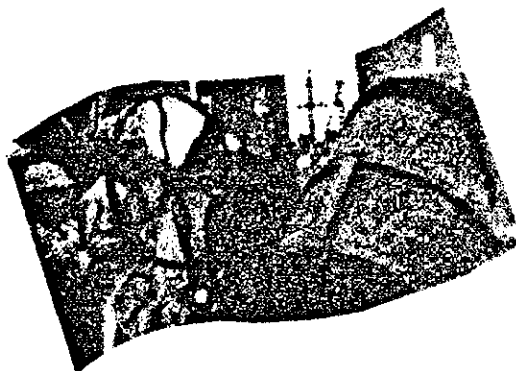


**Analyse chimique  
et morphologique  
des poussières  
aéroportées  
dans l'environnement  
de travail  
des fondeurs**



**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

Guy Perrault, Chantal Dion, Claude Ostiguy,  
Daniel Michaud et Marcel Baril

Février 1993

R-064

RAPPORT



**IRST**  
Institut de recherche  
en santé et en sécurité  
du travail du Québec

## La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

### ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec

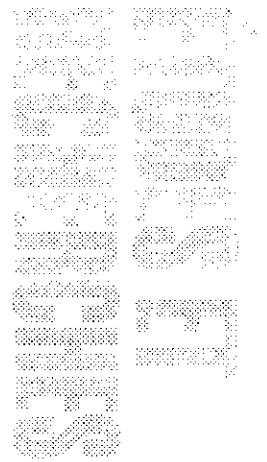
IRSST - Direction des communications  
505, boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1 551  
Télécopieur: (514) 288-7636  
Site internet : [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche en santé  
et en sécurité du travail du Québec,

**Analyse chimique  
et morphologique  
des poussières  
aéroportées  
dans l'environnement  
de travail  
des fondeurs**

**Guy Perrault**  
Direction des laboratoires

**Chantal Dion et Claude Ostiguy**  
Programme hygiène et toxicologie IRSST

**Daniel Michaud et Marcel Baril**  
Université Laval



**RAPPORT**

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, février 1993.  
1<sup>er</sup> trimestre 1993.

# **ANALYSE CHIMIQUE ET MORPHOLOGIQUE DES POUSSIÈRES AÉROPORTÉES**

## **DANS L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL DES FONDEURS**

### **INTRODUCTION**

Chez les fondeurs, différentes pathologies du système respiratoire peuvent se manifester tels que des silicoses ou autres fibroses aux poussières mixtes (1-4), des obstructions bronchiques (6,7) et possiblement des cancers du poumon (8-12). Les connaissances (13-26) sur la composition chimique et morphologique des poussières inorganiques et des fumées métalliques sont peu développées. La première étape de gestion du risque à la santé des fondeurs provenant de l'inhalation des poussières et fumées métalliques se situe au niveau de l'identification physico-chimique de ces contaminants.

Le projet de recherche consistait à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et morphologiques des poussières et des fumées métalliques dans l'environnement des fondeurs. L'hypothèse de recherche proposait que la composition des poussières et fumées varient en fonction de la granulométrie et de la situation relative à la surface ou au coeur des particules.

## **MÉTHODOLOGIE**

La démarche expérimentale a consisté à recueillir des échantillons de poussières et de fumées à des postes d'échantillonnage répartis le long des procédés de fusion et de coulée du métal. Cinq usines ont été visitées, trois fonderies ferreuses (A, B et C), une fonderie de cuivre (D) et une fonderie d'aluminium (E).

La fonderie A prépare de la fonte à partir de matériaux réchappés, traités dans un cubilot. Les différentes opérations suivent un cycle journalier. L'avant-midi les travailleurs procèdent au nettoyage des pièces coulées la veille et à la préparation de nouveaux moules. Les moules sont fabriqués à base de sable contenant de la silice cristalline. L'après-midi, nettoyage et préparation de moules se poursuivent pendant que certains travailleurs coulent de nouvelles pièces. La soirée est consacrée au démoulage.

La fonderie B prépare aussi de la fonte, dans des fours électriques, à partir de boulettes de fer. Il n'y a pas de cycle journalier pour les opérations. Les moules sont à base d'olivine synthétique et les noyaux à base de sable contenant de la silice cristalline.

La fonderie C se spécialise dans la fabrication de pièces de grande envergure. En général, le cycle journalier d'opérations est le suivant: matin, moulage; après-midi, coulage; soirée, démoulage. Les moules sont formés de sable contenant de la silice cristalline.

La fonderie D raffine et coule des lingots de cuivre. Les opérations en continu se font 24 heures par jour. Les échantillonnages ont été effectués dans deux bâtiments distincts, au réacteur et au convertisseur. Au réacteur, le minéral fondu réagit avec un fondant qui contient de 20 à 30% de silice pour obtenir la matte (76% de cuivre). Cette matte est ensuite transférée au convertisseur où l'addition de fondant et le chauffage à des températures élevées permet de porter la concentration de cuivre à 98%.

À la fonderie E, les lingots d'aluminium sont fondus dans des fours électriques. À l'aide de longues écopés manuelles, les travailleurs versent l'aluminium dans des moules métalliques qui peuvent être recouverts d'un enduit de fluorure de sodium pour favoriser le démoulage.

