

# Silicozes dans les fonderies automobiles

N. LAPLAICHE (\*) et le Groupe des médecins de fonderie (\*\*)

*En 1989, huit médecins du travail des plus grosses fonderies automobiles françaises décident de se réunir régulièrement afin de mettre en commun les problèmes rencontrés, de réfléchir à d'éventuelles solutions de prévention, d'uniformiser les protocoles de surveillance médicale des salariés et de réaliser des enquêtes épidémiologiques et des études « interfonderies ».*

*Dans cette dynamique, ce groupe de médecins a souhaité colliger l'ensemble des cas de silicozes de sa population pour évaluer quantitativement la pathologie silicotique des grandes fonderies automobiles françaises. Cet état des lieux, inexistant dans la littérature à notre connaissance, devrait permettre une meilleure appréciation du risque dans les entreprises suivies et, peut-être, une extrapolation aux PME de fonderie. Six des huit médecins du groupe ont pu participer à cette étude.*

## 1. RAPPELS SUR L'EXPOSITION A LA SILICE

### 1.1. Généralités

L'inhalation répétée de poussières de silice est responsable d'une maladie professionnelle, la silicose, indemnisable au titre du tableau n° 25 du régime général de la Sécurité sociale, ainsi que ses différentes complications.

L'agent causal est la forme cristalline de la silice (quartz, cristobalite, tridymite), la forme amorphe étant réputée peu agressive.

C'est une fibrose réticulonodulaire susceptible d'évoluer encore après cessation de l'exposition au risque et qui peut conduire à une insuffisance respiratoire chronique et ses complications. Cette évolution est imprévisible en gravité et en durée. Le risque léthal existe.

Il faut en général un certain nombre d'années d'exposition pour que se déclare la silicose. Mais d'authentiques silicozes se sont déclarées après 6 mois d'exposition à des poussières pures et concentrées (par exemple, lors du creusement de tunnels).

#### **Quatre facteurs interviennent principalement dans la pathogénicité :**

- le diamètre des particules inhalées : les « fines » de silice définies par un diamètre inférieur à 5 µm, pénètrent jusqu'aux alvéoles pulmonaires ;
- la nature de la forme cristalline : la forme quartz est la plus fréquente ; la cristobalite, moins présente est plus nocive que le quartz et la tridymite, forme plus rare ;
- le taux d'empoussièrément ;
- les facteurs individuels.

(\*) Société bretonne de fonderie et mécanique (SFBM), Caudan.  
 (\*\*\*) Y. ABONNAT, D. ROUSSEL (Renault, Le Mans), P. DE ROLL (Citroën, Charleville), J.P. DUBOIS (Fonderie de Douvrin), J. GROLIER (Peugeot, Sept-Fons), RICHARD (Peugeot, Sochaux), A.M. ROLLAND (Fonderie du Poitou), J. SCALBERT (Renault VI, Vénissieux), E. VIOLLETTE (médecin inspecteur régional, Nantes)

Deux personnes placées dans les mêmes conditions d'exposition pendant un même nombre d'années développeront l'une une pathologie et l'autre non. Les éléments de compréhension restant très partiels, on peut évoquer la notion de « terrain » ou de « susceptibilité individuelle » à la silice (avec tout le flou que recouvrent ces termes).

## 1.2. Les prélèvements d'atmosphère

• La valeur moyenne d'exposition (VME) à un empoussièrément est aujourd'hui une recommandation du législateur.

Elle est exprimée en  $\text{mg}/\text{m}^3$  d'air pour 8 heures de travail par jour et s'exprime selon la formule :

$$\text{VME} = \frac{10}{x + 2y + 2t + 2}$$

où x, y et t sont respectivement les pourcentages de quartz, cristobalite et tridymite dans la poussière totale.

Cette formule met en évidence la toxicité plus élevée pour le quartz par rapport aux autres formes cristallines éventuelles. L'augmentation de la proportion de quartz fait en effet abaisser la VME. Par exemple, si  $y = 0$ ,  $t = 0$  et le taux de quartz = 8 %, la VME est de  $1 \text{ mg}/\text{m}^3$  d'air ; si le taux de quartz passe à 18 %, la VME passe à  $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$  d'air, qui est un taux bas.

