

→ J. Lécivain (1), J.M. Gerber (1),
S. Aubert (1), P. Delsaut (1),
C. Dogan (2), A. Masson (1),
M. Héry(1,*)

(1) Service Evaluation et prévention du risque chimique, Centre de recherche de l'INRS, Nancy.

(2) Laboratoire de Toxicologie industrielle, CRAM Ile-de-France, Paris.

(*) Auteur auquel la correspondance doit être adressée ; e-mail : hery@inrs.fr.

ASSESSING THE QUALITY OF THE AIR USED TO FEED SUPPLIED AIR RESPIRATORS

MEASUREMENT OF OIL AND CARBON MONOXIDE CONTENT

The increasingly widespread use of respiratory protection devices supplied with compressed air from a compressor prompts the industrial hygienist to examine the quality of the air supplied to the wearer. The INRS conducted a field study on nine different sites:

- asbestos removal work (seven sites);
- metal part sandblasting;
- fettling work in a foundry.

Following the development of a suitable sampling and counting method for compressed air, oil and carbon monoxide concentrations were measured by the INRS and in some instances the industrial toxicology laboratory of the Paris region CRAM (regional health insurance fund) in the air as it came out of the compressor or after it had gone through a cleaning device. The findings differed from one site to another, although serious exposures were encountered on one site only (and excessively high concentrations in air straight from the compressor on one other site). Stress is placed on the need to make the various actors (equipment hirers, employers, occupational hygienists) aware of their responsibilities, and on the need for special compressors for respirable air, as well as for maintenance and inspection procedures for this type of equipment.

● air quality ● compressed air supply ● carbone monoxide ● oil mist ● determination ● respiratory protective equipment

Evaluation de la qualité de l'air utilisé pour l'alimentation des systèmes à adduction d'air

Mesure de la teneur en huile et en monoxyde de carbone

L'utilisation de plus en plus répandue d'appareils de protection respiratoire alimentés en air comprimé fourni par des compresseurs incite l'hygiéniste industriel à s'intéresser à la qualité de l'air mis à la disposition des opérateurs. L'INRS a réalisé une étude de terrain sur 9 chantiers différents :

- travaux d'enlèvement d'amiante (7 chantiers) ;
- sablage de pièces métalliques ;
- ébarbage dans une fonderie.

Après mise au point d'une méthode de prélèvement et de dosage adaptée à l'échantillonnage dans l'air comprimé, les teneurs en huile et monoxyde de carbone de l'air ont été mesurées par l'INRS et dans certains cas par le laboratoire de toxicologie industrielle de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Ile-de-France, en sortie de compresseur ou après passage de l'air sur borne épuratrice. Les résultats sont assez différents selon les chantiers, même si des expositions importantes n'ont été rencontrées que sur un chantier (avec des concentrations trop élevées en sortie de compresseur sur un deuxième chantier). L'accent est mis sur la nécessité de responsabiliser les différents acteurs (loueurs, entreprises, hygiénistes du travail), ainsi que sur la nécessité d'une spécialisation du matériel de compression pour l'alimentation en air respirable et d'établir des procédures de maintenance et de contrôle de ce type de matériel.

● qualité de l'air ● système à adduction d'air ● monoxyde de carbone ● brouillard d'huile ● dosage ● appareil de protection respiratoire

Le récent accroissement du nombre de chantiers d'enlèvement d'amiante a conduit les hygiénistes industriels à redoubler d'efforts pour assurer une protection respiratoire satisfaisante des travailleurs intervenant sur ces chantiers. A ce titre des études ont été conduites visant à mesurer l'efficacité des appareils de protection respiratoire utilisables sur ces chantiers [1]. Concernant ce type d'équipement de protection individuelle, la législation française privilégie l'utilisation de l'adduction d'air alimentant un masque complet, une cagoule ou un scaphandre. Le recours à la ventilation assistée ne peut intervenir que si l'utilisation de l'adduction d'air pose un problème de sécurité pour l'opérateur [2].

Des travaux récents menés par le laboratoire d'Ergonomie des systèmes complexes de l'Université Victor-Segalen (Bordeaux 2), à la demande de l'Organisme professionnel de prévention du Bâtiment et des Travaux publics (OPPBT), ont porté, entre autres sujets,

sur la qualité de l'air respirable mis à la disposition des travailleurs sur un chantier d'enlèvement d'amiante. Une concentration d'huile de 1,1 mg.m⁻³ d'air fourni par un compresseur a été mesurée [3]. Une revue de la littérature montre que l'exposition à des brouillards d'huile peut produire des effets néfastes sur la santé des travailleurs. Même si les données sont parfois contradictoires, ont été cités en particulier des risques d'insuffisances ou d'atteintes respiratoires [4 à 6], mais aussi des excès de cancers du larynx [7], du pancréas [8] ou du sang [9].

L'utilisation des appareils de protection respiratoire alimentés en air comprimé ne se limitant d'ailleurs pas aux chantiers d'enlèvement d'amiante, mais concernant également des activités comme le sablage ou la peinture, l'INRS a décidé de réaliser une étude de terrain consacrée à la qualité de l'air mis à la disposition des opérateurs utilisant cette technique. Deux polluants ont été mesurés : les brouillards

d'huile cités précédemment, et le monoxyde de carbone (CO) dont la concentration dépendra de l'emplacement où l'air est aspiré avant compression.

