

scientifique & technique  
**note**  
note scientifique  
& technique  
scientifique  
**technique**

**Synthèse de la campagne INRS  
pour la détermination des facteurs  
de protection assignés des appareils  
de protection respiratoire utilisés  
en chantier de désamiantage**

# **Synthèse de la campagne INRS pour la détermination des facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire utilisés en chantier de désamiantage**

Sandrine Chazelet  
Éric Silvente

Département Ingénierie des procédés

**NS 341**  
janvier 2016

Cette campagne a eu pour objet la détermination, par analyse META, des facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire portés par les opérateurs du désamiantage lors de processus de retrait de matériaux amiantés sur chantiers de niveaux 2 et 3, conformément à la réglementation en vigueur au moment de la campagne. Ces travaux ont apporté également des connaissances sur les procédés et les organisations mis en œuvre dans le secteur du désamiantage. Cette synthèse présente les principaux résultats et recommandations issus de la campagne. Elle est basée sur l'exploitation des mesures réalisées sur 6 chantiers de désamiantage de niveau 3 et sur 3 chantiers de niveau 2.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>CADRE DE L'ETUDE</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DEMARCHE SUIVIE</b> .....	<b>2</b>
2.1	Etapes de l'étude .....	2
2.2	Modification des APR .....	2
2.3	Recherche de chantiers .....	3
<b>3</b>	<b>DEROULEMENT TYPE DU SUIVI D'UN CHANTIER</b> .....	<b>4</b>
3.1	Test d'ajustement quantitatif .....	4
3.2	Modes opératoires de prélèvement et d'analyse .....	5
3.2.1	Description de l'équipement d'un opérateur .....	5
3.2.2	Mode opératoire d'analyse .....	6
<b>4</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>7</b>
4.1	Résultats d'analyse META sur les chantiers de niveau 3 .....	7
4.1.1	Empoussièrtements extérieurs mesurés par processus .....	7
4.1.2	Expositions à l'intérieur des masques .....	8
4.2	Résultats d'analyse META sur les chantiers de niveau 2 .....	13
4.2.1	Empoussièrtements extérieurs mesurés par processus .....	13
4.2.2	Expositions à l'intérieur des masques .....	15
4.3	Effet de l'éloignement par rapport à la source : cas de l'empoussièrtement individuel des préleveurs INRS .....	15
4.4	Comparaison avec la campagne META .....	16
4.5	Analyse statistique des données pour la détermination du FPA .....	18
4.5.1	Traitement des données issues des chantiers de niveau 3 sur les appareils à adduction d'air .....	18
4.5.2	Traitement des données issues des chantiers de niveau 2 .....	19
<b>5</b>	<b>BILAN ET RECOMMANDATIONS</b> .....	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>22</b>

## 1 CADRE DE L'ETUDE

Bien que l'amiante soit interdit de fabrication et d'importation depuis 1997 en France, les conséquences sanitaires de son utilisation antérieure seront ressenties sur une très longue période. Ainsi, d'après l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) [1], d'ici 2050, 50 000 à 75 000 morts seront attribuables à une exposition à l'amiante ayant entraîné un cancer broncho-pulmonaire ou un mésothéliome. En France, près de 2 millions de travailleurs restent actuellement potentiellement exposés à l'amiante, dont environ la moitié dans le secteur du BTP. Parmi eux, environ 35 000 travaillent dans le secteur du désamiantage.

Sur la base de ses travaux d'expertise sur la toxicité et la métrologie de l'amiante, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) a notamment recommandé en 2009 l'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP-8h) de 100 à 10 f/L, la prise en compte des fibres fines d'amiante et le comptage des fibres par Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META). A la suite de ces recommandations, la Direction Générale du Travail (DGT), avec l'appui scientifique et technique de l'INRS, a organisé en 2010 une campagne de mesures de l'empoussièrement en fibres d'amiante où le secteur du désamiantage a été fortement représenté. 265 résultats d'empoussièrement ont pu ainsi être collectés et transmis par les laboratoires accrédités chargés de réaliser les mesurages lors de cette campagne. Les évaluations visaient notamment l'étude de l'influence des techniques de retrait ou de traitement et du matériau traité sur l'empoussièrement généré, et celle de la répartition granulométrique des fibres comptées.

Publiés en novembre 2011, les résultats de cette campagne de prélèvements de grande ampleur ont ainsi mis en évidence des empoussètements importants, en particulier lors des opérations de retrait des plâtres amiantés (plus de 11 000 f/L en moyenne) et des flocages (plus de 6 000 f/L en moyenne) [2].

De plus, des calculs de l'exposition des salariés participant à cette campagne ont été effectués en prenant en compte les valeurs préconisées jusqu'à présent par l'INRS [3] pour les facteurs de protection assignés (FPA) des appareils de protection respiratoire (APR) portés. Cependant, la validité de ces extrapolations peut être remise en question. En effet, les valeurs des FPA des APR utilisés par les opérateurs de désamiantage ont été obtenues lors de campagnes de terrain menées par l'INRS dans les années 90 avec une analyse par microscopie optique à contraste de phase (MOCP) [4, 5, 6, 7], technique moins performante et non équivalente à la META. L'acquisition de ces nouvelles connaissances sur les empoussètements devait s'accompagner d'une évaluation et d'une amélioration des solutions de protection des salariés au niveau collectif comme au niveau individuel.

La réglementation amiante a été modifiée le 1<sup>er</sup> juillet 2012 par décret n° 2012-639 du 4 mai 2012 relatif aux risques d'exposition à l'amiante afin de tenir compte des préconisations issues de l'exploitation de la campagne META. Elle intègre notamment le contrôle de l'empoussièrement en fibres d'amiante par la méthode META et a conduit à l'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle de 100 f/L à 10 f/L en moyenne sur 8 h le 2 juillet 2015.

Dans le cadre de son projet « Amiante-META », l'INRS a entrepris une étude dont l'objectif était d'évaluer la performance des appareils de protection respiratoire utilisés dans les chantiers de retrait de matériaux contenant des fibres d'amiante. Elle s'est focalisée sur l'évaluation des protections individuelles les plus performantes *a priori* et couramment portées par les opérateurs du désamiantage, mais aussi sur l'observation des procédés utilisés sur les chantiers dans le but de définir les pratiques les plus efficaces en termes de réduction de l'empoussièrément notamment.

## 2 DEMARCHE SUIVIE

### 2.1 Etapes de l'étude

Les principales étapes opérationnelles de l'étude ont été les suivantes :

- a. inventaire puis acquisition des APR les plus performants *a priori*, ainsi que les plus utilisés sur les chantiers de désamiantage. Deux types d'APR ont été identifiés :
  - les appareils à ventilation assistée,
  - les appareils à adduction d'air ;
- b. mise au point du système de prélèvement à l'intérieur de l'APR ;
- c. conventionnement avec les fabricants d'APR pour le développement, la certification et la production d'APR modifiés pour le prélèvement ;
- d. certification CE de type des masques modifiés par les fabricants ;
- e. rédaction du mode opératoire réglementaire d'intervention en entreprise envoyé à l'inspection du travail et à la CARSAT ;
- f. présentation de la démarche aux professionnels du désamiantage ;
- g. recueil des informations et des autorisations nécessaires à l'intervention de terrain auprès des entreprises participant à la campagne ;
- h. organisation et conduite des campagnes de terrain par le personnel INRS ;
- i. analyse des prélèvements par META à l'INRS ;
- j. traitement des résultats et analyse statistique.

### 2.2 Modification des APR

Le port d'APR modifié pour les opérateurs de désamiantage participant à la campagne a nécessité l'adoption d'une démarche particulière.

