

DECODAGE DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE  
PAR L'ANALYSE DE PARTICULES EXTRAITES DU PARENCHYME PULMONAIRE

ANDRE DUFRESNE, CHIMISTE, M.Sc.

ECOLE DE SANTE AU TRAVAIL

UNIVERSITE MCGILL

JUN 1990

Thèse présentée à la faculté des études avancées  
en marge d'une exigence partielle pour l'obtention du diplôme  
PhD Santé au travail

AF 25068

A Claudette, mon épouse

Julie et Annie, mes deux filles et

au docteur Guy Perrault, un ami.

A leur mémoire.

Au cours de la rédaction de ce mémoire, je me suis aussi questionné sur l'événement de la Polytechnique, sur le pourquoi d'un tel acte. Un sacrifice qui fut bien inutile, un peu comme celui du dernier savant à travailler à la bibliothèque d'Alexandrie qui était aussi....une femme. Mathématicienne, physicienne, astronome, Hypathie, née en 370, évoluait librement et sans gêne dans des domaines traditionnellement masculins; elle fut tuée parce qu'elle tentait de conserver le savoir de la grande bibliothèque d'Alexandrie, savoir qui fut acquis pendant 7 siècles par .... l'homme. La vie est sens et non sens; espérons que le sens l'emportera.

RESUME

Les histoires professionnelles colligées au cours d'entrevues d'une étude épidémiologique puis traduites en nature et niveaux d'exposition professionnelle ont été comparées aux résultats obtenus par une analyse physico-chimique de particules extraites du parenchyme pulmonaire de quarante-deux sujets atteints de différents types de cancer. Le scénario original prévoyait un ensemble de dix travailleurs surtout exposés à la fibre d'amiante, dix à la silice, dix à des fumées de soudure, six fumeurs et six non-fumeurs non-exposés aux contaminants visés. Des fragments de tissus formolés ou enrobés dans la paraffine ont été utilisés après avoir été standardisés par deux pathologistes. Les protocoles de préparation et d'analyse ont été validés pour permettre de dénombrer un nombre représentatif de particules et de les caractériser "raisonnablement" par leur morphologie et leur composition chimique par microscopie électronique à transmission et par spectrométrie de masse par impact laser.

Un test de Kappa a permis de montrer qu'il y avait une concordance limitée au niveau 5 % entre les estimateurs de l'histoire professionnelle et de la physico-chimie en ce qui a trait au groupe de sujets exposés à la fibre d'amiante ( $k= 0.475$ ,  $p = 0.001$ ), une corrélation au niveau 10 % en ce qui a trait au groupe exposition à la silice ( $k= 0.213$ ,  $p= 0.089$ ) et une corrélation au niveau 5 % en ce qui a trait au groupe de travailleurs non-exposés, non-fumeurs ( $k= 0.417$ ,  $p= 0.003$ ). La charge pulmonaire moyenne des valeurs log-normalisées de certains minéraux extraits de sujets appartenant à certains groupes d'intérêt était statistiquement différente.

ABSTRACT

Occupational histories collected during interviews in an epidemiological study and then expressed as types and levels of occupational exposure have been compared to the results acquired in a physico-chemical analysis of the particles extracted from pulmonary parenchyma of forty-two subjects with different types of cancer. The original scenario was for a group of workers, ten exposed mainly to asbestos fibers, ten to silica, ten to welding fumes, six smokers, and six nonsmokers not exposed to the target contaminants. Fragments of tissue that had been formalated or covered in paraffin were used after having been standardized by two pathologists. The preparation and analytical protocols were validated so that a representative number of particles could be counted and "reasonably" characterized from their morphology and their chemical composition by transmission electron microscopy and laser microprobe mass analyser.

A Kappa test revealed that there was a limited correlation at the 5% level of confidence between the work history and physico-chemical estimators for the group of subjects exposed to asbestos fiber ( $k= 0.475$ ,  $p = 0.001$ ), a 10% level for the group with silica exposure ( $k= 0.213$ ,  $p = 0.089$ ) and at a 5% level in the unexposed nonsmoker group ( $k= 0.417$ ,  $p = 0.003$ ). The average pulmonary dust burden of the log-normalized values for certain minerals that were extracted from subjects belonging to certain groups of interest were statistically different.



CONTRIBUTION ORIGINALE

A notre avis, aucune recherche qui n'a été publiée quant à l'établissement du niveau de concordance entre les expositions rétrospectives de travailleurs, établies par enquête, et la rétention pulmonaire de particules, mesurées par microscopie électronique à transmission. Pour vérifier le niveau de concordance, il a fallu mettre au point et valider une méthode analytique permettant le dénombrement représentatif de particules d'exposition professionnelle ainsi qu'une identification raisonnable de leur nature minéralogique. Il a fallu par la suite définir un protocole de classification des charges pulmonaires des sujets à l'étude et permettre ainsi de les comparer à l'enquête sur l'histoire professionnelle. L'expérience a permis de montrer qu'il y avait une corrélation limitée au niveau 5 % entre les estimateurs histoire du travail et physico-chimie en ce qui a trait au groupe de sujets exposés à la fibre d'amiante ( $k= 0.475$ ,  $p = 0.001$ ), une corrélation au niveau 10 % en ce qui a trait au groupe exposition à la silice ( $k= 0.213$ ,  $p= 0.089$ ) et une corrélation au niveau 5 % en ce qui a trait au groupe non-exposés, non-fumeurs ( $k= 0.417$ ,  $p= 0.003$ ).

L'optimisation de la méthode analytique pour décoder l'histoire du travail (par opposition à d'autres méthodes dont l'objectif était de doser la charge pulmonaire en fibres d'amiante), l'ampleur de l'analyse minéralogique de particules isolées et l'exploration de certaines techniques de spéciation des particules sont aussi originales.

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu, à exprimer ma plus sincère reconnaissance au Docteur Bruce W. Case et au Docteur Guy Perrault qui ont dirigé d'une manière compréhensive mon travail de recherche. Au Docteur Ben Armstrong, toute ma reconnaissance pour ses précieux conseils en statistiques et son rôle d'aviseur pendant ces trois années d'études doctorales.

J'adresse mes remerciements au Docteur Jack Siémiatycki pour sa collaboration dans le processus d'échange des histoires professionnelles; et au Docteur Patrick Sébastien, mes remerciements pour son intense participation à l'élaboration du programme "ENOR-2" de même que pour ses encouragements à compléter mes études doctorales.

Je témoigne ma sympathie au Docteur Gilles Thériault pour l'aide financière, les encouragements et la confiance qu'il m'a accordé et au Docteur Louis Berlinguet, de l'IRSST, pour son appui financier.

J'adresse un grand merci à toutes les personnes qui de près ou de loin, m'ont accordé leur collaboration tant au niveau du projet doctoral ou pour le fonctionnement des laboratoires de microscopie analytique; je pense à messieurs Michael Harrigan, Robert Robb, Patrick McDonough, le Docteur Yming Wu, Mesdames Lee-Ann Monaghan, Marie Plourde et Rosa et Josée Coppola . Sans leur précieuse collaboration, il m'aurait été impossible d'opérer les laboratoires de microscopie analytique et de parachever le projet doctoral.

Enfin, un merci à M. Jacques Blain et Mlle Lynda Cloutier de L'IRSST pour les mille et un articles qu'ils m'ont fournis dans le cadre de ce projet doctoral.

DECODAGE DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE  
PAR L'ANALYSE DE PARTICULES EXTRAITES DU PARENCHYME PULMONAIRE

PLAN

	Résumé	ii
	Abstract	iii
	Contribution originale	iv
	Remerciements	v
	Table des matières	vii
	Préface	1
1.	Introduction	3
1.1.	Le raisonnement	3
1.2.	La question	5
2.	Revue de la littérature	7
2.1.	Les techniques de préparation des tissus	7
2.1.1.	Les techniques de préparation non-destructive	8
2.2.2.	Les techniques de préparation destructive	12
2.1.?.	Résumé	15
2.2.	Les techniques d'analyse	15
2.2.1.	L'analyse des particules individuelles	16
2.2.1.1.	L'analyse en microscopie électronique	17

2.2.1.2.	L'analyse en LAMMA	19
2.2.1.3.	L'analyse en SIMS	20
2.2.1.4.	L'analyse en MOLE	20
2.2.1.5.	L'analyse en microscopie optique	21
2.2.2.	L'analyse globale d'un certain nombre de particules	22
2.2.2.1.	L'analyse en ESCA	22
2.2.2.2.	L'analyse en XRD et IRS	23
2.2.2.3.	L'analyse en XRF	23
2.2.2.4.	L'analyse en PIXE	23
2.2.3.	Résumé	24
2.3.	La microscopie électronique appliquée à la pathologie et aux études épidémiologiques	24
	- Revue générale des applications -	
2.4.	Les sources d'erreur en microscopie électronique	28
2.4.1.	Les artéfacts dus aux préparations	28
2.4.2.	Les artéfacts dus à l'instrumentation	29
2.5.	Déposition et clairance des particules	30
2.6.	Résumé	35
3.	Matériel et méthode	37
3.1.	L'origine des tissus	37
3.2.	Méthode d'extraction des particules	39
3.3.	Méthode de préparation des grilles microscopiques	45
3.4.	Méthode d'analyse en microscopie électronique	46

3.5.	Méthode d'analyse en microsonde à impact laser (LAMMA)	56
4.	Résultats	58
4.1.	Développement de la stratégie analytique du TEM	58
4.1.1.	Métrologie des particules, série A	60
4.1.2.	Evaluation de la série A	61
4.1.3.	Métrologie des particules, série B	63
4.1.4.	Comparaison entre la série A et la série B	64
4.1.5.	Résumé des critères de comptage	68
4.1.6.	Métrologie des particules, série C	69
4.2.	Analyse des spectres dispersifs	71
4.2.1.	Filtration des spectres des silicates de la série C	71
4.2.2.	Interprétation des autres spectres	78
4.2.3.	Les spectres par microsonde à impact laser (LAMMA)	79
4.2.4.	Résumé	81
4.3.	Décodage de l'histoire professionnelle	82
4.3.1.	Charge pulmonaire en particules	82
4.3.2.	Règles empiriques d'attribution des positions et groupes	84
4.4.	Etude fine de chaque cas	89
4.5.	Comparaison des résultats de l'analyse physico-chimique et de l'enquête sur l'histoire professionnelle	90
4.6.	Evaluation de la charge pulmonaire moyenne	95

5.	Discussion	99
5.1.	Les critères de comptage	100
5.2.	Microanalyse des particules	106
5.2.1.	Les spectres dispersifs en énergies de rayon-X des silicates	106
5.2.2.	Les spectres dispersifs en énergies de rayons-X des autres minéraux ou métaux.	126
5.2.3.	Les spectres IAMMA	128
5.3.	Validité des vecteurs décisionnels de classification. Evaluation descriptive cas par cas.	130
5.4.	Validité des vecteurs décisionnels de classification. Evaluation par groupe d'exposition.	161
5.4.1.	Sujets exposés à la fibre d'amiante	163
5.4.2.	Sujets exposés à la silice	167
5.4.3.	Sujets exposés aux métaux	169
5.4.4.	Sujets non-exposés	170
5.4.4.1.	Sous-groupe des fumeurs	170
5.4.4.2.	Sous-groupe des non-fumeurs	175
6.	Conclusion	179
7.	Bibliographie	185

REPERTOIRE DES FIGURES

Figure 1: Représentation schématique du protocole analytique

Figure 2: Système à "déparaffiner"

Figure 3: Transfert de la réplique de carbone

Figure 4: Stratégie d'analyse dans une ouverture de grille

Figure 5: Représentation schématique du réticule microscopique

REPERTOIRE DES TABLEAUX

Tableau 1-A:	Distribution morphologique, série A	T-1
Tableau 1-B:	Distribution morphologique, série B	T-2
Tableau 2:	Calibre des particules, série A	T-3
Tableau 3:	Intensité de fluorescence X	T-4
Tableau 4:	Distribution morphologique, 13 cas de la série A et 13 cas de la série B	T-5
Tableau 5:	Calibre des particules, 13 cas de la série A et 13 cas de la série B.	T-6
Tableau 6:	Classe des particules	T-7
Tableau 7:	Distribution morphologique, série C	T-8
Tableau 8:	Calibre des particules, série C	T-9
Tableau 9-A:	Calibre des particules, silicates de la série C	T-10
Tableau 9-B:	Calibre des particules, amiante de la série C	T-11



Tableau 10:	Distribution des atomes, particules de silice	T-12
Tableau 11-A:	Distribution des atomes, particules de feldspath plagioclase	T-13
Tableau 11-B:	Distribution des atomes, particules de feldspath potassique	T-14
Tableau 12-A:	Distribution des atomes, tous les micas	T-15
Tableau 12-B:	Distribution des atomes, mica type muscovite	T-16
Tableau 12-C:	Distribution des atomes, mica à faible teneur en fer. Structure entre la lépidolite et la muscovite	T-17
Tableau 12-D:	Distribution des atomes, mica à haute teneur en fer	T-18
Tableau 12-E:	Distribution des atomes, mica argileux	T-19
Tableau 12-F:	Distribution des atomes, mica et apatite	T-20
Tableau 13-A:	Distribution des atomes, tous les argiles	T-21
Tableau 13-B:	Distribution des atomes, argile type kaolinite	T-22
Tableau 13-C:	Distribution des atomes, argile type illite	T-23
Tableau 13-D:	Distribution des atomes, argile type bentonite	T-24
Tableau 13-E:	Distribution des atomes, argile type pyrophyllite	T-25
Tableau 14:	Distribution des atomes, type talc	T-26
Tableau 15-A:	Distribution des atomes, amiante type amosite	T-27
Tableau 15-B:	Distribution des atomes, amiante type trémolite	T-28
Tableau 15-C:	Distribution des atomes, amiante type chrysotile	T-29

Tableau 15-D:	Distribution des atomes, amiante type crocidolite	T-30
Tableau 16:	Distribution des atomes, type chlorite	T-31
Tableau 17:	Distribution des atomes, type vermiculite	T-32
Tableau 18-A:	Distribution des atomes, type pyroxène actinite	T-33
Tableau 18-B:	Distribution des atomes, type pyroxène augite	T-34
Tableau 18-C:	Distribution des atomes, type pyroxène sodique	T-35
Tableau 19:	Distribution des atomes, type métamorphique	T-36
Tableau 20:	Distribution des atomes, type non-classé	T-37
Tableau 21:	Distribution des atomes, type hématite-silicate	T-38
Tableau 22-A:	Résumé des spectres IAMMA. Intensité arbitraire d'émission. Partie 1	T-39
Tableau 22-B:	Résumé des spectres IAMMA. Intensité arbitraire d'émission. Partie 2	T-41
Tableau 23:	Charge pulmonaire en silicates compacts	T-43
Tableau 24:	Charge pulmonaire en silicates prismatiques	T-45
Tableau 25:	Charge pulmonaire en particules exclusivement métalliques	T-47
Tableau 26:	Charge pulmonaire en particules avec métaux	T-49
Tableau 27:	Charge pulmonaire en autres particules	T-51
Tableau 28-A:	Charge pulmonaire totale en particules compactes	T-53
Tableau 28-B:	Charge pulmonaire totale en particules prismatiques	T-55
Tableau 29-A:	Classement des cas sur la base de l'analyse particulaire. Exposition à la fibre d'amiante.	T-57

Tableau 29-B:	Classement des cas sur la base de l'analyse particulière. Exposition aux silicates.	T-58
Tableau 29-C:	Classement des cas sur la base de l'analyse particulière. Exposition aux métaux.	T-59
Tableau 29-D:	Classement des cas sur la base de l'analyse particulière. Sujets sans exposition.	T-60
Tableau 30-A-1:	Comparaison des résultats entre l'étude physico-chimique et l'histoire professionnelle. Groupe Amiante	T-61
tableau 30-A-2:	Période de temps depuis la dernière exposition. Groupe amiante	T-62
Tableau 30-B-1:	Comparaison des résultats entre l'étude physico-chimique et l'histoire professionnelle. Groupe silice	T-63
Tableau 30-B-2:	Période de temps depuis la dernière exposition. Groupe silice	T-64
Tableau 30-C-1:	Comparaison des résultats entre l'étude physico-chimique et l'histoire du travail. Groupe métaux	T-65
Tableau 30-C-2:	Période de temps depuis la dernière exposition. Groupe métaux	T-66
Tableau 30-D-1:	Comparaison des résultats entre l'étude physico-chimique et l'histoire du travail. Groupe non-exposés	T-67

Tableau 30-D-2: Période de temps depuis la dernière exposition.	T-68
Groupe non-exposés	
Tableau 31: Efficacité de la comparaison entre l'enquête et la physico-chimie	T-69
Tableau 32: Matrice comparative des résultats entre l'étude physico-chimique et l'histoire du travail.	
Tableau 33-A: Charge pulmonaire des groupes d'intérêt. Silicates prismatiques	T-71
Tableau 33-B: Charge pulmonaire des groupes d'intérêt. Silicates compacts	T-72
Tableau 33-C: Charge pulmonaire des groupes d'intérêt. Métaux compacts	T-73
Tableau 34-A: Corrélation entre les particules compactes et prismatiques	T-74
Tableau 34-B: Corrélation entre les métaux	T-75
Tableau 35-A: Concentration des silicates prismatiques en fonction des types de cancer	T-76
Tableau 35-B: Concentration des silicates compacts en fonction des types de cancer	T-77
Tableau 35-C: Concentration des particules avec métaux en fonction des types de cancer	T-78
Tableau 36: Comparaison du pourcentage de silicates entre différentes études	T-79

Tableau 37: Concentration du potassium en fonction de T-80  
l'aluminium parmi les particules classées dans  
le groupe des micas

REPERIOIRE DES ANNEXES

Annexe I Résultat de la filtration des échantillons de  
référence

Annexe II Programme fortran permettant la filtration des  
spectres

Annexe III Champs à mémoire variable

Annexe IV Résumé de l'histoire professionnelle telle que  
définie par l'étude Siemiatycki et comparaison  
avec les résultats acquis par la physico-chimie

Spectres dispersifs en énergies de rayons-X (EDAX) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire

Figure E 1: CHT-80-28

Figure E 2-A: CHT-80-58

Figure E 2-B: CHT-80-58

Figure E 3: CHT-84-8

Figure E 4-A: JGH-81-84

Figure E 4-B: JGH-81-84

Figure E 5: JGH-79-207  
Figure E 6-A: JGH-81-123  
Figure E 6-B: JGH-81-123  
Figure E 7: MGH-79-272  
Figure E 8: MGH-79-275  
Figure E 9: MGH-79-300  
Figure E 10: MGH-79-406  
Figure E 11: MGH-80-295  
Figure E 12: MGH-82-264  
Figure E 13: MGH-82-308  
Figure E 14-A: MGH-84-72  
Figure E 14-B: MGH-84-72  
Figure E 15-A: MGH-85-47  
Figure E 15-B: MGH-85-47  
Figure E 16-A: RVH-30639  
Figure E 16-B: RVH-30639  
Figure E 17: RVH-30909  
Figure E 18: RVH-31471  
Figure E 19: RVH-31839  
Figure E 20-A: RVH-31940  
Figure E 20-B: RVH-31940  
Figure E 21-A: RVH-79-6979  
Figure E 21-B: RVH-79-6979  
Figure E 22: RVH-79-7991  
Figure E 23: RVH-86-37

Spectres de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire

- Figure L 1: CHT-80-28
- Figure L 2: CHT-80-58
- Figure L 3: CHT-84-8
- Figure L 4: JGH-81-84
- Figure L 5: JGH-79-207
- Figure L 6-A: JGH-84-190
- Figure L 6-B: JGH-84-190
- Figure L 7: MGH-79-272
- Figure L 8-A: MGH-79-275
- Figure L 8-B: MGH-79-275
- Figure L 9-A: MGH-79-300
- Figure L 9-B: MGH-79-300
- Figure L 10: MGH-80-295
- Figure L 11: MGH-82-264
- Figure L 12-A: MGH-84-72
- Figure L 12-B: MGH-84-72
- Figure L 13: RVH-30343
- Figure L 14: RVH-30458
- Figure L 15-A: RVH-30639
- Figure L 15-B: RVH-30639
- Figure L 15-C: RVH-30639

Figure L 16-A: RMH-30909

Figure L 16-B: RMH-30909

Figure L 16-C: RMH-30909

Figure L 17: RMH-31026

Figure L 18-A: RMH-31409

Figure L 18-B: RMH-31409

Figure L 19: RMH-31471

Figure L 20-A: RMH-31839

Figure L 20-B: RMH-31839

Figure L 20-C: RMH-31839

Figure L 21: RMH-31940

Figure L 22: RMH-79-6979

Figure L 23-A: RMH-84-3255

Figure L 23-B: RMH-84-3255

Figure L 24: RMH-85-6447

Figure L 25: RMH-86-37

Figure L 26: SMH-83-20

Figure L 27-A: SMH-84-1

Figure L 27-B: SMH-84-1

Figure L 27-C: SMH-84-1

Figure L 38: SMH-85-78



PREFACE

L'analyse spécifique de particules est l'ensemble des activités permettant d'acquérir une connaissance précise de leur nature chimique, minéralogique et physique. Dans un contexte de santé et sécurité du travail, la "spéciation" des particules est d'abord la détermination de leur identité puis des quantités susceptibles d'être inhalées par le travailleur durant sa vie professionnelle. La connaissance précise des agresseurs s'acquiert lors de l'établissement des stratégies d'intervention en milieu de travail; c'est un processus primaire de prévention des maladies professionnelles. Plusieurs études de stratégies d'intervention en milieu de travail ont fait l'objet de publications (1-9).

Cependant, la stratégie d'intervention la mieux planifiée ne mettra pas nécessairement en évidence tous les facteurs de risque pour la santé et la sécurité des travailleurs car on ne peut pas toujours d'une simple estimation du niveau d'exposition en milieu de travail déduire le facteur de risque. Un exemple est le cas des travailleurs exposés aux fibres d'amiante chrysotile, laquelle est contaminée par de petites quantités de fibres d'amiante trémolite. L'analyse spécifique des particules re-

tenues dans le parenchyme pulmonaire de travailleurs ayant œuvré dans ce milieu minier a mis en évidence le cumul sélectif de la fibre d'amiante trémolite (10,11) comparativement à la fibre de chrysotile qui serait éliminée de façon plus efficace.

L'analyse spécifique est aussi un outil permettant l'étude des pathologies pulmonaires (induites par le dépôt et la rétention de particules) cas par cas (e.g. compensation ou autres); ou encore, par ensemble de cas lors d'une étude épidémiologique. Dans le contexte du cas par cas, l'intervenant tente d'établir soit une corrélation entre le résultat histopathologique et la qualité des contaminants d'un milieu de travail (11-18) soit une corrélation entre l'agent causal et le vécu dans un milieu environnemental (19-23). Dans une étude épidémiologique, l'intervenant tente d'établir une courbe dose-réponse, la dose étant établie sur la base de l'accumulation dans le poumon de la substance dispersée dans l'air ambiant du milieu de travail (22,24-27). Même si l'association est démontrée, il n'est pas pour autant prouvé que la substance est la cause directe de la maladie.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. LE RAISONNEMENT

Les balises de questionnement de ce projet doctoral s'intègrent dans le cheminement d'une étude épidémiologique (28), ci-après appelée étude Siemiatycki, et d'un programme d'étude en pathologie des expositions professionnelles, ci-après appelée étude Case/Fraser.

L'étude épidémiologique de cas-témoins de Siemiatycki avait pour objectif de déterminer quelles expositions du lieu de travail peuvent être cancérigènes. Pour chaque individu atteint d'un cancer dans 9 hôpitaux de la ville de Montréal, entre 1979 et 1983, Siemiatycki essaie d'obtenir par le biais d'une entrevue, des informations relatives à la vie professionnelle, ainsi qu'à divers cofacteurs tel le tabagisme. Ensuite, un chimiste traduit les descriptions d'emplois en nature et niveaux d'expositions professionnelles. Les expositions ainsi inférées servent de base aux analyses statistiques subséquentes. Ce n'est pas l'objectif de ce mémoire de faire une description exhaustive des principes de la méthodologie de cette étude épidémiologique dont les subtilités sont bien documentées (29-31). Cependant, les expositions professionnelles qui ont été documentées par l'étude Siemiatycki, seront utilisées comme point de comparaison pour la présente étude.

Le programme d'étude concernant l'évaluation de la charge pulmonaire en fonction des cancers (étude de Case/Fraser) consiste, d'une part, à monter une banque de tissus pulmonaires de patients déclarés cancéreux (et aussi de témoins) tout en standardisant les prélèvements de tissus, et d'autre part, à mettre au point des méthodes analytiques permettant l'identification et la quantification de cancérigènes professionnels.