Pour l'alimentation en air respirable, plusieurs types de compresseurs peuvent être utilisés :

Les compresseurs à piston

Ce sont les plus répandus et les moins coûteux. Ils sont peu souhaitables pour l'alimentation en air respirable car ils génèrent de l'huile. En règle générale les fabricants ne garantissent aucune teneur en huile dans l'air fourni et indiquent seulement la consommation d'huile de l'appareil. Ces compresseurs ne peuvent pas, pour des raisons mécaniques, fonctionner en permanence. Leur taux de charge maximal (c'est-à-dire le pourcentage du temps de fonctionnement par rapport au temps d'utilisation) varie de 50 à 70 % selon les modèles. Il est donc nécessaire de leur adjoindre un réservoir tampon pour alimenter le réseau quand le compresseur est à l'arrêt.

Les compresseurs rotatifs à vis lubrifiée

Ils sont plus coûteux que les compresseurs à piston, mais les fabricants garantissent en général une concentration d'huile dans l'air de sortie inférieure à 3 mg.m^{-3} .

Les compresseurs à spirale

Ces compresseurs d'un prix élevé ne sont pas lubrifiés. Il existe également des compresseurs à piston et vis non lubrifiés, mais ces matériels ne semblent pas souvent retenus, notamment pour des raisons de coût et de capacité.

Le plus souvent, les compresseurs lubrifiés sont suivis de bornes épuratrices permettant entre autre un « déshuilage » de l'air respirable. Dans certains cas, ces bornes permettent également l'épuration du monoxyde de carbone.

Matériels et méthodes

Détermination de la concentration par analyse infrarouge

La campagne de mesure des expositions en situation industrielle a été précédée de la détermination au laboratoire des conditions d'analyse des brouillards d'huile. Les dosages ont été réalisés par spectrophotométrie infrarouge sur un appareil à transformée de Fourier (spectrophotomètre FT-IR 71 de Nicolet). Cet appareil permet la mesure de l'absorbance de l'huile en solution dans le tétrachloréthylène, à partir de la détermination d'une ligne de base entre deux longueurs d'onde définies du spectre.

On mesure donc l'amplitude du signal à laquelle on soustrait celle du tétrachloréthylène utilisé comme solvant.

Dix millilitres de tétrachloréthylène (Merck qualité « très pur », réf. 964) sont ajoutés aux filtres échantillonnés placés dans des flacons en verre à fermeture étanche. Après un passage de 20 minutes aux ultrasons, les extraits sont analysés en infrarouge. La mesure de l'absorbance est effectuée entre $2\ 800$ et $3\ 000 \text{ cm}^{-1}$ (vibrations longitudinales des liaisons C-H), par rapport à une gamme d'étalonnage réalisée à partir de quantités connues de l'huile à doser (ou à défaut d'une huile de même type ; cf. ci-après) sur les filtres (généralement à des concentrations comprises entre 10 et $400 \text{ } \mu\text{g.ml}^{-1}$). Un exemple d'un tel étalonnage est donné sur la *figure 1*.

Détermination de l'indice DMSO-UV

Sur certains échantillons d'huile, on a également effectué une détermination de l'indice DMSO-UV. Cet indice a pour but d'évaluer le potentiel cancérigène des huiles. Il est basé sur la relation entre l'indice d'absorption UV des huiles et leur concentration en benzo[a]pyrène. On considère qu'un indice inférieur à 300 garantit une bonne probabilité de non-toxicité [10]. Le principe consiste à mesurer l'absorption UV d'un extrait de l'huile par le diméthylsulfoxyde (DMSO) en prenant la valeur maximale entre 280 et 289 nm.

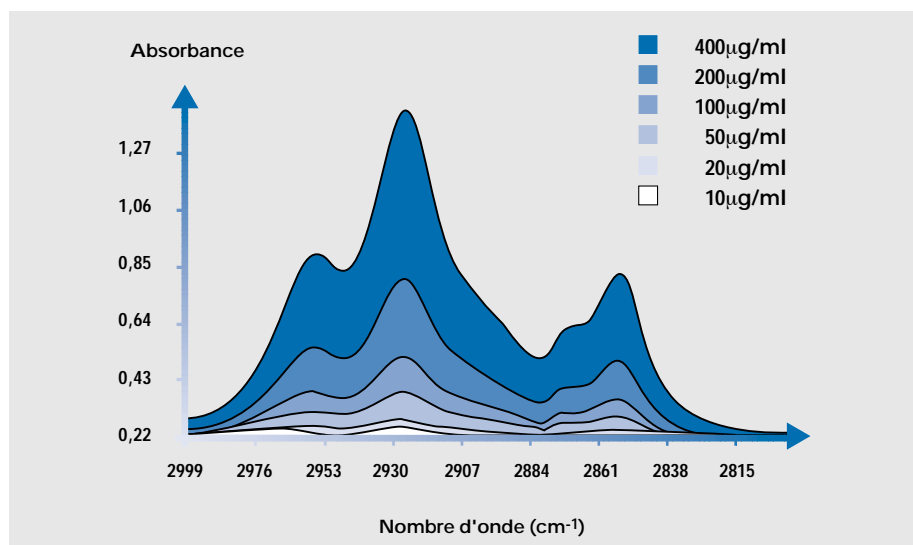


Fig. 1. Spectre infrarouge : étalonnage de l'huile
- Infrared spectrum: oil calibration