En liaison avec les fabricants des APR retenus pour l'étude, un système de prélèvement interne au masque a été mis au point conformément à la norme XP X 43-269 (2012) [8] pour le prélèvement de fibres d'amiante. Une attention particulière a porté sur la représentativité du prélèvement et la sécurité des opérateurs portant ces masques modifiés. Le fabricant a ensuite suivi les procédures classiques menant à l'autorisation de mise sur le marché (certification, déclaration de conformité, etc.) avant de produire un lot d'APR adaptés aux prélèvements et dont l'utilisation était limitée au cadre de l'étude et sous la responsabilité de l'INRS.

Pour l'évaluation des APR à adduction d'air et à ventilation assistée, trois fabricants ont été sollicités : SCOTT, HONEYWELL et 3M. Les modèles de masques complets évalués lors de la campagne sont :

- le Vision 3 qui équipe le système à adduction d'air RAS (SCOTT) (fonctionnement à la demande à pression positive ou à débit continu à pression positive),
- le Cosmo qui équipe le système à adduction d'air MC91A (HONEYWELL) (fonctionnement à débit continu variable),
- le Promask qui équipe le système à ventilation assistée Proflow (SCOTT),
- le Powerflow masque à ventilation assistée (3M).

Les masques modifiés, constitués d'une part d'une pièce faciale réalisée chez le fabricant intégrant un raccord dans la visière et d'autre part d'une cassette de prélèvement réalisée à l'INRS, ont été certifiés par l'APAVE Sud Europe conformément au référentiel de la norme NF EN 136 [9] (Tableau 1).

Modèle de masque modifié	Date du certificat	N° certificat
Vision 3 INRS (SCOTT)	17 septembre 2014	0082/2080/079/09/14/0316
Cosmo RD40 INRS (HONEYWELL)	22 décembre 2014	0082/236/079/12/14/0472
Promask INRS (SCOTT)	17 septembre 2014	0082/2080/079/09/14/0315
Powerflow 7900PF INRS (3M)	9 avril 2015	0082/2158/079/04/15/0100

**Tableau 1. Numéros des certificats des masques modifiés**

### 2.3 Recherche de chantiers

La démarche adoptée pour cette étude a été présentée aux différents acteurs du désamiantage (fédérations professionnelles, organismes certificateurs, DGT, DIRECCTE, CARSAT, ...) afin de faciliter la recherche d'entreprises susceptibles de participer à l'étude. Un focus particulier était effectué sur le mode opératoire d'intervention INRS et les conditions de participation à l'étude.

Plusieurs entreprises se sont portées volontaires directement auprès de l'INRS après avoir pris connaissance de l'étude suite aux actions de communication réalisées auprès des différents organismes précités. Chaque fois qu'un chantier était proposé, la validité de la certification de l'entreprise et l'absence de mise en demeure et d'injonction en cours étaient vérifiées.

### 3 DEROULEMENT TYPE DU SUIVI D'UN CHANTIER

Les chantiers ont fait l'objet systématiquement d'une prévisite afin de rencontrer l'encadrement et les opérateurs de l'entreprise, de visiter le chantier et de présenter le matériel de prélèvement et les procédures suivies par les agents INRS. En retour, l'entreprise spécifiait dans son mode opératoire (via un avenant) l'utilisation de ces APR particuliers, ainsi que leurs conditions d'usage limitées au cadre de l'étude INRS. Chaque chantier s'est déroulé en deux temps :

- le jour d'arrivée sur le chantier, après installation du matériel, un agent INRS faisait passer un test d'ajustement quantitatif à chaque opérateur suivi pendant le chantier équipé du masque modifié qui lui était attribué. Le protocole de test appliqué est présenté paragraphe 3.1 ;
- les prélèvements avaient lieu les trois jours suivants, durant les vacations quotidiennes des opérateurs suivis ainsi que sur l'agent INRS surveillant les prélèvements en zone. L'équipement type d'un opérateur est décrit paragraphe 3.2.

En fin d'essais, les masques modifiés étaient récupérés par l'INRS.

#### 3.1 Test d'ajustement quantitatif

L'assurance de prélèvements représentatifs à l'intérieur du masque respiratoire repose, en partie, sur la réussite du test d'ajustement pour chaque couple opérateur / masque modifié. Ce test permet, de plus, de s'assurer de la bonne étanchéité des masques modifiés. Le protocole suivi pour ces tests repose sur l'utilisation d'un analyseur de particules Portacount (TSI) mesurant un coefficient d'ajustement quantitatif. Ce coefficient d'ajustement, défini comme le rapport des concentrations entre l'extérieur et l'intérieur du masque, est mesuré en dehors de la zone de travail sur l'aérosol ambiant, l'opérateur portant la pièce faciale en pression négative (la respiration se fait à travers le filtre qui équipe la pièce faciale).

Huit exercices sont réalisés pendant ce test et sont décrits Tableau 2.

Exercice	Dénomination	Description
1	Respiration normale	En position debout normale, sans parler, le sujet respire normalement
2	Respiration profonde	En position debout normale, sans parler, le sujet respire lentement et profondément, sans risquer l'hyperventilation
3	Mouvements de tête de gauche à droite	En position debout, le sujet tourne lentement sa tête de gauche à droite jusqu'à des positions extrêmes, en calant une inhalation à chaque position extrême
4	Mouvements de tête de haut en bas	En position debout, le sujet bouge lentement sa tête de haut en bas, comme pour observer le sol et le plafond, en inhalant à chaque fois qu'il lève la tête



Exercice	Dénomination	Description
5	Parler	En position debout, le sujet doit parler lentement et suffisamment fort pour être entendu de la personne réalisant le test d'ajustement. Le sujet peut compter, réciter un texte, l'alphabet, ...
6	Se pencher en avant	Le sujet doit se pencher en avant comme s'il voulait toucher ses pieds (sans forcément le faire)
7	Respiration normale	En position debout normale, sans parler, le sujet respire normalement
8	Step niveau II	Le sujet effectue des montées et descentes d'une marche de hauteur 21,5 cm à une fréquence de 15 montées par minute (utilisation conseillée d'un métronome pour cadencer le geste).

La condition de réussite de ce test est que le coefficient d'ajustement mesuré pour chaque exercice soit supérieur à la valeur seuil de 2 000.

**Tableau 2. Description des exercices du test d'ajustement**

## 3.2 Modes opératoires de prélèvement et d'analyse

### 3.2.1 Description de l'équipement d'un opérateur

L'équipement de l'opérateur est composé de deux lignes de prélèvement des fibres d'amiante, l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du masque respiratoire. Ces prélèvements simultanés permettent d'accéder, pour chaque vacation et chaque opérateur, à la concentration en fibres d'amiante à l'intérieur du masque et à l'extérieur (Figure 1).

La première ligne de prélèvement est constituée d'une pompe de prélèvement individuel de type Gilair Plus (Sensidyne) placée dans un sachet étanche muni d'un filtre permettant le refoulement de la pompe, reliée à un tuyau de prélèvement et à une cassette antistatique ouverte fixée au niveau des voies respiratoires de l'opérateur. Ce montage est conforme aux recommandations de la norme XP X 43-269 (2012) [8].

La seconde ligne de prélèvement est constituée d'une pompe de prélèvement individuel de type Gilair Plus, également ensachée, et connectée à une cassette antistatique de prélèvement insérée de manière étanche dans la visière du masque respiratoire modifié.