Plusieurs remarques peuvent être émises :

– la réglementation est évolutive et se durcit au fil des ans,  
– pour les poussières alvéolaires en général, la VME est fixée à  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

• Les techniques de prélèvements d'atmosphère empoussiérée ont également évolué, passant du prélèvement d'ambiance aux préleveurs normalisés individuels sur pompe et dispositifs permettant de ne collecter que la fraction directement intéressante.

Dans les années 1960-1970, on ne mesurait que les poussières totales. A partir de 1970, les mesures distinguent les poussières alvéolaires de ces poussières totales. Depuis 1980, les mesures évaluent les concentrations de silice dans les poussières alvéolaires. Dans ce cas toutefois, l'analyse de ces prélèvements d'atmosphère nécessite l'usage d'un microscope électronique, ce qui rend cette mesure peu accessible au quotidien.

A contrario, une meilleure identification du risque silice dans nos entreprises passe nécessairement par un plus grand nombre d'analyses de prélèvements d'atmosphère.

## 2. PRESENTATION DE L'ENQUETE

Il s'agit d'une enquête rétrospective portant sur les silicozes déclarées depuis 1963. C'est en effet depuis cette date que la majorité des entreprises disposent de données fiables. L'objectif principal de cette enquête est d'évaluer le risque silicotique par type de poste de travail.

Pour établir cette relation, ont été pris en compte le temps d'exposition aux différents postes de travail et le temps de latence. L'étude porte sur un effectif total de 196 000 salariés.années, de 1963 à 1995.

Durant cette période, 106 silicozes ont été déclarées, dont 79 reconnues comme maladie professionnelle indemnisable (au titre du tableau n° 25 du régime général de la Sécurité sociale).

## 3. RESULTATS

### 3.1. Etudes d'empoussièrément

Elles ont été effectuées ces 5 dernières années dans 5 fonderies. Notre étude porte sur 167 mesures fiables (échantillon statistique que nous aurions souhaité plus large). Elles concernent 5 types de postes : noyautage, remoulage, sablage, tri de pièces, finition.

Les valeurs mesurées C sont rapportées à la VME (C/VME). Schématiquement, on a choisi de convenir que :

- si  $C/VME < 0,29 \%$ , le risque silicotique est faible,
- si  $0,30 < C/VME < 0,49 \%$ , le risque est latent. Un suivi attentif des atmosphères de travail (programmation périodique d'analyses qualitatives) doit s'inscrire dans les plans d'amélioration des conditions de travail de l'entreprise.
- si  $C/VME > 0,50 \%$ , des mesures de prévention sont à mettre en place.

D'après les résultats présentés dans le tableau I, on note que le taux moyen de quartz est plus élevé dans les secteurs de finition et de tri des pièces, plus faible en sablerie et en remoulage. Toutefois, il faut se méfier d'interprétations hâtives. La globalisation des résultats des mesures d'empoussièrément ne peut donner qu'une tendance de l'évaluation du risque silicotique par type de poste. En effet, chaque fonderie a sa propre histoire, sa spécificité technologique, ses processus spécifiques, son implantation géographique, rendant difficile l'interprétation générale.

### 3.2. Les silicozes reconnues

#### Nombre de cas de silicozes reconnues par tranche de 5 années

Les résultats sont reportés dans le tableau II, où les usines ayant participé à l'enquête sont répertoriées de 1 à 6.

#### Age du salarié au moment de la déclaration

Pour les 79 silicozes reconnues, l'âge moyen d'apparition de la maladie est de 49 ans avec un écart-type de 2,83 ans. Le plus grand nombre de sujets atteints a entre 50 et 59 ans (fig. 1).

#### Ancienneté dans les fonderies où ont été déclarées les silicozes

L'ancienneté moyenne est de 19,4 ans. L'ancienneté ne reflète pas toujours le nombre d'années d'exposition. Certains salariés ont eu des expositions à la silice antérieures à leur embauche (fig. 2).

#### Répartition des IPP initiales

La moyenne des incapacités permanentes partielles est de 14,1 % pour 73 cas. 7 IPP ont été réévaluées à un taux moyen de 35 % et 6 silicozes ont été reconnues sans l'attribution d'une IPP (fig. 3).