Les échantillonnages ont été effectués avec des impacteurs qui permettaient de sélectionner les particules selon leur diamètre aérodynamique et avec des systèmes standardisés pour recueillir les poussières totales (cassette de 37 mm avec ouverture de 4 mm) et respirables (cyclone de nylon, Dorr-Oliver). Les sites d'échantillonnage à poste fixe sont décrits aux figures 1 et 2 pour les fonderies A, B, C et E. Les sites d'échantillonnage pour la fonderie D étaient situés près des ouvertures d'alimentation et le long des convoyeurs qui transportent le fondant.

Les échantillons étaient caractérisés, selon le cas, par gravimétrie pour obtenir la concentration de poussière, par diffraction des rayons X ou spectroscopie infrarouge pour déterminer la teneur en silice cristalline, par spectrophotométrie d'absorption atomique pour la concentration en éléments métalliques. La caractérisation physico-chimique de traces de métaux a été effectuée

par spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS) et par spectroscopie des électrons (ESCA). Les informations sur la différence de composition entre la surface et le coeur des particules ont été accumulées par analyse en ESCA avant et après abrasion de la surface des particules à l'aide d'un faisceau d'ions positifs d'argon.

## **RÉSULTATS**

### **Poussières totales et respirables**

Le tableau I résume les concentrations moyennes de poussière respirable et de quartz dans les différentes fonderies. Lors de notre visite, la fonderie A qui n'avait aucun système de ventilation mécanique, a montré les concentrations en poussières respirables les plus élevées. Dans cette fonderie, la moyenne des concentrations de poussière prélevée en poste fixe se situait près de la moitié de la concentration moyenne admissible citée au règlement québécois (27) pour des poussières respirables contenant moins de 1% de silice cristalline.

Aucune différence significative n'a été notée à la fonderie C entre l'été (alors que la plupart des moyens de ventilation étaient en opération) et l'hiver (alors qu'à toute fin pratique, aucun système de ventilation mécanique n'était en opération). Toutefois la figure 3 indique que la concentration moyenne de poussière respirable était constante aux différents postes de travail durant l'été, alors qu'elle variait progressivement d'une extrémité à l'autre de l'usine durant l'hiver. Le tableau II confirme l'observation d'absence de différence significative entre l'hiver et l'été à la fonderie

C pour les poussières totales et la concentration des éléments métalliques.

Le tableau III donne l'analyse qualitative par diffraction X des poussières déposées dans les fonderies ferreuses (A, B et C) et de certains échantillons de procédé provenant de la fonderie D. À cette dernière fonderie, des difficultés particulières ont dû être résolues pour effectuer l'analyse du quartz à cause de la présence d'une interférence aux plans primaire et secondaire de diffraction du quartz. Des analyses additionnelles ont permis d'identifier la présence d'anglésite (sulfate de plomb) dans les poussières aéroportées. L'analyse du quartz à la fonderie D a donc dû être effectuée par spectroscopie infrarouge.

### **Fractions granulométriques**

Les résultats de la granulométrie des poussières mesurée avec les impacteurs (Tableau IV) soulignent la présence de plus grosses particules à la fonderie B et à la fonderie C (été) qui mènent à des médianes massiques de l'ordre de 12  $\mu\text{m}$  comparativement à 6-8  $\mu\text{m}$  pour les autres fonderies.

Pour tenir compte des limites de détection des méthodes d'analyse du quartz, les échantillons recueillis à différents étages des impacteurs à cascade ont dû être regroupés en trois fractions, chacune provenant de trois étages successifs. Ainsi, les tableaux V, VI et VII décrivent les résultats des analyses de concentrations de poussière et de quartz de ces fractions combinées sous les vocables de particules "grossières" ( $> 10 \mu\text{m}$ ), "moyennes" (1 - 10  $\mu\text{m}$ ) et "fines" ( $< 1 \mu\text{m}$ ).



Il faut souligner l'absence de quartz dans la fraction fine qui peut être réelle ou causée par l'élargissement de la ligne de diffraction, provenant du phénomène d'amorphisation, pour les petites particules.

### **Analyses physico-chimiques**

Les résultats des analyses par SIMS et par ESCA montrent bien aux tableaux VIII et IX que la composition élémentaire des poussières et fumées varie dans les fonderies selon la grosseur des particules pour toutes les industries, et selon le moment de la journée pour les industries qui procèdent à des cycles quotidiens d'opération (fonderies A et B). Le plomb est toujours concentré dans les particules fines. Il est aussi l'élément prépondérant aux fonderies A et D.

Le tableau X montre la différence de composition entre la surface et le noyau des particules. De façon générale, la surface des particules contient plus de F, Na, Zn et Pb que le noyau. Ce dernier est enrichi par rapport à la surface en Fe, Ca, Cu, Mg et Mn, selon les cas.

### **DISCUSSION**

La signification de ces résultats sur l'évaluation du risque à la santé des fondeurs et la prévention des maladies professionnelles n'est peut-être pas évidente au premier examen à cause de la complexité des données, mais demeure fondamentale. En premier lieu, l'absence de quartz dans les particules de silice ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 1  $\mu\text{m}$ , qui a aussi été

observé dans l'environnement extérieur (28), nous amène à un questionnement des connaissances scientifiques sur la nocivité ou l'innocuité de ces petites particules de silice qui peuvent être sous forme micro-cristalline ce que les méthodes d'analyse ne peuvent mettre en évidence. L'observation d'une plus grande concentration des particules fibrogènes (dans le cas des fonderies, le quartz) dans la fraction des particules ayant un diamètre aérodynamique plus grand qu'un micron aurait des conséquences évidentes sur le choix des systèmes de ventilation.