**Figure 1. Equipement d'un opérateur**  
**Cassettes de prélèvements**                      **Pompes de prélèvement individuel**

### 3.2.2 Mode opératoire d'analyse

La durée du prélèvement à l'intérieur du masque correspond à la totalité du temps passé en zone, soit environ 2 h par poste. La durée du prélèvement ambiant au niveau des voies respiratoires de l'opérateur est ajustée en fonction du processus étudié. Le mode opératoire est décrit en détail dans la note scientifique NS 336 [10].

Pour les prélèvements intérieurs au masque faiblement chargés, la sensibilité analytique a été fixée à 1 f/L, soit à  $1/10^{\text{ème}}$  de la VLP en vigueur depuis le 2 juillet 2015. Afin d'atteindre cette sensibilité d'analyse, les filtres des prélèvements intérieurs ont été intégralement traités.

Concernant les filtres extérieurs, des portions variables de chacun des deux filtres couvrant une vacation ont été traitées conjointement pour ne donner lieu qu'à une seule valeur de concentration. Certains processus ont nécessité la mise en œuvre de prélèvements répétés de courte durée (inférieure à 10 min) pour permettre l'analyse (retrait à la Très Haute Pression, sablage, grenailage).

Les prélèvements ont été analysés par META avec un comptage des fibres d'amiante en distinguant les deux classes granulométriques suivantes : fibres OMS (Longueur  $L \geq 5\mu\text{m}$ , diamètre  $0,2\mu\text{m} < D < 3\mu\text{m}$ ,  $L/D \geq 3$ ), fibres fines ( $L \geq 5\mu\text{m}$ ,  $D \leq 0,2\mu\text{m}$ ,  $L/D \geq 3$ ). Le comptage est effectué par META selon les spécifications 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) » [11].

## 4 RESULTATS

### 4.1 Résultats d'analyse META sur les chantiers de niveau 3

Les chantiers de niveau 3 sont les chantiers dont la valeur d'empoussièrement estimée est comprise entre 6000 et 25000 f/L.

Le nombre de postes suivis, pour lequel des mesures à l'intérieur et à l'extérieur des masques respiratoires sont disponibles, est égal à 188. Sur ces valeurs, 132 concernent des opérateurs de désamiantage et 56 des agents INRS.

Les processus suivis lors des 6 chantiers de niveau 3 échantillonnés sont listés Tableau 3, ainsi que le nombre de valeurs de Facteurs de Protection recueillies (FP).

Chantier n°	Processus	Nature des fibres	Plage d'empoussièrement mesuré (f/L)	Nombre de valeurs de FP
1_AA	Retrait d'enduit (grenaillage), revêtement insonorisant (sablage), mastic (grattage)	Chrysotile, Amosite	8 → 154941	36 dont 9 sur préleveurs
2_AA	Retrait de flocage (grattage manuel)	Amosite	49 → 84731	22 dont 9 sur préleveurs
3_AA	Retrait de flocage (grattage manuel)	Amosite	76 → 36074	35 dont 9 sur préleveurs
4_AA	Retrait de plâtre amianté (grattage pneumatique)	Chrysotile	402 → 235838	33 dont 10 sur préleveurs
5_AA	Retrait de calorifuge (grattage manuel)	Chrysotile, crocidolite	6 → 508	34 dont 9 sur préleveurs
6_AA	Retrait de plâtre amianté (grattage ; porte-outil télécommandé, Très Haute Pression)	Chrysotile	74 → 145290	28 dont 10 sur préleveurs

**Tableau 3. Caractéristiques des chantiers de niveau 3 réalisés**

#### 4.1.1 Empoussièrement extérieurs mesurés par processus

Le Tableau 4 synthétise les résultats d'empoussièrement générés par les différents processus et tâches significatives étudiés sur les chantiers de niveau 3 au cours de l'étude. Il s'agit de niveaux d'empoussièrement exprimés en concentration de fibres d'amiante réglementaires (OMS + FFA), mesurés à l'extérieur des masques respiratoires, au niveau des voies respiratoires des opérateurs lors des prélèvements individuels. Dans ce tableau apparaissent les empoussièrement individuels des opérateurs effectuant des tâches annexes comme le ramassage de déchets et ceux des préleveurs INRS en zone.

On constate que 23 % des résultats excèdent la borne supérieure du niveau 3 réglementaire égale à 25000 f/L. Du fait d'une forte coactivité autour du point de retrait, les opérateurs réalisant les opérations de ramassage des déchets présentent des niveaux d'empoussièrement élevés, voire supérieurs aux niveaux des opérateurs de retrait.

Deux points liés aux empoussièrtements extérieurs élevés constatés lors des chantiers sont à prendre en considération.

Le premier concerne la différence très importante entre les empoussièrtements mesurés et les concentrations fournies par les organismes accrédités lors de l'évaluation des processus qui s'avèrent fréquemment plus faibles. Actuellement, ces données ne permettent donc pas aux entreprises de connaître les empoussièrtements individuels réels pour adapter au mieux leurs pratiques en fonction de leur analyse des risques.

Le second point concerne les très hauts niveaux d'empoussièrement mesurés sur certains processus, en particulier dans le cas des chantiers de retrait de plâtre amianté. Lors de la campagne META en 2010, les niveaux d'empoussièrement très élevés observés sur ces matériaux avaient conduit à préconiser « *la recherche d'outils et d'aménagements permettant l'automatisation de certains travaux de retrait et la minimisation de l'intervention humaine en milieu confiné [...]* » [2]. L'étude a confirmé les empoussièrtements élevés générés lors du retrait des plâtres. Ceux-ci peuvent néanmoins être très variables selon les techniques de retrait mises en œuvre. D'autres techniques telles que le sablage génèrent aussi des empoussièrtements qui nécessitent la mise en œuvre urgente de mesures de protection collective améliorées.

#### 4.1.2 Expositions à l'intérieur des masques

Les valeurs de concentrations à l'intérieur des masques respiratoires, classées par processus et par tâche, y compris pour les préleveurs INRS présents sur les chantiers, sont présentées Tableau 5. Lorsque le nombre de fibres comptées à l'intérieur des masques est non nul mais strictement inférieur à 4, le résultat est rendu comme étant inférieur à la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %. Par convention, dans cette représentation, la valeur considérée associée est prise égale à la moitié de la valeur de cette borne. Ces données ne sont alors qu'indicatives.

La différence de protection entre les modes de fonctionnement à la demande et à débit continu n'a pu être évaluée car les opérateurs basculent d'un mode à l'autre en fonction du type de tâche effectuée et des efforts associés.

Pour 70 % de ces filtres de prélèvement, aucune fibre d'amiante n'a été détectée à l'intérieur du masque. En revanche, 7 % des concentrations à l'intérieur des masques excèdent la valeur de 10 f/L. Ces empoussièrtements élevés à l'intérieur des masques respiratoires ont été enregistrés sans pouvoir établir de corrélation avec le niveau des concentrations à l'extérieur, l'opérateur, la tâche réalisée ou le chantier. Mais, excepté le cas d'un opérateur mal rasé, toutes les mesures dépassant la valeur de 10 f/L ont été obtenues lors de processus de retrait de plâtre amianté. Il apparaît clairement dans le Tableau 5 que ce processus de retrait de plâtre amianté, qui génère par ailleurs les niveaux d'empoussièrement extérieur les plus élevés, conduit aux plus fortes expositions, que ce soit pour des tâches de retrait au burineur pneumatique, pour des tâches de ramassage de déchets, et même pour un observateur en zone.

Plusieurs hypothèses d'explication de la présence de fibres d'amiante ont été envisagées et sont détaillées ci-après.