#### Evolution de l'incidence en fonction du temps (tableau III)

A partir des années 70, on note une baisse des silicozes pour atteindre une valeur plancher d'apparition de 4 à 5 nouveaux cas de silicozes par an pour 10 000 fondeurs. Deux process particuliers apparaissent dans ces résultats : le poteyage à la fleur de silice et le grenailage cabine.

#### Poteyage

Le procédé de moulage adopté consiste à centrifuger le métal en fusion dans un moule permanent, de façon à lui donner la forme d'un tube. Les moules, appelés coquilles,

TABLEAU I

Résultats des études d'empoussièremment  
(C/VME. C : résultat de la mesure d'atmosphère)

% de quartz (moyenne)	Postes de travail	0 - 0,29 %	0,30 - 0,49 %	0,50 - 0,79 %	0,80 - 0,99 %	> 1	N
8,2	Noyautage	16	18	9	5	4	52
6,1	Remoulage	6	10	9	2	6	33
4,4	Sablerie	9	11	4	2	2	28
11,2	Tri de pièces	10	8	5	3	9	35
9,1	Finition	8	4		1	6	19
	<b>Total</b>	49	51	27	13	27	167

N = nbre de prélèvements

TABLEAU II

Nombre de sillcoses reconnues depuis 1960

Année de la déclaration	Usines						Total
	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	
1960 - 64	-	-	5	?	-	-	5
1965 - 69	2	-	6	?	-	-	8
1970 - 74	1	-	3	3	-	3	10
1975 - 79	3	-	3	5	2	3	16
1980 - 84	8	-	2	2	1	1	14
1985 - 89	1	-	1	3	2	5	12
1990 - 94	2	6	1	2	1	2	14
<b>Total</b>	17	6	21	15	6	14	79

TABLEAU III

Evolution de l'incidence en fonction du temps  
(tranche de 5 ans)

Années	Effectif moyen	Ratio pour 5 ans	Incidence annuelle pour 10 000
1960 - 64	600	5 / 600	16 (1)
1965 - 69	1 450	8 / 1 450	11 (1)
1970 - 74	4 600	10 / 4 600	4,3
1975 - 79	7 500	16 / 7 500	4,3
1980 - 84	6 200	14 / 6 200	4,5
1985 - 89	4 500	12 / 4 500	5,3
1990 - 94	4 600	14 / 4 500 ou 8 / 4 500	6,2 (2) ou 3,5 (3)

- (1) avec les sillcoses liées au travail « grenailleur cabine » d'une seule usine.  
(2) avec les sillcoses liées au potyage à la fleur de silice d'une seule usine.  
(3) sans les sillcoses liées au potyage à la fleur de silice.