Matériel de prélèvement

Afin de réaliser en situation de travail la mesure des concentrations d'huile dans l'air respirable, on a conçu le système de prélèvement représenté sur la *figure 2*. Il est constitué d'un manodétendeur, d'un support de filtre et d'un compteur volumétrique. Après détente, l'air traverse un filtre en fibre de verre de type GF/C Whatman (réf. 1822-090) de Ø 90 mm, qui retient les particules et en particulier d'éventuels aérosols d'huile. Le débit est ajusté grâce au manodétendeur et au compteur. Les prélèvements ont été effectués avant la borne épuratrice (c'est-à-dire en sortie de compresseur) et après.

Un analyseur spécifique du monoxyde de carbone dans l'infrarouge non dispersif (Unor 6N[®] de la société Maihak) est branché à la sortie du dispositif de prélèvement décrit ci-dessus (cf. fig. 2). Il permet de mesurer en continu la teneur en CO de l'air respirable. Il est étalonné à partir d'un mélange N₂/CO titrant 100 ppm en CO.

Les entreprises visitées

Au total, neuf chantiers, impliquant huit entreprises, ont été visités :

- sept chantiers d'enlèvement d'amiante ;
- une entreprise réalisant le sablage de pièces métalliques ;
- une fonderie dont les travailleurs employés à l'ébarbage sont équipés de masques respiratoires alimentés en adduction d'air.

Durée des campagnes de mesure

Dans la majorité des cas, chaque campagne de mesure a duré une demi-journée. L'objectif était de réaliser 3 à 4 prélèvements aux deux points choisis (avant et après la borne épuratrice) afin de vérifier la stabilité des résultats dans le temps. On a donc utilisé simultanément deux dispositifs d'échantillonnage, tels que décrits sur la figure 2. C'est la nécessité de faire passer un volume d'air suffisant sur le filtre destiné à recueillir les aérosols d'huile qui constitue le facteur déterminant pour la durée de la mesure : de 15 à 120 minutes pour un volume de 2 000 à 20 000 litres.

Questionnaire

Un questionnaire a été envoyé à l'ensemble des entreprises de retrait et de confinement d'amiante friable certifiées par AFAQ-ASCERT International et QUALIBAT. L'objectif était de connaître les matériels utilisés par ces entreprises (masques, compresseurs, systèmes d'épuration) et les pratiques professionnelles : achat en propre ou location, procédures de maintenance, problèmes particuliers rencontrés. Ce questionnaire est reproduit en *annexe I*.

Comparaison aux valeurs limites d'exposition

Il n'existe pas en France de valeur limite d'exposition pour les brouillards d'huile. Dans le cadre d'un guide pratique de ventilation [11], l'INRS et les services Prévention des Risques Professionnels des CRAM ont fixé un objectif pour l'assainissement des ateliers utilisant des huiles minérales entières : une concentration atmosphérique maximale de 1 mg.m⁻³.

Le décret n° 90-277 du 28 mars 1990 modifié, relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare, stipule que : « Art. 6. L'air ou les mélanges respirés au cours de l'intervention doivent présenter : (...) d) S'agissant des vapeurs d'huile, une pression partielle exprimée en équivalent méthane inférieure à 0,5 hPa (0,5 mbar) et une concentration inférieure à 0,5 mg.m⁻³ [12] ».

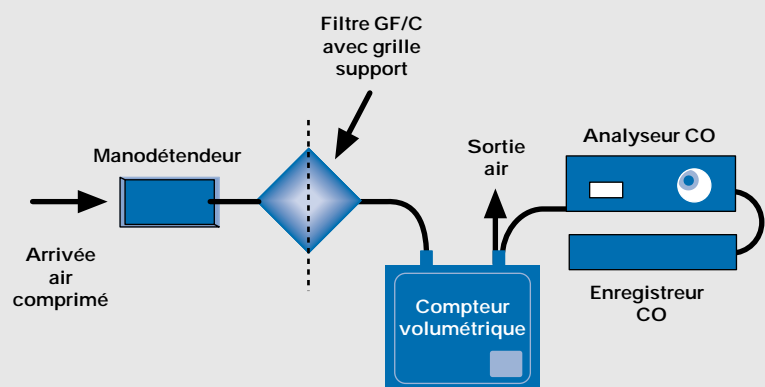
La norme NF EN 12021 indique que l'air ne doit pas avoir d'odeur ni de goût significatif, et que la teneur en lubrifiant (gouttelettes ou brouillard) ne doit pas excéder 0,5 mg.m⁻³ [13].

Aux Etats-Unis, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a fixé à 5 mg.m⁻³ la valeur limite de moyenne d'exposition (TLV-TWA concernant un poste de travail de 8 heures) pour les brouillards d'huile minérale [14]. Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) préconise une valeur de 0,5 mg.m⁻³ [15].

La valeur limite en France (VME, mesurée sur 8 heures) du monoxyde de carbone est de 50 ppm [16].