Dans ce contexte, certains cas interviewés lors de l'étude Siemiatycki, puis décédés d'un cancer, ont pu être retracés dans les dossiers des services de pathologie de certains hôpitaux de la région de Montréal par les docteurs B. Case et R. Fraser. Après avoir colligé un certain nombre de sujets des docteurs Case et Fraser, il fut alors possible de préparer un scénario d'analyse spécifique permettant de vérifier la question principale et les sous-questions de l'étude doctorale. Ce projet d'établissement de la banque des tissus fut parrainé par 3 chercheurs, c'est à dire les docteurs Case, Fraser et Siemiatycki et fut financé par le National Cancer Institute. Exception faite du choix des cas et de l'établissement des données relatives à chaque cas, la formulation de la question principale, l'établissement des méthodes analytiques et la production de toutes les autres données, est l'oeuvre de recherche de la présente thèse.

Les objectifs spécifiques de ce projet doctoral sont de deux natures: la caractérisation physico-chimique des particules retenues dans le poumon et le décodage de l'histoire professionnelle par le classement de ces particules.

Les docteurs Case et Siemiatycki décidèrent que pendant la période de travail analytique en laboratoire, l'analyste ne serait pas informé de l'histoire professionnelle des sujets sous investigation).

Un autre objectif de cette étude est d'explorer à l'aide d'outils statistiques simples les possibilités de corrélation entre l'histoire du travail colligée au cours des entrevues de l'étude Siemiatycki et les résultats acquis par l'étude physicochimique, qui fait l'objet de la présente thèse. A cette étape, l'analyste a été informé du contenu des entrevues recueillies par l'étude épidémiologique.

## 1.2. LA QUESTION

La relation entre les expositions passées d'un travailleur et la rétention pulmonaire des particules est le centre de gravité de ce projet doctoral. La question principale se résume comme suit: "Peut-on faire un portrait de l'histoire professionnelle d'un travailleur par l'analyse de l'identité et des quantités de particules inorganiques retenues dans le parenchyme pulmonaire"?

La seconde question consiste à vérifier s'il existe une corrélation entre les deux variables, identité et quantité de particules et l'histoire du travail établie par l'étude Siemiatycki, c'est à dire chez des travailleurs exposés à de la poussière de silice, amiante ou fumées de soudure à un moment ou l'autre de leur vie professionnelle. Autrement dit, peut-on expliquer pourquoi la rétention "particulaire" est ou non un bon estimateur des expositions du passé?

Pour répondre à cette question principale, l'investigation doit, dans la même foulée, proposer des éléments de réponse à des questions plus spécifiques:

- (1) Quels sont les marqueurs potentiels (inorganiques) de l'exposition à la fumée de cigarette?
- (2) Peut-on définir des marqueurs spécifiques à un milieu de travail?
- (3) Est-il possible de définir leur nature chimique (état de valence) ou mieux leur nature minéralogique?
- (4) Quels sont les marqueurs potentiels des agresseurs cancérogènes (inorganiques) présents en milieu de travail?

La question principale met en jeu un nombre important de variables (origine des fragments de parenchyme pulmonaire, préparation, type d'analyse, déposition et clairance des particules, etc.). Les prochaines sections vont permettre de faire le point sur certaines de ces variables.

## 2. REVUE DE LA LITTERATURE

### 2.1. LES TECHNIQUES DE PREPARATION DES TISSUS

Il y a deux approches de base lorsque le contenu en particules doit être mesuré dans un milieu biologique (32). Il y a, d'une part, l'approche non-destructive dite analyse "in situ" (33-35) et, d'autre part, l'approche destructive dans laquelle la matrice biologique est détruite à l'aide de méthodes physiques ou chimiques (36-38). Les particules isolées seront analysées soit "en vrac" ou soit individuellement (39) tandis que les particules conservées dans leur matrice biologique seront, en général, analysées individuellement.

Chacune de ces deux approches a des avantages et des inconvénients. L'approche "in situ" permet à l'analyste de déterminer l'identité des particules à l'emplacement exact où le tissu a montré une inflammation ou une blessure. Donc, cette approche permet une corrélation entre la réaction pathologique et les particules impliquées dans le processus de la pathologie.

L'approche destructive est particulièrement utile dans la mesure où il faut concentrer les particules parce qu'elles sont présentes en petite quantité dans un volume donné de tissu. La concentration des particules permettra donc une meilleure repré-

sentativité de leur identité, un facteur qui sera déterminant si l'objectif de l'investigation est de décoder l'histoire du travail.

### 2.1.1. LES TECHNIQUES DE PREPARATION NON-DESTRUCTIVES

L'analyse "in situ" est effectuée en coupes ultra-minces (35, 40-42), 500 nm d'épaisseur et moins, ou en coupes dites minces, 5 um d'épaisseur (33,43-46). Lorsque le choix de l'analyste s'arrête à la préparation ultra-mince, c'est qu'il désire effectuer une analyse des éléments tels qu'ils apparaissent in vivo, dans une matrice biologique intégrale, telle qu'elle apparaît in vivo. Il est difficile de satisfaire ces deux exigences simultanément (47). En général, ce type de préparation a pour but d'évaluer la distribution des éléments et molécules solubles endogènes (à l'opposé de "xénobiotique"). C'est le type de préparation utilisée, par exemple, lors d'études d'ischémie rénale, de gonflement de cellules rénales, d'infarctus du myocarde, etc.

L'analyse "in situ" en sections ultra-minces met en jeu la caractérisation d'éléments sur des cellules spécialisées tels le macrophage (48) et les organites (42), les protéines (49), les tissus spécialisés (47), etc. Ce type d'analyse est basé sur deux techniques qui sont dérivées des équations relatives à la



génération des rayons-X. Il s'agit de la technique de Cliff-Lorimer (50), appliquée à des sections ultra-minces de composés métalliques, d'origine métallurgique ou géologique, (51) et, à l'occasion, d'origine biologique (52) et de la technique de Hall (53-55) appliquée à des coupes biologiques ultraminces (34,51,56-60), permettant l'analyse quantitative d'éléments légers tels le sodium, le calcium, le potassium, le soufre, le phosphore, etc. La microanalyse de rayons-X permet dans ce type d'application, des mesures d'éléments impliqués dans les processus cellulaires anormaux (croissance anormale des cellules, cancer, mort des cellules, etc). Les étalons de référence sont montés dans des matrices tels l'albumine, les gélatines, les résines, les plastiques (61-64), etc, afin de simuler les matrices biologiques.

Les préparations des coupes ultra-minces sont regroupées en deux sous-groupes, selon que l'investigation ait pour but de déterminer la concentration d'éléments "diffusibles" ou "non-diffusibles". Certains cations biologiques tels le sodium et le potassium diffusent aisément à travers les membranes biologiques et lorsque l'investigation a pour objectif une mesure juste et fidèle de leur concentration, il y a lieu d'assurer leur stabilité dans la cellule par une préparation appropriée.

Des auteurs ont mis à profit les montages histologiques dans des résines d'épon (65-74) permettant l'étude simultanée des éléments "non-diffusibles" et de la structure fine de la cellule. Ces montages sont fixés avec des métaux lourds tels le plomb ou l'uranium (pour accroître le contraste des cellules) quoique plusieurs études citées ci-haut omettent la fixation car elle peut interférer lors de l'imagerie des éléments ou de la mesure du spectre dispersif en énergies de rayons-X. Les sections ultra-minces d'épon seront montées sur grille microscopique puis recouvertes d'une pellicule de carbone, car cet élément conducteur empêche l'accumulation de charges. Les sections seront analysées par microscopie électronique à transmission (TEM), munie d'un détecteur à énergies dispersives de rayons-X (EDAXR).

La fixation à froid (lyophilisation et "cryo-ultramicrotomie") est le substitut (de haut raffinement) aux montages dans les résines. Elle permet de conserver l'intégrité de la cellule et d'analyser des électrolytes qui diffusent rapidement tels le sodium, le potassium et le chlore. Cependant, il semble que cette technique nécessite une grande expertise (75-81) car l'analyste inexpérimenté sera confronté à des artefacts tels les bris cellulaires dus aux cristaux de glace, le dégel et la recristallisation de glace, etc. pendant les étapes "d'ultramicrotomie" (à froid), de séchage (à froid), de fixation et de transfert sur le support.

En général, les sections ultra-minces ne sont pas appropriées à l'étude des particules exogènes. Elles sont plutôt adaptées à l'analyse quantitative d'électrolytes qui jouent un rôle important dans certains mécanismes physiologiques.

Les coupes histologiques minces (sections conventionnelles de 5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur) sont en général utilisées pour permettre l'analyse des particules étrangères. Elles sont montées sur des supports de carbone (planchette) de 2.5 cm d'épaisseur. Les sections sont libérées de la paraffine à l'aide de xylène, séchées à l'air dans une chambre dont l'air est filtré afin d'éviter les contaminations, et recouvertes d'un film de carbone de 20 nm à l'aide d'un évaporateur de carbone. Les sections sont analysées à l'aide d'un microscope électronique à balayage (SEM) muni d'un détecteur à électrons "rétrodiffusés" (BEI) et d'un détecteur permettant la mesure du spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) à un grossissement de 500-5000x. Ce type de microscopie sera discuté plus en détail dans la section subséquente.

Les sections minces permettent l'analyse de particules "xéno-biotiques". Un nombre important de travaux, discutés à la section 4.3, ont fait l'objet d'étude de particules "xéno-biotiques" par cette technique de préparation.

Pour fermer la boucle des analyses "in situ", précisons que des auteurs ont introduit les essais directs sur des fluides biologiques (82-84) ou encore sur des montages dits "entiers" i.e. des cheveux, ongles, spermatozoïdes, pierres urinaires, etc (85-88).

#### 2.1.2. LES TECHNIQUES DE PREPARATION DESTRUCTIVE

Plusieurs méthodes sont utilisées pour extraire les particules (ou les corps ferrugineux) d'un tissu biologique. Elles peuvent être colligées essentiellement en trois groupes. Il y a les méthodes dites à sec, tel l'analyse après combustion dans le four à plasma (89-93), les digestions en solution (94-103) et les digestions enzymatiques (104-106).

Les méthodes à sec regroupent les techniques de combustion de la matrice organique dans un four au plasma ou dans des fours à oxydation (92,93) opérés à 380°C ou plus, pendant environ deux heures. Les plasma gazeux d'oxygène, d'hydrogène et de gaz inertes tels l'argon ou l'azote, ou des mélanges de ces gaz, sont aussi utilisés pour enlever de façon sélective la matière organique des spécimens de tissu. Lorsque ces gaz sont soumis à des champs électromagnétiques de haute fréquence, ils passent à un état excité qui permet l'oxydation du carbone à basse température à cause de la grande réactivité du plasma. Le brûlage sélectif permet la libération des particules inorganiques, sans altération

des minéraux les plus sensibles à la chaleur. Cependant, en atmosphère oxydante, plusieurs changements chimiques peuvent se produire dans le cas de particules inorganiques piégées dans une matrice biologique. La formation d'oxydes, suite à une transformation des sulfures ou des carbonates, est commune durant l'oxydation (94). Le mercure, qui a une pression de vapeur de 1138.4 mm de Hg à une température de 380°C, est volatilisé (39). L'arsenic et le sélénium sont partiellement volatilisés dans un four à plasma (107,108). Le fer endogène du sang, l'hémosidérine et autres, sont convertis en oxydes de fer (39). De telles modifications peuvent mener à des interprétations erronées.

Les digestions en solution aqueuse acide, basique ou oxydante sont aussi des méthodes de choix. Les techniques de digestion par voie humide sont généralement supérieures aux techniques par voie sèche (four à oxydation ou au plasma) à cause de la simplicité des procédures et de la possibilité de l'élimination complète du tissu, ce qui libère complètement les particules. L'hydroxyde de sodium et de potassium, l'hypochlorite de sodium (eau de javel commerciale), le peroxyde d'hydrogène, le formamide et les solutions acides sont des réactifs de choix pour détruire des matrices biologiques (35,94-103). Les prélèvements de tissu sont pesés, coupés en petits morceaux et placés dans un volume (1 dans 10 p/v) du réactif chimique pendant un certain temps, selon

le type de réactif choisi au préalable. La digestion par voie humide a aussi ses limites. A titre d'exemple, le traitement de la montmorillonite à l'hypochlorite de sodium modifie la distance des plans réticulaires (39). La digestion en milieu acide dissout les métaux et attaque le chrysotile (109).

Finalement, il y a les méthodes de digestion enzymatique à l'aide de "bromeline", "ficine" et "la pronase" (101,104-106) qui ont surtout l'inconvénient d'être longues. Le tissu est homogénéisé en petite quantité et digéré à l'aide d'un des enzymes énumérés ci-haut; il doit être en concentration optimale, dans un tampon approprié, et la période de digestion varie de 24 à 72 heures.

Lorsque les particules sont libérées de leur matrice (après digestion aqueuse ou enzymatique), elles sont lavées dans une solution chloroforme/éthanol (1:1) pour extraire les lipides ou les matériaux carbonés. Puis, elles sont filtrées sur un substrat approprié et recouvertes d'une mince couche de carbone (107) avant de procéder à l'analyse en microscopie électronique.

### 2.1.3. RESUME

Les différentes façons de préparer les tissus pour l'analyse des particules xénobiotiques ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients que l'analyste doit connaître afin de choisir la méthode qui conviendra le mieux à son cas spécifique. Les techniques "in situ" sont surtout appliquées pour investiguer les éléments endogènes à faible concentration; elles peuvent aussi être appliquées pour évaluer les particules exogènes, mais dans ce cas il est difficile de jauger l'homogénéité et la représentativité même si plusieurs montages sont étudiés. Les techniques de préparation destructives permettent une analyse d'un plus grand nombre de particules exogènes mais les étapes de préparation peuvent les altérer et conduire à des conclusions erronées.

### 2.2. LES TECHNIQUES D'ANALYSE

Les techniques d'analyse des particules peuvent être regroupées en deux grandes catégories: d'une part, les méthodes qui permettent l'analyse individuelle des particules (particule par particule), et d'autre part, celles qui permettent l'analyse globale d'un certain nombre de particules. L'analyse individuelle des particules permet aussi une évaluation de leur géométrie. Par contre, ce type d'analyse soulève deux problèmes analytiques: la numération (le dénombrement et la mesure de

paramètres géométriques) et l'identification de chaque particule. L'identification est généralement basée sur la morphologie, la composition élémentaire et la cristallographie. L'analyse globale des particules permet de doser des éléments de faible concentration mais ne permet ni de jauger l'homogénéité de la composition chimique, ni de relier la composition à la morphologie des particules.

#### 2.2.1. L'ANALYSE DES PARTICULES INDIVIDUELLES

Parmi les techniques d'analyse individuelle des particules, notons la microscopie électronique à transmission (TEM) couplée à un détecteur permettant la mesure du spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR), un détecteur permettant la mesure de la perte d'énergie des électrons (EELS), un mécanisme permettant la mesure de diffraction des électrons en aire sélective (SAED) ou une combinaison de ces différentes techniques; la microscopie électronique à balayage (SEM) avec détecteurs d'électrons secondaires rétrodiffusés (BEI) ou Auger (SAM); la microscopie optique (OM); enfin, la spectrométrie de masse à impact laser (LAMMA); la microsonde raman (MOLE); la spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS). Ces techniques ont des champs d'application extrêmement vastes: chimie minérale, organique (quoique d'application limitée, exception faite pour le LAMMA et le MOLE), biologie, géologie, métallurgie, médecine, etc.



#### 2.2.1.1. L'ANALYSE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

La TEM, la SEM et la microscopie électronique à transmission et à balayage (STEM), sont de loin les techniques les plus utilisées, en analyse de particules sur des prélèvements biologiques. La littérature est inondée de ce type de travaux et certains d'entre eux seront cités dans les lignes qui vont suivre.

La SEM, équipée d'un BEI et d'un EDAXR, est la combinaison de choix dans le cas des études cliniques dont le caractère premier est de mettre en évidence la composition élémentaire de particules dans des coupes histologiques minces conventionnelles; plusieurs articles ont fait l'objet de révision dans ce domaine (110-126). L'imagerie en BEI permet l'identification des inclusions minérales dans les sections de tissu puisque le signal généré est proportionnel au numéro atomique. Donc, les inclusions minérales qui ont généralement des numéros atomiques Z moyens, supérieurs au bruit de fond de la section, sont rapidement repérées. Les inclusions minérales sont par la suite analysées en EDAXR. L'analyse est faite en mode faisceau focalisé (spot mode). La morphologie de la particule combinée à son profil de composition élémentaire, permet une estimation "raisonnable" de son identité. Ce protocole analytique doit être accompli visuellement (directement sur l'écran ou à l'aide de photographies) ou être assisté d'un ordinateur.

La revue bibliographique des possibilités du SEM a peut-être donné l'impression que la microscopie à balayage est utilisée exclusivement sur des préparations "in situ." Quelques auteurs ont rapporté des investigations sur des particules extraites du parenchyme pulmonaire (93,127,128).

La TEM, l'EDAXR et la SAED sont un ensemble d'outils analytiques, appelés microscopie analytique (M.A.), qui forment une combinaison de choix en analyse des particules individuelles. Les raisons sont que l'EDAXR permet une analyse de la composition élémentaire [ $Z > 11$ (Na) à  $Z = 90$  (U) pour un détecteur avec fenêtre au béryllium, et  $Z > 5$  (B) avec détecteur sans fenêtre] très rapide alors que la SAED permet l'identification minéralogique de matériau inorganique mince (124). Dans plusieurs situations, la morphologie de la particule et l'analyse en EDAXR permettent de définir sa nature minéralogique (129,130). Par contre, il y a des situations où la SAED doit être utilisée si l'identification ultime est nécessaire. La SAED est une technique qui consiste à focaliser le faisceau d'électrons sur la surface prédéterminée d'une particule à l'aide d'une ouverture micrométrique; il se produit alors un réseau caractéristique de diffraction d'électrons qui permet de mesurer la maille cristalline de la particule. Un bon nombre de travaux en SAED ont été produits surtout pour caractériser les différents types d'amiante (97,124,128,131-139). Parce que c'est un outil

qui ne permet pas un volume important de production, la SAED demeure surtout un outil complémentaire à l'EDAXR. Malgré un bon nombre d'inconvénients, la SAED demeure, néanmoins, un outil indispensable puisque fréquemment il est souvent impossible d'identifier un cristal strictement sur la base de sa composition élémentaire (e.g. talc et anthophyllite).

#### 2.2.1.2. L'ANALYSE EN LAMMA

La technique LAMMA permet l'analyse en transmission ou en réflexion d'échantillons solides, par association d'un faisceau laser au spectromètre de masse à temps d'envol. Le laser de puissance émet une impulsion très courte (12 ns) qui a pour effet de créer un microplasma par élévation brutale de la température. Les ions générés au point d'impact sont extraits puis analysés par un spectromètre de masse. C'est une technique qui est exploitée depuis à peine une dizaine d'années (140) et qui a montré des applications intéressantes sur la chimie des aérosols urbains (141-143), sur la caractérisation de fibres d'amiante (144,145) ou de composés organiques adsorbés sur de la fibre d'amiante (146,147), et sur la caractérisation de particules extraites de tissus biologiques (148-150) dont la fibre d'amiante (151,152).

#### 2.2.1.3. L'ANALYSE EN SIMS

La microsonde SIMS a la particularité d'associer un faisceau ionique au spectromètre de masse à temps d'envol. Un faisceau ionique d'énergie définie est focalisé sur la surface d'une particule. Le bombardement ionique d'ions primaires permet la génération d'ions au point d'impact (153). Ces ions sont extraits puis analysés dans un spectromètre. L'impulsion ionique produit des informations sur la nature chimique des premières couches atomiques de la particule. A titre d'exemple, des essais sur des cellules lyophilisées qui consistaient à suivre la migration de plomb dans le macrophage de lapins (154) et divers métaux dans des tissus de foie enrobés dans la paraffine (155) et de rein enrobé dans l'épon (156) ont montré que le SIMS possède une très bonne sensibilité pour détecter les éléments légers, et permet aussi l'analyse d'un large spectre d'éléments et de leurs isotopes.

#### 2.2.1.4. L'ANALYSE EN MOLE

La microsonde MOLE (Molecular Optical Laser Examiner) est une technique analogue à la microsonde électronique ou ionique, mais elle est basée sur la mesure du spectre moléculaire (effet Raman) permettant la caractérisation des différentes composantes d'un échantillon microscopique (157). Quelques exemples illustrent

l'application de cette technique; l'identification de silice cristalline (158), de silicates (159), inclusions dans le tissu pulmonaire (160) ou autres pathologies (161,162). Cette technique permet d'étudier les particules organiques ou inorganiques dont le calibre oscille autour du micromètre, à température et pression normales; c'est une méthode analytique qui permet également de définir la structure moléculaire de la particule. Cependant, l'énergie absorbée par l'échantillon peut l'évaporer; de plus l'absorption ou la fluorescence de lumière sont des interférences difficiles à contourner.

#### 2.2.1.5. L'ANALYSE EN MICROSCOPIE OPTIQUE

La microscopie optique (M.O.) a été et est toujours la technique la moins coûteuse et la plus pratique pour observer des particules en coupe mince ou extraites de parenchyme. L'observation des spécimens minéralogiques en microscopie optique est bien établie, mais elle se limite à des particules dont le diamètre est en général plus grand que le diamètre des particules rencontrés dans les alvéoles" (103).

Dans l'optique d'études épidémiologiques, par exemple, à savoir s'il y a une relation entre la dose cumulée et le taux normalisé de décès pour cause spécifique, la M.O. a permis de valider les indices d'exposition dans un milieu de travail reconnu pour sa

concentration de fibres d'amiante dans l'air ambiant. Il y a quelques exemples classiques dans le domaine (24,163). La M.O. a également été appliquée pour la numération de corps ferrugineux dans le tissu pulmonaire ou dans les crachats (38,96,97, 164-166).

### 2.2.2. L'ANALYSE GLOBALE D'UN CERTAIN NOMBRE DE PARTICULES

On compte parmi les techniques non-destructives permettant l'analyse globale d'un certain nombre de particules, la spectroscopie électronique appliquée à l'analyse chimique (ESCA), la diffractométrie de rayons-X (XRD), la spectroscopie infra-rouge (IRS), la spectroscopie à fluorescence X (XRF) et l'émission de rayons X induite par proton (PIXE). Ces techniques d'analyse ont des applications extrêmement vastes en minéralogie, en géologie et hygiène industrielle, mais sont plutôt limitées en ce qui concerne les études de toxicologie ou pathologie expérimentale.

#### 2.2.2.1. L'ANALYSE EN ESCA

Il y a quelques applications de l'ESCA en hygiène industrielle qui ont apporté des précisions quant à la nature de la surface d'aérosols émis dans l'environnement ou à la nature de la surface de fibres d'amiante (167,168). Quelques exemples de l'application de cette technique à la toxicologie sont illustrés dans la littérature (169,170).

#### 2.2.2.2. L'ANALYSE EN XRD ET IRS

La XRD et l'IRS ont surtout des possibilités d'application en hygiène industrielle, en particulier dans le cas de l'analyse des polymorphes de la silice (171-173) et de certains silicates (174-179). Quelques exemples de l'application de cette technique en toxicologie sont illustrés dans la littérature (180-182).

#### 2.2.2.3. L'ANALYSE EN XRF

La XRF a été appliquée dans le cas du dosage d'éléments dans les lavages broncho-alvéolaires (183), dans les particules extraites de nodules lymphatiques (184), dans les particules inorganiques dans la poussière de coton (185) ou dans les particules d'un prélèvement d'air ambiant (186,187). La simplicité, la rapidité d'exécution (débroussaillage des échantillons), la possibilité d'automatiser le spectromètre à l'aide d'un passeur automatique et l'analyse multiple d'éléments, sont les principaux avantages de cette technique analytique.

#### 2.2.2.4. L'ANALYSE EN PIXE

Quant au PIXE, cette technique semble connaître un certain essor depuis le début de la dernière décennie et trouve différentes applications en toxicologie; plusieurs essais ont été entrepris dans le tissu pulmonaire (188-190) ou autres organes (191-194).

### 2.2.3. RESUME

Parmi les instruments analytiques que nous avons énumérés, il n'y en a pas un seul qui puisse permettre, à lui seul, de répondre à toutes les problématiques relatives aux aérosols dans le domaine de la santé au travail. Pour répondre à des questions précises telles la nature minéralogique, l'état de la surface, la morphologie, l'état de valence de certains métaux, etc, il faut faire appel à plusieurs de ces techniques. Parmi toutes ces techniques, la TEM est un outil de choix pour caractériser les particules dans les matrices biologiques; elle est "non-destructive" et permet l'analyse particule par particule sur de petites quantités de tissu pulmonaire. Cependant, c'est une technique coûteuse qui nécessite du temps et une ressource humaine spécialisée.