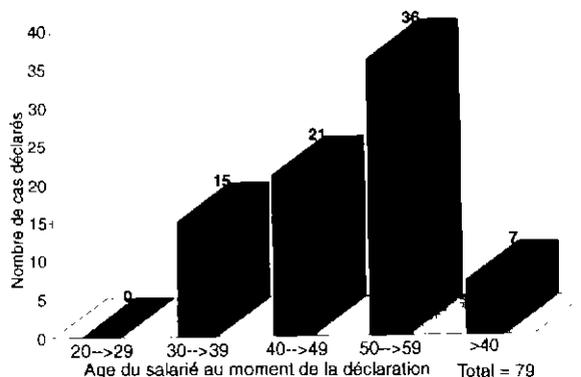


Fig. 1. Age du salarié au moment de la déclaration

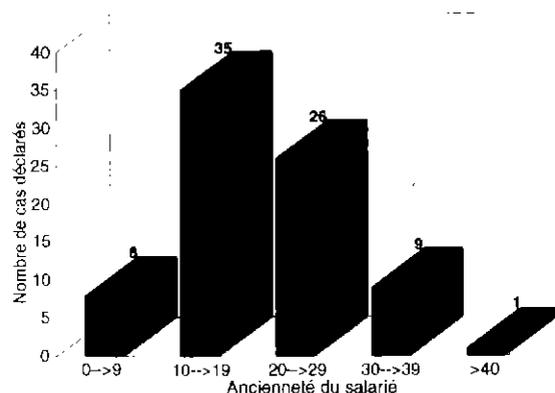


Fig. 2. Ancienneté moyenne dans les fonderies

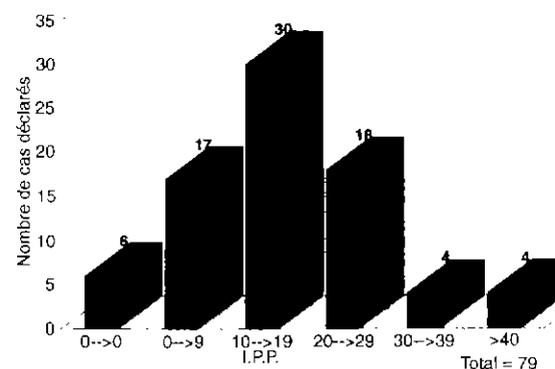


Fig. 3. Répartition des IPP initiales

sont composés de 2 éléments symétriques qui sont en quelque sorte des empreintes de fonte et qui, une fois refermées, donnent le profil extérieur du tube. Ces coquilles, qui vont être au contact direct du métal en fusion, doivent subir au préalable une préparation : le poteyage.

Le poteyage à la fleur de silice consiste à pulvériser au pistolet dans chaque coquille un agent de démoulage composé de fine de silice, d'argile et d'eau, qui constitue une fine couche de protection, pour éviter « l'effet de trempe ».

#### Grenailage cabine

L'opérateur, situé à l'intérieur d'une cabine et protégé uniquement par une cagoule (sans adduction d'air), projette de la grenaille avec un pistolet à air comprimé pour nettoyer tout le sable adhérent aux grosses pièces de fonte.

Ces deux procédés, particulièrement pénalisants pour la santé des salariés, ont maintenant disparu dans nos entreprises.

### 3.3. Les postes de travail

#### Effectif moyen par type d'activité

Nous avons essayé d'approcher la répartition des effectifs des fonderies selon les différents postes de travail. Les pourcentages ont bien sûr varié au cours des évolutions technologiques. Ainsi, au sablage, se situe actuellement l'effectif le plus bas ; il en va de même pour le décochage. Les postes à fort empoussièrément ont bénéficié d'une automatisation. Dans les secteurs à haut risque et dans certaines fonderies, cette dernière a permis de réduire en 10 ans l'empoussièrément d'un facteur 20. La répartition moyenne des effectifs a été établie en 1980 (tableau IV).

#### Risque relatif par type d'activité

Chaque salarié atteint de silicose a un nombre déterminé d'années d'exposition en fonderie, la plupart du temps à différents postes. Pour en tenir compte, la répartition sur chaque poste a été faite au prorata du temps passé.

Pour obtenir un niveau d'atteinte silicotique par métier, nous avons divisé le nombre de silicoses reconnues par l'effectif moyen du métier concerné.

Le risque relatif a été rapporté au métier où l'on observe la plus faible fréquence, c'est-à-dire la maintenance (tableau V).

Grenailage en cabine sans cagoule et poteyage à la fleur de silice sont des process spécifiques hautement silicogènes, chacun d'entre eux concernant une seule fonderie. Ces activités ne sont pas comprises dans les activités communes à toutes les fonderies.

### MESURES DE PREVENTION

Ces résultats montrent à l'évidence que la silicose reste un sujet de préoccupation pour les médecins de fonderie. Cet état des lieux conduit à s'interroger sur l'évolution de cette maladie dans les vingt prochaines années.

Le groupe de travail a recensé, de façon non exhaustive, plusieurs points où des actions ont été entreprises et pour lesquels il importe de rester particulièrement vigilant aujourd'hui, si l'on veut espérer une diminution de la mortalité en fonderie automobile.