La norme NF EN 12021 indique que la teneur en monoxyde de carbone ne doit pas excéder 15 ppm [13].

Fig. 2. Dispositif de prélèvement
- Sampling system



Résultats

Stabilité pendant le prélèvement de l'huile échantillonnée

Un volume important d'air (jusqu'à 20 m³) à un fort débit (20 l.min⁻¹) traversant le filtre pendant l'échantillonnage, il convenait de s'assurer que les aérosols d'huile une fois échantillonnés n'étaient pas vaporisés au cours du prélèvement.

Pour ce faire, des filtres en fibre de verre GF/C, identiques à ceux utilisés pour le prélèvement en situation industrielle, ont été imprégnés par une solution d'huile (dans le tétrachloréthylène) à 1 mg.l⁻¹. Une fois séché sous hotte pendant 15 minutes, afin d'éliminer le solvant, le filtre est placé dans le dispositif de prélèvement de la figure 2, puis soumis au passage d'environ 7 m³ de l'air comprimé alimentant le laboratoire. Cet air passe en amont du filtre imprégné sur un autre filtre de même nature destiné à retenir les éventuelles traces d'huile que pourrait contenir l'air du réseau.

Ces essais ont été réalisés pour deux huiles différentes : l'une à tendance paraf-

finique, l'autre à tendance aromatique. Pour chacune de ces huiles, sept filtres ont été imprégnés, puis soumis au flux d'air comprimé. Pour la première huile, aucune différence n'a été enregistrée entre les échantillons avant et après passage de l'air. Les spectres infrarouge de ces échantillons (avant/après) sont reproduits sur la figure 3. En revanche, pour la seconde huile (à tendance aromatique), utilisée dans des compresseurs hermétiques, une perte de 28 % a été mesurée, avant et après le passage de l'air. Ce type d'huile, qui présente un spectre très particulier à l'analyse infrarouge et qui est très fluide, est d'un usage peu répandu : sur tous les compresseurs étudiés au cours de cette étude, il n'a été rencontré qu'à une seule reprise, alors que six huiles différentes à tendance paraffinique étaient utilisées.

Conservation des échantillons

Il s'agit de vérifier par cet essai que les échantillons prélevés sur les chantiers ne s'altèrent pas au cours du temps et qu'on retrouve au moment de l'analyse la quantité d'huile prélevée au cours de l'échantillonnage.

Fig. 3. Spectre infrarouge : essai d'aération d'un filtre
- Infrared spectrum: oil-impregnated filter exposed to compressed air flow

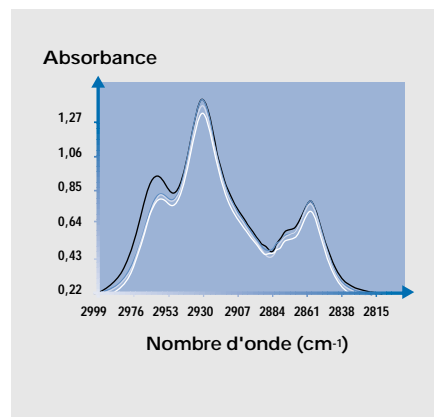


TABLEAU I

RÉSULTATS DES MESURES SUR CHANTIERS - RESULTS OF FIELD MEASUREMENTS

Chantier	Caractéristique du chantier	Type de compresseur (1)	Réservoir en sortie de compresseur	Localisation du prélèvement (2)	Mesure de la teneur en huile				CO Moyenne ppm	Indice DMSO-UV de l'huile
					N prél. INRS (3)	Etendue mg/m ³ INRS	Moyenne mg/m ³ INRS	Etendue mg/m ³ CRAMIF		
A	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Non	- Sortie compr. - Après borne	3	0,44/0,90	0,63	-	< 1	170
					3		< 0,02		< 1	
B	Sablage de pièces	E. à pistons T. à pistons	Oui	- Sortie compr.	4	0,2/0,4	0,3	-	< 1	
			Oui	- Sortie compr.	3	48/52	50	-	< 1	
				- Dans la cagoule	2	15/28	22	-	< 1	
C	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Non	- Sortie compr.	3	5,2/6,8	6,0	-	< 1	
				- Après borne	4	1,4/2,1	1,9	-	< 1	
D	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Non	- Sortie compr.	3	0,51/0,96	6,0	-	< 1	170
				- Après borne	4	< 0,02/0,04	1,9	-	< 1	
E	Enlèvement d'amiante	E. à pistons	Oui	- Sortie compr.	4	0,04/0,09	0,07	-	< 1	
				- Après borne	4	0,01/0,03	0,02	-	< 1	
F	Ebarbage	E. à vis	Non	- Sortie compr.	2	0,68/0,70	0,69	-	10	< 1
G	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Oui	- Sortie compr.	5	8,2/12	9,4	10	< 1	
				- Après borne	4	0,03/0,17	0,07	-	< 1	
H	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Oui	- Sortie compr.	3	0,53/2,3 (*)	0,61 (**)		< 1	190
				- Après réserv.	3	0,42/0,47	0,45		< 1	
				- Après borne	3		< 0,01	< 0,02/< 0,05		
I	Enlèvement d'amiante	E. à vis	Oui	- Sortie compr.	4	0,26/0,28	0,27		< 1	120
				- Après borne	3		0,01	< 0,01/< 0,03		

(1) E. à vis : électrique à vis. E. à pistons : électrique à pistons. T. à pistons : thermique à pistons.