### 2.3. LA MICROSCOPIE ELECTRONIQUE APPLIQUEE A LA PATHOLOGIE ET AUX ETUDES EPIDEMIOLOGIQUES

#### - Revue générale des applications -

Les applications de microanalyses en microscopie électronique sont innombrables. Elles se recoupent aux frontières de plusieurs disciplines dont la pathologie, la physiologie, l'anatomie, etc. A lui seul, le domaine de la pathologie a produit une somme fort importante de travaux. Cette section se limite donc à tisser un canevas permettant de baliser les



principales possibilités de l'analyse spécifique des particules en microscopie électronique, en particulier dans le cas où il y a intérêt à établir les relations d'incidence d'une maladie professionnelle à l'exposition à un ou des agresseurs dans un milieu de travail. Dans ce contexte, l'effort de synthèse se limite à la littérature des particules "xénobiotiques", des dépôts métalliques et des particules endogènes identifiés dans le tissu pulmonaire.

La grande majorité des études concernant les particules "xénobiotiques" déposées et retenues dans le parenchyme pulmonaire visent à mieux comprendre les pneumoconioses de toutes sortes. Même si, dans bien des situations, le diagnostic du pathologiste s'appuie sur une évaluation histologique (e.g. fibrose nodulaire, diffuse interstitielle), sur la radiographie pulmonaire ou sur la mesure de la fonction pulmonaire, il y a des situations où l'analyse spécifique est un complément utile permettant de lever l'indétermination quant aux possibilités d'un passé professionnel qui a causé une séquelle au parenchyme pulmonaire. Cette information additionnelle, fournie par l'analyse spécifique, est souvent une source d'information qui permettra d'ajouter à la preuve d'une demande de compensation. De plus, et ceci est probablement l'argument le plus important justifiant le recours à l'analyse spécifique, l'identification exacte du matériau mis en cause, permettra la reconnaissance de l'exposition et mènera à des

mesures pour réduire l'exposition et ainsi prévenir l'occurrence d'autres cas.

Les pneumoconioses et certains cancers pulmonaires ou pleuraux résultant de l'inhalation et de la rétention de particules inorganiques, sont connues depuis plusieurs années. Les agents étiologiques spécifiques identifiés par microscopie analytique, comprennent notamment la silice et une variété de silicates (37,43,65,128,195-220); les pigments de titane (67,221); les aérosols d'aluminium (14,196,222); les zéolites (223,224); les silicates d'aluminium (225); la bauxite (226); des métaux (16,33,196,227); le chrome, le nickel, le cobalt, le fer et l'aluminium dans les fumées de soudage (71,228-230); le carbure de tungstène (15,17,231); les terres rares (232); le carbure de silicium (16,233,234); etc.

La caractérisation de fibres d'amiante dans les tissus pulmonaires est un domaine de recherche où l'usage du TEM a trouvé de nombreuses applications (10-12,19,22,23,90,92,93,102,132,235-252).

En épidémiologie, des études de prévalence et cas-témoins ont fait appel à l'utilisation du TEM. En principe, le but des études cas-témoins est de définir un groupe d'individus qui ont une maladie spécifique (les cas) et un second groupe qui n'a pas

cette maladie (les témoins); les deux groupes sont comparés en terme d'un ou plusieurs facteurs d'intérêt. Un type particulier d'étude qui utilise l'analyse cas-témoins est celle qui étudie la charge pulmonaire en fibres d'amiante chez les victimes de mésothéliome dans le but arrêté de mettre en évidence quel type de fibre est responsable de la cause des tumeurs (23,253,254). Dans le cas présent, notre investigation n'est pas une étude cas-témoins classique, quoique le design de base soit celui d'une étude cas-témoins. Elle se limite à évaluer les limites entre l'exposition et le contenu particulière dans les poumons de sujets exposés (amiante, silice, fumée de soudage), et de sujets non-exposés qui sont fumeurs et non-fumeurs.

La TEM est également l'outil par excellence permettant la caractérisation du noyau des corps ferrugineux (38,100,133,225,255-261). Comme des auteurs ont mis en évidence que les corps ferrugineux sont observés dans une population non exposée à la fibre d'amiante (97), et parce que plusieurs fibres peuvent induire la formation de corps ferrugineux (257), la TEM devient, dans ce genre d'étude, un outil indispensable puisqu'elle est, pour ainsi dire, le seul instrument qui donne la possibilité de définir l'identité du noyau du corps ferrugineux. Les observations de Roggli et col. (260) ont permis de suggérer que la majorité des corps ferrugineux ont un noyau de crocidolite ou d'amosite, quoique des corps à noyaux de trémolite, anthophyllite et de chrysotile

furent aussi décelés. Churg et col. (97,164,255) ont aussi proposé des conclusions similaires quant à la nature des corps ferrugineux observés chez des populations non exposées à l'amiante.

#### 2.4. LES SOURCES D'ERREUR EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

Bien que la microscopie électronique soit un instrument analytique dont la valeur est reconnue, elle n'est pas à l'épreuve d'artefacts lorsqu'elle est appliquée en milieux biologiques (113,116,117,262-264). Les artéfacts sont de deux origines, la préparation et l'instrumentation.

##### 2.4.1. LES ARTEFACTS DUS AUX PREPARATIONS

La redistribution et l'addition d'éléments "diffusibles" tels le Na, le Ca, le K, etc sont des variables difficiles à contrôler lors de la préparation des coupes ultra-minces; mais le scénario d'analyse de cette recherche doctorale n'est pas basé sur ce type de préparation. De façon similaire, l'exposition des tissus aux solutions histologiques peut introduire des éléments exogènes et les résines d'épon peuvent introduire un signal de chlore (124). De plus, les effets des fixateurs histologiques et des solutions de préparation (e.g. formol, alcool, toluène) sur les particules retenues dans le parenchyme ne sont pas documentés et sont donc inconnus.

Par contre, il faut s'attendre à des transformations minéralogiques des particules endogènes lors de la digestion en milieu basique; à titre d'exemple, le phosphate de calcium amorphe peut se transformer en hydroxyapatite (223). Le matériel de laboratoire, l'eau et les solutions non-filtrées, peuvent introduire des particules exogènes.

Dans le cas d'études rétrospectives, le matériel biologique disponible est le plus souvent enrobé dans la paraffine et a été fixé avec du formol; dans cette situation, il peut être difficile de contrôler les matériaux indésirables introduits pendant les étapes du traitement des tissus dans le laboratoire de pathologie. Les études prospectives permettent de standardiser les prélèvements de tissu mais nécessitent également l'utilisation de fixatifs. Lors des étapes de conservation et de digestion, la filtration des solvants contribue à diminuer l'ajout de particules indésirables.

#### 2.4.2. LES ARTEFACTS DUS A L'INSTRUMENTATION

Les artefacts dus à l'instrumentation sont fort complexes. Certains microscopes analytiques peuvent produire un bruit de fond des lignes de fer, de chrome et de nickel (116); l'huile de la pompe à diffusion peut introduire des signaux de silicium et de soufre (113), etc. Ces artefacts sont contrôlés par des mesures

à blanc (117). La perte ou l'ajout de masse suite à l'interaction du faisceau avec la matière sont probablement les artefacts les plus difficiles à contrôler (263). A titre d'exemple, les éléments tels le mercure et le vanadium sont facilement volatilisés (265).

En résumé, bien que la TEM soit considérée comme une méthode analytique non-destructive, certains échantillons peuvent être affectés par le faisceau d'électrons ou le vacuum maintenu dans le microscope. Certaines étapes de préparation peuvent aussi modifier la nature de l'échantillon, soit par altération directe, soit par introduction de contaminants présents dans les solvants de pauvre qualité.

## 2.5. DEPOSITION ET CLAIRANCE DES PARTICULES

L'accumulation de particules dans le poumon débute dès l'inhalation du premier mL d'air (33). Il semble ambitieux de vouloir démontrer si, oui ou non, il y a corrélation entre l'histoire du travail et l'analyse de particules extraites de parenchyme pulmonaire, sachant, à priori, que les variables de déposition et de clairance mettent en jeu des particules confondantes d'origine environnementale ou d'habitude de tabagisme. Même en admettant qu'un travailleur n'inhale que des particules d'origine industrielle, il n'est pas évident qu'il soit possible de

définir l'identité d'une particule qui serait inhalée la première journée de travail, puisque la rétention pulmonaire (déposition moins clearance) est un processus dynamique; les mécanismes de défense tels l'ingestion par les macrophages et le transport "microcilié" permettent la neutralisation et l'élimination des particules. Si l'objectif d'une investigation est de décoder l'histoire du travail il faut donc, au moment de l'autopsie, qu'il y ait une balance de masse particulaire positive et représentative des expositions du passé. Qu'en sera-t-il s'il y a eu plusieurs types d'exposition? Sera-t-il possible de toutes les mettre en évidence à la manière de l'archéologue qui tente de refaire l'histoire d'un événement, en scrutant soigneusement les fondations qui ont supporté à maintes reprises les murs d'une ville ancienne ou d'un édifice?

La littérature nous apprend que la dose retenue dans le parenchyme met en jeu des cinétiques à plusieurs variables dont les solutions sont encore à trouver ou à démontrer (266). En fait, il est certainement plus juste de dire que toutes les équations ne sont pas encore établies.

Le continuum déposition - transport - clairance (d-t-c) des particules est un complexe de variables difficiles à contrôler. Il est légitime dans ce contexte d'en revoir succinctement quelques grands principes, avec l'idée de mettre en évidence une réponse

à la dernière question, à savoir si le continuum d-t-c. est suffisamment efficace pour annihiler toute tentative de constituer une histoire professionnelle sur la base de l'analyse spécifique de particules retenues dans le parenchyme pulmonaire.

Le continuum d-t-c est un créneau de recherches qui est étudié depuis de nombreuses années. La littérature rapporte mille et un travaux sur le sujet. L'article de Lippman et col. (267) publié en 1980, présente une excellente synthèse des connaissances acquises depuis les toutes premières études. L'auteur fait un rappel des zones fonctionnelles du système respiratoire dans lesquelles les processus de déposition et de clearance sont mis en jeu (des narines jusqu'aux alvéoles): des mécanismes de déposition et des facteurs qui l'influencent (nature chimique et physique de l'aérosol, débit respiratoire, anatomie, physiologie, environnement, effet d'autres contaminants, etc.) et des données expérimentales connues sur la déposition dans les diverses zones du système respiratoire. De plus, il fait un rappel des mécanismes et cinétiques de la clearance au niveau de l'arbre trachéo-bronchique et du réseau alvéolaire, des facteurs qui affectent les cinétiques, de la translocation des particules vers les nodules lymphatiques, etc. La synthèse de Lippmann consolide habilement les connaissances des mécanismes de déposition (interception, impaction, sédimentation, diffusion et mouvement électrostatique) et laisse la porte ouverte aux



questions sur le processus de la clearance, en particulier, sur la variable de solubilité (et à l'opposé d'insolubilité) des particules.

La synthèse d'Oberdorster (268) publiée en 1988, permet une vision macroscopique de l'acquisition récente de connaissances sur la clearance pulmonaire. Ce qui distingue les deux synthèses, c'est que dans le second cas, les mécanismes de clearance dans les différentes zones de l'appareil respiratoire sont basés sur la notion de solubilité des particules. L'effet de "surcharge particulaire" et les mécanismes pour l'expliquer font aussi l'objet de sa synthèse.

Oberdorster rapporte que la solubilité d'une substance dans l'eau ne peut être utilisée à elle-seule pour prédire sa clearance dans le poumon. Il appuie cette assertion sur ses travaux (269) dans lesquels du  $\text{NiCl}_2$  soluble dans l'eau a un temps de rétention de moins d'un jour, tandis que le  $\text{CdCl}_2$  soluble dans l'eau a un temps de rétention d'environ deux mois. Il conclut que la dissolution "in vivo" d'une particule peut être complètement différente de sa cinétique de dissolution dans l'eau.

Le concept de "surcharge particulaire" pose l'hypothèse selon laquelle l'exposition à des particules inertes, particules de nuisance selon la définition de l'A.C.G.I.H. (270), à

des concentrations élevées, ayant pour résultat une accumulation rapide en mg de particules par g de tissu pulmonaire, peut conduire à un ralentissement substantiel voire même la stase de la clearance pulmonaire. Par exemple, l'élimination de particules du compartiment alvéolaire décroît substantiellement chez des rats soumis à une exposition chronique massive de particules de  $TiO_2$  (271). Dans ce cas, la rétention pulmonaire est beaucoup plus grande que le prédisent les modèles de rétention établis suite à des expériences à des concentrations inférieures. Il semble maintenant évident que l'accumulation et la persistance de quantités massives de matériau particulaire non-biodégradable dans le poumon, retarde la clearance pulmonaire et induit des lésions pulmonaires. Le concept de la "surcharge" implique donc que les particules "biologiquement inertes" n'existent pas, mais qu'au contraire toutes particules de quelque nature qu'elles soient, si elles sont inhalées en quantité massive, causeront éventuellement des dommages pulmonaires.

Ces deux nouveaux concepts tirés de la revue d'Oberdorster ne sont présentés que sommairement pour situer la cause de l'analyse spécifique dans un contexte de corrélation du contenu particulaire dans le parenchyme à l'histoire du travail. Toutefois, il faut admettre que l'auteur introduit le sujet avec des subtilités qui dépassent les besoins de revue littéraire du présent mémoire. Ce concept ainsi que d'autres modèles (272) permettent sim-

plement d'apprécier dans quelles mesures l'hypothèse de recherche peut être réalisable.

Les éléments de solution des variables qui sont mises en jeu dans le continuum déposition, transport et clairance (d-t-c), prennent naissance à partir de modèles qui sont vérifiés par des résultats de toxicologie expérimentale chez les animaux ou, à l'occasion, chez des cohortes de travailleurs. Certains de ces modèles, en particulier celui du Task Group on Lung Dynamic de l'International Radiological Protection Commission (I.R.C.P.), prédisent (273) que la clearance des particules est une fonction linéaire en fonction du temps et que les constantes de vitesse du mouvement des particules dans le poumon sont constantes. Bien que ce modèle ait permis une progression importante de la compréhension de la dynamique du continuum d-t-c, il s'avère qu'il est invalide dans le cas de poussières toxiques comme la silice cristalline (271).

## 2.6. RESUME

Le décodage de l'information contenue dans les tissus pulmonaires apparaît donc comme un moyen de compléter les données recueillies par l'étude Siemiatycki quant à la relation de lien entre les emplois et l'exposition à des aérosols. Cependant, il faut admettre que les particules provenant des habitudes de tabagisme

ou du milieu environnemental, pourraient se confondre aux particules d'origine professionnelle.

Le décodage de l'information contenue dans les tissus pulmonaires i.e. l'analyse détaillée des particules minérales et métalliques contenues dans la matrice tissulaire, peut être réalisé en microscopie électronique à transmission, muni d'un dispositif permettant l'analyse spectrochimique et la diffraction des électrons des particules individuelles. La technique analytique LAMMA permettrait d'ajouter des informations quant à la nature métallique (l'état de valence) de certains éléments retenus dans le parenchyme.

### 3. MATERIEL ET METHODE

Lors de l'étude de Siemiatycki, les entrevues de travailleurs qui sont ensuite décédés d'un cancer, ont permis de retracer 42 cas dont les histoires professionnelles et de tabagisme étaient documentées. Cet ensemble a servi à former le scénario d'étude suivant; 10 travailleurs exposés surtout à de la silice; 10, à de la fibre d'amiante; 10, à des métaux ou fumées de soudure; 6 fumeurs qui avaient peut-être une histoire professionnelle mais qui ne furent jamais exposés à la silice, à l'amiante, aux métaux ou aux fumées de soudure, et 6 non-fumeurs sans exposition connue aux contaminants. Aussi, il est à noter que les types de cancer pouvaient être de natures différentes i.e. pulmonaire, gastro-intestinal, etc. Les sujets étaient tous de sexe masculin. Aucun autre détail à propos des 42 sujets n'était connu du thésard au début de l'étude.

#### 3.1. L'ORIGINE DES TISSUS

Tous les prélèvements pulmonaires ont été faits selon un protocole de collecte rétrospective dans cinq hôpitaux de la région de Montréal. Le site de prélèvement de l'échantillon pulmonaire pen-

dant la collecte rétrospective n'était pas standardisé. Cependant, des études antérieures ont montré que même si le degré de variation inter-échantillons pouvait être élevé, il permettait quand même d'obtenir des résultats statistiquement significatifs (19,23,254).

Deux pathologistes (Dr. B.W. Case de l'Hôpital Royal Victoria et Dr. R. Fraser de l'Hôpital Général de Montréal) ont réuni les fragments. Ils remettaient à l'analyste un ou deux fragments de tissu formolé ou enrobé dans la paraffine dont la morphologie apparaissait "la plus normale" possible et qui ne montraient pas une évidence nette de la pathologie.

Les prélèvements étaient conservés dans le formol qui était filtré au préalable sur un filtre à membrane d'ester de cellulose (Millipore), de 25 mm de diamètre, et de porosité 0.45  $\mu$ m. Les contenants (100 mL) de plastic nalgène<sup>(R)</sup>, nettoyés au préalable avec de l'eau distillée et déminéralisée, servaient à conserver les fragments formolés. Les blocs de paraffine ne subissaient aucun traitement à cette étape.

### 3.2. METHODE D'EXTRACTION DES PARTICULES

Tous les échantillons étaient préparés dans une salle ventilée sous pression positive. Cette salle était dédiée uniquement à la préparation des échantillons de nature biologique et des mesures spéciales de nettoyage et d'habitudes de travail étaient prises pour conserver cet environnement à l'abri de toute contamination (19,243).

Les particules étaient extraites des fragments formolés ou enrobés dans la paraffine, selon le schéma présenté à la figure 1. L'excédent de paraffine des blocs était enlevé à l'aide d'un scalpel qui était nettoyé avec de l'éthanol absolu, mais au préalable filtré sur filtre à membrane d'ester de cellulose (Millipore) 25 mm de diamètre, porosité 0.45  $\mu\text{m}$ . Tous les solvants utilisés pour le protocole de préparation des spécimens furent filtrés de la même manière que l'alcool éthylique.

Puis, le bloc de paraffine était déposé dans une seringue de verre de 50 mL (19,243), modifiée pour permettre la récupération de toutes les particules (figure 2). Cette seringue avait à sa base une structure d'acier inoxydable qui comprenait deux pièces retenues entre elles par des écrous et de boulons de même composition que la base métallique. Entre les deux pièces, une cavité permettait l'insertion d'un filtre d'ester de cellulose

(Millipore) 25 mm de diamètre, porosité 0.45 um; l'écoulement du fluide vers le filtre était permis grâce à un robinet. Le fluide n'était jamais en contact avec la base métallique, sauf pendant la vidange à l'aide du piston de verre. La seringue de verre était remplie de toluène (Fisher), au préalable filtré, et le bloc de tissu était "déparaffiné" à une température de 62°C pendant 8 jours. Après la période de déparaffinage, le toluène était filtré sur le filtre à membrane d'ester de cellulose (lequel était inséré entre les deux structures de la base métallique), en appliquant une légère pression à l'aide d'un piston de verre. La seringue était rincée avec du toluène à trois reprises. Le tissu libre de paraffine et le filtre étaient séchés à la température ambiante pendant quelques heures. La masse totale de tissu libre était pesée au mg près. Puis, approximativement 50 mg de tissu pesés avec précision à  $\pm 1$  mg étaient prélevés et digérés pendant 4 heures dans 50 mL d'hypochlorite de sodium (eau de javel commerciale) 5.25 %, préalablement filtré et contenu dans un tube à centrifuger de 50 mL en propylène (Fisher). Si la masse de tissu était moindre que 50 mg, le volume d'hypochlorite de sodium était ajusté pour obtenir une concentration finale de 1 mg/mL, poids sec de tissu. Pendant la digestion, la suspension était agitée mécaniquement à l'aide d'une tige en matière plastique et d'un moteur rotatif.



Une portion de la surface du filtre à membrane correspondant au rapport entre la masse de tissu digéré et la masse totale de tissu libre, était découpée à l'aide d'un scalpel; cette portion était conservée dans un contenant de verre de 50 mL, qui avait été nettoyé avec de l'éthanol absolu dans un bain ultra-son (moins de  $0.5 \text{ W/cm}^3$ ) avant son utilisation. Lorsque la digestion dans l'hypochlorite de sodium était complète, la suspension était filtrée sur un filtre à membrane d'ester de cellulose (Millipore), diamètre 25mm, porosité 0.45  $\mu\text{m}$ , à l'aide d'un système à filtration.

Les groupes d'essais A et B ont servi à élaborer le scénario analytique qui a ensuite été utilisé pour l'étude des 42 cas lors du groupe d'essais C; ils constituent les étapes d'ajustements au protocole analytique qui a permis d'établir l'histoire professionnelle (e.g. morphologie des particules qui seront analysées, établissement des critères de comptage dans le réticule microscopique, etc).

Pour le groupe d'essais A, deux prélèvements d'environ 7.5 mg, poids sec de tissu, étaient filtrés sur deux filtres à membrane Millipore; le nombre d'échantillons analysés en microscopie électronique au cours de la série d'essais A fut de 22. Les 22 autres filtres à membrane furent conservés pour les essais B.

Pour le groupe d'essais B, 13 des 22 filtres à membranes (les doubles) du groupe d'essais A furent analysés par différents critères de comptage (voir 3.4) en microscopie électronique.

Pour le groupe d'essais C, un nouveau prélèvement de tissu était traité de la même façon que les échantillons de la série d'essais A; cependant deux prélèvements, chacun équivalent à 15 mg, poids sec de tissu, étaient filtrés sur deux filtres à membrane Millipore (un filtre était conservé en réserve). Le nombre total d'échantillons analysés au cours de ce groupe d'essais fut de 42, c'est-à-dire les 42 sujets formant le scénario de l'étude.

Le filtre à membrane d'ester de cellulose destiné à la microscopie électronique était transféré dans le même contenant de verre que la portion de filtre à membrane qui avait servi à piéger les particules pendant la "déparaffinisation". Les deux membranes étaient brûlées dans différentes chambres d'un four à plasma d'oxygène (LFE<sup>(R)</sup> modèle 500), pendant 4 heures, à une puissance de 150 W. Puis les cendres étaient reprises avec de l'eau distillée et déminéralisée. La suspension était filtrée sur un filtre à membrane de polycarbonate (Nuclepore), diamètre de 25 mm, porosité 0.2 um. La membrane était placée au centre du système de filtration et un léger vide était appliqué pour faire adhérer le filtre à la grille. La cheminée graduée en mL était installée puis

attachée à l'aide d'une pince au système de filtration, puis le vide était enlevé. On versait environ 6 mL d'eau dans la cheminée graduée du système de filtration. La suspension du contenant de verre de 50 mL était transvasée quantitativement dans la cheminée. Le volume total de la suspension ne devait pas excéder la capacité de la cheminée. Le vide était appliqué et le solvant était chassé partiellement de la cheminée; cette séquence était répétée jusqu'à ce que la suspension soit entièrement filtrée. Le contenant de verre était rincé 3 fois avec de l'eau pour s'assurer de récupérer la totalité des particules. Le solvant était chassé lorsque la suspension apparaissait homogène. Le vide était appliqué une dernière fois pour chasser complètement le solvant et assécher le filtre. Les membranes étaient séchées à l'air libre (dans un vase à pétri à demi fermé) pendant douze heures avant d'être montées sur grilles microscopiques.

Les fragments formolés (neuf sur quarante-deux) étaient coupés en deux morceaux contigus par un simple coup de scalpel, à angle droit par rapport à la surface pleurale. Le premier morceau était pesé lorsqu'il était infusé de formol, séché pendant deux jours à 62°C, puis pesé de nouveau jusqu'à l'obtention d'une masse constante. La seconde portion était pesée lorsqu'elle était infusée de formol, puis digérée dans l'hypochlorite de sodium pendant environ 4 heures. La masse sèche était estimée à l'aide du premier fragment à l'aide du rapport masse sèche sur masse

humide. L'expérience sur les 42 cas a montré que le rapport moyen masse sèche à masse humide était environ  $0.12 \pm 0.05$ . Une masse équivalente à 15 mg, poids sec de tissu pulmonaire (estimée à l'aide du rapport masse sèche sur masse humide) était filtrée sur la membrane d'ester de cellulose. Toutefois, la vraie concentration était déterminée lorsque le rapport était connu. Les étapes subséquentes (essentiellement de la filtration) étaient similaires aux étapes qui furent décrites lorsque le matériau était un bloc de paraffine.

Avant toute nouvelle préparation, l'appareil à "déparaffiner" était lavé au savon et rincé à plusieurs reprises avec de l'eau déionisée et distillée. Un traitement à l'alcool et aux ultrasons, pendant 30 minutes, complétait la séquence de nettoyage. L'appareil était séché dans un dessiccateur.

Des essais à blanc (seringue, toluène et filtre à membrane d'ester de cellulose) étaient préparés à tous les 7 essais. A l'occasion, un volume de 15 mL d'hypochlorite de sodium, d'éthanol, de toluène et d'eau déminéralisée/distillée qui avaient été filtrés, étaient filtrés une seconde fois sur une membrane de polycarbonate (Nuclepore) et analysés en TEM pour certifier que ces solvants étaient libres de particules.