Dans les fonderies A, B, C et D qui utilisent des sables ou fondants de silice et de silicates, l'ensemble des résultats ne supportent pas un modèle de composition des particules de poussière où les fumées de certains composés métalliques se seraient déposées à la surface des particules de silice ou de silicate. Les données semblent plutôt proposer un modèle bimodal résultant d'une part de particules très fines de fumées métalliques de composition très hétérogène avec une certaine accumulation de métaux de faible point d'ébullition comme le Pb à la surface, et d'autre part de particules plutôt grossières ou de diamètre intermédiaire composées de silice dont une partie est cristalline. Cette silice est accompagnée des autres constituants du fondant ou du sable de moulage.

Des études semblables sur les fumées de soudage (29-31) permettent d'établir des comparaisons entre ces deux types d'exposition complexe qui peuvent affecter les voies respiratoires des travailleurs. Les différences principales entre les poussières de fonderies et les fumées de soudage proviennent de la grosseur moyenne des particules et de l'emplacement de la silice au sein des particules. Les auteurs cités rapportent des diamètres aérodynamiques de 0,06-0,14  $\mu\text{m}$

dans les fumées de soudage alors que notre étude indique des MMAD (médiane massique du diamètre aérodynamique) de 5,6-12,6  $\mu\text{m}$  dans les fonderies. Les mêmes études décrivent la présence d'une mince couche de matériel à base de silicium à la surface des particules des fumées de soudage, ce qui n'est pas observé dans les poussières de fonderie.

Par contre des ressemblances frappantes existent entre les deux systèmes, que ce soit la complexité de la composition des fines particules, l'enrichissement de la surface des particules en dérivés contenant du F et du Na, et la présence de complexes métalliques tels que  $\text{K}_3\text{FeF}_6$  et  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  lors du soudage et  $\text{CaFe}^+$  lors de la fonte et de la coulée. Il semble plausible de supposer qu'à courte distance, les éléments métalliques qui sont aéroportés dans les fonderies, suivent le même processus de vaporisation-condensation-oxydation que lors du soudage.

L'accumulation du Pb dans les particules fines des poussières des fonderies A, B, C et D (convertisseur) et la prépondérance du Pb à la surface de ces mêmes particules sont des éléments fondamentaux de l'évaluation du risque lors de l'inhalation de ces poussières. Les quelques publications scientifiques (32-34) qui traitent de l'absorption du Pb et de ses dérivés lors de l'inhalation ou de l'ingestion, laissent supposer une absorption sanguine plus lente des particules contenant du Pb qui sont fines et dans lesquelles le Pb est réparti également tant à la surface qu'au coeur des particules. Donc, la situation dans ces fonderies devrait présenter un risque intermédiaire. Par contre, à la fonderie D (réacteur), le Pb était concentré également à la surface et à l'intérieur des fines particules, ce qui laisserait supposer la situation minimale d'un indice de disponibilité biologique.

À cette évaluation du risque, il faut ajouter l'information sur la composition du Pb dans les fonderies ferreuses et dans la fonderie de cuivre. Dans les fonderies ferreuses, le Pb est sous forme métallique et sous forme d'oxyde, tandis que dans la fonderie de cuivre, il est généralement présent sous forme de sulfate. Quelques publications (35,36) suggèrent que les dérivés peu solubles du plomb sont probablement moins nocifs que les formes plus solubles. Dans l'eau, le sulfate de plomb est plus soluble que les oxydes de plomb ou le sulfure de plomb (36) ce qui devrait entraîner une disponibilité biologique accrue. Or les observations de plombémie publiées (37) ne supportent pas cette conclusion. Pour mieux comprendre la portée de ces résultats sur la biodisponibilité des dérivés du plomb, il serait nécessaire de poursuivre des études en modèle expérimental ou en biologie moléculaire. La même recommandation s'applique aux dérivés du Cu, de l'As et du Cd.

En conclusion, la caractérisation des poussières aéroportées permet de proposer un modèle global qui résume l'exposition complexe des fondeurs à des particules inorganiques. L'observation fondamentale réside dans l'hétérogénéité de la composition des particules de poussière et de fumée tant en fonction de la grosseur des particules que de la quantité d'un contaminant donné à la surface et au centre des particules.

Dans toutes les fonderies qui utilisent des matières premières contenant de la silice cristalline, le quartz n'est décelé que dans les fractions de particules plus grandes que 1  $\mu\text{m}$  de diamètre aérodynamique. Le plomb et ses dérivés sont présents à la surface de particules plus petites qu'un micron dans les fonderies ferreuses (A, B, C) alors qu'il ne sont que plus concentrés dans

les particules fines de la fonderie de Cu mais sans variation apparente à la surface ou au cœur des particules.

La composition des particules plus grandes que  $1 \mu\text{m}$  est associée à la composition des matières premières utilisées lors des opérations de préparation des moules alors que les particules fines correspondent à la composition du matériel qui subit la fonte et la coulée.