(2) Sortie compr. : sortie de compresseur. Après réserv. : après le réservoir.

(3) Nombre de prélèvements INRS.

(*) Arrêt accidentel du compresseur pendant la mesure suite à une fausse manœuvre.

(**) Sans tenir compte de la valeur 2,3 mg.m⁻³.

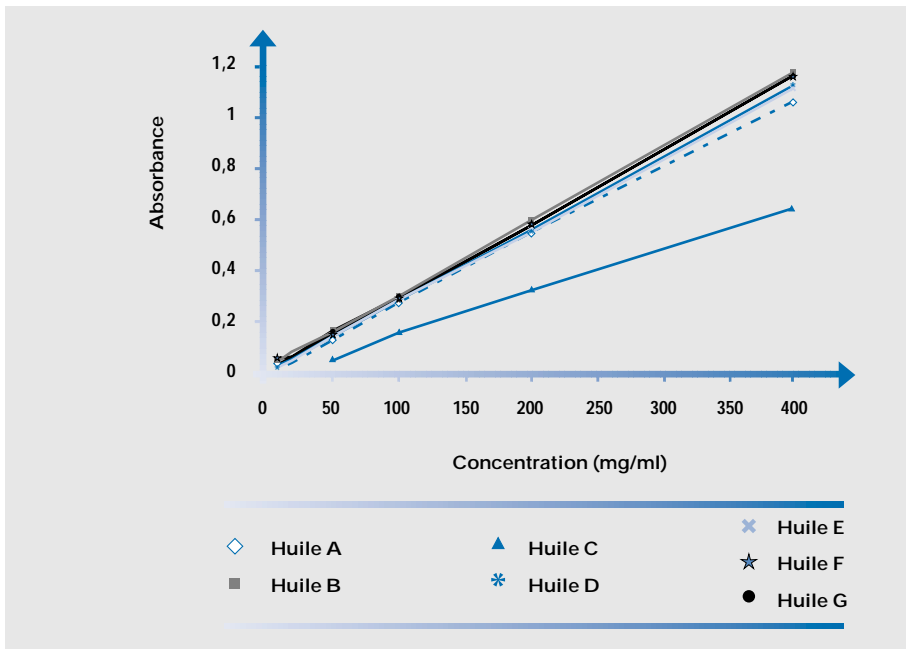


Fig. 4. Comparaison des étalonnages des différentes huiles

- Comparison of calibrations for different oils

Pour ce faire, douze filtres ont été imprégnés au jour J avec 1 mg chacun d'huile à tendance paraffinique en solution dans le tétrachloréthylène, selon des modalités identiques à celles de l'essai précédent. Les filtres ont été conservés à la température ambiante du laboratoire (20 à 25 °C). Ces filtres ont ensuite été analysés, par série de deux, aux jours J, J+1, J+2, J+3, J+5, J+10.

Aucune perte de matière n'a été enregistrée, même pour les périodes de conservation les plus longues (10 jours). Au cours de cette étude, tous les échantillons prélevés en situation industrielle ont été analysés dans les quelques jours qui ont suivi leur échantillonnage.

Étalonnage en cas d'absence d'huile de référence

La droite d'étalonnage pour l'analyse en infrarouge doit logiquement être construite à partir de l'huile présente dans le compresseur. Or, sur certains chantiers, il n'a pas été possible de recueillir cette huile au niveau du compresseur. Le recours à une huile neuve n'est pas a priori satisfaisant, et il n'a d'ailleurs pas été possible dans certains cas de s'en procurer.

Par ailleurs, s'agissant dans la plupart des cas de matériel loué, on ne peut pas avoir la certitude absolue que l'huile présente dans le compresseur est bien celle annoncée. On a donc réalisé une compa-

raison des étalonnages effectués avec les différentes huiles.

La *figure 4*, qui reproduit les différentes droites d'étalonnage, montre que pour six des sept huiles étudiées (les huiles à tendance paraffinique), la différence est inférieure à 10 %. En revanche pour l'huile à tendance aromatique, la droite d'étalonnage est significativement différente de celles des huiles à tendance paraffinique.

Mesures effectuées en situation industrielle : exposition aux brouillards d'huile

Dans le *tableau I* sont rassemblées les principales caractéristiques des chantiers étudiés, ainsi que les concentrations mesurées en amont (sortie du compresseur) et en aval (alimentation de l'opérateur) du système d'épuration de l'air.

Sur trois chantiers (G, H et J) les mesures ont été effectuées en parallèle (prélèvement et dosage) par l'INRS et le laboratoire de Toxicologie de la CRAM Ile-de-France, selon des techniques analogues. Les résultats de ces deux laboratoires sont concordants.

Remarques

- Sur les chantiers A, B, D, G, H et I, le compresseur a été mis en route spécialement pour les mesures car les appareils de protection respiratoire alimentés en air comprimé n'étaient pas en fonctionnement lors de nos campagnes de mesure.

