de traitement » mesurés en META, permettant la mise en œuvre des règles techniques les moins émissives et l'utilisation des moyens de protection adaptés à ces niveaux ;
- D'établir la répartition granulométrique des différentes classes de fibres² sur les filtres de prélèvement (les fibres « OMS » correspondent aux fibres actuellement comptées en milieu de travail, les FFA et FCA étant non visibles en microscopie optique -MOCP).

¹ Depuis, l'AFSSET a fusionné avec l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) pour devenir l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

² Les critères dimensionnels des fibres pris en compte dans le protocole de la campagne correspondent à ceux définis dans le rapport de l'ANSES :

- Les fibres dites « OMS » correspondent aux fibres dont la longueur est supérieure à 5 µm, le diamètre est compris entre 0,2 et 3 µm (taille observable en MOCP) et dont le rapport longueur sur diamètre est supérieur à 3 ;
- Les fibres fines d'amiante (FFA) correspondent aux fibres dont la longueur est supérieure à 5 µm, le diamètre est compris entre 0,01 et 0,2 µm ;
- Les fibres courtes d'amiante (FCA) correspondent aux fibres dont la longueur est inférieure à 5 µm, dont le diamètre est inférieur à 3 µm et dont le rapport longueur sur diamètre est supérieur à 3.

L'INRS a participé, en coopération avec la DGT, le Laboratoire d'études des particules inhalées de la Ville de Paris (LEPI), la Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) et les organismes de mesure représentés au Syndicat du retrait et du traitement de l'amiante en place et des autres polluants (SYRTA), à l'élaboration du protocole de prélèvement et de mesure en META. L'institut a ensuite réalisé le rapport d'exploitation des résultats et élaboré des recommandations en matière de santé au travail vis-à-vis des opérations réalisées sur matériaux amiantés.

2. Campagne META

Cette campagne s'est déroulée sur des chantiers en situation réelle de travail.

Le protocole définissait 25 typologies de chantier (couple matériau/technique de retrait) et prévoyait 5 chantiers afférents à chaque typologie. La stratégie de prélèvement comprenait la réalisation de 2 mesures par vacation de 2 heures, deux fois par jour, soient 4 mesures au total par chantier.

Ces typologies concernaient des opérations de retrait, réalisées en milieu intérieur et extérieur de matériaux friables et non friables contenant de l'amiante, ainsi que des interventions de maintenance sur ces matériaux³.

La méthode de mesure par META utilisée était issue de la norme NF X 43-050 « Qualité de l'air – Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission – méthode indirecte » - *janvier 1996*.

L'analyse devait porter sur les fibres OMS, FCA et FFA, et les résultats [OMS+FFA] devaient être mis en perspective dans l'éventualité de l'adoption de la META pour le contrôle de la VLEP-8h. La spéciation des familles amphiboles et serpentines a été effectuée pour chaque mesure.

Avant le démarrage de la campagne, le protocole a été présenté aux organismes accrédités en charge de la réalisation des prélèvements et des analyses, auxquels devaient faire appel les entreprises souhaitant participer à l'étude.

Un agent de l'inspection du travail procédait à la vérification sur le chantier du respect du protocole de prélèvement.

La logistique de répartition des chantiers et l'enregistrement anonymisé des données étaient effectués par le SYRTA qui, à cette occasion, a déployé un outil informatisé permettant la centralisation des résultats.

³ Le code du travail distingue deux types d'activités :

- le retrait (désamiantage) ou le confinement de matériaux amiantés, activités dites de « sous-section 3 » ;
- les interventions de type maintenance sur matériaux amiantés et sur terrains amiantifères, activités dites de « sous-section 4 ».

3. Résultats

La participation volontaire des entreprises a permis de recueillir 265 résultats, soit environ la moitié des résultats attendus, représentant 29 typologies de chantier. Certaines typologies n'ont pas été réalisées et d'autres ont fait l'objet de plus de prélèvements ou de chantiers qu'initialement prévu.

Le tableau ci-après présente les résultats toutes situations confondues pour chaque catégorie et nature de fibres, en présentant les valeurs minimales, moyennes arithmétiques, médianes et maximales, mesurées en fibres par litre (f/l).

		Min (f/l)	Moyenne arithmétique (f/l)	Médiane (f/l)	Max (f/l)
OMS (15%)	serpentes	1,48	539	18	16 300
	amphiboles	1,47	337	5	23 025
	Amiante ⁴	1,48	866	38	23 025
FFA (17%)	serpentes	1,48	1 742	21	51 450
	amphiboles	1,47	91	5	6 358
	Amiante	1,48	1 822	24	51 450
FCA (68%)	serpentes	1,48	13 602	190	256 072
	amphiboles	1,47	1 220	5	89 655
	Amiante	1,48	14 811	356	256 072

Les chantiers réalisés ont concerné presque exclusivement des opérations de retrait d'amiante, une seule situation de type « intervention » sur matériau amianté a été analysée.