### **1. Empoussièrement en provenance de la ligne d'air respirable**

L'hypothèse proposée est celle d'une pollution liée au fort niveau d'encrassement des zones de retrait de plâtre amianté et transportée par la ligne d'air respirable. Les harnais étaient ceux habituellement utilisés par les opérateurs. Il ne s'agissait pas de harnais neufs. Lors des déplacements à l'intérieur du chantier, mais également lors des montées et descentes d'échafaudage pour atteindre le matériau amianté au plafond, les opérateurs sont amenés à se déconnecter de la ligne d'air respirable puis à s'y reconnecter. L'embout de cette ligne est encrassé, en particulier sur les chantiers de retrait de plâtre amianté. La question est de savoir si des fibres peuvent être entraînées, lors de la reconnexion du harnais, via le raccord et le filtre en ligne présents sur le harnais. Des échanges avec le fabricant et l'étude des caractéristiques de performances du filtre en ligne indiquent qu'à l'état neuf celui-ci constitue une barrière efficace vis-à-vis des fibres. La question du vieillissement de ce filtre sur son efficacité reste néanmoins posée. La notice du fabricant indique que le filtre en ligne doit être remplacé une fois par an ou toutes les 6 000 heures de fonctionnement.

Pour réduire le nombre de déconnexions dont la fréquence varie avec la configuration du chantier (travail sur plusieurs étages, travail sur nacelle, ...), l'utilisation d'enrouleurs de tuyaux d'air respirables individuels est ainsi recommandée. De plus, pour réduire la pénétration de pollution à l'intérieur de la ligne d'air respirable lors de la reconnexion, celles-ci peuvent être équipées d'embout avec soupape « flush ».

### **2. Effet du burinage**

Les vibrations en provenance d'un burin pneumatique ou électrique utilisé lors de ces travaux de retrait de plâtre amianté pourraient contribuer à une dégradation de l'étanchéité du masque suite à leur propagation de la main vers le visage. Ces vibrations ont une intensité liée aux propriétés intrinsèques de l'outil, mais qui dépend aussi du matériau qui est attaqué par le burineur (béton,...). Par ailleurs, la posture de l'opérateur et la manière de manipuler le burineur peuvent accentuer cet effet si l'opérateur a les bras tendus vers le haut par exemple (burinage plafond, burinage sur murs verticaux,...). Néanmoins, la transmission de ces vibrations au-delà du poignet n'aura pas lieu si la fréquence de l'outil est supérieure à 50 Hz. La signature en fréquence de la machine utilisée permet donc de répondre à cette question.

Quel que soit le matériau traité, les burineurs devraient impérativement être dotés d'aspiration à la source pour réduire les expositions, ce qui n'était pas le cas sur les chantiers suivis lors de cette campagne.

### **3. Effet de l'arrosage des visières**

L'encrassement des Equipements de Protection Individuelle subi par les opérateurs de retrait de plâtre amianté les conduit régulièrement à arroser leur visière au moyen d'un jet d'eau. Sans que celui-ci présente une pression très importante, le risque d'entraînement des fibres sous le scotch permettant de faire l'étanchéité entre la combinaison et le masque ne peut être ignoré. Pour éviter ce nettoyage régulier de la visière à coup d'arrosage, des visières jetables pourraient être utilisées et retirées au fur et à mesure de la vacation comme celles utilisées lors d'opérations de sablage.

Plusieurs autres hypothèses pour expliquer la présence de fibres d'amiante à l'intérieur des masques, telles qu'une alimentation défectueuse en air respirable (en quantité et en qualité), une mauvaise utilisation des APR en zone ou un mauvais ajustement du masque ont été écartées suite aux observations faites en zone ou après vérification des notices de fonctionnement d'appareils.

*Sur opérateurs de désamiantage effectuant des tâches de retrait*

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
flocage	spatule / raclage	32	9068	15761	54050	amosite
plâtres amiantés	burinage	11	13317	26004	60784	chrysotile
plâtres amiantés	porte-outil	3	513	1031	2087	chrysotile
plâtres amiantés	THP	2	71273	71273	78076	chrysotile
isolant acoustique	sablage	7	32335	53498	154941	chrysotile
enduit intérieur	grenailage	1		14709		chrysotile
mastic	burinage	13	504	555	946	chrysotile
calorifuge	spatule / raclage	25	44	90	507	chrysotile, crocidolite

*Sur opérateurs de désamiantage effectuant une tâche annexe*

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
plâtre amianté	arrosage	8	4403	8649	37596	chrysotile
plâtre amianté	ramassage déchets	13	30331	50086	235838	chrysotile
plâtre amianté	ramassage déchets THP	3	31187	29224	34525	chrysotile
flocage	ramassage déchets	12	27790	32277	84730	amosite
isolant acoustique, enduit, mastic	ramassage déchets	12	654	1170	5300	chrysotile

*Sur préleveurs INRS*

matériau	tâche	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
flocage	prélèvement	20	2133	3977	14932	amosite
plâtres amiantés	prélèvement	20	1836	2622	15079	chrysotile
isolant acoustique, enduit, mastic	prélèvement	10	51	314	1196	chrysotile
calorifuge	prélèvement	9	9	16	58	chrysotile, crocidolite

**Tableau 4. Valeurs des concentrations mesurées à l'extérieur des masques respiratoires**

**Sur opérateurs de désamiantage effectuant des tâches de retrait**

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
flocage	spatule / raclage	28	1,8	3,9	38,7	amosite
plâtres amiantés	burinage	11	3,4	58,0	336,2	chrysotile
plâtres amiantés	porte-outil	4	2,1	2,5	4,3	chrysotile
plâtres amiantés	THP	2	1,5	1,5	1,5	chrysotile
isolant acoustique	sablage	4	1,9	2,1	2,9	chrysotile
enduit intérieur	grenailage	1		6,0		chrysotile
mastic	burinage	9	1,6	2,0	4,0	chrysotile
calorifuge	spatule / raclage	25	2,2	2,0	2,4	chrysotile, crocidolite

**Sur opérateurs de désamiantage effectuant une tâche annexe**

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
plâtre amianté	arrosage	8	1,6	62,0	282,7	chrysotile
plâtre amianté	ramassage déchets	13	2,0	7,2	61,7	chrysotile
plâtre amianté	ramassage déchets THP	3	1,5	3	6	chrysotile
flocage	ramassage déchets	10	1,5	2,2	7,3	amosite
isolant acoustique, enduit, mastic	ramassage déchets	11	1,5	2,1	6,0	chrysotile, amosite

**Sur préleveurs INRS**

matériau	tâche	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
flocage	prélèvement	19	1,5	2,1	10,5	amosite
plâtres amiantés	prélèvement	20	1,5	4,36	30,88	chrysotile
isolant acoustique, enduit, mastic	prélèvement	9	1,7	1,9	2,4	chrysotile, amosite
calorifuge	prélèvement	9	1,7	1,6	1,7	chrysotile, crocidolite

**Tableau 5. Valeurs indicatives des concentrations à l'intérieur des masques respiratoires**

En aucune manière le ratio des valeurs de concentrations extérieures sur intérieures fournies respectivement dans les Tableaux 4 et 5 ne pourrait donner accès à une distribution scientifiquement éprouvée des facteurs de protection.



## 4.2 Résultats d'analyse META sur les chantiers de niveau 2

Les chantiers de niveau 2 sont les chantiers dont la valeur d'empoussièrement estimée est comprise entre 100 et 6000 f/L.

Le nombre de postes suivis, pour lequel des mesures à l'intérieur et à l'extérieur des masques respiratoires sont disponibles, est égal à 76. Sur ces valeurs, 50 concernent des opérateurs de désamiantage et 26 des agents INRS.

Les processus suivis lors des 3 chantiers de niveau 2 échantillonnés sont listés dans le Tableau 6.