TABLEAU I

Moyennes géométriques (M.G.) des concentrations de poussière respirable et de quartz dans les fonderies

Fonderies	n	P o u s s i è r e	Quartz
		respirable mg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
		M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)
A	16	2,2 (1,8)	50 (2,4)*
B	19	0,4 (2,0)	20 (2,0)**
C (Été)	20	0,7 (1,4)	40 (1,7)**
C (Hiver)	18	1,0 (1,5)	30 (2,2)**
D	29	0,5 (2,0)	≈ 5
E	8	1,1 (1,3)	absent

n: nombre d'échantillons

\*: échantillons individuels

\*\* : échantillons combinés

M.G.: moyenne géométrique

F.G.: facteur géométrique (écart-type géométrique)

TABLEAU II

Moyenne géométrique (M.G.) des concentrations de poussière totale et d'éléments métalliques (mg/m<sup>3</sup>) à la fonderie C (été et hiver) et à la fonderie D

Temps	n	Poussière totale	Fe	Mg	Pb
		M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)
<b>Fonderie C*</b>					
Été	19	3,1 (1,6)	0,27 (1,6)	N.D.	N.D.
(AM)	9	2,8 (1,5)	0,21 (1,3)	N.D.	N.D.
(PM)	10	3,4 (1,6)	0,34 (1,7)	N.D.	N.D.
Hiver	26	2,9 (2,1)	0,30 (2,1)	0,12 (3,0)	0,011 (2,9)
(AM)	13	2,5 (1,9)	0,20 (1,9)	0,05 (2,4)	0,006 (1,8)
(PM)	13	3,4 (2,2)	0,46 (1,8)	0,24 (2,2)	0,020 (3,2)

n: nombre d'échantillons

N.D.: non détecté

\*: Cu, Ni, Cr: N.D.

M.G.: moyenne géométrique

F.G.: facteur géométrique

TABLEAU III

Phases cristallographiques majeures dans les poussières déposées des fonderies A, B et C, et les échantillons de procédé de la fonderie D

Fonderies	Composés (Composition minéralogique)	
	Probable	Possible
A	Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )	Feldspath plagioclase ( $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8$ )
B	Forstérite ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) Quartz	
C	Quartz Zircon ( $\text{ZrSiO}_4$ )	Feldspath plagioclase
D Charbon (convertisseur)	Chalcopryrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) Quartz Pyrite ( $\text{FeS}_2$ )	Galène ( $\text{PbS}$ )
D Fondant	Quartz Pyrite Muscovite ( $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ ) Chlorite ( $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ )	Chalcopryrite Galène
D Poussière de l'électroprécipitateur	Anglésite ( $\text{PbSO}_4$ )	



<b>TABLEAU IV</b>			
<b>Caractérisation de la distribution granulométrique des poussières dans les fonderies avec l'impacteur à cascade Sierra</b>			
<b>Fonderie</b>	<b>n</b>	<b>MMAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>F.G.</b>
A	11	6,8	1,9
B	12	12,6	1,8
C (Été)	12	12,1	1,7
C (Hiver)	15	7,8	1,9
D (Réacteur)	9	7,0	2,0
D (Convertisseur)	6	7,3	2,1
E	11	5,6	2,1

n: nombre d'échantillons

MMAD: médiane massique du diamètre aérodynamique

F.G.: facteur géométrique

TABLEAU V

Concentrations moyennes ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) des fractions granulométriques de poussières dans les fonderies.

Fonderie	n	Grossière	Moyenne	Fine
		M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)	M.G. (F.G.)
A	11	1,5 (2,1)	2,1 (1,9)	0,7 (2,8)
B	12	1,8 (2,1)	1,0 (2,2)	0,2 (1,5)
C (Été)	12	2,1 (1,5)	1,4 (1,3)	0,2 (1,3)
C (Hiver)	15	1,2 (2,3)	0,8 (2,1)	0,5 (2,3)
D (Réacteur)	9	0,5 (0,8)	0,2 (1,6)	0,2 (3,2)
D (Convertisseur)	6	0,5 (3,2)	0,3 (2,2)	0,3 (2,4)
E	11	0,2 (2,2)	0,4 (1,7)	0,4 (2,1)

n: nombre d'échantillons  
M.G.: moyenne géométrique  
F.G.: facteur géométrique

TABLE VI

Teneur en quartz (%) par diffraction des rayons X des différentes fractions granulométriques et des poussières respirables aux fonderies A, B et C

Fonderie	Grossière	Moyenne	Fine	Respirable
	M. $\pm$ É.T.	M. $\pm$ É.T.		M. $\pm$ É.T.
A	13 $\pm$ 5	8 $\pm$ 5	N.D.	3 $\pm$ 3
B	4 $\pm$ 1	4	N.D.	3 $\pm$ 1
C	12 $\pm$ 4	10 $\pm$ 3	N.D.	6 $\pm$ 2

N.D.: non décelé

M.: moyenne

É.T.: écart-type

TABLEAU VII

**Teneur (%) en quartz par spectroscopie infrarouge des fractions granulométriques recueillies à l'aide d'un impacteur à cascade à la fonderie D (cuivre)**

Sites	Grossière		Moyenne		Fine	
	(> 10 $\mu\text{m}$ )		(1 - 10 $\mu\text{m}$ )		(< 1 $\mu\text{m}$ )	
	x (n)	%	x (n)	%	x(n)	%
Réacteur <sup>(1)</sup>	2 (6)	3	1 (6)	6	3 (4)	ND
Convertisseur	3 (4)	3	1 (4)	5	3 (5)	ND

x: nombre de résultats

n: nombre d'échantillons

ND: non décelé

(1): quelques échantillons n'ont pu être analysés à cause de la présence d'interférence à la fréquence d'absorption de quartz en infrarouge