Les résultats relatifs à certains types de chantiers pour lesquels très peu d'interventions ont été réalisées (*a fortiori* lorsque le nombre de prélèvements est faible) sont à interpréter avec prudence.

Néanmoins, l'étude permet d'observer que les empoussièrtements en fibres [OMS+FFA] les plus élevés correspondent aux retraits :

- des plâtres amiantés et ce, quelle que soit la technique employée, dont les concentrations moyennes sont supérieures à 11 000 f/l, et la concentration maximale de 60 000 f/l;
- des flocages (bien que ces derniers n'aient été constitués que d'amphiboles – en effet, des flocages de chrysotile auraient *a priori* généré des quantités plus importantes de FFA, proches des valeurs observées pour les plâtres amiantés, du fait de leur capacité à générer des fibrilles plus fines que les amphiboles), dont les concentrations moyennes sont supérieures à 6 000 f/l, et la concentration maximale de 29 000 f/l ;

⁴ Le terme « amiante » est adopté lorsque toutes les natures de fibres confondues sont étudiées (amphiboles + serpentes).

- des peintures et enduits, dont les concentrations moyennes sont supérieures à 3 000 f/l, et la concentration maximale de 6 300 f/l ;
- de matériaux dans des bâtiments sinistrés, dont les concentrations moyennes sont supérieures à 2 600 f/l, et la concentration maximale de 21 000 f/l.

Les résultats ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive qui devait permettre de discriminer certaines techniques. Cependant, la quantité de données et leur répartition dans les différentes typologies n'ont pas permis de mener une analyse statistique exploratoire fine et détaillée.

Les seules corrélations statistiques observées qui permettent de caractériser l'empoussièremement en fibres d'amiante [OMS+FFA] concernent :

- le retrait de plâtres amiantés (générant un empoussièremement élevé vis-à-vis des critères du protocole) ;
- le retrait d'enduits et peintures amiantés (générant un empoussièremement moyen vis-à-vis des critères du protocole).

En ce qui concerne le port de l'appareil de protection respiratoire (APR), il convient de préciser que les conditions de protection respiratoire étaient imposées par le protocole suivant trois niveaux d'empoussièremement attendus⁵ prédéfinis sur la base de la connaissance par les professionnels. La gamme d'empoussièremement attendue la plus élevée imposait le port d'un appareil de protection respiratoire à adduction d'air.

Les analyses en MOCP n'ayant pas été prévues dans le cadre de la campagne, une comparaison des résultats de comptage des fibres « OMS », jusque là obtenus par cette méthode, avec les données en META issues de l'étude pour la même catégorie de fibres, a néanmoins pu être effectuée à partir des 5274 résultats renseignés dans la base SCOLA⁶.

Pour les fibres « OMS » de critère granulométrique identique (diamètre compris entre 0.2 et 3 µm), la MOCP sous-estime les niveaux d'exposition des travailleurs par rapport à la méthode META.

4. Conclusions

En conclusion, l'exploitation des résultats a permis de mettre en évidence les points suivants :

- En moyenne, on observe une proportion de FFA équivalente à celle des fibres OMS (respectivement 17 et 15%) ;

⁵ Niveau faible inférieur à 1000 f/l - Niveau moyen compris entre 1000 et 10 000 f/l – Niveau élevé supérieur à 10 000 f/l.

⁶ Depuis la mise en application de l'arrêté du 4 mai 2007 relatif à la mesure de la concentration en fibres d'amiante sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des laboratoires, les résultats de ces mesures sont archivés dans la base de données SCOLA (Système de COLlecte des informations des organismes Accrédités) gérée par l'INRS.