### 3.3. METHODE DE PREPARATION DES GRILLES MICROSCOPIQUES

Les grilles microscopiques (huit dans chaque cas) étaient préparées selon le schéma présenté à la figure 3. Une mince couche de carbone était vaporisée sur la surface du filtre à membrane de polycarbonate (274). Puis, huit portions de la membrane étaient découpées au scalpel et transférées sur grilles microscopiques de cuivre de 200 "mesh" (Soquelec). Les grilles étaient déposées sur quatre lamelles empilées, recouvertes d'un papier filtre, et insérées dans un vase à pétri. De l'éther de diéthyle était versé dans le vase à pétri jusqu'à la hauteur des 4 lamelles. Le vase à pétri était refermé et les grilles étaient exposées à la vapeur d'éther sous une hotte pendant 24 heures, ou le temps que la membrane de polycarbonate devienne transparente. Lorsque la réplique de carbone était transparente, quatre grilles étaient acheminées vers la microscopie électronique.

Une mince pellicule de formvar (polyvinylformaldéhyde) était déposée sur les quatre autres grilles microscopiques (sur la surface opposée de la réplique de carbone) lorsqu'elles étaient destinées à l'analyse en LAMMA. Une lame propre était trempée dans la solution de formvar filtré (0.15 g formvar dans 50 mL 1,2-dichloroéthane). La lame était submergée dans un bain d'eau distillée (45°C) afin de libérer le film de formvar. Les grilles microscopiques étaient déposées sur le film; lorsqu'elles sem-

blaient être en contact ferme avec le formvar, un morceau de paraffine était submergé pour permettre leur sortie du bain. Elles étaient déposées dans un vase à pétri et le surplus d'eau était asséché délicatement à l'aide d'un filtre.

#### 3.4. METHODE D'ANALYSE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

Les grilles étaient observées dans le mode transmission sous un microscope électronique JEOL 100 CX<sup>(R)</sup> équipé d'un spectromètre dispersif en énergies de rayons-X (PGT system IV<sup>(R)</sup>) sous une tension de 80 kV, à un grossissement de X 10 000. La platine était inclinée à un angle de 28°. Avant d'effectuer l'analyse microscopique, l'uniformité du dépôt des particules était vérifiée en balayant la surface entière de la grille à un grossissement de X 500.

Le schéma de la stratégie d'analyse des particules est présenté aux figures 4 et 5. Trois des quatre grilles étaient analysées pour leur contenu en particules. Sur chacune des 3 grilles, 10 ouvertures d'une surface de 6800  $\mu\text{m}^2$  étaient choisies au hasard (figure 4). A chaque ouverture, la surface équivalente à quatre réticules microscopiques (surface de 85  $\mu\text{m}^2$ ) était analysée. Le réticule (figure 5) était déplacé à quatre reprises, au hasard, dans le sens horaire des aiguilles d'une montre. Sur chaque grille, 40 champs microscopiques étaient observés pour un

total de 120 champs microscopiques par 3 grilles.

Pour chacun des 120 champs microscopiques, les données suivantes étaient colligées:

- 1) Le nombre total de particules occupant la surface du réticule était compté.

Dans le premier groupe d'essais A, la concentration en équivalent poids sec moyen de tissu était obtenue à partir d'environ 7.5 mg. Toutes les particules qui avaient un diamètre de Feret (275) égal ou supérieur à 0.5 um, mais plus petit que 7 um, étaient comptées. Les caractères morphologiques attribués aux particules étaient de 5 types (275); sphère, plaquette, plaquette agglomérée, fibre et granule aggloméré.

Dans le groupe d'essais B, la concentration en équivalent poids sec moyen de tissu était la même que le groupe d'essais A. Par contre, toutes les particules qui avaient un diamètre de Feret supérieur ou égal à 1.0 um, mais plus petit que 7 um, étaient comptées. Les granules agglomérés n'étaient pas comptés. Toutes les particules fibreuses (prismatiques, aciculaires, etc) supérieures à 3 um, et qui avaient un rapport longueur (L)

sur diamètre (d) supérieur à 3:1, étaient comptées dans 30 ouvertures consécutives ou jusqu'à concurrence de 50 particules.

Dans le groupe d'essais C, la concentration en équivalent poids sec moyen de tissu était 15 mg. Les autres paramètres qui étaient mesurés étaient similaires aux paramètres mesurés au groupe d'essais B.

- 2) Toutes les particules qui chevauchaient le côté gauche ou le côté inférieur du réticule n'étaient pas comptées. Par contre, toutes les particules qui dépassaient le côté supérieur ou le côté droit étaient comptées.
  
- 3) Le diamètre (et la longueur) de la particule la plus près de l'intersection entre le côté droit et le côté supérieur du réticule, ou toutes les particules fibreuses repérées dans les groupes d'essais B et C étaient mesurées. La mesure était effectuée à l'aide de deux cercles étalonnés; à un grossissement de X10 000, le plus petit cercle avait un diamètre 1.09  $\mu\text{m}$ , tandis que le plus grand avait un diamètre 5.45  $\mu\text{m}$ .



- 4) Le spectre dispersif en énergies de rayons-X de la particule la plus près de l'intersection entre le côté droit et le côté supérieur droit du réticule ou d'une particule fibreuse repérée dans les groupes d'essais B et C, était saisi pendant 30 secondes et enregistré sur disque magnétique. Pendant la collecte des rayons-X, le faisceau d'électrons était condensé au mode 3, mais légèrement "défocalisé" sur une surface d'environ 1 um. Le condenseur était en mode 1, tandis que le diaphragme était complètement sorti. On évitait de faire des mesures de spectres dispersifs à proximité de la bordure d'une ouverture de grille. En général, le temps mort était inférieur à 30 %, le plus souvent entre 15% et 20 %.

L'identité minéralogique des silicates a été réalisée, dans un premier temps, spectre par spectre, en les comparant visuellement à 101 spectres d'échantillons de référence. Les particules de référence étaient dispersées en solution et une quantité arbitraire était filtrée sur un filtre à membrane de polycarbonate. La gamme des échantillons de référence utilisés comprenait des minéraux appartenant aux principales grandes familles des silicates. Il y avait entre autres:

1) Tectosilicates

groupe  $\text{SiO}_2$ : quartz, opale et cristobalite.

groupe des feldspaths potassiques: microcline et orthose.

groupe des feldspaths plagioclases: albite, oligoclase, andésine, labrador et bytownite.

groupe des feldspathoïdes: néphéline, leucite et sodalite.

groupe des zéolites: ériónite, natrolite, chabazite et mordénite.

2) Phyllosilicates

groupe de la serpentine: chrysotile et sépiolite.

groupe des argiles: kaolin, talc, pyrophyllite, palygorskite (attapulгите), bentonite (montmorillonite) et vermiculite.

groupe des micas: muscovite, biotite et lépidolite.

groupe des chlorites: clinochlore.

3) Inosilicates

groupe des pyroxènes: enstatite, augite, aegyrine, jadéite et spodumène.

groupe des pyroxénoïdes: wollastonite et pectolite

groupe des amphiboles: anthophyllite, amosite (grunerite), trémolite, actinolite, hornblende, et néphrite (actinolite).

4) Nésosilicates

groupe  $Al_2SiO_5$ : kyanite, sillimanite,  
andalousite et staurotide.

groupe olivine: olivine et forstérite.

groupe des grenats: almandin et andradite.

groupe du zircon: zircon.

5) Sorosilicates

épidote, idocrase et zoïsite.

6) Cyclosilicates

cordiérite, béryl et tourmaline.

7) Sulfures, Oxydes, Carbonates, Phosphate etc.

rutile, hématite, dolomite, cérussite, etc.

Les échantillons de fibres d'amiante étaient des références de l'Union Internationale contre le Cancer (U.I.C.C.); quelques échantillons de particules fibreuses étaient une gracieuseté du Dr. T. Zoltai, département de géologie de l'université du Minnesota (277). Les minéraux compacts furent achetés des compagnies Somar et McCrone ou étaient une gracieuseté de Pennsylvania Glass Sand (P.G.S.) ou du National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). Les résultats de la filtration des spectres dispersifs de ces échantillons sont colligés à l'annexe I.

Dans un second temps, tous les spectres (références et inconnus) ont été filtrés à l'aide d'un programme fortran permettant d'établir le rapport des intensités des raies de fluorescence. Ce programme consistait à soustraire le bruit de fond du continuum (produit par l'interaction des rayons-X avec la matière) des pics d'émissions de fluorescence X des principaux éléments contenus dans les silicates. Le traitement informatisé des spectres se faisait de la façon suivante: sept fenêtres d'énergie réparties entre le sodium et le fer permettaient une mesure de l'intensité du bruit de fond du continuum. L'intensité brute des fenêtres Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn et Fe, principaux éléments contenus dans les silicates, était mesurée dans une fourchette d'énergie limitée aux éléments d'intérêt. Pour simuler la courbe du continuum de rayon-X due à l'interaction des électrons avec la matière, un facteur de pondération était donné à chaque élément. Le rapport d'intensité nette des éléments (Na/Si, Mg/Si, Al/Si, K/Si, Ca/Si, Ti/Si, Mn/Si et Fe/Si) était calculé selon la relation (278):

$$\frac{C_e}{C_{Si}} = \frac{1}{F_{eSi}} \times \frac{I_e}{I_{Si}}$$

où C fraction atomique.

- I nombre de coups analysés dans une gamme énergétique d'étendue 0.14 keV centrée sur l'énergie élémentaire caractéristique de la radiation K (alpha) diminuée du nombre de coups attribués au continuum dans la même gamme.
- F Facteur correctif élémentaire.
- e éléments

Les détails de ce programme (ci-après appelé programme Sébastien) de même qu'un exemple de rapport sont présentés à l'annexe II.

Le calcul de la charge pulmonaire des particules isométriques était déterminé selon la relation:

$$C.P. = P \times \frac{p}{120} \times \frac{1 \times K}{m}$$

- C.P. Charge pulmonaire (nombre de particules isométriques par mg de tissu sec, p/mg).
- P Nombre total de particules dénombrées dans 120 réticules.
- p Fraction de particules spécifiques (e.g. silice) analysées par EDAXR.
- m Masse sec de tissu en mg.
- K Constante de proportionnalité (surface efficace du filtre / surface des 120 champs microscopiques).

La limite théorique de détection sur la base de cette relation est environ 1400 particules par mg de tissu sec.

Le calcul de la charge pulmonaire en particules fibreuses était déterminé selon la relation:

$$\text{C.P.} = \frac{\text{F} \times \text{K}}{\text{m}}$$

C.P. Charge pulmonaire (nombre de particules fibreuses par mg de tissu sec, f/mg).

F Nombre de particules fibreuses (e.g. fibres d'amiante) dénombrées dans 30 ouvertures de grilles microscopiques.

m Masse de tissu sec en mg.

K Constante de proportionnalité (surface efficace du filtre / surface des 30 ouvertures de grilles).

La limite théorique de détection sur la base de cette relation est environ 70 particules fibreuses par mg.

Dans le contexte de la thèse, les particules analysées ont été regroupées dans neuf classes: on a appelé silicates (dénommés c.4) toutes les particules dont le spectre dispersif indiquait que le silicium était l'élément le plus intense parmi les autres

éléments pouvant faire l'objet de la composition des silicates; ces autres éléments étaient Na, Mg, Al, K, Ca, Ti et Fe. On a appelé "silicates douteux" (dénommés c.8) toutes les particules qui avaient le "squelette microchimique" de minéraux connus (e.g. micas, pyroxènes, argiles, etc.) mais dont la concentration de fer dépassait l'équivalent de 8 atomes. Si le rapport élémentaire d'une particule siliceuse ne permettait pas une identification "raisonnable", elle était classée dans le groupe non-classé (dénommées c.7). Le spectre dispersif des particules riches en fer (dénommées c.3) montrait que cet élément était le plus intense; cependant, d'autres éléments métalliques ou alcalins pouvaient également accompagner le fer. Le spectre dispersif des particules riches en phosphore et calcium, (dénommées c.2) indiquait que ces deux éléments étaient dominants; cependant, d'autres éléments pouvaient accompagner Ca et P, mais leur intensité était nettement inférieure. Les spectres dispersifs de la classe métaux (dénommées c.1) et Ti (dénommées c.5) se composaient uniquement d'un métal ou d'une combinaison de métaux lourds ou de titane pur. Finalement, la classe de particules "pas de signaux en EDAXR" (dénommées c.9) se composait de particules dont la composition élémentaire est un élément ou un groupe d'éléments inférieurs à Na, ou encore il s'agissait de cuivre. L'absence de particules dans un réticule était annotée par le code "c.6"

### 3.5. METHODE D'ANALYSE EN MICROSONDE A IMPACT LASER

Les spectres LAMMA furent mesurés dans les laboratoires du professeur J.F. Muller de l'université de Metz à l'aide d'un Lamma 500 de la société Leybold Heraeus. Le laser de puissance (Nd Yag quadruplé,  $\lambda = 266$  nm) délivrait une impulsion de 12 ns dont l'énergie varie de  $10^8$  à  $10^{10}$  W/cm<sup>2</sup>. Le point d'impact (1 à 3  $\mu$ m) était repéré par un second laser pilote à hélium-néon, et choisi grâce à une platine XY qui déplace l'échantillon avec une résolution spatiale de l'ordre du micromètre. Les particules étaient repérées à l'aide d'un objectif à grossissement x 100.

Comme le temps d'accès au LAMMA fut limité à une période d'environ 15 jours, la stratégie d'analyse fut basée sur le simple but de confirmer les métaux identifiés en TEM et de tenter de définir leur état de valence. De plus, comme le détecteur Si(Li) avec fenêtre au béryllium, ne permettait pas la détection des éléments inférieurs au numéro atomique 10 du tableau périodique, le scénario analytique cherchait à mettre en évidence des éléments tels le fluor et le béryllium pour ajouter des éléments d'information qualitative à l'histoire du travail. Finalement, les grilles et la colonne du microscope électronique fabriquées en cuivre, produisaient un bruit de fond des rayonnements Cu K(alpha) et Cu K(bêta) qui ne permettaient pas de certifier si l'énergie était parasite ou provenait des particules déposées sur



la grille. L'option de monter les particules sur grille de béryllium fut considérée, mais le coût à l'unité (25.00 \$, 1987), n'était pas à la portée du budget. Donc, le LAMMA fut choisi comme l'option économique pour compléter le décodage de l'histoire professionnelle.

Cinq à dix particules prélevées au hasard, mais apparaissant de couleurs différentes, étaient analysées par grille. En général, il était possible de produire au moins 3 spectres en mode positif et trois en mode négatif, par particule; deux spectres (un négatif et un positif) étaient enregistrés lorsqu'il semblait apparent que les trois paires de spectres avaient la même composition ionique.

#### 4.0. RESULTATS

L'optimisation des critères de comptage en TEM suite aux résultats des séries de mesure des groupes A et B, fera l'objet de la première partie de ce chapitre. La filtration des spectres des silicates de la série C et l'analyse en LAMMA, feront l'objet d'un développement exhaustif car ces activités ont permis de préciser la nature minéralogique des silicates et des métaux. Le troisième volet fera l'objet du décodage des expositions sur la base de l'analyse spécifique des particules; l'objectif est de définir une et une seule exposition, sans l'information colligée dans les rapports d'autopsie, ou lors de l'étude Siemiatycki. Finalement, le dernier volet consistera à comparer les histoires professionnelles aux résultats de l'analyse spécifique des particules et à mettre en évidence les éléments concordants et discordants.

#### 4.1. DEVELOPPEMENT DE LA STRATEGIE ANALYTIQUE DU TEM

Un travailleur exposé pendant une trentaine d'années à des aérosols peut cumuler des quantités importantes de particules exogènes dans son système pulmonaire. Certains auteurs (239,243)

ont rapporté avoir mesuré des concentrations de fibres d'amiante oscillant autour de  $10^4$  à  $10^5$  f/mg de tissu (poids sec), et ce, sans compter les particules compactes. Des concentrations de particules (p) compactes oscillant autour de  $10^5$  p/mg ont également été dénombrées chez des fumeurs qui n'avaient pas d'histoire professionnelle (279,280). Dans ce contexte, il était impératif que l'infrastructure des critères de comptage soit solidement établie.

Définir un portrait juste et fidèle des quantités et de la nature morphologique des particules d'origine professionnelle retenues dans le parenchyme pulmonaire fut la première préoccupation de ce travail analytique. C'est pourquoi, dans un premier temps, la caractérisation morphologique des particules fut limitée aux caractères proposés par le groupe de recherche sur les aérosols du Dr. Liu de l'université du Minnesota (276), qui a défini que les cinq principaux caractères morphologiques comme étant la sphère, la plaquette, le cube irrégulier, la fibre et les granules agglomérés. Etant donné la difficulté pratique de faire la distinction entre la plaquette et le cube irrégulier en milieu pulmonaire, ces deux caractères ont été fondus en un seul, la plaquette. De plus, le terme particule "prismatique" sera utilisé pour signifier toute particule qui a une dimension plus longue que les deux autres, lesquelles sont à peu près égales (281).

#### 4.1.1. METROLOGIE DES PARTICULES, SERIE A.

Les premiers essais expérimentaux, entrepris sur 22 cas, ont permis d'estimer la proportion des caractères morphologiques de particules extraites de parenchyme pulmonaire. Le critère de comptage (section 3.4), particulier à la série A, consiste à compter toutes les particules de diamètre plus grand que 0.5 um. Le tableau 1-A montre la distribution de la morphologie de l'ensemble des particules de la série A: des 2640 réticules microscopiques choisis au hasard, 3.9 % n'avaient pas de particules dont le diamètre était plus grand que 0.5 um.

Le calibre des particules de la série A est montré au tableau 2. Le diamètre géométrique moyen de ferret des particules compactes était 1.0 um et la plage des diamètres a varié entre 0.5 um et 7.0 um. Le diamètre géométrique moyen des particules prismatiques était de 0.28 um (plage de 0.1 um à 3.0 um) et la longueur moyenne géométrique de 3.9 um, (plage de 0.6 um à 9.0 um). Le tableau 1-A indique aussi que les particules classées silicates, métaux et titane, apparaissent surtout sous forme de plaquettes alors que les particules riches en fer et phosphore se présentent sous la morphologie de granules agglomérés. Le tableau 3 fournit l'intensité de fluorescence X pour chacune des classes pour fin de comparaison.

Le nombre moyen de particules observées par réticule était de 7.6.

#### 4.1.2. EVALUATION DE LA SERIE A

Les premiers essais (série A) ont permis d'estimer (tableau 1) que les granules agglomérés (32.1 %) étaient composés des éléments tels le fer, le phosphore et le calcium, qui étaient probablement en majeure partie d'origine endogène. Un certain nombre de plaquettes agglomérées, de sphères et de particules prismatiques avaient aussi une composition chimique similaire à celle des granules agglomérés, mais dans une moindre mesure. Le dépôt de phosphore, de fer et de calcium sur des structures organiques et inorganiques, de même que la croissance de particules ferreuses, suite aux hémorragies dans le poumon, sont des phénomènes qui ont été établis (109, 282). Donc, ces particules risquent de ne pas permettre de mettre en évidence l'exposition professionnelle. Diverses stratégies ont été considérées pour amoindrir l'effet des particules endogènes sur les résultats. Ces particules sont solubles dans l'acide chlorhydrique dilué et un traitement chimique aurait permis de les éliminer, ou du moins d'en réduire le nombre (109,182,283). Mais le traitement à l'acide était à proscrire puisqu'il aurait pu solubiliser certains métaux recherchés comme marqueurs d'une exposition aux métaux venant des fumées de soudure, de brasage ou autres. Il faut souligner

qu'il est pratiquement impossible de discriminer entre les particules ferreuses d'origine endogène ou exogène. Dans le contexte de la thèse, il fallait trouver une façon de diminuer la prépondérance du nombre des particules endogènes tout en gardant intègre le critère de la mesure aléatoire dans le réticule microscopique, car cette variable permet d'estimer la charge pulmonaire. En effet, le rejet systématique d'un réticule lorsque la mesure en EDAXR indiquait le signal de fluorescence de Fe, Ca et P, aurait eu pour effet de biaiser le nombre de particules indicatrices de l'histoire professionnelle et aurait compliqué l'estimation de la charge pulmonaire. Le dénombrement dans une ouverture de grille microscopique fut aussi envisagé; cette stratégie aurait aussi permis de ne pas compter les particules endogènes, mais elle n'aurait pas permis de couvrir une surface importante de la grille microscopique qui assure la représentativité des particules extraites du parenchyme pulmonaire.

Il faut souligner que le granule aggloméré se compose de fines particules qui sont probablement produites par recristallisation. Comme les granules agglomérés n'apportent pas d'éléments d'information quant à l'histoire professionnelle, et que de toute façon ils sont en majeure partie d'origine endogène, il fut décidé de ne plus les compter et de se limiter à dénombrer les particules apparaissant compactes. Il fut aussi décidé de ne plus compter les particules compactes qui avaient un diamètre

plus petit que 1 um plutôt que 0.5 um utilisé avec la série A, dans l'espoir, d'une part, d'amoindrir l'occurrence des particules endogènes et d'autre part, pour accroître la qualité des spectres dispersifs en énergies de rayons-X.

#### 4.1.3. METROLOGIE DE LA SERIE B

Rappelons que les différences majeures entre les critères de comptage de la série A et de la série B, sont l'omission du dénombrement des granules agglomérés ainsi que le dénombrement des particules prismatiques ayant un rapport L:D plus grand ou égal à 3:1 et L plus grand que 3 um, dans 30 ouvertures de grilles microscopiques de 13 cas parmi les 22 de la série A. L'ensemble des particules de la série B est montré au tableau 1-B pour permettre de les comparer facilement aux résultats de la série A (tableau 1-A).

Le tableau 4 montre la distribution morphologique des particules; 46.2 % étaient des plaquettes, 25.2 % des plaquettes agglomérées et 14.3 % des particules prismatiques; aucune sphère ne fut dénombrée et 14.4 % des réticules n'avaient pas de particules avec les paramètres géométriques prescrits. Le même tableau résume les résultats de la distribution morphologique des silicates de la série B, de la classe riche en fer et phosphore B et de la classe riche en métaux et Ti de la série B. Le tableau 5 donne

le calibre des particules qui forment les 13 cas de l'ensemble B.

Le nombre moyen de particules observées par réticule était de 1.7.

#### 4.1.4. COMPARAISON ENTRE LA SERIE A ET LA SERIE B

Afin de permettre une évaluation des changements encourus par la modification des critères de comptage, la métrologie des 13 cas de la série B est comparée aux résultats des 13 mêmes cas de la série A au tableau 3. Il est à noter que la concentration de tissu (poids sec), variable importante dans le cadre de cette comparaison, était du même ordre de grandeur pour les 2 séries.

Le tableau 4 montre la distribution morphologique des particules des 13 cas de la série A, comparés aux 13 cas de la série B. On remarque que **les particules sphériques ont complètement disparu de l'ensemble**. Par classe, le nombre de silicates sous forme de plaquettes et de particules prismatiques, a augmenté alors que les particules agglomérées ont diminué. Dans la classe des particules riches en fer et en phosphore, les deux morphologies de plaquettes ont doublé. Dans la classe riche en métaux et Ti, le nombre de plaquettes a diminué tandis que les particules prismatiques ont augmenté de façon dramatique. Le tableau 5 montre que les particules compactes métalliques de la série B ont



un diamètre géométrique moyen légèrement plus grand que les silicates compacts et les particules riches en fer et phosphore; de plus, le diamètre géométrique des silicates prismatiques est légèrement plus petit que celui des particules des deux autres classes. Evidemment, si on compare les résultats globaux des deux séries, tous les résultats sont augmentés et l'effet est particulièrement marquant pour les particules prismatiques.

Le tableau 6 donne plus de détails sur les différentes classes élémentaires de particules pour permettre de mieux apprécier l'effet fin de la modification des critères de comptage. Pour commencer, les 22 cas de la série A sont répétés pour fin de référence, puis les résultats des 13 cas dans les séries A et B sont comparés.

La modification, de nature morphologique, de négliger les particules agglomérées a eu pour effet net d'augmenter le dénombrement des silicates (c.4) et des particules métalliques marqueurs potentiels (c.1) de l'histoire professionnelle ou environnementale. En effet, lorsque 13 échantillons (parmi les 22 au départ) de la série A furent dénombrés à nouveau selon les critères B (13 échantillons de la série B), une augmentation du nombre de silicates (41.5 % par rapport à 33.1 %) et des particules métalliques (4.1 % par rapport 2.0 %) fut observée (tableau 6). De plus, on

observe une diminution des particules riches en fer (c.3), ce qui était recherché. Les plaquettes et plaquettes agglomérées ferreuses plus denses, semblaient être un réservoir des éléments lourds, ce qui n'était pas le cas avec les granules agglomérés. De plus, les signaux de fluorescence X étaient en moyenne plus intenses avec les particules dont le diamètre était supérieur à 1 um (tableau 4, série B).