**Tableau VII**  
**Analyse par ESCA et par SIMS de la composition des**  
**particules de poussière pour les trois fonderies A, B et C.**

Fonderie	Grosueur	Eléments par ordre d'intensité décroissante			
		um	AM	PM	Soirée
A	<1		Fe, Si, S		
			Pb, Mn, Br, Cu, Zn, N		
	>1	K			(Ca)
			Ca, Fe, F, Si, S		
Constant		Ba			
			(Cr), (As), (Co)		
B	<1	Mn, Fe, Cu, K, Zn, Pb, Mg, S, N, Si, (Ca), (As), (Rb), (V)			
	>1	Ca, Fe, F, Na, K, Ba, Zr, (V)			
C	<1		Mn, Cu, Zn, S, Si, N, (Pb)		
			Mn, Mg, Cr, Zn, Cu, Pb		
	>1		Ca, Fe, Zr, K, Mg, F, Ba, Cr, Na		
		Constant		(Co), (As), (V), (Rb)	

( ) : faible intensité ou hypothétique

<b>TABLEAU IX</b>			
<b>Hétérogénéité de la composition des poussières selon le diamètre des particules par SIMS et ESCA aux fonderies de cuivre (D) et d'aluminium (E)</b>			
<b>Fonderie</b>	<b>Domaine de diamètre des particules (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Éléments d'intensité relative supérieure ( en ordre d'intensité décroissante)</b>	
<i>Cuivre</i>	Réacteur	Présents dans tous les diamètres	Fe, Si, Mg, Cr, Ni, V
		> 1	Ba
		< 1	Pb, Br, S, Cu, Zn, Sn, As, Cd, In, Sr
	Convertisseur	Présents dans tous les diamètres	Fe, Si, Mg, Cr, Ni, V
		> 1	Ba
		< 1	Pb, Cu, Br, S, Zn, Sn, As, Se, Sr
<i>Aluminium</i>	Présents dans tous les diamètres	Ca, F	
	> 1	Si, Ca	
	< 1	Na, Zn, S, Cl, Si, Al, K	

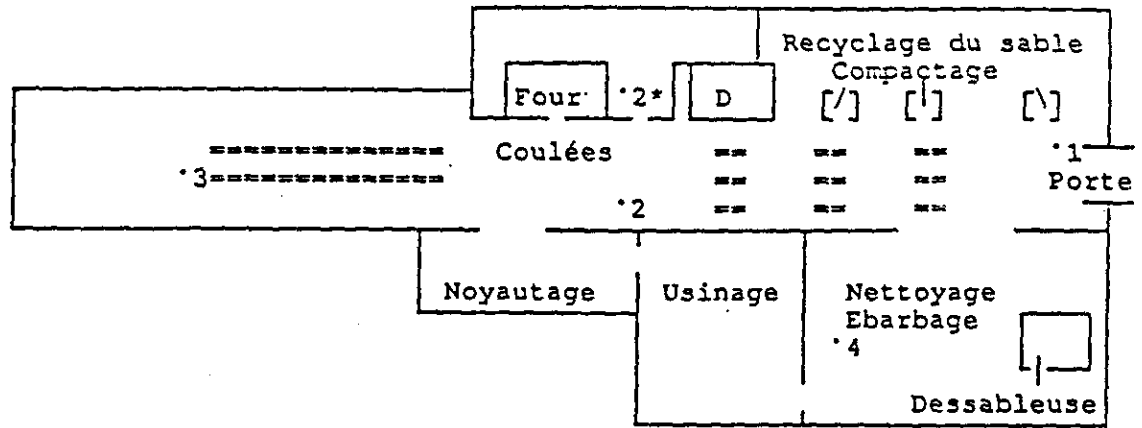
ESCA (Spectroscopie des électrons)

SIMS (Spectrométrie de masse des ions secondaires)

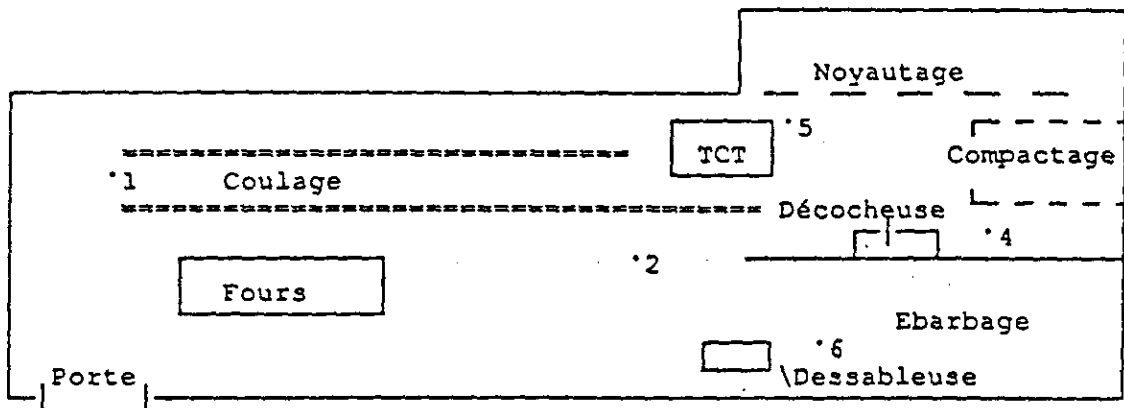
TABLEAU X

**Différence d'intensité entre la surface et le noyau des particules  
de poussières aéroportées provenant des différentes fonderies**