- La part des FCA est majoritaire et représente 68% des fibres comptées en moyenne. La concentration maximale de cette catégorie est de 250 000 f/l ;
- La majorité des fibres analysées appartient à la famille des serpentines (chrysotile), à l'exception d'une typologie de chantier (retrait de flocage) qui présentait uniquement des amphiboles. Ce phénomène est plutôt inhabituel, car en France, la variété de fibres majoritairement utilisée (95%) était le chrysotile ;
- La MOCP, technique actuellement en vigueur pour procéder au contrôle de la VLEP de l'amiante dans l'air des lieux de travail, sous-estime les niveaux d'exposition des travailleurs par rapport à la méthode META :
 - ✓ pour des fibres de granulométrie identique (fibres « OMS » dont le diamètre est compris entre 0.2 µm et 3 µm) ;
 - ✓ du fait de la proportion de FFA (fibres dont le diamètre est compris entre 0.02 et 0.2 µm, uniquement observables par META) qui contribue à doubler en moyenne le nombre de fibres comptées ;
- Lors du retrait de plâtres amiantés, en considérant la proportion moyenne des fibres [OMS +FFA], les facteurs de protection des appareils de protection respiratoire utilisés (y compris l'adduction d'air) sur les chantiers d'amiante ne permettent pas de garantir une exposition des travailleurs inférieure à la VLEP actuelle de 100 f/l conforme aux préconisations en santé au travail ;
- En considérant les niveaux maxima mesurés, le constat précédent intègre également les situations de retrait de flocages, de peintures et enduits amiantés, d'interventions sur bâtiments sinistrés, sur canalisations et toitures en amiante ciment ;
- Pour respecter la VLEP de 10 f/l préconisée par l'AFSSET en prenant en compte les FFA, les facteurs de protection⁷ en situation de travail des appareils respiratoires devront atteindre au moins 6000 pour les opérations les plus polluantes, sachant que les appareils les plus performants utilisés (adduction d'air) disponibles sur le marché ont un facteur de protection inférieur à 2000 ;
- La méthodologie de prélèvement et de préparation des échantillons en vue de leur analyse en META permet de mesurer la gamme étendue des niveaux d'empoussièrement observés dans cette campagne (des plus faibles aux plus élevés mesurés).

5. Recommandations

A partir des observations faites au cours de l'étude, l'INRS recommande, en matière de :

➤ **Métrologie et contrôle de la VLEP :**

- D'utiliser la méthode de comptage par META en remplacement de la MOCP ;
- De prendre en compte les FFA dans le contrôle de la VLEP ;

⁷ Le facteur de protection est calculé en effectuant le rapport des concentrations entre l'extérieur et l'intérieur du masque de protection respiratoire.

- De fixer une VLEP-8 heures avec la méthode de comptage par META ;
- De modifier la procédure de contrôle des expositions en limitant le nombre de contrôles à chaque type de situation mais en améliorant la qualité des mesures et en adoptant une méthodologie qui pourrait s'inspirer de celle décrite dans l'arrêté du 15 décembre 2009 relatif au contrôle des VLEP ;
- De renforcer la fiabilité des mesures d'empoussièrement dans le cadre de l'accréditation des organismes chargés des contrôles d'exposition à l'amiante ;
- D'élaborer une formation spécifique dont bénéficierait le personnel des organismes chargés du prélèvement et de l'analyse à qui sera confiée la stratégie d'échantillonnage, en vue d'améliorer la qualité des prestations de contrôle et d'harmoniser les pratiques au niveau national.

➤ **Mesures de prévention :**

- De ne pas procéder au retrait de certains matériaux très liés rendus trop émissifs du fait des techniques de retrait employées, mais de les confiner en assurant leur traçabilité ;
- De mettre à disposition les résultats issus de la base SCOLA qui permet de centraliser les données provenant de l'expérience des entreprises de façon à mettre en commun les mesures de niveaux d'empoussièrement générés par chaque typologie de chantier ;
- De déterminer les actions de prévention à mettre en œuvre à partir des résultats des contrôles ;
- D'aménager les zones de travail à l'aide de fenêtres permettant de visualiser le chantier depuis l'extérieur de la zone polluée, notamment d'effectuer la surveillance du prélèvement par le préleveur sans l'exposer ;
- D'améliorer la traçabilité en procédant au repérage approfondi systématique des matériaux amiantés avant travaux et en améliorant les modalités de constitution et de mise à jour du dossier technique amiante ;
- De mettre en place dans chaque entreprise concernée un programme de choix et de gestion des appareils de protection respiratoire.

➤ **Méthodologie et technique :**

- De développer des techniques de retrait évitant l'intervention directe des opérateurs ;
- De développer des équipements de protection individuelle plus performants.

➤ **Acquisition de connaissances :**

- De mener des études permettant d'établir les facteurs de protection en situation de travail des appareils de protection respiratoire sur la base d'analyses en META, en visant en priorité les appareils les plus performants (appareils isolants) et les plus utilisés (filtrants de type TM3P) ;

- De poursuivre l'acquisition des connaissances sur les niveaux d'empoussièrement, mesurés avec la méthode META, générés pour les activités de type « interventions » sur matériaux amiantés (sous-section 4) ;
- De poursuivre les études sur la toxicité des FCA.