TABLEAU IV  
Répartition des effectifs  
dans les différents postes de travail

Postes de travail	Répartition des effectifs
Ebarbage	25 %
Moulage	15 %
Décochage	8 %
Réfection fours	6 %
Noyautage	7 %
Ambiance	17 %
Fusion	5 %
Sablage	3 %
Entretien	14 %

TABLEAU V  
Risque relatif par type d'activité

Postes de travail	Risque relatif / maintenance
Réfection fours	10
Ebarbage - meulage	9
Noyautage	5.5
Fusion	5
Sablerie	4
Maintenance	1
Moulage dont poteyage à la fleur de silice	2 12,5
Décochage grenailage-cabine	4 15
Ambiance (1)	2

(1) Le secteur « ambiance » concerne les métiers de cariste, agent de maîtrise, techniciens méthodes...

### 4.1. Evolution des techniques de prévention

#### Réduction à la source des émissions de poussières

C'est dans la zone du décochage-grenailage que l'évolution est la plus marquante. Cette zone était très fortement polluée. Des capotages avec aspiration des chutes de pièces, des capotages aux retours de sable, des aspirations des zones à risques ont été installés.

Aux lignes « moulage coulée », des aspirations puissantes ont été mises en place pour les anciennes installations et sont intégrées aux procédés sur les nouvelles.

Le noyautage est une zone sensible, puisqu'avant tout mélange à quelque résine que ce soit, il faut une arrivée de sable blanc. Des capotages et aspirations ont été installés. Les critères techniques d'indice de finesse des sables de noyautage sont un élément intéressant de prévention et de suivi puisque pour le médecin comme pour l'ingénieur, les fines en quantité trop importante sont « l'ennemi ». Il faut toutefois noter ici que l'on en réintroduit parfois, pour

des raisons techniques (recyclage de l'argile et du noir) et là, les impératifs techniques vont parfois à l'encontre de la prévention médicale.

Au cassage de four et poche, des aspirations puissantes ont été utilisées au point de chute des résidus de cassage de four.

#### **Evolution des protections individuelles**

Certes, la protection individuelle n'est jamais qu'un « pis-aller », elle ne peut pas se substituer aux solutions technologiques collectives. Toutefois, dans le métier de fonderie où les fines de silice ne sont pas toujours faciles à capter, la protection des salariés exposés, par une cagoule à adduction d'air, a considérablement amélioré le confort et diminué l'exposition à certains postes de travail.

La cagoule est le plus souvent à adduction d'air comprimé issu d'un réseau centralisé contrôlé. Les pocheurs-fumistes sont équipés en priorité de ces protections.

La tolérance de ces protections individuelles par les salariés dépend de plusieurs facteurs. La qualité de l'air respiré (température, degré hygrométrique) est essentielle pour obtenir l'adhésion de la personne à protéger. La maîtrise, les membres du CHSCT, le médecin du travail restent dans l'entreprise les moteurs de cette prévention individuelle.

## **4.2. Evolution des process**

### **Abandon de process à risque**

Le grenailage cabine et le pourcentage très élevé de silicose chez les salariés ayant pratiqué cette activité, ainsi que le poteyage à la fleur de silice, ont disparu de nos entreprises.

### **Modification de certains process**

Toutes opérations de finition sur des pièces non grenillées mettaient les ébarbeurs en situation de risque. Aujourd'hui, le grenailage des pièces est imposé avant le meulage de finition.

Pour mémoire, précisons que le grenailage est une opération automatisée. Les pièces à grenailier sont placées dans une enceinte hermétiquement close et bombardées de grenaille, l'opérateur est à l'extérieur et assure les fonctions de chargement et de surveillance (à l'opposé du grenailage cabine décrit plus haut).

### **Robotisation**

Le manipulateur a remplacé l'intervention humaine dans certaines zones à haut risque, notamment à la décoche avant grenailage. Dans toute la mesure du possible, mécanisation et automatisation sont étudiées pour supprimer les postes à risques.

## **4.3. Modification de certaines technologies ou techniques**

### **Au noyutage : utilisation de la basse vitesse pour le transport pneumatique du sable blanc**

Le sable, considéré comme un produit fragile, est transporté à 0,5 m/s. On réduit ainsi le choc des grains entre eux

ou contre les parois de l'expédition pneumatique et sa conséquence néfaste, la formation de fines.

### **Au four : modification des matériaux**

La durée de vie des réfractaires est allongée, d'où une fréquence de cassage moindre et donc une pénibilité et un risque moindre. Il faut toutefois noter que les réfractaires de fonderie sont toujours des silicates d'alumine et que ces postes doivent rester sous « haute surveillance médicale ».