<b>Fonderies</b>	<b>Localisation de l'intensité supérieure</b>	<b>Éléments métalliques (Ordre d'intensité décroissante)</b>
A	Surface	Pb, N, F, Zn
	Noyau	Ca, Fe, Mg, Zn, Pb, S, Cl, F
B	Surface	F, N, Na, Zn, Cl
	Noyau	Fe, Mg, Mn, Co
C	Surface	F, Zn, Pb
	Noyau	Fe, Mg, Mn
D (Réacteur)	Surface	S, N
	Noyau	Cu, Fe, Zn, Mg
D (Convertisseur)	Surface	Pb, S, Zn, Se, N, As
	Noyau	Cu, Fe, Mg, Ba
E	Surface	F, S, Zn
	Noyau	Mg, Fe, Na



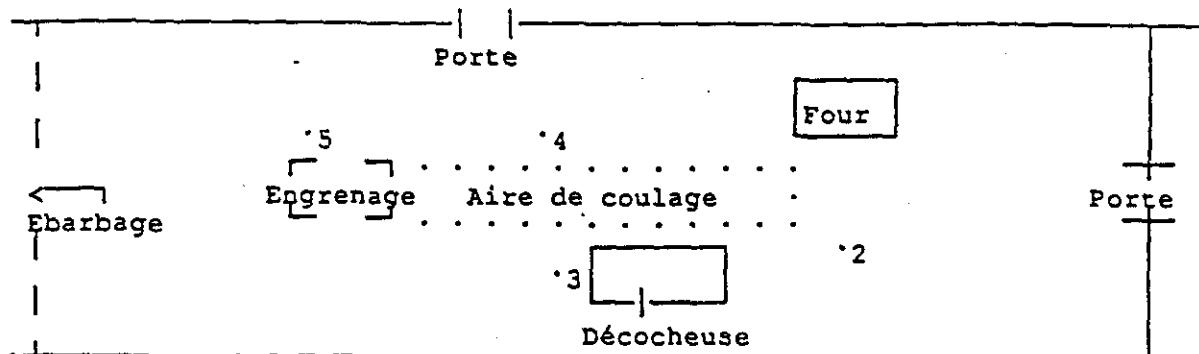
Fonderie A



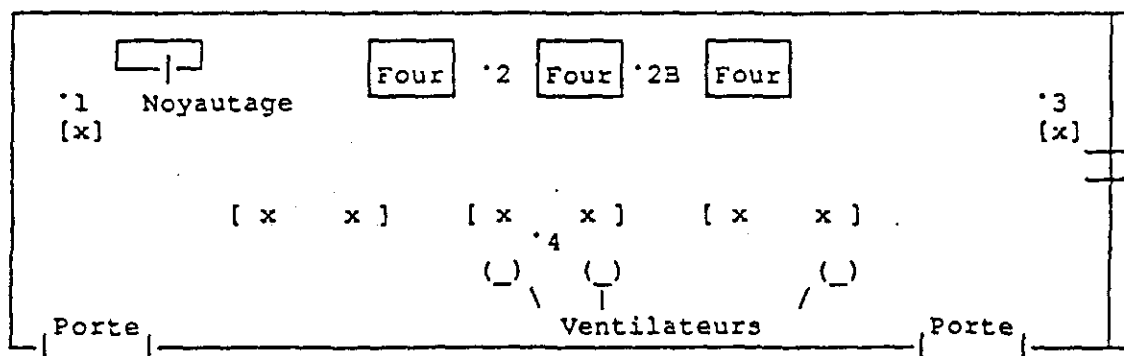
Fonderie B

Figure 1.- Schéma approximatif des sites d'échantillonnage aux fonderies ferreuses A et B. Les sites sont indiqués par des astérisques (\*).





Fonderie C



Fonderie E

Figure 2.- Schéma approximatif des sites d'échantillonnage à la fonderie ferreuse C et à la fonderie d'aluminium (E). Les sites sont indiqués par des astérisques (\*).