- Dans l'entreprise F (fonderie), les compresseurs sont installés à demeure dans un local spécifique qui jouxte les ateliers de fabrication. Un compresseur à spirale (non lubrifié) sert à l'alimentation des cagoules ; un compresseur à vis (lubrifié) est utilisé pour la production de l'air comprimé machine. Comme on retrouve ce dernier type de matériel dans d'autres chantiers pour l'alimentation des systèmes à adduction d'air, des mesures ont été effectuées sur ce système. Les concentrations mesurées, d'ailleurs à peine supérieures à 0,5 mg.m⁻³, ne doivent pas être considérées comme des expositions professionnelles réelles, d'autant que le système n'était pas équipé de borne épuratrice.

- Le compresseur thermique à piston du chantier B est ancien et n'était plus utilisé à l'époque des mesures depuis environ un an pour l'alimentation de la cagoule de sablage. Il est remplacé par le compresseur électrique qui alimente directement la cagoule, sans borne d'épuration indépendante.

Les indices DMSO-UV n'ont pu être déterminés que pour 4 chantiers en raison de la difficulté rencontrée pour se procurer une quantité suffisante d'huile (au moins 25 ml). Les indices mesurés, rassemblés également dans le *tableau I*, sont toujours inférieurs à la valeur de 300, qui garantit une bonne probabilité de non-toxicité [9].

Mesures effectuées en situation industrielle : exposition au monoxyde de carbone

Ces mesures sont également regroupées dans le tableau I. On n'a pas mis en évidence de concentration excessive de monoxyde de carbone sur l'ensemble des chantiers, y compris quand, comme sur le chantier D, le compresseur était installé dans la rue à proximité d'un groupe électrogène en fonctionnement.

Dans la fonderie F, le niveau d'exposition est sensiblement plus élevé (cf. *figure 5*, courbe 1) en raison du type d'activité. De la même façon sur le chantier A, on a pu mettre en évidence des pics d'exposition (dont un au moins a été repéré précisément sur la figure 5, courbe 2) liés au passage d'un camion.

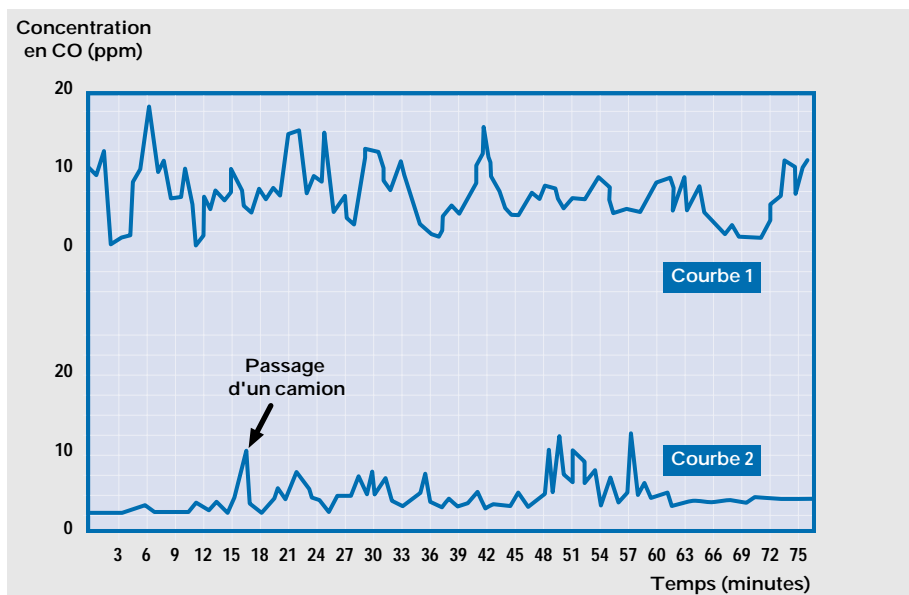


Fig. 5. Suivi de la teneur en monoxyde de carbone
- Monitoring CO concentrations

TABLEAU II

RESULTATS DES QUESTIONNAIRES EN ENTREPRISES - RESULTS OF ON-SITE QUESTIONNAIRES

Eléments et remarques - Paramètres	N (%)
Compresseur	
- Matériel acheté	14 (61)
- Matériel loué	9 (39)
- Type de compresseur	10 (59)
- à vis	5 (29)
- à pistons	2 (12)
- à spirale	4 (24)
- non lubrifié	
- Equipement du compresseur	5 (29)
- refroidisseur	0 (0)
- réchauffeur	6 (35)
- déshuileur	4 (24)
- sécheur	0 (0)
- autres	
Borne épuratrice	
- Matériel acheté	20 (91)
- Matériel loué	2 (9)
- Présence de filtres	17 (77)
- anti-particules	20 (91)
- déshuileur	9 (41)
- filtre CO	1 (5)
- autres	
Problèmes rencontrés sur la qualité de l'air	
- odeurs	1 (5)
- température	4 (19)
- huile	0 (0)
- total	5 (24)
- problème résolu	4 (80)

Questionnaire

Le taux de retour du questionnaire est relativement faible : 26 réponses, soient environ 23 %. Le *tableau II* résume l'exploitation des questionnaires qui a été faite. Il convient de signaler que seulement 21 des entreprises ayant répondu déclarent travailler en adduction d'air, alors que la législation française en fait une obligation.