Cependant, l'accroissement du diamètre de 0.5 um (série A) à 1 um (série B) a eu un effet négatif quant au pourcentage de particules observées ayant un diamètre supérieur à 1 um par réticule; en effet, 14.4 % des réticules n'avaient pas de particules avec le diamètre requis pour procéder à la mesure du spectre dispersif de fluorescence X (tableaux 1, 2 et 5). Pour remédier à la situation, il a fallu, dans la majorité des cas de la série C, doubler la concentration de tissu (7.5 mg à 15.0 mg poids sec) et permettre ainsi qu'au moins 120 spectres dispersifs en énergies de rayons-X soient enregistrés (i.e. obtenir au moins une particule de diamètre supérieur à 1 um par réticule) et indirectement accroître les possibilités de décoder l'histoire professionnelle. L'augmentation du diamètre de 0.5 um à 1.0 um permettait aussi d'accroître la qualité des spectres pendant les 30 secondes d'intégration de l'énergie de fluorescence X. Cette modification favorisait l'analyse quantitative des silicates (244). Cet aspect de l'analyse des silicates sera repris à la section suivante.

Par contre, le dénombrement des particules avec le diamètre égal ou supérieur à 1  $\mu\text{m}$ , aura pour effet de diminuer la valeur absolue de la charge pulmonaire totale des particules retenues dans le parenchyme pulmonaire.

Bien que la modification des critères de comptage des particules compactes ait amélioré les possibilités de décoder l'histoire professionnelle des sujets exposés à la silice ou aux métaux, elle ne permettait pas de faire ressortir celle des sujets exposés à la fibre d'amiante ou aux autres types de fibres. La surface d'observation du réticule ( $85 \mu\text{m}^2$ ) était insuffisante pour favoriser l'observation de fibres de longueur supérieure ou égale à 3  $\mu\text{m}$ . Le dénombrement des fibres sur une plus grande surface devrait pallier à ce problème. Le tableau 2 montre le calibre des particules prismatiques de la série A; leur longueur représentée par la moyenne géométrique était inférieure à 2  $\mu\text{m}$ . Même si la spectrochimie de certaines fibres ultra-courtes de la série A laissait suggérer qu'il s'agissait d'un minéral amiantiforme, ces particules n'apportaient qu'une faible contribution à l'histoire du travail puisqu'il est établi que les fibres courtes amiantiformes peuvent être observées chez des sujets n'ayant pas d'histoire professionnelle d'exposition à l'amiante (236,240,244, 284). Pour pallier à ce problème, il fut donc décidé de ne dénombrer que les particules prismatiques plus longues que 3  $\mu\text{m}$  (et ayant rapport L:D > ou égal à 3:1) dans 30 ouvertures de grille

microscopique (19,244) pour accroître la population des particules indicatrices d'un passé professionnel. Il faut préciser que nous avons opté pour le paramètre géométrique plus long que 3 um, parce que les essais A et B avaient permis d'observer plusieurs minéraux non amiantiformes, formant des fragments prismatiques, qui pouvaient apporter des éléments nouveaux au décodage de l'histoire professionnelle; récemment, d'autres auteurs (285) ont également montré l'existence de particules prismatiques dans le poumon humain. Donc, ce choix n'avait pas pour objectif d'optimiser l'évaluation de l'exposition à la fibre d'amiante (19).

#### 4.1.5. RESUME DES CRITERES DE COMPTAGE

L'exercice analytique avec les séries A et B a permis d'établir les règles de comptage et la qualité des particules extraites des parenchymes pulmonaires. Les critères de comptage de la série A ont permis de mettre en évidence que les granules agglomérés étaient essentiellement composés des éléments Ca, P, et Fe et que sur la base de cette information, ces particules étaient de nature endogène et ne contribueraient pas au décodage de l'histoire professionnelle. Les critères de comptage de la série B ont permis de démontrer un accroissement substantiel du nombre de silicates, en particulier les silicates prismatiques.

#### 4.1.6 METROLOGIE DES PARTICULES, SERIE C.

C'est essentiellement après que l'ensemble des critères établis à l'aide des séries A et B, que les analyses physico-chimiques (qui serviront au décodage de l'histoire professionnelle des 42 cas) ont été effectuées. Il convient d'étayer la nature physique des particules qui serviront à atteindre l'objectif premier de la thèse doctorale. Ces résultats d'analyse des particules forment l'ensemble C.

Le tableau 7 montre la distribution de la morphologie des particules de la série C. Ce tableau indique que les plaquettes, pour toutes les catégories de particules, se retrouvent en plus grand nombre.

Les pourcentages des neuf classes de particules sont énumérés au tableau 6 pour faciliter la comparaison avec les séries A et B. Dans cette série C, les résultats sur l'ensemble des particules provenant de tous les échantillons sont approximativement du même ordre de grandeur que les résultats de la série B, sauf que seulement 1.3 % des réticules n'avaient pas de particules avec les paramètres géométriques souhaités. Ces résultats supportaient les décisions quant aux modifications des critères de comptage et de la masse de tissu à analyser suite aux essais du groupe B.

Le tableau 8 détaille le calibre des particules compactes et prismatiques. Notons le peu de différence entre les résultats moyens à part le faible diamètre des particules compactes, riches en phosphore et les extrêmes inférieurs et supérieurs dans les particules prismatiques classées respectivement silicates et sans signal EDAXR. Encore pour faciliter la comparaison avec les autres séries, les intensités moyennes géométriques sont indiquées au tableau 3.

Le tableau 9-A montre le calibre des principaux silicates de la série C. Les particules compactes de talc ont un diamètre géométrique moyen légèrement plus grand que celui des autres types de silicates; de façon similaire, les fibres d'amiante ont les diamètres géométriques les plus fins et sont en moyenne plus longues que les autres particules prismatiques.

Le tableau 9-B montre le calibre des fibres d'amiante; les fibres de crocidolite et de chrysotile ont les diamètres moyens les plus fins, tandis que les fibres d'amosite sont les plus longues. Les diamètres des fibres de chrysotile sont légèrement supérieurs à ce qui est rapporté dans la littérature (19,244) parce que ceux-ci ont été mesurés à 0.1 um près, au lieu de 0.03 um.

#### 4.2. ANALYSE DES SPECTRES DISPERSIFS

La section suivante présente la stratégie analytique qui a permis l'identification minéralogique des particules.

##### 4.2.1. FILTRATION DES SPECTRES DES SILICATES DE LA SERIE C

Tous les spectres dispersifs en énergies de rayons-X qui ressemblaient, à l'inspection visuelle, aux spectres types de référence, ont été traités à l'aide d'un programme fortran (annexe II) permettant de soustraire le bruit de fond dû au continuum et de calculer le rapport des principaux éléments mis en jeu chez les principaux minéraux de la grande famille des silicates. Cette activité avait pour but de valider les minéraux types cumulés dans les poumons et de permettre de tirer des conclusions sur les marqueurs d'une exposition professionnelle.

Chacun des tableaux qui présentent les résultats, comprend les variables suivantes: la morphologie des particules (compactes ou prismatiques), l'intensité de fluorescence X (EDAXR) intégrée dans une fenêtre d'énergie correspondant aux principaux éléments faisant l'objet de la composition chimique des silicates, et le nombre relatif d'atomes des éléments, par rapport à l'atome de silicium qui a été fixé à 8; "n" représente le nombre de particules dont le spectre d'énergie a été filtré. En ce qui a

trait à l'intensité de fluorescence, nous avons rapporté les moyennes géométriques (M.G.) et arithmétiques (M.À.) tandis que la M.G. et l'écart-type géométrique (E.T.G.) ont été rapportés dans le cas de la détermination du nombre d'atomes. Pour faciliter la présentation des résultats, la lettre "C" indique les particules compactes, et la lettre "P", les particules prismatiques.

Le tableau 10 montre la distribution du nombre relatif d'atomes dans les particules compactes et prismatiques qui ont reçu la dénomination de silice. Outre le silicium, dont l'intensité de fluorescence X était en moyenne 2844 c.p.s pour les particules compactes et 3255 pour les particules prismatiques, le Na (C = 0.33; P = 0.45), l'Al (C = 0.28; P = 0.24) et le Fe (C = 0.4; P = 0.29) étaient détectés occasionnellement; cependant, l'écart-type géométrique indique que la présence de ces éléments n'est pas constante et que l'élément largement dominant était, en général, le silicium. Les autres éléments étaient en général absents.

Les tableaux 11-A et 11-B montrent la distribution des éléments dans les particules dénommées feldspaths plagioclases et potassiques. On remarque que le Na (2.6), l'Al (3.3) et le Si étaient les éléments dominants chez les feldspaths plagioclases, quoique le Ca (C = 0.41; P = 0.32) et le Fe (C = 0.4; P = 0.40) furent à l'occasion observés. Chez les feldspaths potassiques, l'Al (C = 2.8;



P= 2.9), le K (C= 2.5; P= 2.5) et le Si étaient les éléments dominants quoique le Na (C= 0.27; P= 0.29) et le Fe (C= 0.32; P= 0.44) étaient à l'occasion observés.

Le tableau 12-A montre la distribution des éléments des particules micacées. Les éléments dominants étaient Al (C =5.2; P =6.0), K (C =1.5; P =1.8), Fe (C =1.4; P =1.5) et Si; Na (C =0.56; P =0.64) et Mg (C =0.50; P =0.35) ont été observés chez certaines particules. L'ensemble des particules micacées a été séparé en sous-ensembles pour tenter une identification "raisonnable" de certains minéraux. Le tableau 12-B montre la distribution des éléments chez les particules dont la composition élémentaire apparaissait similaire à celle de la muscovite. Les éléments dominants étaient Al (C =5.6; P =6.3), K (C =1.8; P =2.2), Fe (C =1.4; P =1.2) et Si. Le tableau 12-C montre la distribution des éléments des particules dont la composition élémentaire apparaissait similaire à la composition élémentaire du lépidolite ou de la muscovite (c'est à dire les micas à moins grande teneur en fer). Les éléments dominants étaient Al (C =5.4; P =6.1), K (C =1.6; P =1.9), Fe (C =0.9; P =1.0) et Si. Le tableau 12-D montre la distribution des éléments chez les particules micacées dont la teneur en fer était élevée comparativement aux autres particules dénommées micas. Les éléments dominants étaient Al (C =4.8; P =5.4), K (C =1.5; P =1.5), Fe (C =3.6; P =3.3) et Si. Le tableau 12-E montre la composition élémentaire des micas clas-

sés type argileux (ardoise). Les éléments dominants étaient Al (C =4.6; P =6.5), K (C =1.0; P =1.4), Fe (C =2.7; P =2.7) et Si.

Il faut souligner que dans ce sous-ensemble, la concentration en Ca était légèrement plus élevée que chez les sous-ensembles précédents. Le tableau 12-F montre la composition élémentaire de particules ayant une similitude à celle des micas, mais apparaissaient simultanément aux éléments dominants du mica, les éléments de l'apatite (P-Ca). Les éléments dominants étaient Al (4.4), K (1.3) Ca (1.5), Fe (2.1) et Si. A cause du petit nombre de particules prismatiques, celles-ci furent fusionnées aux particules compactes.

Le tableau 13-A montre la composition élémentaire des particules classées dans l'ensemble des argiles. Les éléments dominants étaient Al (C =5.2; P =6.3), Fe (C =1.2; P =1.1) et Si, quoique Na et de façon moins importante Mg, K, Ca et Ti aient été aussi observés. L'ensemble des particules argileuses a aussi été divisé en sous-ensembles pour tenter une identification "raisonnable" de certains minéraux. Le tableau 13-B montre la distribution des éléments des particules argileuses dont la composition élémentaire avait des similitudes à la composition élémentaire de la kaolinite. Les principaux éléments étaient Al (C =7.8; P =8.3), Fe (C =0.75; P =0.2) et Si; il y avait peu de particules prismatiques dans ce groupe (tout comme dans les 3 groupes suivants) et

elles ont été assimilées aux particules compactes. Le tableau 13-C montre la composition élémentaire des particules qui avaient des similitudes avec celle de l'illite. Les éléments dominants étaient Al (4.7), Fe (1.7) et Si. Dans ce sous-ensemble, la concentration de potassium était légèrement plus élevée que dans le sous-ensemble type kaolinite; de plus, l'aluminium a chuté de 7.8 à 4.7. Le tableau 13-D montre la composition élémentaire des particules argileuses apparaissant similaire à celle de la bentonite (montmorillonite). Les éléments dominants étaient Al (1.9), Fe (2.4) et Si. La concentration en Na semblait en général plus élevée que dans les cas précédents, tandis que la concentration en Al a chuté à 1.9 atomes. Le tableau 13-E montre la composition élémentaire des particules qui s'apparentaient à celle de la pyrophyllite. Les éléments dominants étaient Al (4.0), Fe (1.6) et Si.

Le tableau 14 montre la composition chimique des particules qui s'apparentaient à celle du talc. Les éléments dominants étaient Mg (C =5.5; P =5.4) et Si. Les éléments Na et Fe furent également observés à l'occasion.

La composition chimique des particules ayant des similitudes avec celle de l'amiante amosite est présentée au tableau 15-A. Les éléments dominants étaient Mg (1.0), Fe (6.7) et Si; les éléments Na (0.70) et Ca (0.48) ont également été détectés à plusieurs

reprises. Le tableau 15-B montre la composition chimique des particules ayant une composition élémentaire similaire à celle de l'amiante trémolite. Les éléments dominants étaient Mg (3.7), Ca (1.6), Fe (3.1) et Si. Le tableau 15-C montre la composition élémentaire des particules ayant une composition similaire à celle de l'amiante chrysotile. Les éléments dominants étaient Mg (8.3), Fe (2.0) et Si. Le tableau 15-D montre la composition élémentaire des particules dont la composition élémentaire était similaire à celle de l'amiante crocidolite. Les éléments dominants étaient Na (2.7), Fe (7.3) et Si.

Le tableau 16 présente la composition chimique des particules ayant une composition élémentaire similaire à celle de la chlorite. Les éléments dominants étaient Mg (5.1), Al (4.1), Si et Fe (4.5). L'élément Na fut également détecté dans quelques particules.

Au tableau 17 se trouve la composition chimique des particules ayant une organisation inter-éléments similaire à celle de la vermiculite. Les éléments dominants étaient Na (0.97), Mg (2.8), Al (2.1), Si, K (1.1), Ca (0.53) et Fe (2.5).

Les tableaux 18 montrent la composition chimique des particules ayant une composition élémentaire similaire à celle des pyroxènes. Un groupe de particules (tableau 18-A) avait une composition élémentaire similaire à l'acmite; les éléments dominants é-

taient Na (0.96), Mg (1.1), Al (4.0), K (1.5), Fe (2.5) et Si. Un second groupe (tableau 18-B) avait une composition élémentaire approchant celle de l'augite; les éléments dominants étaient Na (1.6), Mg (0.99), Al (3.7), K (0.59), Ca (2.5), Fe (2.7) et Si. Un troisième groupe (tableau 18-C) se distinguait par une concentration en Na plus élevée que les deux précédents; les éléments dominants étaient Na (2.6), Mg (1.1), Al (3.5), Ca (0.51), Fe (2.9) et Si.

La composition élémentaire des particules classées dans l'ensemble minéraux de métamorphisme est présentée au tableau 19. Les éléments dominants étaient Al (22.2), Fe (2.6) et Si. Les éléments Na, Mg, K, Ca, Ti furent aussi détectés dans un certain nombre de particules.

Le tableau 20 montre la composition élémentaire des silicates qui ne furent pas classés. Les éléments dominants étaient Al (2.9), Fe (2.3) et Si. Les éléments Na, Mg, K et Ca furent aussi détectés mais en faible concentration.

Le tableau 21 montre la composition élémentaire des particules avec le squelette microchimique des silicates, déjà présentés ci-haut, mais dont la teneur en fer excédait celle normalement retrouvée chez ces derniers. Les éléments dominants étaient Na (1.6), Al (2.6), Fe (16.4) et Si. Les éléments Mg, K, Ca et Ti étaient également détectés dans certaines de ces particules.

#### 4.2.2. INTERPRETATION DES AUTRES SPECTRES

Le calcul du rapport des éléments s'est avéré une technique efficace pour démontrer la nature minéralogique des silicates dans l'ensemble des particules extraites de parenchymes pulmonaires. Cette technique a cependant ses limites et ne peut être appliquée dans le cas de particules métalliques ou de façon générale à des particules à faible teneur en silicium.

Pour aider à prédire l'exposition aux métaux, l'approche la plus simple a été utilisée. Elle consistait simplement à établir la fréquence des particules métalliques détectées en fluorescence X. Toutefois, l'ensemble des particules exclusivement métalliques ne correspondait qu'à environ 5 % de l'ensemble des particules de la série C (Tableau 6). Cette estimation rapide laissait prévoir des difficultés à obtenir une différence statistique entre les exposés et les non-exposés aux poussières de métaux. Pour pallier à cette situation, l'ensemble "particules avec métaux" fut créé; il s'agissait d'exprimer la fréquence du signal d'un métal dans l'ensemble des spectres, quelle que soit la nature de la particule. A titre d'exemple, les particules riches en fer forment un ensemble arbitraire qui est basé sur le fait que le signal de fluorescence X du fer est le plus intense. Ainsi, 51.9 % des particules analysées dans les 42 cas de la série C ont exhibé un signal de fluorescence indiquant la présence d'éléments tels Cl, S, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Ce,

La, Sb, Sn, Sr, Ti, Zn, Zr, etc. De façon similaire, 41.7 % des particules riches en phosphore ont montré un signal de fluorescence indiquant la présence de ces mêmes éléments, 47 % chez les particules classées silicates douteux et un peu moins de 15 % chez les silicates. La fréquence des particules avec métaux fut donc la technique utilisée pour mettre en évidence les cas exposés aux poussières de métaux, parce que cette approche permettait de recenser un plus grand nombre de particules qui, à la limite, permettraient un décodage positif (statistiquement significatif). Les éléments dont la fréquence est apparue importante ont aussi fait l'objet de sous-groupes; cette approche a permis de mettre en évidence le fait que certains sujets avaient cumulé préférentiellement certains éléments métalliques.

Finalement, les particules riches en phosphore, en fer et les silicates douteux ont fait l'objet d'un autre regroupement.

#### 4.2.3. LES SPECTRES PAR MICROSONDE A IMPACT LASER (LAMMA)

La stratégie analytique par spectrométrie de masse à impact laser était limitée essentiellement à préciser et confirmer la présence de métaux ou certaines associations de métaux et leur état de valence. Les spectres ont surtout été utilisés lors de la comparaison entre l'histoire du travail et les résultats obtenus par la

physico-chimie (annexe IV) pour mettre en évidence certains détails qui permettront de préciser l'histoire professionnelle. Bien que la stratégie analytique n'ait pas été planifiée pour exprimer des résultats quantitatifs, il a semblé opportun de colliger l'intensité arbitraire maximale de l'ensemble des éléments détectés chez chaque sujet. Cette "approche" analytique consistait à représenter sur une échelle graduée de 0 à 3, l'intensité maximale d'un élément pour le groupe des particules analysées chez chaque sujet. Une intensité 0 signifie que l'élément n'a pas été observé (0 %) ou bien qu'il est à l'état de trace (moins de 5 % de l'intensité arbitraire); une intensité 1 signifie que l'intensité du signal est plus grande que 5 %, mais plus petite que 75 %; une intensité 2 signifie que l'intensité du signal est plus grande que 75 %, mais n'est pas à saturation; et finalement, une intensité 3 signifie que le signal est saturé.

Les tableaux 22-A et 22-B montrent le produit de cette opération. La première colonne représente le numéro d'identification du cas, et les colonnes subséquentes, les éléments qui ont été détectés, ainsi que l'intensité maximale arbitraire du signal pour l'élément correspondant. Les éléments V, Rb, Y, Mo et Pr n'ont jamais été détectés en EDAXR. De façon similaire, les éléments Bi et Sb ne furent pas détectés en LAMMA. Les éléments Sr et I furent détectés sur deux particules seulement en EDAXR.



L'interprétation des éléments Sr et Y en LAMMA invite cependant à la prudence; ce qui est interprété en tant que du Sr ( $m/e = 87.905$ ) pourrait être en fait un cluster de recombinaison de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{OH}_2$  ( $m/e = 87.997$ ) et Y ( $m/e = 88.905$ ) pourrait être un cluster de recombinaison  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{OH}_3$  ( $m/e = 88.997$ ). D'ailleurs les clusters de recombinaison  $\text{C}_2\text{OH}_2$  ( $m/e = 42$ ) et  $\text{C}_2\text{OH}_2$  ( $m/e = 43$ ) apparaissaient dans la plupart des spectres. L'indétermination pourrait être levée seulement par spectrométrie de masse à transformée de Fourier.

#### 4.2.4. RESUME

Cette étape avait pour objectif principal de valider qualitativement le protocole analytique, relativement à l'ensemble des minéraux ou métaux extraits des parenchymes pulmonaires. La comparaison visuelle des spectres dispersifs inconnus par rapport au spectre dispersif des échantillons de référence, suivie du calcul de leur rapport élémentaire et du rapport élémentaire des échantillons de référence (annexe I) par la méthode de Sébastien et col. (274), a permis une identification "raisonnable" de l'ensemble des silicates de la série C. Les éléments des autres spectres ont été validés par comparaison visuelle des spectres publiés par McCrone et Delly (286) et Brown et Stewart (287). La confirmation des métaux a également été supportée par analyse LAMMA.

#### 4.3. DECODAGE DE L'HISTOIRE PROFESSIONNELLE

La section précédente a mis en évidence la stratégie analytique qui était utilisée pour classer les particules extraites du parenchyme pulmonaire des 42 cas à l'étude. Après avoir établi les natures physique et chimique de la population de particules, l'étape suivante consiste à traduire ces données en nombre de particules observées par unité de masse de tissu pulmonaire (charge pulmonaire). Lorsque la charge pulmonaire est établie, l'étape subséquente consiste à mettre en ordre croissant de concentration chaque classe de particules de chaque sujet intégré dans l'étude.

##### 4.3.1. CHARGE PULMONAIRE EN PARTICULES

Le tableau 23 résume le contenu de la charge pulmonaire de tous les silicates compacts, puis des minéraux spécifiques tels la silice, les feldspaths, les micas et argiles réunis dans la même colonne, et le talc et les autres silicates, tels le vermiculite, les pyroxènes, etc; la concentration est rapportée en nombre de particules par mg de tissu poids sec (p/mg); le rang relatif de chaque sujet est indiqué entre parenthèses.

Le tableau 24 résume le contenu de la charge pulmonaire des particules prismatiques; sont colligés, entre autres, les fibres d'amiante, les particules prismatiques de silice, les feldspaths,

les micas et argiles, le talc et autres silicates. Le rang relatif de chaque sujet est rapporté par les nombres indiqués entre parenthèses.

Le tableau 25 montre, à la première colonne, la concentration des particules exclusivement métalliques, c'est-à-dire pour lesquelles l'émission de fluorescence X correspond exclusivement à des métaux lourds et à la deuxième colonne, la concentration de particules n'indiquant que la présence de titane.

Au tableau 26 se trouve la concentration de particules de toutes natures pour lesquelles un signal de fluorescence X n'indiquait que la présence d'un élément métallique ou en association avec d'autres éléments métalliques. Ce tableau rapporte les métaux (tous les éléments autres que Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Cl et S) et la concentration de métaux spécifiques tels Ti, Pb, Cr, Ni, Mn, Zn et autres métaux tels les terres rares (Ce,La,Nd), Co, Bi, Sb Sn, etc. La présence du métal était confirmée si le rapport du signal de fluorescence sur le bruit de fond était plus grand que 2-3 (estimé visuellement spectre par spectre). Le rang de chaque cas est rapporté entre parenthèses. A noter que la colonne métaux lourds ne contient pas les éléments Ti et Zn.

Le tableau 27 montre la concentration des particules riches en phosphore, les particules riches en fer (qui peuvent contenir des métaux), les particules dites silicates douteux (fer-silicates), les particules Fe-Si-Al, c'est-à-dire dont l'émission de fluorescence la plus intense était le fer, la seconde le silicium et la troisième l'aluminium et les particules Fe-Si, c'est-à-dire dont le signal le plus intense était le fer, puis, comme second signal en importance, le silicium.

Finalement, pour avoir une vue d'ensemble des particules compactes, le tableau 28-A présente la charge pulmonaire en particules compactes et la stratification des principales classes tels silicates, particules exclusivement métalliques, phosphore, fer-silicates (silicates douteux) et Fer-X (fer et autres éléments); le tableau 28-B donne une vue d'ensemble des particules prismatiques.