Chantier n°	Processus	Nature des fibres	Plage d'empoussièrement mesuré (f/L)	Nombre de valeurs de FP
1_VA	Retrait de colle de carrelage (mur et sol)	Chrysotile,	25 → 8106	25 dont 10 sur préleveurs
2_VA	Retrait de colle de carrelage (sol)	Chrysotile, Amosite	2 → 563	27 dont 9 sur préleveurs
3_VA	Déseiboitage de canalisation en amiante ciment	Chrysotile, Crocidolite	3 → 302	24 dont 7 sur préleveurs

**Tableau 6. Caractéristiques des chantiers de niveau 2 réalisés**

### 4.2.1 Empoussièrement extérieurs mesurés par processus

Le Tableau 7 synthétise les résultats d'empoussièrement générés par les différents processus et tâches significatives étudiés sur les chantiers de niveau 2 au cours de l'étude. Il s'agit de niveaux d'empoussièrement exprimés en concentration de fibres d'amiante réglementaires (OMS + FFA), mesurés à l'extérieur des masques respiratoires, au niveau des voies respiratoires des opérateurs lors des prélèvements individuels. Dans ce tableau apparaissent les empoussièrement individuels des opérateurs et ceux des préleveurs INRS en zone.

Trois valeurs d'empoussièrement individuel mesurées sur opérateur dépassent la borne supérieure de 6000 f/L sur le chantier n°1\_VA. Sur ce chantier, des mesures de dépression en zone à chaque vacation ont mis en évidence des niveaux souvent inférieurs à 10 Pa. Si l'on excepte ces valeurs, tous les empoussièrement extérieurs évalués lors de cette étude sont en accord avec la qualification de niveau 2 des chantiers suivis.

**Mesures sur opérateurs de désamiantage**

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
colle de carrelage mural	burinage	7	964	3050	8106	CH
colle de carrelage mural	ponçage	4	5717	5215	7802	CH
colle de revêtement de sol	bordureuse / burinage bordure	4	23	150	551	CH
colle de revêtement de sol	meuleuse	2	304	304	563	CH
colle de revêtement de sol	ponceuse / rectifieuse	9	100	213	1206	CH
colle de revêtement de sol	finition - nettoyage zone par aspiration	7	9	13	38	CH
canalisation en amiante ciment	desemboitage (avec casse des conduits)	17	52	97	303	CH + CR

**Mesures sur préleveurs INRS**

matériau	tâche	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
colles de carrelages et de dalles de sol	prélèvement	19	25	261	2610	CH
canalisation en amiante ciment	prélèvement	7	6	9	26	CH + CR

**Tableau 7. Valeurs des concentrations mesurées à l'extérieur des masques respiratoires en prélèvement individuel**
**Mesures sur opérateurs de désamiantage**

matériau	technique	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
colle de carrelage mural	burinage	7	1,5	1,6	2,3	CH
colle de carrelage mural	ponçage	4	1,9	2,3	4,0	CH
colle de revêtement de sol	bordureuse / burinage bordure	4	1,5	1,6	1,8	CH
colle de revêtement de sol	ponceuse / rectifieuse	9	1,5	1,7	2,4	CH
colle de revêtement de sol	finition - nettoyage zone par aspiration	7	1,5	1,7	2,6	CH
canalisation en amiante ciment	desemboitage (avec casse des conduits)	18	1,5	2,4	8,2*	CH + CR

**Mesures sur préleveurs INRS**

matériau	tâche	nombre de prélèvements	médiane (OMS+FFA) (f/L)	moyenne (OMS+FFA) (f/L)	maximum (OMS+FFA) (f/L)	nature
colles de carrelages et de dalles de sol	prélèvement	19	1,5	1,7	4,0	CH
canalisation en amiante ciment	prélèvement	7	1,5	2,2	6,1*	CH + CR

\* durées de prélèvement écourtées donc incertitudes très élevées

**Tableau 8. Valeurs indicatives des concentrations à l'intérieur des masques respiratoires**

#### 4.2.2 Expositions à l'intérieur des masques

Le Tableau 8 donne les valeurs de concentrations à l'intérieur des masques respiratoires, classées par processus et par tâche, y compris pour les préleveurs INRS présents sur les chantiers. Lorsque le nombre de fibres comptées à l'intérieur des masques est strictement inférieur à 4, l'approche décrite pour le cas des chantiers de niveau 3 a été adoptée (cf. paragraphe 4.1.2.).

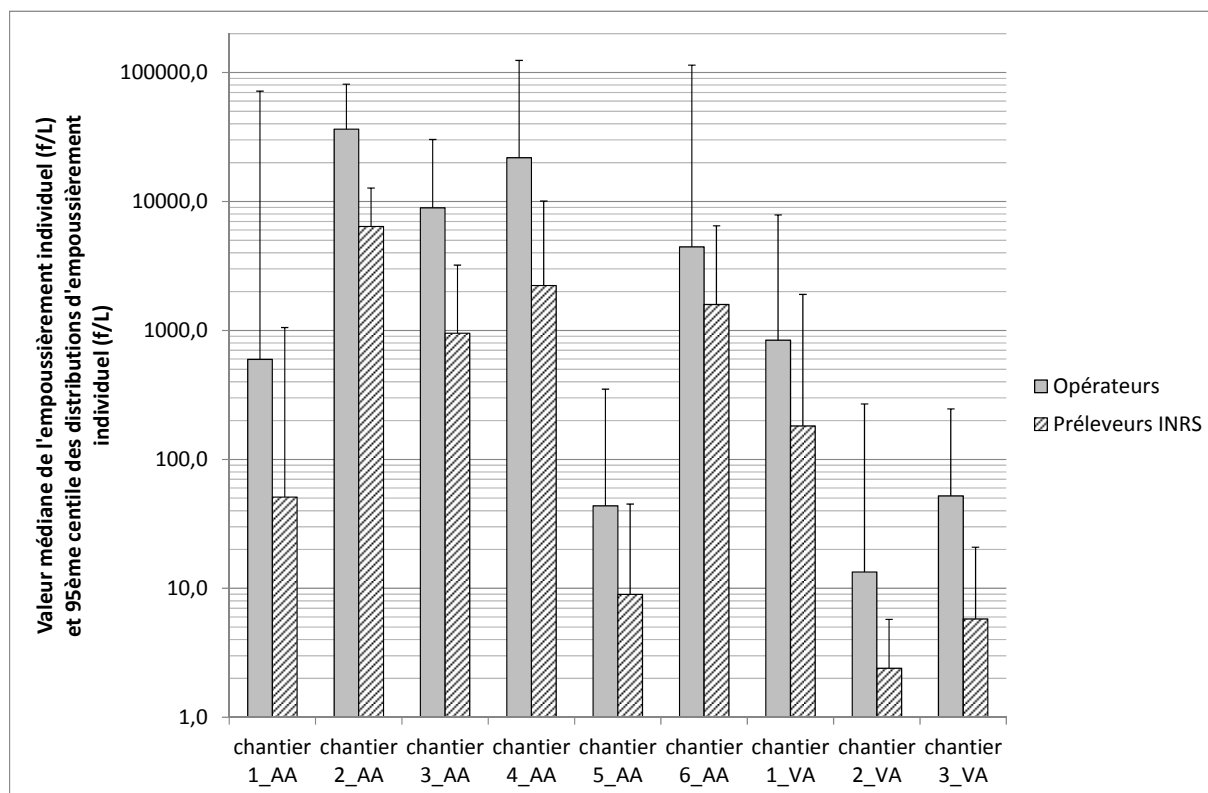
Pour 83 % des filtres de prélèvement obtenus sur opérateurs de désamiantage, aucune fibre d'amiante n'a été détectée à l'intérieur du masque et toutes les valeurs de concentration sont inférieures à 10 f/L.