Discussion et conclusion

Les concentrations d'huile en sortie de compresseurs montrent une dispersion importante : de valeurs inférieures à $0,02 \text{ mg.m}^{-3}$ à une concentration atteignant 52 mg.m^{-3} .

A deux exceptions près (chantiers C et G), les compresseurs à vis fournissent un air dont la concentration en huile est conforme aux données fournies par les constructeurs, c'est-à-dire inférieure à 3 mg.m^{-3} . Il convient de noter que si sur le chantier G la borne épuratrice permet en définitive de fournir aux travailleurs un air dont la concentration d'huile est largement inférieure à 1 mg.m^{-3} , il n'en est pas de même sur le chantier C où la borne épuratrice ne joue plus son rôle. On peut supposer (mais en raison du décalage

entre échantillonnage en situation industrielle et analyse au laboratoire, il n'a pas été possible de le vérifier) que ces teneurs trop élevées sont dues à une saturation de la cartouche de filtration. Il est évident que si la teneur en sortie du compresseur est trop élevée, les cartouches de filtration seront rapidement saturées.

Les concentrations en sortie des compresseurs à piston sont faibles, à l'exception notoire du compresseur thermique, qui n'est heureusement plus utilisé. Au vu de ces résultats, il n'est pas possible de privilégier une technologie, vis ou piston. La solution idéale qui consisterait à utiliser des compresseurs non lubrifiés ne peut souvent pas être retenue, non pas tant en raison du coût que de sa difficulté d'adaptation à certains chantiers, notamment en terme de débit fourni trop faible.

Il n'en reste pas moins que dans certains cas des travailleurs risquent d'être exposés à des concentrations trop élevées sans que rien ne permette de le mettre en évidence facilement. Il existe certes des kits d'analyse mesurant la teneur en huile, en vapeur d'eau, en CO et en CO₂ de l'air comprimé, mais ils se révèlent assez difficiles à mettre en œuvre. Plus que le niveau d'investissement de départ (5 à 10 KF selon le fournisseur et les options, avec la nécessité de disposer d'autant d'appareils que de chantiers menés simultanément) et le coût de fonctionnement (quelques centaines de francs par analyse), c'est la durée des analyses qui semble poser problème : pour mesurer des concentrations aussi faibles que $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$, il faut a priori envisager

une durée de plusieurs dizaines de minutes. Renouveler cette opération souvent n'est guère possible.

Compte tenu des résultats du questionnaire auprès des entreprises spécialisées dans l'enlèvement d'amiante (dont on ne peut affirmer la représentativité), on constate que dans environ 40 % des cas, le matériel de compression de l'air est loué sur place (cas des chantiers d'enlèvement d'amiante) et qu'aucune garantie n'est actuellement fournie quant aux performances de ce matériel. En règle générale, les entreprises d'enlèvement d'amiante sont propriétaires de leurs dispositifs de filtration, et n'ont que peu recours à la location.

Si on veut éviter que des salariés ne soient exposés à des concentrations excessives d'huile, ce qui était le cas sur un des 9 chantiers étudiés, et potentiellement sur un deuxième (celui où le compresseur délivrait des teneurs trop élevées d'huile risquant de saturer rapidement la borne épuratrice), il convient de responsabiliser l'ensemble des partenaires. Il serait nécessaire en particulier que des compresseurs (qu'ils soient la propriété d'entreprises de location ou d'entreprises utilisatrices) soient dédiés à la fourniture d'air respirable. Il conviendrait d'avoir des garanties sur la quantité d'huile émise, quelle que soit la technologie utilisée puisqu'on a mis en évidence des concentrations élevées pour des compresseurs à vis, pourtant réputés moins polluants. De la même façon, les épurateurs d'air doivent être changés régulièrement en fonction de la qualité de l'air fournie par le compresseur et de la capacité de rétention des cartouches filtrantes. Chaque utilisateur devrait donc être en mesure de fournir des certificats de maintenance, avec obligation de résultat, tant pour le matériel dont il est propriétaire que pour celui qu'il loue.

Seuls un effort de formation, d'information, la mise en place de procédures permettant de connaître le matériel, de prévoir une maintenance préventive et le changement régulier des éléments de filtration permettront à terme de s'assurer que les travailleurs utilisant l'adduction d'air, et en particulier sur les chantiers d'enlèvement d'amiante, ne risquent pas d'être exposés à des concentrations excessives. Trop souvent encore aujourd'hui les responsables des chantiers ne sont pas en mesure de fournir des garanties quant aux éléments (niveau d'émission du compresseur, changement régulier des cartouches de filtration) nécessaires à des conditions de travail satisfaisantes.