#### 4.3.2. REGLES EMPIRIQUES D'ATTRIBUTION DES POSITIONS ET DES GROUPES

Les cinq groupes de travailleurs dont il faut décoder l'histoire professionnelle, ont été définis dans le chapitre 3; il s'agit des groupes de travailleurs exposés surtout à la silice, à la fibre d'amiante, aux fumées de soudure, de non-fumeurs sans exposition professionnelle et de fumeurs sans exposition à la silice, à la fibre d'amiante et aux métaux. Pour classer les 42

cas dans une case et une seule, une base de données Dbase III + (annexe III), comprenant trente champs à mémoire variable, a été utilisée. Parmi ces champs à mémoire variable, il y avait le numéro du sujet et le rang qu'occupait ce dernier dans le cas d'exposition à la fibre d'amiante, aux particules de silice compacte, à la silice prismatique, aux feldspaths compacts, aux feldspaths prismatiques, au talc compact, au talc prismatique, etc. Une position de 1 à 42 fut attribuée à chaque sujet pour les trente variables.

Chaque sujet était intégré successivement dans une case (42 cases au total) sur la base de trois variables:

- (1) la variable **amiante**, en ce qui a trait au classement des 10 sujets du groupe exposition à la fibre d'amiante (tableau 24, colonne: amiante). A noter que le processus d'intégration a été "initialisé" par le sujet qui avait la charge pulmonaire la plus élevée en fibres d'amiante.
- (2) la variable **silicates compacts**, en ce qui a trait au classement des sujets exposés à la silice (Tableau 23, colonne: silicates).
- (3) la variable **métaux lourds totaux**, en ce qui a trait au classement des sujets exposés aux métaux (Tableau 26, colonne: métaux lourds). Cette colonne ne contient pas les éléments Ti et Zn (voir explication ci-bas).

L'attribution successive des groupes de chaque cas a commencé en donnant la première case au sujet qui avait la concentration la plus élevée en fibres d'amiante. Puis, ce fut l'intégration du second cas qui avait la concentration la plus élevée en fibres d'amiante. A ce niveau, ce cas ne devait pas occuper la première position pour la variable silicates compacts (tableau 23) ou métaux lourds totaux (tableau 26). En supposant que le 2ième sujet qui a le plus retenu de fibres d'amiante, aurait également retenu le plus de silicates compacts, alors il aurait occupé la première case de la variable silicates compacts, au lieu de la deuxième case "exposition à la fibre d'amiante".

Cette boucle de classification a été répétée jusqu'à ce que les 10 cases d'un groupe soient remplies. Le produit de cette première boucle fut appelé "premier classement" et les résultats sont rapportés dans la première colonne aux tableaux 29-A, 29-B, 29-C. Six cas furent classés dans le groupe exposition à l'amiante (tableau 29-A, premier classement), 8 cas dans le groupe exposition aux silicates (tableau 29-B, premier classement), 10 cas dans le groupe exposition aux métaux (tableau 29-C, premier classement). A noter qu'à cette étape, la position 14 avait été atteinte en ce qui a trait à l'exposition à la fibre d'amiante. Les sujets correspondant à la position 5 et aux positions 7 à 13, avaient été intégrés dans les cases des deux autres variables parce que l'une ou l'autre des deux autres

variables (silicates compacts et métaux lourds) occupaient des positions de classement inférieures à la variable fibres d'amiante.

On remarquera qu'une seule variable était utilisée pour le classement du groupe exposition à la fibre d'amiante. Puisque dans différents environnements d'exposition à la silice (e.g. granite, carrière, mines etc) ou aux métaux (différents types de soudage), plusieurs types de minéraux ou métaux coexistent, il était décidé que la variable "silicates compacts" serait le marqueur de l'exposition à la silice et la variable "métaux lourds" le marqueur de l'exposition aux métaux. Cette approche était choisie parce qu'il ne semblait pas exister un profil de rétention permettant d'isoler des sujets qui avaient des variables communes. A titre d'exemple, un sujet pouvait avoir retenu de la silice et des feldspaths, tandis qu'un autre, des micas et de la silice ou vice versa. De façon similaire, un sujet pouvait avoir retenu du nickel, mais peu de plomb, ou vice versa.

Au cours de cet exercice, il était aussi décidé de retirer les éléments Ti et Zn de l'ensemble des métaux lourds, puisque ces éléments apportaient un poids énorme dans le processus de classification. Certains sujets, s'ils avaient été intégrés dans le groupe métaux, parce qu'ils avaient retenu essentiellement l'un ou l'autre de ces éléments, auraient empêché l'intégration de

sujets qui avaient surtout retenu du Pb, du Ni, etc. Il était légitime de supposer, à cette étape, que les autres métaux lourds seraient des meilleurs estimateurs d'une exposition aux fumées de soudure.

Comme la démarche exigeait de classer chaque sujet dans une case, et une seule case, et que seules les cases du groupe métaux étaient toutes occupées, le classement des sujets Case/Fraser fut poursuivi selon les critères suivants: tous les cas occupant une position de 15 à 22 pour une exposition à l'amiante ou aux silicates, ont été intégrés dans leur groupe respectif jusqu'à ce que toutes les cases de ces deux dernières variables soient occupées. Quant aux autres cas, ils ont été inclus dans le groupe "sans exposition professionnelle". Les positions des cas, suite à ce "deuxième classement" sont montrées aux mêmes tableaux 29-A, 29-B, 29-C sous la colonne deuxième classement. Le chiffre entre parenthèses indique la position relative du cas à l'intérieur de la classe spécifiée par rapport aux 42 cas ayant fait l'objet de l'étude. Les remarques entre les parenthèses carrées "[ ]" indiquent les autres possibilités (autres variables) en terme de particules retenues dans le parenchyme.

Pour le classement des non-exposés (tableau 29-D), les sous-classes fumeurs et non-fumeurs ont été regroupées arbitrairement sur la base de la concentration en talc, détectée dans le parenchyme



pulmonaire; cette variable apparaissait comme l'unique vecteur décisionnel permettant de les départager; l'argile était aussi une variable de choix, quoique les positions relatives permettaient une moins grande marge de manoeuvre (tableau 29-D). Au 3ième classement, les cas dont la concentration en talc était la plus élevée ont formé le groupe des fumeurs, tandis que les autres, sont devenus les non-fumeurs. La position relative de chaque sujet par rapport à sa concentration de talc est indiquée entre parenthèses.

#### 4.4. ETUDE FINE DE CHAQUE CAS

Le chapitre 4.3 explique la structure décisionnelle qui a permis de classer dans une case, et une seule, chaque cas de l'étude. Cette étape a nécessité un effort assez considérable quant au choix des variables utilisées pour classer chaque cas. Les éléments fins d'interprétation des résultats permettant d'attribuer une case à chaque cas dans un des cinq groupes d'appartenance, sont détaillés à l'annexe IV. Cet exercice a permis de consolider les décisions de classification, ou encore de préciser les doutes, quant au classement d'un cas spécifique dans un groupe donné. Comme cet exercice est très lourd, nous avons choisi de l'intégrer à l'annexe IV, en parallèle à la description résumée des histoires du travail qui ont été établies au cours des entrevues de l'étude Siemiatycki.

4.5. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE ET DE L'ENQUETE SUR L'HISTOIRE DU TRAVAIL

Il a été défini au chapitre 1.1 (page 5), que cette étude examinerait avec des outils statistiques simples la possibilité de corrélation entre l'exposition professionnelle colligée au cours des interviews de l'étude Siemiatycki et les résultats de l'étude physico-chimique. Des analyses statistiques complexes pourraient être appliquées pour établir cette corrélation, mais il était convenu dès le départ que ces types d'analyses ne feraient pas l'objet de cette thèse.

Les résultats du décodage de l'histoire professionnelle des deux stratégies analytiques sont présentés aux tableaux 30-A-1, 30-B-1, 30-C-1 et 30-D-1. Afin de faciliter la visualisation de la comparaison, les données de l'histoire du travail de l'étude Siemiatycki ont servi de point de comparaison. Comme chaque histoire professionnelle reconstituée par l'étude Siemiatycki était en général le résumé de plusieurs emplois à l'intérieur d'une même compagnie ou de plusieurs compagnies (annexe IV), il a semblé opportun de présenter, en plus de l'exposition dite primaire à un contaminant (contaminant visé), l'exposition aux autres contaminants qui ont constitué l'histoire professionnelle du travailleur.

Les codes permettant d'estimer l'exposition professionnelle dans l'étude Siemiatycki, sont rapportés à l'aide de cinq variables primaires:

- (1) la description chimique ou minéralogique du contaminant;
- (2) les voies d'entrée du contaminant, exprimées par trois variables secondaires: (1) respiratoire, (2) cutanée, (3) respiratoire et cutanée (il s'agit du premier chiffre représenté sous le contaminant des tableaux 30-A-1 et autres; 0:0:0:0)
- (3) la concentration du contaminant, qui elle, est estimée à l'aide de trois variables secondaires: (1) exposition faible, (2) exposition moyenne, (3) exposition importante (il s'agit du deuxième chiffre représenté sous le contaminant des tableaux 30-A-1 et autres; 0:0:0:0)
- (4) la fréquence d'exposition, exprimée par trois variables secondaires: (1) plus petite que 5 %, (2) plus grande que 5 % mais plus petite que 30 %, (3) plus grande que 30 % (il s'agit du troisième chiffre représenté sous le contaminant; 0:0:0:0)
- (5) la fiabilité de l'estimation, également exprimée par trois variables secondaires: (1) possible, (2) probable, (3) certaine (il s'agit du quatrième chiffre représenté sous le contaminant, 0:0:0:0).

Pour de plus amples détails quant à l'histoire professionnelle, le lecteur peut se référer à l'annexe IV.

Le tableau 30-A-1 présente l'ensemble des cas exposés à la fibre d'amiante (tel que défini par l'enquête de l'histoire professionnelle); sous le titre "histoire professionnelle", trois colonnes identifiées "premier", "deuxième" et "troisième" résument les trois principaux contaminants auxquels fut exposé le travailleur. Le terme "premier" signifie qu'il s'agit du contaminant recherché (le "contaminant recherché" chez chaque sujet fut libellé à l'aide d'une liste remise au thésard); "deuxième" et "troisième" signifient que le travailleur fut aussi exposé à ces contaminants (annexe IV). De façon similaire, sous la rubrique "physico-chimie", le terme "premier" signifie que ce contaminant occupait la première position parmi les autres contaminants sur la base des règles d'attribution définies à la section 4.3.2. Les termes "deuxième" et "troisième" signifient que ces contaminants occupaient une position inférieure à la variable "premier" dans le vecteur des charges pulmonaires d'autres contaminants.

Les tableaux 30-B-1 et 30-C-1 présentent les cas exposés à la silice et aux métaux, et le tableau 30-D-1 regroupe les non-exposés. Les tableaux 30-A-2, 30-B-2, 30-C-2 et 30-D-2 résument la période de temps depuis la dernière exposition au contaminant visé, la nature de l'emploi et l'histoire du tabagisme de chaque

sujet. Ces petits résumés permettent de conserver le fil de l'histoire professionnelle et du tabagisme sans avoir recours constamment à l'annexe IV.

Notons que les sujets appartenant au groupe exposition à la fibre d'amiante fumaient en moyenne 30.6 cigarettes/jour, ceux du groupe exposition à la silice, 30 cigarettes/jour, ceux du groupe métaux 25 cigarettes/jour et ceux du groupe fumeurs 15 cigarettes/jour. Dans le groupe fumeurs, deux sujets consommaient des cigares ou du tabac à pipe. Les sujets du groupe "amiante" ont fumé en moyenne 12.3 années, ceux du groupe "silice" 38.5 années, ceux du groupe "métaux" 32.4 années et ceux du groupe "fumeurs" 25.2 années.

Le tableau 31, est le résultat de la comparaison entre le "contaminant recherché" (tableaux 30-A-1, 30-B-1, 30-C-1 et 30-D-1, première colonne) de l'histoire du travail et le premier contaminant de la physico-chimie. Ensuite, la première colonne de l'histoire du travail est comparée à la deuxième colonne de la physico-chimie, et finalement, la première colonne de l'histoire du travail est comparée à la troisième colonne "physico-chimie".

Dans le groupe exposition à la fibre d'amiante, 7 cas sur 10, soit comme premier choix, soit comme deuxième choix, ont

été appariés au premier choix de l'histoire professionnelle (Tableau 31). Dans le groupe exposition à la silice, 8 cas sur 10 ont été appariés à l'histoire professionnelle, soit comme premier choix, soit comme deuxième choix. Dans le groupe exposition aux métaux (premier ou deuxième), 6 cas sur 10 ont été identiques au premier choix de l'histoire du travail. Dans le cas du groupe des non-exposés, un seul cas déclaré fumeur par la physico-chimie, a été apparié à l'histoire du tabagisme et trois cas, déclarés non-fumeurs (par l'histoire du tabagisme), ont été appariés comme non-fumeurs. Un cas déclaré fumeur par la physico-chimie était en fait non-fumeur. Un cas déclaré non-fumeur selon l'histoire du tabagisme, avait été exposé à des pigments et des produits de laboratoire.

Le tableau 32, montre la distribution des sujets dans une matrice 5x5. Cette matrice indique dans quelle case la physico-chimie a classé les 42 individus en fonction du décodage de l'histoire professionnelle de l'étude Siemiatycki. Idéalement, pour une concordance parfaite, tous les cas auraient dû se situer sur la diagonale centrale. Un test statistique de Kappa a été appliqué sur les données acquises par la physico-chimie afin d'évaluer leur concordance avec l'histoire professionnelle. Ce test permet de vérifier la concordance de nombres ordinaux de deux ou plusieurs estimateurs (dans ce cas l'histoire professionnelle et la physico-chimie). Il est basé sur l'hypothèse voulant que

l'évaluation des estimateurs sera corrélée; il contrôle aussi le fait que même des estimateurs établis par hasard, auront une chance de similarité. Ce test (bas du tableau 35) a permis de mettre en évidence qu'il y a corrélation au niveau 5 % entre les variables physico-chimie et histoire du travail, pour le groupe d'exposition à la fibre d'amiante ( $p = 0.001$ ), une corrélation au niveau 10 % ( $p = 0.084$ ) pour le groupe exposition à la silice et une corrélation au niveau 5 % pour le groupe non-exposés et non-fumeurs ( $p = 0.003$ ). Si le groupe des non-exposés (fumeurs et non-fumeurs) est réuni en un seul groupe et que le test Kappa est de nouveau appliqué, la corrélation entre la physico-chimie et l'histoire du travail des groupes amiante et silice, se situe au même niveau de confiance. Le test du chi-carré n'indiquait pas de corrélation, mais la valeur de ce test était diminuée par la valeur des comptes attendus, inférieurs à 5, dans la majorité des cellules.

#### 4.6. EVALUATION DE LA CHARGE PULMONAIRE MOYENNE

Le tableau 33-A montre la charge pulmonaire moyenne des particules prismatiques siliceuses des 5 groupes d'intérêt, ainsi que leur étendue autour de la moyenne géométrique. Même si la concentration de fibres d'amiante du groupe exposition à la fibre

d'amiante apparaît légèrement plus élevée par rapport aux autres groupes, il faut noter que l'analyse de variance unilatérale sur les valeurs log-normalisées n'a pas permis de montrer de différence statistiquement significative ( $p > 0.1$ ) entre les différents groupes et ce, pour les 6 types de minéraux qui sont illustrés dans le tableau 33-A. Par contre, il y a une différence significative sur les valeurs log-normalisées (test de t;  $p=0.018$ ) entre la charge pulmonaire en fibres d'amiante des 10 sujets du groupe amiante versus les 32 autres sujets. Aucune différence statistique ( $p > 0.1$ ) n'a pu être mise en évidence, par le test de t, dans le cas des autres particules prismatiques (i.e. silice, feldspath, talc, argile, mica et autres silicates). De façon similaire, les tableaux 33-B et 33-C montrent la charge pulmonaire moyenne des particules isométriques et des particules avec métaux. Aucune différence significative ( $p > 0.1$ ) n'a pu être mesurée entre les différents groupes d'intérêt à l'aide de l'analyse de variance unilatérale, tant pour les 6 principaux types de minéraux (tableau 33-B) que pour les particules avec métaux (tableau 33-C). Cependant, il y a une différence significative ( $\alpha = 10 \%$ ) entre la charge pulmonaire en argile des valeurs log-normalisées des 10 cas du groupe silice (test de t;  $p= 0.064$ ) versus les 32 autres cas; il y a aussi une différence significative ( $\alpha = 10 \%$ ) entre la charge pulmonaire en micas des 10 sujets appartenant au groupe silice (test de t;  $p= 0.055$ ) versus les 32 autres sujets. Il y



a également une différence significative ( $\alpha = 10 \%$ ) entre la charge pulmonaire en autres silicates des 6 cas appartenant au groupe fumeurs (test de t;  $p=0.073$ ) et les 36 autres cas. Et, finalement, il y a une différence significative ( $\alpha = 5 \%$ ) entre la charge pulmonaire en Ti du groupe des fumeurs (test de t;  $p=0.043$ ) et les 36 autres cas. A titre de complément, ajoutons que le cumul des autres types de silicates et des particules avec Ti a été évalué en fonction du nombre de paquets-années chez les 31 fumeurs de cigarettes parmi les 42 cas qui étaient sous investigation. Il existe une corrélation négative entre la variable autres types de silicates et le nombre de paquets-années ( $b = -0.406$ ); la corrélation est également négative entre les variables particules avec Ti et le nombre de paquets-années ( $b = -0.256$ ).

La corrélation (inter cas) entre les minéraux prismatiques et compacts (tableau 34-A), et entre certains métaux (tableau 34-B) retenus dans le parenchyme pulmonaire des 42 sujets à l'étude a été évaluée. Le tableau 34-A montre qu'il y a une assez bonne corrélation entre les minéraux compacts et prismatiques d'une même classe (e.g. silice/silice,  $r = 0.5484$ ; feldspath/feldspath,  $r = 0.4008$ ; talc/talc,  $r = 0.5855$ ; etc.); cependant, la corrélation est moins évidente entre minéraux fibreux et compacts de différentes classes. Il semble n'y avoir aucune corrélation entre les fibres d'amiante et les autres types de particules

prismatiques. Le tableau 34-B montre qu'il y a une certaine association entre les couples Ni/Ti, Ni/Pb, Ni/Cr, Mn/Cr et Mn/Ni.

Le tableau 35-A montre la charge pulmonaire des particules prismatiques siliceuses en fonction des types de cancer; de façon similaire, les tableaux 35-B et 35-C montrent la charge pulmonaire des particules isométriques siliceuses et des particules métalliques en fonction du type de cancer. Même si la charge pulmonaire moyenne des minéraux compacts (silice, feldspath et argile) apparaît plus élevée chez les cas décédés d'un cancer pulmonaire, l'analyse de variance unilatérale de valeurs log-normalisées n'a pas permis non plus de montrer de différence statistique ( $p > 0.1$  dans tous les cas) entre les groupes; de façon similaire, aucune différence statistique n'a pu être mesurée entre les différents métaux et les différents types de cancer. Par contre, il y a une différence significative au niveau 10 % (test de t,  $p = 0.058$ ) entre la charge pulmonaire en Pb des sujets décédés d'un cancer pulmonaire (19 cas), et celle des sujets décédés avec d'autres types de cancer (23 cas).

## 5. DISCUSSION

La discussion des critères de comptage en TEM, suite aux résultats de mesure du groupe C qui constitue la base de l'étude, fera l'objet de la première partie de ce chapitre. La validation des résultats de la filtration des spectres des silicates de la série C, par comparaison avec les échantillons de référence, permet un dosage relatif des éléments que commentera le deuxième volet de cette discussion. Le troisième volet s'attaquera aux éléments de similarité et de dissimilitude entre les histoires professionnelles de l'étude Siemiatycki et les histoires professionnelles de l'étude physico-chimique des particules retenues dans le parenchyme pulmonaire des 42 cas à l'étude: dans ce contexte les éléments de similarité et de dissimilitude seront évalués, d'une part, cas par cas, et d'autre part, par groupe d'exposition.

### 5.1. LES CRITERES DE COMPTAGE

Nous avons vu au chapitre 2.3 que la littérature documentait assez bien les stratégies analytiques quant à l'analyse de fibres extraites de parenchyme pulmonaire par TEM; nous avons cité de nombreux travaux dans ce domaine de recherche. En général, après extraction des particules et préparation des répliques de carbone, les fibres sont dénombrées dans un certain nombre d'ouvertures de grilles microscopiques et la concentration est rapportée en tenant compte de la masse de tissu sec et du pourcentage de la surface du filtre à membrane qui est analysée.

Pour mieux situer les résultats de cette étude quant à la rétention pulmonaire des particules fibreuses des 42 cas, il apparaît opportun de les comparer globalement à une étude dont le protocole analytique était "comparable" au protocole utilisé au cours de cette recherche doctorale. Case et Sébastien (19) ont mesuré la charge pulmonaire en fibres d'amiante et fibres non-amiantiformes, de sujets ayant une histoire d'exposition professionnelle en milieu minier, de sujets vivant à l'intérieur d'un rayon de 35 km du milieu minier (ci-après appelé groupe environnement) et de témoins vivant à l'extérieur d'un rayon de 35 km du milieu minier. Pour le groupe avec exposition professionnelle, ils ont mesuré une concentration géométrique moyenne de  $3\ 300\ f > 5\ \mu m$  /mg pour tous les types de fibre d'amiante et une concentration moyenne géométrique de  $600\ f > 5\ \mu m$  /mg pour les fibres

non-amiantiformes; la moyenne géométrique en fibres d'amiante du groupe environnement était de 570 f > 5um /mg et 350 f > 5um /mg pour les fibres non-amiantiformes; finalement, la moyenne géométrique en fibres d'amiante du groupe témoins était de 260 f > 5um /mg et 360 f > 5um /mg pour les fibres non-amiantiformes. La concentration moyenne géométrique en fibres amiantiformes des 42 cas à l'étude était de 142 f > 3 um /mg tandis que celle des fibres non-amiantiformes était de 935 f > 3 um /mg. Par contre, la concentration moyenne géométrique des 10 cas avec histoire professionnelle d'exposition à la fibre d'amiante (tableau 33-A) était de 378 f > 3 um /mg avec une plage de concentration variant entre 35 f/mg (1/2 la limite de détection) et 45 000 f/mg. La concentration géométrique moyenne des fibres non-amiantiformes pour le même groupe était de 805 f > 3 um /mg. L'ensemble de ces résultats indiquent qu'en général, les 42 cas à l'étude furent moins exposés à la fibre d'amiante que les cas de Case et Sébastien; même les 10 cas exposés à la fibre d'amiante ont été nettement moins exposés aux fibres amiantiformes que les cas exposés en milieu de travail de Case et Sébastien. Cette grande différence s'explique probablement par le type d'environnement de travail; en effet, parmi les 10 cas exposés à la fibre d'amiante, aucun sujet n'avait oeuvré dans l'environnement minier. Seulement deux cas avaient oeuvré dans l'industrie de transformation de l'amiante tandis que les autres avaient oeuvré dans des milieux de travail non-classiques d'exposition à la

fibre d'amiante. La concentration de fibres non-amiantiformes était par contre supérieure chez les 42 cas faisant l'objet de cette étude; cette différence s'explique par le fait que nous avons dénombré toutes les particules plus longues que 3 um au lieu de 5 um comme ce fut le cas dans l'étude de Case et Sébastien.

En ce qui a trait aux stratégies d'analyse des particules compactes, elles sont moins documentées. Les travaux de Paoletti et col. (20) et les travaux de Churg (279), ont été choisis comme source de comparaison avec nos résultats expérimentaux.

Paoletti et col. (20), ont mesuré toutes les particules plus grandes que 0.1 um chez un groupe des 10 personnes (5 hommes et 5 femmes) habitant la région de Rome. Ce groupe de chercheurs a utilisé comme méthode de préparation, la digestion au four à plasma. Cette technique de digestion était également la première approche d'extraction des particules que nous ayons considérée, mais la quantité de particules endogènes "noyait" les particules exogènes. Un léger traitement à l'acide chlorhydrique aurait permis de les libérer, mais pour éviter de solubiliser des métaux, nous avons opté pour une digestion plus douce i.e. à l'hypochlorite de sodium. De plus, Paoletti ne précise pas s'il a dénombré

les particules dans les ouvertures de grille ou à l'aide d'un réticule. Ayant en mémoire ces différences, en termes d'étendue de la charge pulmonaire, l'auteur rapporte une plage de concentration de  $5.6 \times 10^4$  p/mg à  $20.1 \times 10^4$  p/mg en silicates, tandis que la présente étude rapporte une plage de  $1.73 \times 10^4$  p/mg à  $93.31 \times 10^4$  p/mg en silicates (tableau 28-A). Paoletti rapporte la moyenne de la charge pulmonaire dans les poumons droit et gauche, mais ne précise pas s'il s'agit d'une moyenne arithmétique ou géométrique; c'est pourquoi nous avons voulu comparer les plages de concentrations. La grande étendue dans les plages de concentration de notre étude s'explique probablement par le résultat d'une comparaison entre des sujets qui ont été exposés à des particules provenant d'activités professionnelles, et dont plusieurs étaient de gros consommateurs de tabac, et de sujets dont Paoletti ne précise pas l'exposition professionnelle; cependant, il confirme qu'il n'y a pas de fumeurs de plus de 10 cigarettes par jour. Donc, le groupe de Paoletti était plus homogène, ce que semblent indiquer les plages de concentrations. Paoletti spécifie aussi que 70 % des particules minérales avait un diamètre variant entre 1 um et 5 um, ce qui demeure assez étonnant puisqu'il a mesuré toutes les particules supérieures à 0.1 um. Finalement, ajoutons que nous avons décelé les mêmes types de silicates que Paoletti (sauf les zéolites), et que toutes les espèces métalliques décelées au cours de notre étude étaient sous forme oxydée ou exclusivement métallique (sur la

base de l'analyse en LAMMA), tandis que Paoletti rapporte qu'il a décelé des oxydes et des sulfures de métaux.