#### 4.3 Effet de l'éloignement par rapport à la source : cas de l'empoussièrément individuel des préleveurs INRS

L'étude montre qu'en tant qu'observateurs éloignés de quelques mètres de la source d'émission, les préleveurs sont exposés à des concentrations moyennes de 4 à 10 fois inférieures à celles mesurées sur opérateurs, voire ponctuellement 40 fois plus faibles dans le cas d'un travail en cabine ventilée par exemple, lorsque le préleveur reste à l'extérieur de la cabine. En revanche, les agents INRS sont exposés à des niveaux d'empoussièrément similaires à ceux des opérateurs traitant directement le matériau lorsque la configuration des zones de travail ne permet pas un éloignement important du préleveur INRS. Le maintien d'une dépression en zone à un niveau suffisant est aussi un élément important à prendre en compte pour l'obtention d'un empoussièrément le plus faible possible.

La Figure 2 illustre ces données pour chacun des chantiers suivis et pour des tâches réalisées par les préleveurs consistant à observer les opérations de retrait et effectuer les changements de filtres des prélèvements extérieurs.

Ces résultats doivent inciter les préleveurs et les professionnels en charge du contrôle à pénétrer en zone. Leur présence en zone est essentielle pour assurer la qualité du prélèvement, identifier les pratiques à faire évoluer, et au final aider à l'amélioration de la qualité de l'évaluation des risques des entreprises.

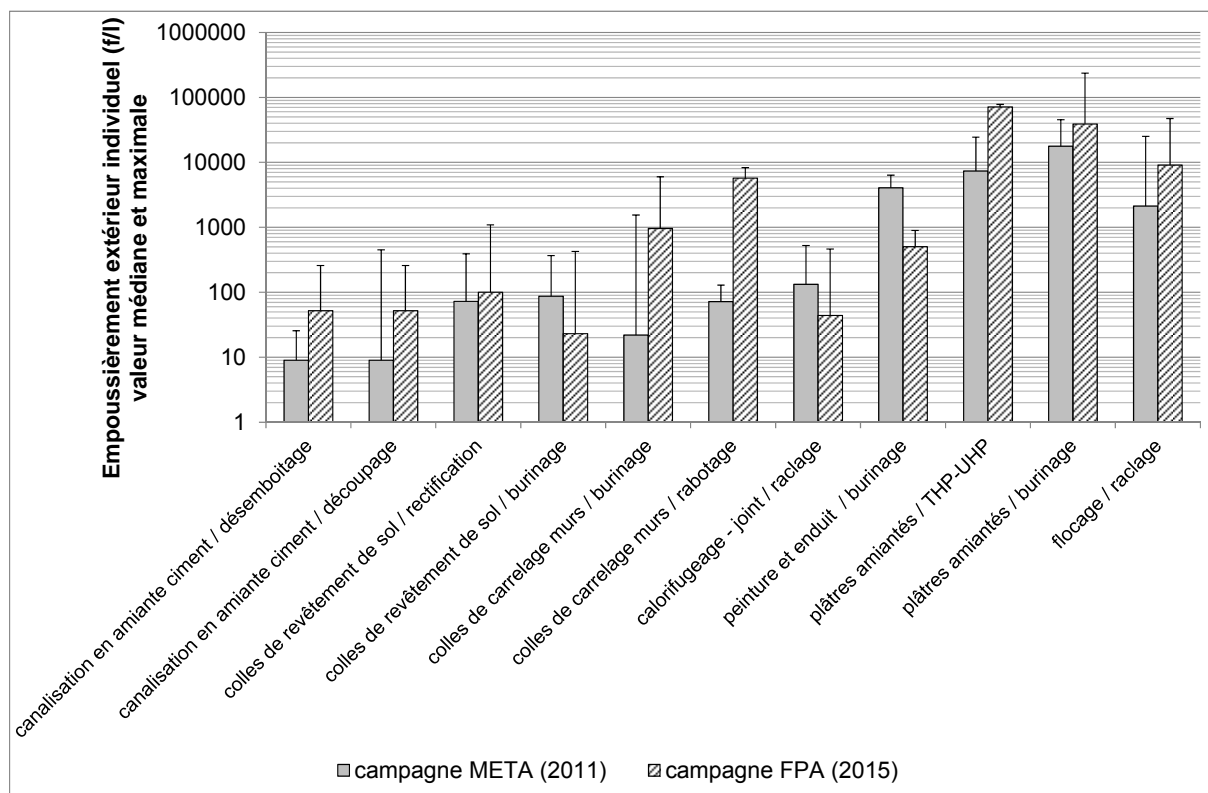


**Figure 2. Comparaison des empoussièrtements individuels enregistrés sur préleveurs INRS en zone avec ceux des opérateurs de désamiantage**

#### 4.4 Comparaison avec la campagne META

L'ensemble des résultats d'empoussièrtement issus de la campagne INRS pour la détermination des facteurs de protection assignés des APR utilisés en désamiantage a été comparé, pour les différents couples matériau / technique étudiés, aux résultats issus de la campagne META publiés en 2011 [2].

Les résultats sont présentés Figure 3.



**Figure 3. Comparaison des empoussièrlements issus de l'étude à ceux déterminés lors de la campagne META (2011)**

Sur les chantiers de niveau 2, les empoussièrlements obtenus dans le cadre de la mise en œuvre du retrait de colle de carrelage mural par burinage et rabotage sont bien supérieurs à ceux trouvés par les laboratoires accrédités ayant participé à la campagne META. Il en est de même sur les chantiers de niveau 3 lors du suivi du retrait de plâtre amianté par THP et par burinage. L'origine des écarts observés peut être liée à la phase de préparation des échantillons avant analyse en META. Cette phase peut avoir une répercussion importante sur les résultats de comptage comme cela a été montré dans le cadre des résultats du circuit d'intercomparaison ALASCA [12]. En particulier, dans le cadre de cette étude, l'atmosphère sur les chantiers de niveau 2 est très chargée en poussières autres que des fibres d'amiante et les empoussièrlements sur les chantiers de retrait de plâtre amianté sont extrêmement élevés. Pour ce type de chantier, la préparation du filtre de prélèvement avant analyse est particulièrement longue et délicate (dilutions multiples, traitement à l'acide) mais indispensable à l'obtention d'un résultat d'analyse fiable, ce qui n'est pas toujours mis en œuvre par les laboratoires accrédités.

Pour deux couples matériau / technique, la remarque est inverse et les empoussièrlements mesurés lors de cette étude sont inférieurs à ceux mesurés lors de la campagne META (2011). Il s'agit du retrait de colle au sol par burinage et du retrait de calorifuge par raclage. Dans le premier cas, ce résultat est probablement lié à l'amélioration du captage sur les chantiers de niveau 2, et pour le second cas le matériau retiré lors du chantier suivi (5\_AA) était très peu chargé en fibres d'amiante.