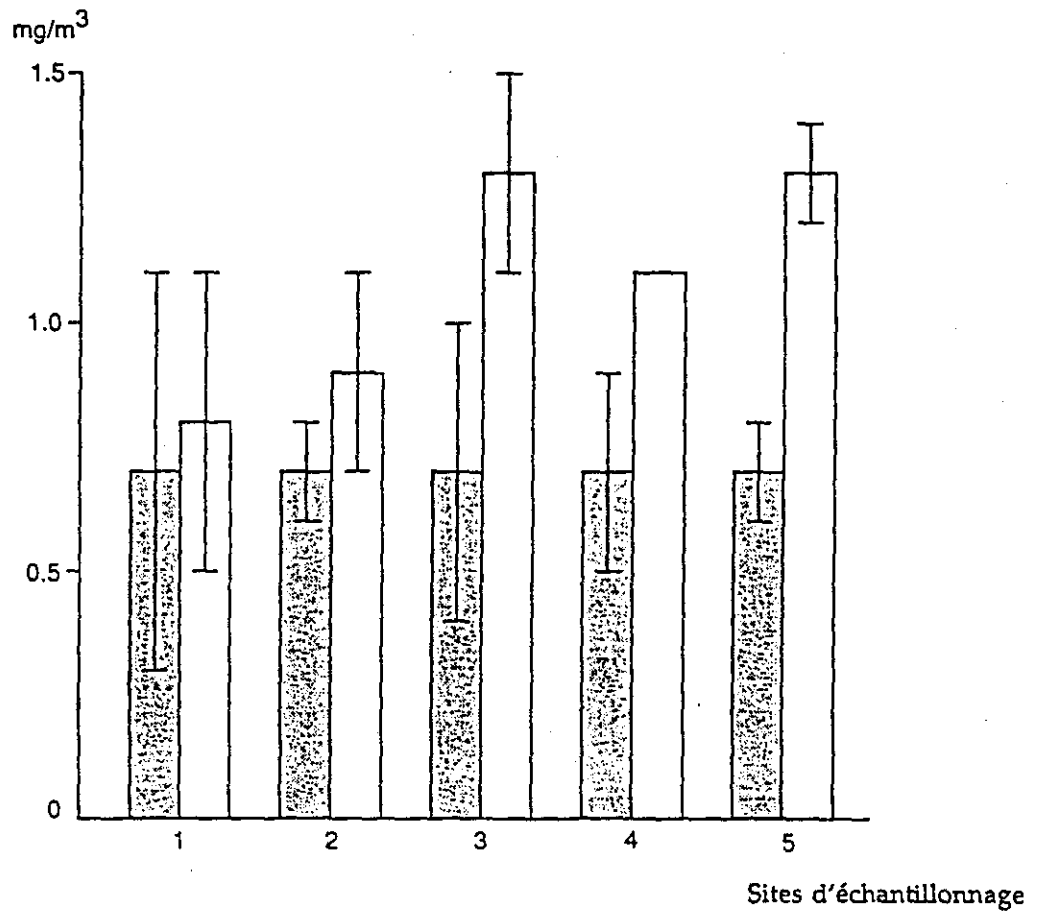


Figure 3.- Différences de concentrations des poussières respirables entre l'été (colonnes ombragées) et l'hiver (colonnes claires) aux différents sites d'échantillonnage de la fonderie ferreuse C.

## Bibliographic

- 1.- **Oudiz, J.:** Silica Exposure Levels in United States Foundries. In *Silica, Silicosis and Cancer*. Edited by Goldsmith, D.F., Winn, D.M. and Shy, C.M. Praeger Publishers, 521 Fifth Avenue, New York, NY 10175, 1986, pp. 21-28.
- 2.- **Parkes, W.R.:** *Occupational Lung Disorders*, 2nd Edition, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd., 1982, pp. 138 and 158-159.
- 3.- **Pintar, K., A. Funahashi and K.A. Siegesmund:** A Diffuse Form of Pulmonary Silicosis in Foundry Workers. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 100:535-538 (1976).
- 4.- **Ehrlich, R.I., K.F. Gerston and U.G. Lalloo:** Accelerated Silicosis in a Foundry Shotblaster. *S. Afr. Med. J.* 73:128-130 (1987).
- 5.- **Karava, R., S. Hernberg, R.S. Koskela and K. Luoma:** Prevalence of Pneumoconiosis and Chronic Bronchitis in Foundry Workers. *Scand. J. Work, Environ. Health.* 2:64-72 (1976).
- 6.- **Tola, S., R.S. Koskela, S. Hernberg and E. Jarvinen:** Lung Cancer Mortality Among Iron Foundry Workers. *J. Occup. Med.* 21:753-760 (1979).
- 7.- **Palmer, W.G. and W.D. Scott:** *Lung Cancer in Ferrous Foundry Workers: A Review*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 42:329-340 (1981).
- 8.- **Mirer, F., M. Silverstein, N. Maizlish, R. Park, B. Silverstein, and L. Brodsky:** Dust Measurements and Cancer Mortality at a Ferrous Foundry. In *Silica, Silicosis and Cancer*. Edited by Goldsmith, D.F., Winn, D.M. and Shy, C.M. Praeger Publishers, 521 Fifth Avenue, New York, NY 10175, 1986, pp. 29-44.
- 9.- **Palmer, W.G. and W.D. Scott:** Factors Affecting the Lung Cancer Incidence in Foundrymen. In *Silica, Silicosis and Cancer*. Edited by Goldsmith, D.F., Winn, D.M., Shy, C.M., 1986, pp. 45-56.
- 10.- **Mastrangelo, G., P. Zambo, L. Simonato and P. Rizzi:** A Case-referent Study Investigating the Relationship between Exposure to Silica Dust and Lung Cancer. *Int. Arch. Occup. Health.* 60:299-302 (1988).
- 11.- **Low, I and E. Mitchell:** Respiratory Disease in Foundry Workers. *Br. J. Ind. Med.* 42:101-105 (1985).
- 12.- **Johnson, A., M. Chan-Yeung, L. Maclean, E. Atkins, A. Dybuncio, F. Cheng and D. Enarson:** Respiratory Abnormalities among Workers in an Iron and Steel Foundry. *Br. J. Ind. Med.* 42:94-100 (1985).
- 13.- **Boone, C.W. and R.W. Van Houten:** Comparison of Foundry Dust Evaluation by Various Methods. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 36:537-540 (1976).