L'étude de Churg et Wiggs (280) évalue la charge pulmonaire de 14 sujets fumeurs atteints d'un cancer pulmonaire et sans histoire professionnelle d'exposition à des particules, et de 14 témoins fumeurs, sans cancer pulmonaire et sans exposition aux particules professionnelles. La méthode de préparation de Churg est à peu près similaire à celle de notre étude, sauf que nous avons ajouté une étape de digestion au four au plasma, après la digestion dans l'hypochlorite de sodium. Churg caractérise 200 particules successives, de diamètre supérieur à 0.5, um et rapporte une moyenne des concentrations de  $52.5 \times 10^4$  p/mg (kaolinite, talc, mica, feldspath, silice, aluminium, titane et autres) chez le groupe des sujets atteints d'un cancer pulmonaire, contre  $26.1 \times 10^4$  p/mg chez le groupe témoins; ces résultats sont au dessus de la valeur moyenne que nous avons observée ( $18.3 \times 10^4$  p/mg). Même les rétentions pulmonaires des témoins de Churg sont plus élevées que les rétentions rapportées par Paoletti qui a mesuré des particules plus grande que 0.1 um, tandis que Churg a mesuré des particules de diamètre supérieur à 0.5 um. Par contre, les valeurs rapportées par Churg semblent être des moyennes arithmétiques (écart-type < 0 de certains minéraux), ce qui tend à "accroître" la valeur des moyennes pour une distribution log-normale. La moyenne arithmétique des silicates ( $18.3 \times 10^4$  p/mg) chez les 42 cas de cette étude est à



peine en dessous de la moyenne ( $26.1 \times 10^4$ ) des témoins de Churg. Une partie de cette différence peut être expliquée par le diamètre de coupure choisi (i.e. particules analysées  $> 0.5 \text{ um}$  versus  $> 1 \text{ um}$ ); il devient alors difficile d'expliquer pourquoi Paoletti n'observe pas des concentrations supérieures à cette étude, d'autant plus qu'il a dénombré des particules supérieures à  $0.1 \text{ um}$ . A titre de complément, le tableau 36 montre le pourcentage des principaux minéraux décelés dans les 3 études. Churg trouve en moyenne un peu plus d'argile que les deux autres études; Paoletti observe davantage de micas que les deux autres études tandis que cette étude observe un peu plus de silice que l'étude de Paoletti ou Churg.

L'ensemble de ces données permet de conclure pour les particules isométriques ou prismatiques non-amiantiformes, que malgré les différences entre paramètres géométriques des particules compactes, la charge pulmonaire et la proportion des différents types de silicate, sont du même ordre de grandeur. Il semble y avoir une différence entre la charge pulmonaire en fibres amiantiformes pour les travailleurs qui ont une histoire d'exposition professionnelle et nous croyons que cette différence peut être attribuée à la nature des environnements de travail.

## 5.2. MICROANALYSE DES PARTICULES

### 5.2.1. LES SPECTRES DISPERSIFS EN ENERGIES DE RAYONS-X DES SILICATES

#### Silice - particules compactes

Les spectres dispersifs en énergies de rayons-X des particules compactes de silice (Tableau 10), montraient des raies Si(K-alpha) très intenses (M.G. 2844 c.p.s.) par rapport à tous les autres éléments qui accompagnaient, à l'occasion, le silicium. L'élément Fe pouvait être soit d'origine endogène, c'est à dire provenant de protéine telle l'hémosidérine (46,94,119,135,212) ou encore être dû à l'émission de fluorescence X de particules adjacentes. Par contre, certaines particules exogènes tels les diatomées, le sable de fonderie, et les fumées de silice, peuvent contenir du fer en concentration plus ou moins variable (286). La présence de Al s'explique probablement par l'émission de fluorescence X, provenant de particules adjacentes, quoique certains sables, tels le sable Ottawa (286) et les fumées de silice (286), peuvent contenir cet élément; la cristobalite peut aussi contenir Al, K et Fe (286). Quant au Na, il s'agissait fort probablement, dans la majorité des cas où il fut détecté, de la raie Cu-(L-alpha) provenant de la grille de cuivre qui a à peu près la même énergie que la raie Na-(K-alpha) du Na.

En résumé, une particule était classée dans le groupe silice si le signal Si (K-alpha) était intense et si les autres éléments avaient une concentration inférieure à 1 atome; les exceptions à cette règle étaient les particules de diatomée où la concentration en fer pouvait atteindre parfois 2 à 3 atomes, mais la morphologie caractéristique de ces particules (coquille trouée) permettait d'ajouter à leur caractérisation minéralogique. Enfin, il faut préciser que la microchimie d'une particule ne permettait ni la distinction entre les phases cristallines du quartz, de la cristobalite et de la tridymite, ni la distinction entre les phases amorphes et cristallines.

#### Silice - particules prismatiques

L'analyse microchimique des particules prismatiques de silice (Tableau 10) montrait un "profil d'émission" à peu près similaire aux particules compactes. Plusieurs particules, dont la composition était Na-Si-Ca, pourraient être des fibres minérales synthétiques (288).

#### Feldspaths

La microchimie moyenne des feldspaths plagioclases (Tableau 11-A), suggère que les principaux minéraux décelés étaient surtout l'albite ou l'oligoclase. En effet, peu de particules avaient la composition chimique de la labradorite ou d'autres

phases minérales riches en calcium (i.e. le nombre moyen d'atomes Ca > 2 et Al > 4) et appartenant à la solution solide des feldspaths plagioclases (Annexe I). Le calcul du nombre d'atomes Na prédit par la formule de l'albite (Na = 2.6), correspond exactement au nombre moyen d'atomes Na (2.6) mesuré par fluorescence X. Le nombre d'atomes Al calculé (3.52) était légèrement supérieur à la valeur empirique (3.27). Il faut souligner que les valeurs Na et Al de l'albite (Somar) de référence étaient inférieures (Na = 0.98, Al = 3.27, K = 0.28, Ca = 0.42) aux valeurs prédites par l'équation chimique. De plus, quelques particules exogènes avaient un peu de fer, probablement pour des raisons similaires qui ont été identifiées à l'égard des particules compactes de silice. Les particules prismatiques avaient à peu près la même composition chimique que les particules compactes, ce qui laissait suggérer qu'elles étaient de même nature minéralogique.

La microchimie moyenne des feldspaths potassiques (Tableau 11-B) suggère la présence de plus d'une phase cristalline dans ce groupe. Le nombre moyen d'atomes K était 2.5 (valeur calculée 2.66) et le nombre moyen d'atomes Al était 2.8 (valeur calculée 3.52). Sur la base de ces données, il faut admettre que des feldspaths plagioclases ont pu être confondus avec le microcline et l'orthose ce qui a eu pour effet de "diluer" la concentration des deux éléments marqueurs des feldspaths potassiques. La composition élémentaire de le microcline de référence (Somar),

était 2.91 K, 5.0 Al et 0.23 Ca, tandis que les valeurs de l'orthose (Somar) étaient 0.78 Na, 2.91 Al, 0.44 K, 0.35 Ca et 0.23 Fe (Annexe I). Ces valeurs ont un écart assez important par rapport aux valeurs prédites. L'analyste est aussi invité à la prudence en ce qui a trait à la "pureté" des échantillons de référence, puisque ceux-ci n'étaient pas certifiés par un organisme de normalisation. D'ailleurs, un diffractogramme de l'orthose Somar a permis de mettre en évidence que cet échantillon contenait des feldspaths plagioclases. Toutefois, malgré ces légers inconvénients, qui sont d'ailleurs courants en géologie parce que les minéraux sont rarement retrouvés à l'état pur, les résultats sont suffisamment près des valeurs empiriques pour s'assurer que la majorité des particules classées dans ce groupe étaient des feldspaths. De plus, certains feldspaths potassiques ont pu être confondus à certains feldspaths plagioclases, parce que des particules endogènes d'apatite (riche en Ca et P) ont pu créer de la confusion lors de l'interprétation des spectres.

### Micas

Si la microchimie moyenne a permis une identification raisonnable de certains tectosilicates (silice et feldspaths), il faut admettre que l'identification des minéraux appartenant aux autres groupes minéralogiques, a été plus complexe. Ainsi, parmi ces particules classées dans le groupe des micas, aucune n'a montré le

"profil microchimique" des échantillons de référence tels la muscovite de Somar (7.34 Al, 8.0 Si, 5.3 K, 0.20 Ca, 0.33 Mn et 2.25 Fe) ou la biotite de Somar (1.7 Na, 1.55 Al, 8.0 Si, 5.48 K, 1.43 Ti, 0.77 Mn et 10.5 Fe). Dans les faits, la concentration moyenne en Al ou K des particules exogènes, était en général inférieure (tableau 12-A) aux valeurs mesurées des échantillons de référence, et correspondait davantage au mica lépidolite (5.82 Al, 8.0 Si, 2.1 K et 0.05 Fe), qui est relativement rare dans la nature. Pour cette raison, il était inadmissible que le "profil chimique" de l'ensemble des particules classées dans ce groupe corresponde à ce minéral. De plus, le lépidolite contient l'élément Li et cet élément ne fut décelé qu'à quelques reprises en LAMMA et ce, en présence de métaux lourds. L'autre hypothèse serait que ces particules étaient des schistes argileux tel que rapporté par McCrone et Delly (286). Malheureusement, ces auteurs ne donnent pas les indications quantitatives de leur spectre dispersif. Mais, visuellement, ce spectre dispersif se compare bien aux spectres des particules exogènes classées micas.

La population des particules classées dans le groupe des micas a été stratifiée en fonction de la concentration en K et Al (Tableau 37); elle a permis de mettre en évidence que 23.8 % des particules avaient une concentration en K variant entre 2 et 3 atomes et 59.9 % entre 1 et 2 atomes. Ces valeurs permettaient

de mettre en évidence que la concentration en K de la population de particules exogènes, était nettement inférieure à la concentration en K de la muscovite ou biotite de référence (Annexe I). Par contre, les valeurs en Al seraient comparables à la valeur prédite (2.66). La fraction de particules dont la concentration en Al était plus grande que 7 atomes était, seulement 14.7 %, et de ce nombre, 91.9 % des particules avaient une concentration en K inférieure à 3 atomes (Tableau 37). De nouveau, l'ensemble de ces données permet de suggérer que les phases cristallines de ce groupe de particules avaient un "profil minéralogique brut" ressemblant davantage au mica lépidolite. Il faut noter que les particules dont le K était plus petit que 1 atome et l'Al plus petit que 5 atomes, auraient pu être confondues avec l'illite. Cette observation sera rediscutée un peu plus loin, lorsque la composition élémentaire de cette argile sera discutée.

Parmi l'ensemble de particules classées dans le groupe des micas, un sous-groupe (Tableau 12-d) avait en moyenne un nombre d'atomes de Fe supérieur aux autres particules classées dans ce groupe. Mais, dans ce sous-groupe, plusieurs particules étaient des plaquettes agglomérées, ce qui laissait suggérer que le Fe était probablement d'origine endogène. Un autre sous-groupe, appelé mica argileux ou ardoise (Tableau 12-E), se caractérisait par une diminution de la concentration en Al et une légère augmentation en Na

et Ca. Cependant, un autre sous-groupe (Tableau 12-F) se distinguait par ses amalgames avec les éléments Ca et P (probablement de l'apatite), un minéral dont la source peut être endogène; d'ailleurs, sa présence créait de la confusion lors de l'interprétation des spectres (tout comme dans le cas de l'interprétation des spectres des feldspaths), et dans ce contexte, il se pourrait que le calcium décelé dans ce qui a été appelé les micas argileux (ardoise), était en fait, d'origine endogène.

### Argiles

Les particules riches en Al (Al > 5 atomes) et pauvre en K (K < 0.5 atome) et les particules moins riches en Al (Al < 5 atomes) mais sans K, ont été classées dans le groupe des argiles. L'exception à cette règle fut le minéral vermiculite qui contient du magnésium et du potassium. Ces critères ont permis de créer le groupe avec la composition chimique du Tableau 13-A, c'est-à-dire avec un nombre moyen d'atomes Al égal à 5.2. Cet ensemble a pu être stratifié en un sous-ensemble de 172 particules, dont la composition chimique était voisine du kaolin (Tableau 13-B); le nombre moyen d'atome Al était 7.8, ce qui se comparait assez bien avec la valeur prédite (8.0 Al), ou à la valeur moyenne obtenue à l'aide des échantillons types de référence (Annexe I). Un deuxième sous-ensemble de 38 particules avait une composition chimique similaire à la pyrophyllite (Tableau 13-E); dans ce cas, le nombre moyen d'atomes Al est 4.0,



ce qui se comparait aussi assez bien à la valeur prédite qui est également 4 atomes Al, ou à la valeur obtenue à l'aide de l'échantillon de référence qui est 4.8 atomes. Un troisième sous-ensemble avait des valeurs moyennes en Al entre le kaolin et la pyrophyllite (Tableau 13-C); comme ces particules avaient en général un peu de potassium ( $K = 0.53$  atomes), elles furent classées dans le groupe illite sur la base du spectre décrit par Brown et Stewart (287). Bien que ces auteurs ne définissent pas le pourcentage d'Al, Si et K, les spectres de ce sous-ensemble de particules exogènes se comparaient assez bien, visuellement, au spectre décrit par ces chercheurs. Un quatrième sous-ensemble avait une concentration en Al égale à 1.9 (Tableau 13-D) soit inférieure à la pyrophyllite et une concentration légèrement supérieure en Fe (2.4 atomes). Ces particules furent appelées bentonite, mais la concentration en Al était un peu faible par rapport à l'échantillon de référence ( $Al = 3.12$ ), pour admettre qu'il s'agissait de ce minéral (Annexe I). Les spectres de ce groupe de particules se comparaient assez bien à ce que McCrone et Delly (286) ont appelé poussières de fonderie; selon les auteurs, ces poussières sont composées de silice et bentonite. Certains spectres de ce groupe étaient également comparable à de la pumice (286).

La concentration en Al des particules prismatiques types kaolin (Tableau 13-B), était également en moyenne légèrement supérieure à la concentration en Al des particules compactes. Comme la concentration en Al de l'halloysite de référence était légèrement supérieure à la concentration en Al du kaolin de référence (Annexe I), il est possible que des fragments d'halloysite aient été confondus au kaolin; il est possible aussi que des fragments de kaolin aient subi une altération minéralogique (en milieu de travail) et aient été métamorphisés en un minéral approchant la structure minéralogique de la mullite.

### Talc

Les particules compactes et riches en Mg ( $Mg > 4$  atomes) furent classées dans le groupe "talc" (Tableau 14). Le nombre moyen d'atomes Mg était 5.5 ce qui se comparait assez bien à la valeur prédite (6 atomes). La différence s'explique probablement par le fait que certaines particules étaient probablement de la néphrite ( $Mg = 4.27$ ,  $Ca = 2.13$ ). Ce sont du moins les valeurs qui ont été mesurées à l'aide des échantillons types de référence (Annexe I). Brown et Stewart (287) rapportent cependant que le Ca est observé dans les formations géologiques de talc qui sont exploitées dans la région de New York. Le calcium serait d'origine dolomitique. Il faut aussi garder en mémoire que le calcium de l'apatite endogène pouvait apporter une certaine contribution en Ca.

Les particules prismatiques furent classées dans le groupe talc-anthophyllite. Il est établi (129,289) que le talc et l'anthophyllite (U.I.C.C. Mg = 5.01) ont une composition chimique similaire et seule la diffraction des électrons permet de différencier les deux structures cristallines. La concentration en Fe était en moyenne légèrement supérieure chez les particules prismatiques (Fe = 0.81 atome).

### Amiantes

La morphologie et la composition chimique ont permis de caractériser les particules amiantiformes de la famille des amphiboles. Presque toutes les fibres d'amosite ont donné une émission de fluorescence X suffisamment intense pour permettre leur caractérisation chimique (Tableau 15-A); le nombre moyen d'atomes de Mg était 1.0 et le nombre moyen d'atomes de Fe était 6.7 (Mg U.I.C.C. = 1.27 atomes; Fe = 7.34). Quelques spectres dispersifs en énergies de fluorescence X indiquaient à l'occasion la présence de Na (Na  $\leq$  1); ce signal correspondait probablement à l'émission Cu (L-alpha) ou encore indiquait qu'il s'agissait de crocidolite plutôt que d'amosite. La première hypothèse demeurait la plus vraisemblable puisque les spectres des fibres de trémolite, chrysotile et talc/anthophyllite avaient aussi en moyenne un bruit de fond similaire en intensité correspondant à l'émission Cu-(L-alpha) dans cette région du spectre.

Lorsque les fibres contenaient les éléments Mg et Ca, elles étaient classées dans le sous-groupe trémolite (Tableau 15-B). Le nombre moyen d'atomes Mg était 3.7 (Mg Zoltai =3.0 atomes), 1.6 atomes en Ca (Ca Zoltai =2.13) et 1.1 atomes en Fe (Fe Zoltai =3.14). L'échantillon type de référence Zoltai est probablement un minéral du pôle actinolite, à cause de sa teneur élevée en fer. Il faut souligner que l'échantillon type de référence maison (Annexe I) avait des valeurs supérieures en Mg (Mg = 4.49), mais inférieures en Ca (Ca =1.75) et Fe (Fe =1.14). Par contre, l'actinote de Somar était plus riche en Ca (Ca =4.34), mais moins riche en Fe (Fe =2.80) par rapport à l'échantillon Zoltai. A remarquer que le néphrite de Somar avait une concentration en Mg (Mg =4.27) et Ca (Ca =2.13), qui était voisine de la concentration en Mg et Ca de la série trémolite-actinote.

La caractérisation microchimique du chrysotile (Tableau 15-C) a été la plus difficile à accomplir puisque le temps d'intégration fixé à 30 secondes était nettement insuffisant pour obtenir un nombre de c.p.s. statistiquement valable, lorsque les fibres avaient un diamètre plus petit que 0.1 um. Dans ce cas, le grossissement du microscope était positionné à X 50 000 pour tenter de certifier la présence du canal au centre des fibres (290,291). Bien que l'énergie dispersive en fluorescence X était plus erratique pour les fibres de chrysotile, le nombre moyen d'atomes de Mg était 8.3 (Mg U.I.C.C. 11.9 atomes) et Fe 2.0 (Fe U.I.C.C. =0.25 atome). Cependant, la lixiviation de Mg en milieu

biologique est un phénomène connu (92,136,274,292,293), et explique probablement en partie, la différence entre la valeur observée et la valeur de référence. A titre de complément, ajoutons que quelques particules compactes avaient la composition chimique de l'antigorite ou de l'olivine.

La crocidolite fut départagée des autres amphiboles par la concentration en Na et Fe (Tableau 15-D). Le nombre moyen d'atomes Na était de 2.7 (Na U.I.C.C. = 2.07), 0.4 pour Mg (Mg U.I.C.C. = 0.37) et 7.3 pour Fe (Fe U.I.C.C. = 4.49). La raie Cu (L-alpha) a probablement contribué à l'augmentation du Na et le recouvrement des fibres par des protéines ferreuses à l'augmentation du nombre d'atomes Fe.

### Chlorites

Les particules de chlorite (en particulier les chlorites magnésiennes) ont des spectres caractéristiques qui s'identifient facilement par observation visuelle (Annexe I). Par contre, il peut être difficile d'établir la frontière entre une chlorite magnésienne, ferreuse ou alumineuse (137). Les particules qui étaient classées dans ce groupe avaient un nombre moyen d'atomes de Mg égal à 5.1, 4.1 pour l'Al et 4.5 pour le Fe (Tableau 16). Le nombre d'atomes de Mg et Fe mesuré était assez différent des valeurs mesurées à partir du clinochlore de référence (Somar),

minéral qui a servi d'échantillon de référence pour les fins de comparaison (Mg =11.34; Al =4.87 et Fe = 7.41). Il est donc possible que les particules regroupées au Tableau 16 ne soient pas spécifiquement toutes des Mg-Al chlorites, mais elles avaient tout de même une composition chimique voisine.

### Autres silicates

Les autres particules contenant l'un ou l'autre des éléments, tels Na, Mg, Al, Si, K, Ca et Fe, ont été classées dans le groupe autres silicates. Parmi ce groupe, les spectres dispersifs de la vermiculite permettent une identification rapide du minéral, en particulier lorsque le nombre d'atomes Mg est légèrement supérieur au nombre d'atomes Al, et que la concentration en K était de 3 à 4 atomes. Cependant, dans l'échantillon de référence utilisé pour fin de comparaison (Annexe I), plusieurs particules montraient un signal de fluorescence en Al supérieur ou égal au Mg, ainsi qu'une variation substantielle de la concentration de K et Fe. Cette observation suggère de nouveau que l'échantillon de référence n'était pas d'une grande pureté ou encore que l'effet géométrique modifiait le signal de fluorescence (34, 56,58). De plus, plusieurs spectres se confondaient avec le signal de fluorescence des pyroxènes ou de la palygorskite. Il est donc possible que le nombre de particules qui ont été classées dans ce groupe ait été

surestimé. Quelques particules auraient dû plutôt être classées dans le groupe pyroxène ou palygorskite. En effet, même si le nombre d'atomes Mg était plus grand que le nombre d'atome Al, le nombre d'atomes K des 25 particules classées vermiculite (Tableau 17) était nettement inférieur à ce qui a été mesuré à l'aide des échantillons de référence. De plus, le nombre moyen d'atomes Mg (Mg =2.8) ou Al (Al =1.9) mesuré était plus près des valeurs de la palygorskite de référence (Mg =1.9 et Al =1.82).

La caractérisation microchimique des échantillons de référence de pyroxène s'est avérée fort complexe à cause de la variation de la concentration des éléments de particules en particules. A titre d'exemple, la concentration de Al dans l'acmite de référence a varié d'une fraction d'unité à plus de 7 unités, ce qui rendait pratiquement impossible l'établissement de valeurs moyennes qui serviraient par la suite de valeurs de référence. Cette variation peut s'expliquer par le fait que les échantillons qui ont été utilisés n'étaient pas d'une grande pureté et que les éléments dans les unités  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  étaient substitués (294) par d'autres cations. En effet, la composition chimique des solutions solides de pyroxènes peut être représentée par  $\text{XYZ}_2\text{O}_6$  ou X représente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Li}^+$ ; Y représente  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  et  $\text{Ti}^{4+}$  et Z représente  $\text{Si}^{4+}$  et  $\text{Al}^{3+}$  (294). En plus

du phénomène de substitution, l'effet géométrique (34,56,58) a peut-être contribué à la variation de la composition élémentaire. Malgré les difficultés de définir des spectres représentatifs de la composition élémentaire moyenne, la stratification des particules classées dans cet ensemble a permis d'identifier un groupe de 44 particules dont la composition chimique était à peu près comparable à de l'acmite (Tableau 18-A). Un second sous-groupe avait des valeurs s'approchant de la concentration de l'augite (Tableau 18-B), en ce qui a trait à la teneur en Ca, soit 2.5 par rapport à 3.48 pour l'augite de référence, mais non la teneur en Al 3.8 versus 0.05 atome. Un troisième sous-ensemble de 32 particules se caractérisait par ses valeurs plus élevées en sodium (Tableau 18-C). Finalement, il fut impossible de définir un dénominateur commun au quatrième sous-ensemble (Tableau 20) de 45 particules. Ce dernier sous-ensemble avait une composition chimique voisine de la bentonite.

L'ensemble de ces données permet de conclure que l'identification microchimique des pyroxènes apparaît plus aléatoire que dans le cas des phyllosilicates, parce qu'il était impossible d'établir des critères décisionnels rigoureux avec les échantillons de référence. Dans ce contexte, il apparaît souhaitable de regrouper ces particules dans le groupe "autres silicates"; cette stratification permettait tout de même d'isoler ces silicates des particules endogènes ou autres particules de nature métallique.



### Minéraux de métamorphisme

Le tableau 19 montre la composition chimique du groupe de particules appelées minéraux de métamorphisme parce que ces particules avaient une composition microchimique variant entre la kyanite (Al = 27.03), l'andalousite (Al =10.54) ou staurolite (Al =10.91), donc très riche en Al. Toutes ces particules étaient probablement, en fait, de la mullite, qui est aussi un minéral de métamorphisme. Toutes les particules qui auraient eu la composition chimique du sillimanite (Al =8.66) ont été classées systématiquement dans le groupe argile (kaolin).