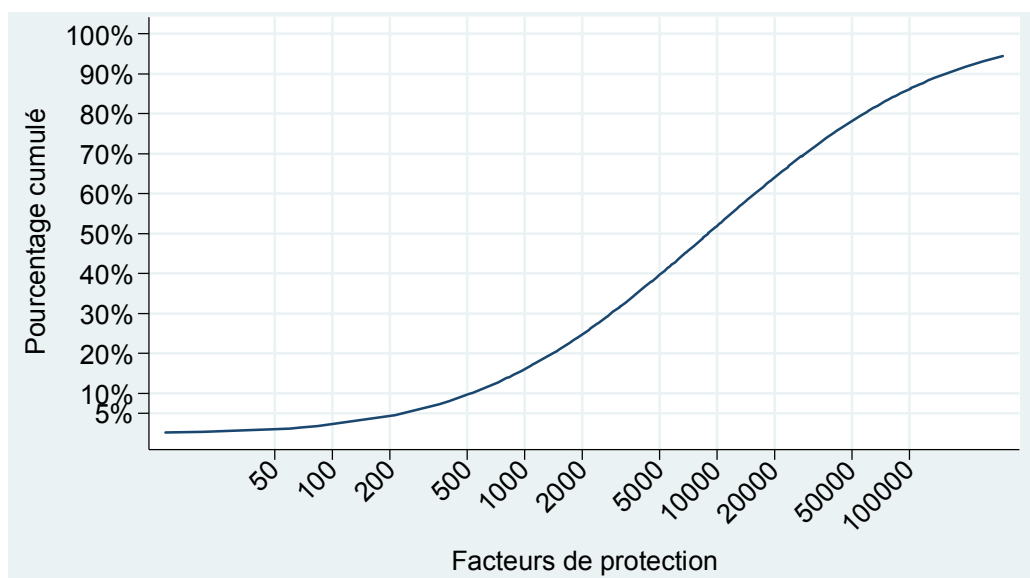
## 4.5 Analyse statistique des données pour la détermination du FPA

Par définition, le facteur de protection assigné correspond au niveau de protection attendu en situation de travail pour 95 % des opérateurs formés au port des appareils de protection respiratoire et utilisant correctement, après contrôle, un appareil bien entretenu et bien ajusté [3]. Il est basé sur la détermination du 5<sup>ème</sup> centile de la distribution des valeurs de facteurs de protection obtenues en situation de travail.

Un facteur de protection dépend de la configuration du chantier, de l'organisation en zone des activités, des postures de travail adoptées, des performances de la ventilation, du niveau de formation des opérateurs, de leurs habitudes d'équipement, ... Afin de définir un facteur de protection assigné pour les appareils à adduction d'air ou à ventilation assistée utilisés sur tout type de chantier de désamiantage, la distribution des facteurs de protection est prise en compte. Ces facteurs de protection assignés sont donc propres à cette activité particulière qu'est le désamiantage, et propres à l'équipement complet des opérateurs intégrant leurs autres EPI (combinaison, gants et bottes scotchés).

### 4.5.1 Traitement des données issues des chantiers de niveau 3 sur les appareils à adduction d'air

La modélisation statistique a porté sur 132 couples de valeurs de comptage de fibres à l'intérieur et à l'extérieur du masque respiratoire. Dans ce calcul, les données obtenues sur agents INRS ne sont pas intégrées du fait de leur activité en zone, non représentative du rythme et de la charge de travail des opérateurs de désamiantage.



**Figure 4. Distribution des facteurs de protection calculés pour les 6 chantiers de désamiantage étudiés en niveau 3 et pour les opérateurs de désamiantage seuls**

La détermination du facteur de protection assigné pour les appareils à adduction d'air est donc effectuée en calculant le 5<sup>ème</sup> centile de la distribution obtenue pour l'ensemble des 6 chantiers de niveau 3 (Figure 4) et aboutit à une valeur de **250**. Elle tient compte de l'ensemble des situations de travail suivies lors de cette étude, à l'exception d'une pour laquelle l'opérateur n'était pas rasé.

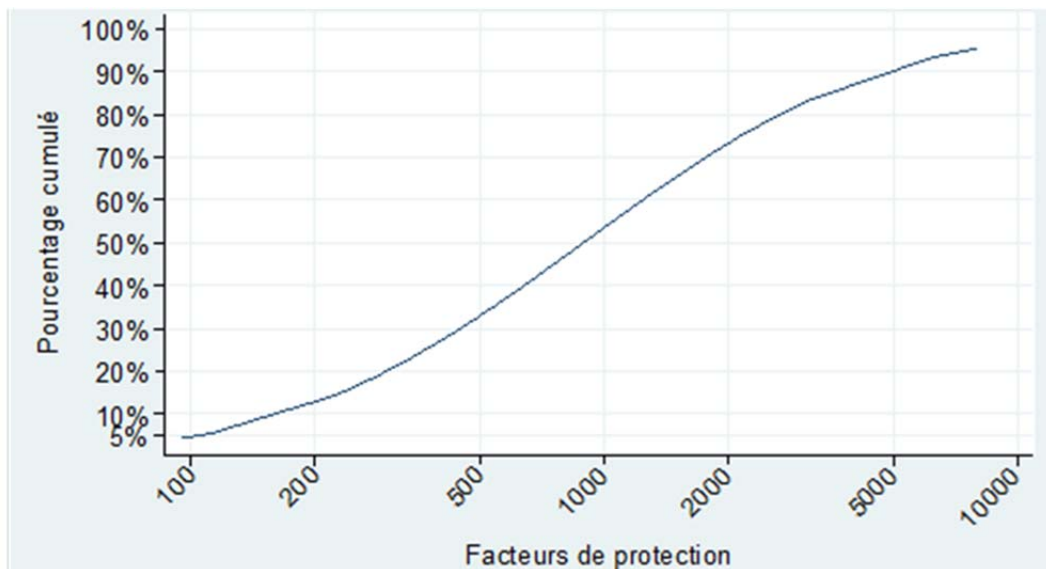
Il apparaît que cette valeur est identique à celle utilisée jusqu'à présent et basée sur un comptage en MOCP des fibres d'amiante sur des situations de travail suivies dans les années 1990. Plusieurs paramètres diffèrent néanmoins entre les deux campagnes de mesures. En l'absence de corrélation entre les deux méthodes d'analyse (MOCP et META) [13], aucune prédiction du FPA déterminé en META ne pouvait être faite *a priori*. D'autre part, la différence de nature entre les chantiers suivis est importante entre la campagne de 2015 et celle effectuée dans les années 90. En effet, l'étude a intégré deux chantiers de retrait de plâtre amianté sur les six suivis. Ce type de matériau amianté et les processus associés n'avaient pas été étudiés lors de la campagne qui a donné lieu à la détermination du FPA de 250 dans les années 90. Or, il apparaît sur les résultats (Tableaux 4 et 5) que ce sont les opérations les plus émissives et au cours desquelles ont été enregistrées les plus fortes pénétrations de fibres d'amiante à l'intérieur des masques respiratoires.

#### 4.5.2 Traitement des données issues des chantiers de niveau 2

L'impossibilité de tester les performances des appareils à ventilation assistée sur des chantiers de niveau d'empoussièremement élevé va conditionner l'ordre de grandeur du facteur de protection assigné attendu. En effet, le principe de fonctionnement d'un appareil à ventilation assistée, basé sur la filtration des particules et fibres présentes dans l'atmosphère de travail, est, par conséquent, directement lié à l'empoussièremement.

La modélisation statistique porte sur 47 couples de valeurs de comptage de fibres à l'intérieur et l'extérieur du masque respiratoire. A l'instar de l'approche adoptée pour l'adduction d'air, les données obtenues sur agents INRS n'ont pas été intégrées. Il en va de même pour les mesures sur opérateurs réalisées alors que la batterie de l'opérateur indiquait un niveau nul.

La distribution obtenue pour l'ensemble des 3 chantiers de niveau 2 est fournie sur le graphe de la Figure 5. La valeur du 5<sup>ème</sup> centile de la courbe présentée Figure 5, sur laquelle repose le facteur de protection assigné des appareils à ventilation assistée, est de 100.