- 14.- **Zhang, J., J. Billiet, M. Nagles and R. Dams:** Survey of Total and Respirable Particulate Matter in a Iron Foundry. Comparison of Stationary Sampling and Personal Monitoring. *Sci. Total. Environ.* 30:167-180 (1983).
- 15.- **Tossavainen, A. and A. Kokko:** Precision and Accuracy of Foundry Dust Exposure Estimates from Air Sampling Data. *Scan. J. Work. Environ. & Health.* 2:suppl. 1, 13-18 (1976).
- 16.- **Siltanen, E., M. Koponen, A. Kokko, B. Engstrom and J. Reponen:** Dust Exposure in Finnish Foundries. *Scand. J. Work Environ. & Health.* 2:suppl. 1, 19-31 (1976).
- 17.- **Breum, N. and E. Holst:** Evaluating Dust Exposures in Foundries by a Screening Test. *Ann. Occup. Hyg.* 30:31-40 (1986).
- 18.- **Tossavainen, A:** Metal Fumes in Foundries. *Scand. J. Work Environ. & Health.* 2:suppl. 1, 42-49 (1976).
- 19.- **Koponen, M., T. Gustafsson, P.-L. Kalliomäki, M. Moilanen and L. Pyy:** Dusts in a Steel Making Plant. Lung Contamination among Iron Workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 47:35-45 (1980).
- 20.- **Zhang, J., J. Billiet and R. Dams:** Elemental Composition and Source Investigation of Particulates Suspended in the Air of an Iron Foundry. *Sci. Total Environ.* 41:13-28 (1985).
- 21.- **Dams, R. and Y. Zhang:** Elemental Composition of Dust in an Iron Foundry as Determined by Instrumental Neutron Activation Analysis. *J. Radioanal. Nuclear Chem.* 110(2):305-320 (1987).
- 22.- **Hernberg, S:** The Finnish Foundry Project. Background and General Methodology. *Scand. J. Work Environ. & Health.* 2:suppl. 1, 8-12 (1976).
- 23.- **Coenen, W:** Expositionssituation in Giebereien. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 48:189-195 (1988).
- 24.- **Van Craen, M., D.F.S. Natusch and F. Adams:** Quantitative Surface Analysis of Steel Furnace Dust Particles by Secondary Ion Mass Spectrometry. *Anal. Chem.* 54:1786-1792 (1982).
- 25.- **Van Craen, M., E.A. Denoyer, D.F.S. Natusch and F. Adams:** Surface Enrichment of Trace Elements in Electric Steel Furnace Dust. *Environ. Sci. Technol.* 17:435-439 (1983).
- 26.- **Que Hee, S.S.:** Respirable Total Dust and Silica Content in Personal Air Samples in a Nonferrous Foundry. *Appl. Ind. Hyg.* 4:57-60 (1989).
- 27.- Règlement sur la qualité du milieu de travail. S-2.1,r.15, à jour au 26 mars 1991.

- 28.- **Fukasawa, T., Iwatsuki, M. and S.P. Tillekeratne:** X-ray Diffraction Analysis of Airborne Particulates Collected by an Andersen Sampler. Compound Distribution vs. Particle Size. *Envir. Sci Technol.* 17:506-602 (1983).
- 29.- **Minni, E., Gustafsson, T.E., Koponen, M. and P.-L. Kalliomaki:** A Study of the Chemical Structure of Particles in the Welding Fumes of Mild and Stainless Steel. *J. Aerosol Sci.* 15:57-68 (1984).
- 30.- **Tandon, R.K., Payling, R., Chenhall, B.E., Crisp, P.T., Ellis, J. and Baker, R.S.:** Application of X-Ray Spectroscopy to the Analysis of Stainless-Steel Welding Aerosols. *Applications of Surface Science* 20: 527-537 (1985).
- 31.- **Grekula, A., Ristolainen, E., Tanninen, V.P., Hyvarinen, H.-K. and P.-L. Kalliomaki:** Surface and Bulk Chemical Analysis on Metal Aerosols Generated by Manual Metal Arc Welding of Stainless Steel. *J. Aerosol Sci.* 17:1-9 (1986).
- 32.- **Rendall, R.E.G., P. Baily and C.L. Saskolne:** The Effect of Particle Size on Absorption of Inhaled Lead. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 36:207-213 (1975).
- 33.- **Froines, J.R., W.C.V. Liu, W.C. Hinds and D.H. Wegman:** Effect of Aerosol Size on the Blood Lead Distribution of Industrial Workers. *Am. J. Ind. Med.* 9:227-223 (1986).
- 34.- **De Vries, C.R., P. Ingram, S.R. Walker, R.W. Linton, W. F. Gutknecht and J.D. Shelburne:** Acute Toxicity of Lead Particulates on Pulmonary Alveolar Macrophages. *Laboratory Investigation.* 48:36-44 (1983).
- 35.- **Roy, M.L., S. Siu, W.Waddel and P. Kennedy:** Worker Exposure to Lead Titanate Zirconate in an Ontario Company. *J. Occup. Med.* 31(12):986-989 (1989).
- 36.- **Roy, B.R.:** Effects of Particle Sizes and Solubilities of Lead Sulphide Dust on Mill Workers. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 38:327-332 (1977).
- 37.- **Lilis, R., J.A. Valciukas, J.-P. Weber, A. Fischbein, W.J. Nicholson, C. Campbell, J. Malkin and I.J. Selikoff:** Distribution of Blood Lead, Blood Cadmium, Urinary Cadmium, and Urinary Arsenic Levels in Employees of a Copper Smelter. *Environ. Res.* 33:76-95 (1984).