### **Modification des techniques de cassage de four et poche**

Après aménagement des fours à induction électrique, le cassage du réfractaire est automatisé par une technique de poussoir, qui réduit considérablement l'intervention manuelle et permet d'éloigner le personnel des zones à risques. Des techniques de fraisage réduisent également de façon très importante la réfection partielle des poches.

### **Evolution des techniques de nettoyage : davantage d'aspiration centralisée, moins de soufflage**

Les techniques de nettoyage ont progressé et progressent encore mais restent perfectibles ; la suppression du balai et de la soufflette devraient marquer un pas décisif en fonderie... Les balayeuses du sol ne doivent pas être silicogènes en relarguant les fines en atelier.

## **4.4. La législation**

Le suivi des ambiances de travail et le respect des normes qualitatives d'empoussièrement est bien évidemment source de progrès. La prescription qui a imposé une hauteur minimale des cheminées, pour assurer une dilution des rejets, évite de recycler ceux-ci dans les ateliers. Il faut citer enfin l'évolution constante des normes sur l'environnement qui imposent des suivis de contrôle de rejet (selon la valeur du flux horaire rejeté).

Au plan médical, la surveillance post-professionnelle des salariés exposés au risque de silicose devrait permettre de mieux quantifier dans les années à venir les conséquences de l'exposition à la silice, des retraités notamment.

Sur simple demande, le salarié quittant l'entreprise peut bénéficier de ce suivi post-professionnel conformément au décret n° 88-572 du 4 mai 1988 modifié (article D. 461-23 du Code de la Sécurité sociale).

## **CONCLUSION**

La pathologie silicotique est toujours présente dans les fonderies automobiles, malgré les mesures de prévention technique, souvent importantes, qui ont été prises.

Le risque silicotique se situe, d'après cette étude, à un niveau moyen de 4 à 5 nouveaux cas pour 10 000 salariés de fonderie par an. Les risques sont variables d'un métier à l'autre avec un risque relatif allant de 1 à 10.

La vigilance s'impose aux responsables de prévention, notamment en pratiquant de façon régulière des mesures d'atmosphère en atelier, centrées sur l'analyse du taux de quartz présent dans la fraction alvéolaire pulmonaire. La prudence est de mise vis-à-vis de process spécifiques (nouveaux ou non) hautement silicogènes.

## ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- BIGNON J., BROCHARD P., VOISIN C. - Maladies respiratoires professionnelles : diagnostic et réparation. Rapport du groupe de Travail à la Société de pneumologie de langue française. *Revue des Maladies Respiratoires*, 1990, 7, suppl. 2, pp. R71-R193.
- MOLINA C. - Immunologie bronchopulmonaire, 2<sup>e</sup> éd. Paris, Masson, vol.1, 1984.
- DAMBER L., LARSSON L.G. - Combined effects of mining and smoking in the causation of lung carcinoma : a case control in Northern Sweden. *Acta Radiologica, Oncology, Radiation Therapy, Physics and Biology*, 1982, 21, pp. 305-313.
- WEIL H., JONES R.N., PARKES W.R. - Silicosis and related diseases. In : PARKES W.R. (éd.) - Occupational lung disorders. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1994, pp. 285-339.
- VOISIN C., GOSSELIN B. - Silicose et pneumoconioses à poussières mixtes. In : Encyclopédie médico-chirurgicale - poumon, plèvre, médiastin. Paris, Editions Techniques, 1985, 6039-T7, 12 p.
- International classification of radiographs of pneumoconiosis. Genève, Bureau international du travail (ILO/BIT), 1980.
- NIOSH - Silicosis and silicate disease committee. Diseases associated with exposure to silica and non fibrous silicate minerals. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 1988, 112, pp. 673-720.
- International classification of impairment, disabilities and handicap. Genève, OMS, 1980.
- LE BACLE C., BOUCHAMI R., GOULFIER C. - Silicose : la situation en France dans les années 90. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1995, 63, pp. 159-165.
- Guide pratique de ventilation. 4 - Ventilation des postes de décochage en fonderie. Paris, INRS, 1983, ED 662.