BIBLIOGRAPHIE

1. HERY M., POSSOZ C., KAUFFER E. - Exposition professionnelle des travailleurs employés sur les chantiers d'enlèvement d'amiante. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1997, 167, ND 2046, pp. 217-224.
2. Arrêté du 14 mai 1996 relatif aux règles techniques que doivent respecter les entreprises effectuant des activités de confinement et de retrait de l'amiante. *Journal Officiel du 23 mai 1996*.
3. GARRIGOU A., MOHAMMED-BRAHIM B., DANIELLOU F. - Etude ergonomique sur les chantiers de défilage d'amiante. Bordeaux, *Institut de Santé Publique, Epidémiologie et Développement - Université Victor-Segalen (Bordeaux 2)*, mai 1998, 105 p. (+ annexes).
4. SOUTIRAS F. - Pathologie respiratoire liée à l'inhalation de fluide de coupe. *Revue de la littérature à partir d'un cas clinique*. Toulouse, *Thèse de doctorat de médecine*, 1994.
5. AMEILLE J., WILD P., CHOUDAT D., OHL G., VAUCOULEUR J.F., CHANUT J.C. - Respiratory symptoms, ventilatory impairment and bronchial reactivity in oil mist-exposed automobile workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 1995, 27, pp. 247-256.
6. MASSIN N., BOHADANA A., WILD P., GOUTET P., KIRSTETTER H., TOAMAIN J.P. - Airway responsiveness, respiratory symptoms, and exposure to soluble oil mist in mechanical workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 1996, 53, pp. 748-752.
7. EISEN E.A., TIBERT P.E., HALLOCK M.F., MONSON R.R., SMITH T.J., WOSKIE S.R. - Mortality studies of machining fluid exposure in the automobile industry. *American Journal of Industrial Medicine*, 1994, 26, pp. 185-202.
8. YASSIA A., TATE R., FISH D. - Cancer mortality in workers employed at a transformer manufacturing plant. *American Journal of Industrial Medicine*, 1994, 25, pp. 425-437.
9. HOURS M., FEVOTTE J., AYZAC L., DANANCHE B., BERGERET A., MILAN J.J., BONHOMME I., FIERE D., PHILIPPE J., FABRY J. - Expositions professionnelles et hémopathies malignes : une enquête cas-témoins réalisée à Lyon. *Revue Epidémiologique de Santé Publique*, 1995, 43, pp. 231-241.
10. LAFONTAINE M., MORELE Y. - Huiles minérales et méthodes DMSO-UV. Applications diverses. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 162, ND 2013, pp. 47-53.
11. Captage et traitement des brouillards d'huiles entières. Guide pratique de ventilation n° 6. Paris, INRS, ED 680, 1995, 24 p.
12. Décret n° 90-227 du 28 mars 1990 modifié par le décret n° 95-608 du mai 1995 et par le décret du 3 avril 1996 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. *Journal Officiel des 29 mars 1990, 7 mai 1995 et 2 mai 1996*.
13. NF EN 12021 (idem S 76-006) - Appareils de protection respiratoire. Air comprimé pour appareil de protection respiratoire isolant. Paris - La Défense, AFNOR, avril 1999.
14. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses de l'ACGIH aux Etats-Unis et de la Commission MAK en Allemagne. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 163, ND 2022, pp. 197-227.
15. National Institute for Occupational Safety and Health - Occupational Exposure to metalworking fluids. Cincinnati, NIOSH, Document n° 98-116, mars 1998.
16. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1999, 174, ND 2098, pp. 59-77.

Les auteurs tiennent à remercier les services
Prévention des risques professionnels des CRAM ayant participé à cette étude.

ANNEXE I

**QUESTIONNAIRE CONCERNANT LE MATÉRIEL UTILISÉ
DANS LES CHANTIERS D'ENLÈVEMENT D'AMIANTE (enquête INRS, avril 1998)**

Questionnaire on the equipment used in asbestos removal work

Nom de la Société :

Adresse :

1. Type de protection respiratoire utilisée

Appareil à adduction d'air*

Appareil à ventilation assistée

*Si ce type de matériel est utilisé,
remplir l'ensemble du questionnaire.

Raison de ce choix :

2. Appareil à adduction d'air

Marque : Référence :

Présence d'un filtre anti-particules : Oui Non

Si oui, le montage est : En série En parallèle

Maintenance (nettoyage, vérifications, changement du filtre) :

3. Compresseur d'air

Disposez-vous de votre propre matériel ? Oui Non

Type de compresseur (à vis, à piston, à palette, autre) :

Marque : Référence :

Caractéristiques :

Débit : Pression :

Type d'huile utilisée (référence) :

Traitement de l'air intégré au compresseur : Oui Non

Refroidisseur Déshuileur Autre (préciser) :

Maintenance :

Sinon, quel type de compresseur louez-vous ?

Quelles sont vos exigences vis-à-vis du loueur
quant à la qualité de l'air ?

**4. Dispositif d'épuration de l'air
(autre que celui du compresseur)**

Disposez-vous d'un tel dispositif ? Oui Non

Marque : Référence :

Caractéristiques :

Filtre antiparticules Déshuileur Filtre CO

Autre (préciser) :

Maintenance (nettoyage, vérifications, changement du filtre) :

5. Qualité de l'air respirable

Avez-vous été confronté à des problèmes
de qualité de l'air respirable ?

Oui Non Si oui, à quel niveau ?

Odeur (préciser) :

Température (préciser) :

Présence de brouillard d'huile :

Autre (préciser) :

Comment avez-vous traité le problème ?

**6. Remarques générales concernant le matériel,
la maintenance...**

*Article reçu en décembre 1998,
accepté en mars 1999*