**Figure 5. Distribution des facteurs de protection calculés pour les 3 chantiers de désamiantage étudiés en niveau 2 et pour les opérateurs de désamiantage seuls**

## 5 BILAN ET RECOMMANDATIONS

La campagne de mesures de l'INRS pour la détermination du facteur de protection assigné des APR utilisés sur les chantiers de désamiantage de niveau 3 et de niveau 2 s'est déroulée de mai 2014 à juillet 2015. L'exploitation des résultats d'analyse par META des prélèvements intérieur et extérieur aux masques respiratoires a permis d'établir deux courbes de distribution des facteurs de protection des appareils à adduction d'air et à ventilation assistée et des recommandations visant à réduire le risque d'exposition des salariés. En raison de l'alternance continue entre les modes de fonctionnement des appareils à adduction d'air à pression positive à « débit continu » et « à la demande » lors d'une même vacation, il n'a pas été possible d'établir un facteur de protection par mode de fonctionnement.

Le traitement statistique des distributions de facteurs de protection permet de proposer deux valeurs de facteurs de protection assignés égales à 250 et 100, respectivement pour les appareils à adduction d'air à la demande à pression positive ou à débit continu supérieur à 300 L/min et pour les appareils à ventilation assistée garantissant un débit minimum de 160 L/min, conformément à la réglementation en vigueur au moment de la campagne. Il est important de rappeler que ces valeurs de FPA ont été obtenues à partir d'échantillons totalement distincts. Les processus mis en œuvre et les empoussièrtements mesurés qui caractérisent les deux échantillons de l'étude que sont les chantiers de niveau 3 et les chantiers de niveau 2 sont suffisamment éloignés pour que la comparaison de ces deux valeurs de FPA ne puisse se faire que dans le cadre réglementaire des chantiers de retrait de matériaux amiantés.



Ces résultats ont montré les carences de l'évaluation du risque d'exposition à l'amiante chez les désamianteurs avec près de 25 % des valeurs d'empoussièrement supérieures au seuil réglementaire indiqué dans leur plan de retrait. En effet, les expositions fournies aux entreprises par les organismes accrédités dans le cadre de leur suivi réglementaire sont inférieures à celles obtenues par l'INRS lors de cette campagne, parfois inexistantes, du fait des difficultés analytiques associées au traitement des prélèvements. Face à ces forts empoussètements, les marges de progrès existent en termes notamment d'organisation du travail et de dispositifs techniques de protection collective.

La première mesure de prévention vise à supprimer le risque d'exposition en réorganisant les tâches des opérateurs, pour réduire le nombre de personnes directement exposées à proximité de la source d'émission. Une coactivité autour de l'opérateur en charge du retrait a été fréquemment constatée avec la présence conjointe d'un opérateur dédié à l'aspiration des poussières, au ramassage des déchets, voire même à l'éclairage. Une réflexion doit être menée par l'encadrement de chantier en concertation avec les opérateurs afin de modifier l'ordonnancement des tâches ou d'investir dans du matériel mieux adapté aux opérations de retrait.

Les réflexions sur l'organisation doivent porter aussi sur le renforcement de la surveillance des chantiers. Cette tâche est primordiale pour garantir une dépression suffisante dans le confinement et des conditions de travail et de décontamination adaptées pour les opérateurs de désamiantage.

Outre ces mesures d'organisation, l'effort doit aussi porter sur les techniques de retrait en travaillant sur le matériau ou sur l'outil utilisé pour le réaliser. Bien que l'humidification du matériau amianté soit largement répandue sur les chantiers, elle est bien souvent insuffisante ou appliquée de manière inadaptée avec remise en suspension des fibres. L'imprégnation à cœur du matériau est une solution mieux adaptée mais reste insuffisamment déployée. L'usage d'un porte-outil piloté à distance permet de réduire, par exemple, l'empoussièrement moyen par rapport à un retrait par burinage ou à la lance haute pression lors du traitement de plâtre amianté. L'équipement en dispositif de captage à la source se limite aux outils de type rectifieuse utilisés pour le retrait de dalles et de colle amiantée, mais est totalement absent sur les burineurs à l'origine de forts empoussètements.

Si les appareils de protection respiratoires utilisés permettent de protéger correctement les opérateurs dans la majorité des cas étudiés lors de nos campagnes, ce n'est pas toujours le cas lors du retrait de plâtre amianté. Ce matériau est particulièrement collant et s'incruste à la surface des équipements de protection individuelle. Différentes hypothèses à sa présence dans le masque respiratoire ont été présentées. Néanmoins, la réduction du risque de pénétration à l'intérieur des masques devra passer par la réduction de l'empoussièrement de ces processus en suivant les recommandations précédemment détaillées.

Les résultats obtenus lors de cette étude vont désormais pouvoir contribuer à alimenter les réflexions sur la "réglementation amiante" ainsi que sur la "prévention du risque amiante". En effet, au-delà des aspects réglementaires, des améliorations sur les conditions de désamiantage sont nécessaires pour protéger la santé des salariés de ce secteur.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

- [1] GOLDBERG S., REY G. - Modélisation de l'évolution de la mortalité par mésothéliome de la plèvre en France. Projections à l'horizon 2050, Santé travail, Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2012.
- [2] CLERC F., EYPERT-BLAISON C., GUIMON M., ROMERO-HARIOT A., VINCENT R. - Campagne de mesures d'exposition aux fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission analytique (META). INRS, août 2011.
- [3] Les appareils de protection respiratoire : Choix et utilisation. Guide INRS, ED 6106, 1<sup>ère</sup> édition octobre 2011.
- [4] HOWIE R.M., JOHNSTONE J.B.G., WESTON P., AITKEN R.J., GROAT S. - Workplace effectiveness of respiratory protective equipment for asbestos removal work. HSE Contract Research Report n° 112/1996.
- [5] VILLA M., HUBERT G., LIMA S., KAUFFER E., HERY M. - Opérations de désamiantage dans un immeuble de bureau - Efficacité de la protection individuelle. INRS, Cahiers de notes documentaires n°161, 1995, pp. 463-467.
- [6] HERY M., POSSOZ C., KAUFFER E. - Exposition professionnelle des travailleurs employés sur les chantiers d'enlèvement d'amiante. INRS, Cahiers de notes documentaires n°167, 1997, pp. 217-223.
- [7] HERY M., KAUFFER E. - Exposition professionnelle des travailleurs employés sur les chantiers d'enlèvement d'amiante. Bilan sur 15 chantiers. INRS, Cahiers de notes documentaires n°173, 1998, pp. 389-394.
- [8] XP X 43-269 - Qualité de l'air Air des lieux de travail - Prélèvement sur filtre à membrane pour la détermination de la concentration en nombre de fibres par les techniques de microscopie : MOCP, MEBA et META - Comptage par MOCP, avril 2012.
- [9] NF EN 136 - Appareils de protection respiratoire - Masques complets - exigences, essais, marquage. Mars 1998.
- [10] CHAZELET S, SILVENTE E. - Campagne de détermination des facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire utilisés en chantier de désamiantage : cas des APR à adductions d'air. INRS, juillet 2015, NS 336.
- [11] 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.
- [12] FREVILLE L., EYPERT-BLAISON C. - Amiante : des pratiques à améliorer pour certains participants à l'essai inter-laboratoires ALASCA MET. INRS, Hygiène et Sécurité au Travail, n° 240, septembre 2015.
- [13] EYPERT-BLAISON C., ROMERO-HARIOT A., CLERC F., VINCENT R. - Campaign to measure exposure to asbestos fibres by analytical transmission electron microscopy (ATEM) and comparison with optical phase contrast microscopy (PCM). Annals of Occupational Hygiene, soumis (11/2015).