### Silicates douteux

Le Tableau 21 montre la composition chimique des particules classées en tant que silicates douteux. Le critère de classement de ces particules était basé sur deux observations: les atomes communs des silicates semblaient indiquer le "squelette microchimique" d'un minéral connu (e.g. micas, pyroxènes, argiles, etc.) et la concentration de fer dépassait l'équivalent de 8 atomes. Ces particules n'ont pu être appariées aux silicates connues pour leur haute teneur en fer, tel le hornblende; le hornblende est riche en calcium (Ca =8.08) et en fer (Fe =18.9), ce qui n'était pas le cas pour les particules classées au Tableau 21. Une hypothèse d'explication de la composition élémentaire de ces particu-

les serait que la composition originale des minéraux ait été modifiée après un certain séjour dans le poumon, par les protéines ferreuses. Mais, comme un bon nombre de ces particules étaient des plaquettes agglomérées, il se peut que le signal de fluorescence X qui fut enregistré était en fait la résultante de silicates et de particules endogènes.

### Résumé

L'ensemble de ces résultats a mis en évidence que les principaux silicates décelés dans le parenchyme pulmonaire des sujets à l'étude, étaient des minéraux appartenant aux groupes des tectosilicates (silice, feldspaths plagioclases et potassiques), des phyllosilicates (micas, argiles, serpentine), des inosilicates (amphiboles, pyroxènes) et des néosilicates (minéraux de métamorphisme).

Les minéraux classés dans le groupe des tectosilicates étaient en majeure partie de la silice, probablement le quartz, et des polymorphes sans structure cristalline tels les diatomées. Puisque la structure cristalline, de chaque particule n'était pas définie, la cristobalite et le carbure de Si, s'ils étaient présents, ont été classés sans spéciation minéralogique dans ce groupe. D'ailleurs, quelques particules ont été caractérisées positivement comme étant du SiC en LAMMA. L'albite et l'oligoclase étaient les minéraux les plus souvent détectés parmi les felds-

paths plagioclases; quelques particules étaient probablement soit l'andésine soit le labrador. Le microcline et/ou l'orthose furent les principaux minéraux représentant des feldspaths potassiques; cependant, quelques particules appartenant au groupe des feldspathoïdes (leucite et analcite) ont possiblement été caractérisées feldspaths potassiques (Annexe I).

Aucun minéral prismatique appartenant au groupe des zéolites (e.g. ériomite, Annexe I) n'a été décelé. De plus, l'analyse microchimique des zéolites compactes de référence (e.g. natrolite et chabazite) a permis de mettre en évidence qu'elles étaient riches en Ca. Aucun spectre dispersif de particules extraites du parenchyme pulmonaire des sujets à l'étude, n'a permis de suggérer leur présence après comparaison visuelle.

L'identification de minéraux tels le chrysotile, le talc compact, le kaolin, le pyrophyllite, l'illite et Mg/Al chlorite (tous des minéraux appartenant à la famille des phyllosilicates) apparaît suffisamment juste et relativement fidèle. Du moins, la composition chimique moyenne des particules inconnues se comparait assez bien à la composition chimique des échantillons de référence, ou aux valeurs calculées. La nature chimique et la morphologie, dans le cas du chrysotile, ont permis d'ajouter des éléments de justesse à la caractérisation. Le sous-ensemble où il y avait le plus d'incertitude quant à la nature minéralogique, était celui des argiles à faible teneur en Al

(sous-ensemble appelé argile type bentonite). Il est possible que ce sous-ensemble soit en fait un mélange de minéraux, tels bentonite et/ou pyrophyllite, lixiviés de leur composante Al dans le milieu biologique, de pumice (286,287) ou encore des minéraux non identifiés. Les zéolites (chabazite et natrolite), qui ont des teneurs en Al similaires à ce groupe, furent exclues comme possibilité puisqu'en général elles sont riches en calcium (Annexe I), ce qui n'était pas le cas des particules exogènes regroupées dans ce sous-ensemble.

Grâce à la combinaison de la morphologie et de la microchimie, l'identification des amphiboles fibreuses (amosite, crocidolite et trémolite) apparait relativement juste et fidèle.

Par contre, la spéciation minéralogique de la famille des pyroxènes est apparue fort complexe; l'analyse microchimique des échantillons de référence (entre autres l'acmite), a montré qu'il y avait beaucoup de variation dans la composition élémentaire et elle ne permettait pas de définir une composition élémentaire de référence. Dans ce contexte, toute comparaison à une espèce minéralogique spécifique était aléatoire.

L'ensemble des données permet de suggérer que les minéraux appartenant au groupe des pyroxénoïdes (e.g. wollastonite et pectolite) n'ont pas été décelés. Ces minéraux ont un trait caractéristique qui permet de les caractériser. Il s'agit de leur concen-

tration en Ca qui est à peu près équivalente à la concentration en Si (Annexe I). Cette caractéristique est un marqueur de ce type de particules qui aurait dû permettre leur identification, si ce type de particules avait été présent parmi le groupe de particules de la série C. De façon similaire, la concentration en Ca de certains sorosilicates (épidote et idocrase) est supérieure à 8 atomes (Annexe I). Une seule particule parmi la série C a montré des caractéristiques chimiques similaires à l'épidote.

Somme toute, l'approche analytique a permis d'effectuer une identification "raisonnable" des silicates; dans une démarche globale d'identification, elle a permis de discriminer les silicates des autres familles de minéraux (oxydes, hydroxydes, sulfates, phosphates, etc) et des métaux.

5.2.2. LES SPECTRES DISPERSIFS DE RAYONS X DES AUTRES MINERAUX OU  
DES METAUX

Tous les autres spectres dispersifs en énergies de fluorescence X indiquaient une composition chimique nettement différente de celle des silicates; il s'agit de particules riches en fer libre, ou associées à d'autres éléments (éléments faisant la composition des silicates ou éléments métalliques), particules riches en phosphore ou calcium et particules exclusivement métalliques. Les métaux (purs ou en association avec d'autres éléments) décelés à l'aide de l'EDAXR, et dont la fréquence était la plus importante, sont Ti, Zn, Pb, Cr, Ni, Mn; les terres rares (Ce, La et Nd) furent décelées chez trois sujets et le Co chez 4 sujets; Sb, Sn, Sr, Ba, Cd, Y, Zr, Mo étaient moins fréquents. Parmi les éléments les moins fréquents, Sr, Ba et Y n'étaient généralement pas décelés à l'état pur. L'élément Zr était associé à Si, ce qui laissait suggérer qu'il s'agissait de zircon.

Il était estimé, à priori, que l'élément Cd serait utilisé comme marqueur des habitudes de tabagisme (295). L'absence presque totale de cadmium "particulaire" demeure inexplicée; la cinétique de solubilisation lors de la digestion du tissu pulmonaire dans l'hypochlorite de sodium, pourrait être une cause de l'absence de Cd, mais ce phénomène n'a pas été évalué au cours de cette étude. Une autre hypothèse serait que les aérosols de cadmium

produits dans la fumée de tabac, sont beaucoup plus petits que 0.5  $\mu\text{m}$  (296); des auteurs rapportent que les diamètres des aérosols de fumées de cigarette sont de l'ordre de 0.2  $\mu\text{m}$ , ce qui expliquerait aussi l'absence de Cd. A noter aussi que le Cd ne fut pas décelé en LAMMA.

Il fut mentionné au chapitre 3 que la charge pulmonaire des métaux serait établie à l'aide d'un critère limité pour la détermination de la quantité de métaux. En effet, si le spectre dispersif d'une particule indiquait la présence d'un élément métallique, un compte était enregistré. Cette procédure ne permettait pas de reporter la masse de l'élément contenu dans la particule, et indirectement, ne traduisait pas fidèlement la charge massique pulmonaire. Par exemple, les particules de Pb retenues chez le sujet CHT-80-28, étaient fréquentes, mais montraient en général de faibles signaux de fluorescence X (Figure E-1, Annexe IV), tandis que chez le sujet MGH-82-264 (Figure E-12, Annexe IV) les particules avec Pb étaient moins fréquentes, mais l'intensité sur une échelle arbitraire était substantielle. Donc, la détermination de la quantité en nombre, avait des limites qui allaient se répercuter sur les vecteurs décisionnels de classification des sujets à leur groupe d'appartenance. Cet aspect sera discuté à la section suivante. Si une étude corolaire devait être entreprise, il serait recommandable que la concentration massique des métaux soit déterminée par absorption atomique ou autre méthode analytique

quantitative. Si la masse originale de tissu le permet, une portion devrait être digérée dans l'hypochlorite de sodium; le filtrat devrait être amené à siccité, puis la solubilisation des métaux complétée à l'aide d'eau régale.

Une seconde portion de tissu pourrait être préparée selon le protocole décrit au chapitre 3 pour analyse en TEM ou en LAMMA.

### 5.2.3. LES SPECTRES LAMMA

La microsonde LAMMA fut utilisée pour consolider l'identification des métaux observés à l'aide de l'EDAXR, pour tenter d'établir leur état de valence et pour mettre en évidence les éléments qui ne pouvaient être décelés à l'aide de l'EDAXR (e.g. F et Cu). Même si l'expérience en LAMMA fut de courte durée, on peut avancer, de façon générale, que si un élément particulier était fréquemment observé en EDAXR, il était facile de le mettre en évidence en LAMMA. Cependant, il y avait des éléments qui semblaient être mis en évidence plus facilement par la technique LAMMA, que par l'EDAXR. A titre d'exemple, le Ba fut décelé tout au plus une dizaine de fois en EDAXR (chez quatre sujets), tandis qu'en LAMMA il fut possible de mettre cet élément en évidence chez plus de 30 sujets. A date, il est impossible d'établir une association de cet élément avec l'histoire professionnelle ou environnementale. Un artefact quelconque dans le protocole analytique n'est pas non plus à négliger. De façon



similaire, l'élément Sr a été mis en évidence seulement à quelques reprises en EDAXR, tandis qu'il a pu être mis en évidence chez 12 sujets en LAMMA; cependant, nous croyons que dans ce cas, il s'agirait d'un artefact provenant du filtre de polycarbonate (voir 4.2.3).

La technique analytique a permis de mettre en évidence l'existence Cr VI chez quatre sujets. L'état de valence VI du Cr est dit positif lorsque les masses  $m/z$  84 et  $m/z$  100 en mode négatif (Figure L-16-C, Annexe IV) sont dans des proportions définies (297). L'utilisation de l'hypochlorite de sodium à l'étape de la digestion a peut être favorisé le changement de l'état de l'oxydation des particules de Cr. On peut admettre, cependant, que la technique serait applicable pour effectuer la spéciation des états de valence de cet élément, dans la mesure où la méthode de préparation permet de conserver intègre l'état de valence, ce qui n'a pas été vérifié durant notre étude. La technique LAMMA a aussi permis de mettre en évidence que les éléments appartenant au groupe des terres rares étaient sous une forme chimique oxydée (Figure L-9, Annexe IV). L'ionisation des autres éléments permettait de suggérer leur nature métallique dans plusieurs situations.

Malgré l'utilisation restreinte de la technique LAMMA, l'expérience a permis de mettre en évidence qu'elle était un puissant complément à l'EDAXR pour caractériser les particules métalliques en milieu biologique.

### 5.3. VALIDITE DES VECTEURS DECISIONNELS DE CLASSIFICATION EVALUATION DESCRIPTIVE CAS PAR CAS

L'essai de concordance entre les données colligées par l'étude de Siemiatycki et les résultats acquis par l'étude physico-chimique a mis en évidence le fait que les deux techniques polarisent des aspects différents du décodage de l'histoire professionnelle. Ces différences peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs qui apparaissent, a posteriori, inhérents à chaque cas. Dans ce contexte, il semble approprié d'examiner ces différences, cas par cas.

#### CHT-80-28

L'ensemble des données recueillies dans le dossier de l'histoire professionnelle, établissait que le sujet avait été exposé à des gaz d'échappement, donc exposé à du plomb organique. L'analyse

physico-chimique des particules suggérait un classement dans le groupe exposition aux métaux (fumées de soudage), essentiellement à cause du nombre de particules montrant les émissions de fluorescence L et M de Pb. Cependant, l'élément Mn, généralement observé dans les fumées de soudage (228,229, 298-300), était absent.

Cependant, l'histoire professionnelle du sujet était incomplète; de 1961 jusqu'à son décès, son occupation est imprécise. L'interprétation de l'histoire professionnelle de ce sujet par enquête, invite donc à la prudence. A titre de complément, ajoutons que cet homme a œuvré de 1939 à 1961 dans les forces armées. Dans ce contexte, il a peut être fait usage, à plusieurs occasions pendant sa carrière, d'armes à feu dans un enceinte de pratique, et le Pb proviendrait de la détonation des projectiles. Rappelons aussi que le sujet consommait une cinquantaine de cigarettes par jour et qu'il effectuait des réparations mécaniques (Annexe IV).

CHT-80-58

Les données recueillies dans le dossier de l'histoire professionnelle, suggéraient que ce travailleur avait été exposé à la fibre d'amiante (contaminant visé) lorsqu'il était opérateur de chaudière (1950-1953). L'analyse physico-chimique permettait de sug-

gérer plutôt un classement exposition aux métaux sur la base des concentrations en Pb, Cr et Ni. Il occupait aussi le 7ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice. Aucune fibre d'amiante ne fut décelée. L'hypothèse plausible pour expliquer l'absence de l'amiante, serait que le temps de latence aurait été suffisamment long (27 ans) pour permettre l'élimination des fibres amiantiformes, en particulier si ces fibres étaient du chrysotile (10,246,301). La nature de ses activités de travail lorsqu'il était opérateur de chaudière, sont inconnues; il est possible qu'il ait été en contact avec de la fibre, mais peu exposé. La charge pulmonaire en métaux pourrait être expliquée par ses activités de travail, lorsqu'il travaillait à l'imprimerie (1966-1972), ses habitudes de tabagisme (302,303) ou ses autres activités personnelles. La charge pulmonaire en particules isométriques et prismatiques de silice, demeure inexpliquée à moins qu'elle n'ait un lien avec l'exposition aux produits nettoyants ou autres activités indéterminées.

CHT-84-8

L'enquête professionnelle suggérait une exposition à la silice (contaminant visé) durant ses activités professionnelles dans la construction routière (1950-1968), une exposition aux métaux et à l'amiante pendant ses activités dans la vente de pièces d'automobiles usagées (1969-1974), et aux métaux durant ses activités de

récupération de métaux (1975-1981). L'analyse physico-chimique, à cause des règles de classification qui avaient été établies a priori, suggérait un classement dans le groupe des non-exposés, non-fumeurs. Ce sujet aurait été classé dans le groupe exposition aux métaux, si l'élément Zn avait été inclus dans les critères de choix d'exposition aux métaux. Soulignons que la technique LAMMA a permis de mettre en évidence le fait que le sujet avait retenu du laiton (complexe Zn-Cu). Par contre, il faut noter l'absence de fibres d'amiante et la faible concentration de particules de silice. La principale activité du sujet pendant l'épisode d'exposition à la silice, était d'étendre les tuyaux d'égouts sur la route ou dans les tranchées; dans ce contexte, le travailleur n'a probablement été en contact qu'avec de faibles concentrations de silice. De plus, l'exposition aux métaux était beaucoup plus récente que l'exposition à la silice ou à la fibre d'amiante (annexe IV).

JGH-81-84

L'enquête professionnelle suggérait une exposition aux métaux pendant que le sujet était assembleur de meubles métalliques (1960- 1980). L'analyse physico-chimique (combinée aux règles de classification) suggérait de le classer dans le groupe "exposition à la fibre d'amiante", mais la concentration était seulement 250 f d'amosite/mg, ce qui laissait suggérer une faible probabilité d'exposition à la fibre d'amiante, en admettant que

le seuil permettant de départager les sujets qui ont une histoire professionnelle d'exposition à la fibre d'amiante est 1000 f/mg (132,136,253). Soulignons aussi que ce sujet aurait été classé dans le groupe exposition aux métaux, si l'élément Zn avait été inclus dans les critères de choix d'exposition aux métaux. Il est intéressant de noter que l'enquête épidémiologique suggérait une exposition à des particules de Cr, alors qu'il était classé en 3ième position pour cet élément. La concentration de Ti (2ième position) pourrait s'expliquer par l'utilisation de pigments de peinture. Le rapport d'autopsie rapportait la présence de petits nodules dans le parenchyme pulmonaire. L'analyse en EDAXR rapportait la présence de particules riches en phosphore; ces particules étaient probablement d'origine endogène et sont observées chez des sujets exposés à la fibre d'amiante (282). La présence des longues fibres d'amosite, quoique peu nombreuses, demeure inexpliquée; toutefois, les activités professionnelles du sujet lorsqu'il vivait en Europe sont imprécises (voir annexe IV).

JGH-79-207

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que ce travailleur avait été exposé au plomb organique par ses activités de camionneur (1970-1972). Les résultats de l'analyse physico-chimique permettaient de le classer dans le groupe exposition aux

silicates, mais à la deuxième ronde de classification (tableau 29-B), parce qu'il se démarquait par son contenu en talc, feldspaths, vermiculite, pyroxènes, etc.; il y avait cependant très peu de silice libre. Il est important de souligner que ce sujet était non-fumeur; donc toute contribution de particules par le tabagisme peut être considérée négligeable. Son histoire professionnelle avant l'année 1967 était inconnue (à cette date, il avait 38 ans). A noter aussi, la faible concentration de Pb.

JGH-81-123

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait œuvré comme professeur (1940-1968); il était fumeur et servait de témoin pour estimer la charge "particulaire" chez les consommateurs de tabac. Les données recueillies par la physico-chimie, combinées aux règles de classification, ont permis de le classer dans le groupe des non-exposés, fumeur. Il a été le seul cas où il y a eu concordance entre les deux méthodes de décodage, en ce qui a trait au dépistage des six fumeurs, non-exposés. Notons que des particules de vermiculite et de pyroxènes isométriques, du talc prismatique et des particules avec Ti et Zn, étaient les composantes minérales ou chimiques qui furent détectées. Le baryum qui fut détecté par la technique LAMMA, demeure inexplicé. Il faut aussi ajouter que l'histoire professionnelle du sujet après l'année 1968, était imprécise (à

cette date, il avait environ 52 ans). Il aurait été intéressant de noter la discipline que ce professeur enseignait.

JGH-84-190

L'enquête professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme opérateur de machinerie lourde (1958-1981), et estimait une exposition à la silice. L'étude physico-chimique (combinée aux règles de classification) a permis de suggérer une exposition à la fibre d'amiante, mais à la deuxième ronde de classification, et avec seulement 109 f/mg ce, qui laissait suggérer qu'il était peu probable qu'il ait eu une exposition professionnelle à la fibre d'amiante (sur la base de 1000 f/mg, 132,136,253). Les particules de silice étaient à peu près inexistantes.

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que ses tâches consistaient à opérer un balai mécanique et, à l'occasion, un rouleau compresseur, pendant la saison estivale et une déneigeuse pendant la saison hivernale. Il est légitime de supposer, a posteriori, que son exposition à la silice pendant ses activités professionnelles fut relativement faible; en effet, il est connu que la poussière de rue contient davantage de micas, d'argiles ou autres particules, que de la silice libre (286). D'ailleurs, la charge pulmonaire pour ces deux types de minéraux était de 98 500 p/mg, ce qui permettait de lui accorder



une 15ième position dans cette strate de silicates. Cependant, il est possible que les argiles aient été cumulées suite aux habitudes de tabagisme (60 cigarettes par jour) du sujet (201); toutefois, il avait cessé de fumer à l'âge de 54 ans et était décédé à l'âge de 66 ans. A noter aussi, que ses activités professionnelles étaient imprécises entre les années 1953 et 1957.

JGH-84-75

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été exposé à des métaux lorsqu'il était réparateur de pompes (1950-1956). Les données recueillies par l'étude physico-chimique suggéraient de le classer dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. Seules quelques traces de Mn (intensité au niveau du bruit de fond en EDAXR) permettaient de suggérer une exposition à des métaux, mais elles étaient insuffisantes pour supposer qu'il avait eu un passé professionnel dans un environnement avec aérosols métalliques. La divergence entre les deux techniques de décodage s'explique sûrement par le fait que la période d'exposition fut relativement courte, et le temps de latence, lors de la mesure dans le parenchyme pulmonaire, relativement long (23 ans). Il faut aussi noter qu'il cessa de fumer à l'âge de 50 ans, soit 4 ans avant son décès. Aucun élément métallique (sauf des traces de Mn) ou minéral n'a permis de suggérer qu'il avait déjà fumé.

JGH-85-2

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été exposé à la silice pendant ses activités dans la construction (1956-1969), et à la silice et aux métaux lorsqu'il était fondeur (1969-1983). Les données recueillies par l'étude physico-chimique ont permis de suggérer une exposition à la silice. Il faut noter que l'histoire professionnelle avant l'année 1956, était imprécise et qu'il était un "gros fumeur" (50 cigarettes par jour). A titre de complément, ajoutons que le sujet avait retenu de la silice prismatique; ces particules avaient une morphologie similaire à celle publiée par Brody et col. (304).

JGH-86-199

L'étude épidémiologique rapportait que cet homme avait oeuvré à titre de comptable toute sa vie (1945-1981), et était non fumeur. C'est un des 3 sujets que l'analyse physico-chimique a permis de classer, sans équivoque, dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. Les seuls éléments décelés en EDAXR étaient le fer, probablement de l'hémosidérine (46,99,135,212); des petits signaux de fluorescence de l'élément Zn étaient aussi décelés mais leur présence demeure inexplicable.

MGH-79-272

Comme cet homme avait manoeuvré une presse foreuse pendant 35 ans, le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que le sujet avait été exposé à des aérosols métalliques. Les données recueillies par l'étude physico-chimique suggéraient une exposition à la silice; mais le sujet fut classé dans ce groupe à la deuxième ronde de classification. De plus, il occupait le 12ième rang pour la charge pulmonaire en particules avec Ni. Le cobalt fut aussi décelé à l'aide de la technique LAMMA. Ce sont surtout les concentrations de silice et de talc isométrique qui ont fait la différence, et qui ont permis de suggérer un classement dans le groupe exposition à la silice; d'ailleurs, l'absence systématique des autres types de silicates, tels micas et argiles, laissait supposer que ce travailleur avait plutôt été exposé à des métaux. En effet, Soule (305) rapporte qu'il est possible que de la silice fondue soit libérée lors de l'usinage de pièces métalliques fraîches, surtout si elles ont été moulées dans la silice. Il rapporte des concentrations de plus de 10 % en silice libre pour ce type d'emploi. Le meulage est aussi une activité ancillaire des presse-foreuses où l'exposition à la silice serait aussi non-négligeable. De plus, le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que le sujet avait été exposé à des particules d'abrasif; or, il est établi que certains types d'abrasif contiennent, ou sont de la silice cristalline (306). La charge pulmonaire en talc demeure cependant inexplicée.

MGH-79-275

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été exposé à des fumées de soudure lorsqu'il était fermier (1926-1956) et à la silice lorsqu'il fut "belt splicer" dans une mine de cuivre (1956-1961). Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de le classer dans le groupe exposition aux métaux à cause des concentrations substantielles en Pb, Cr, Ni, Mn et Zn. Des signaux saturés en Cu furent aussi décelés en LAMMA. Par contre, la concentration des silicates tels silice, micas et argiles était également substantielle. En fait, la différence de concentration entre métaux et silicates était si mince qu'il faut admettre qu'il fut classé beaucoup plus "par défaut" dans le groupe d'exposition aux "métaux". Il faut souligner qu'entre les années 1961-1975, le sujet avait oeuvré dans les pâtes et papiers; même après ce temps de latence (18 ans), il avait retenu une quantité substantielle de marqueurs métalliques et siliceux. Cette information est conforme aux résultats obtenus par Rizzato et col. (307).

MGH-79-300

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été exposé à des pigments pendant plusieurs épisodes de sa vie (Annexe IV). Les données recueillies par l'étude physico-chi-

mique permettaient de le classer dans le groupe exposition aux métaux à cause de la charge pulmonaire en Cr et surtout en terres rares (Ce, La et Nd). L'observation d'éléments tels Ce, La et Nd, laissait supposer que ce travailleur avait été exposé à des fumées de métaux. Bien que l'exposition aux terres rares semble inhabituelle, ces métaux sont décelés dans l'air ambiant du travailleur exposé aux émissions de fumée ou de poussière de lampes à arc au carbone; cette technologie est utilisée dans l'industrie lithographique, plus précisément, dans les laboratoires de photogravure (232) où plusieurs cas de pneumoconiose ont été rapportés. Cependant, ce type d'exposition n'a pas été documenté dans l'histoire du travail. Mais les concentrations substantielles de terre rare décelées dans le poumon de ce travailleur permettent de le supposer. La rétention de silice isométrique et prismatique dans le tissu pulmonaire demeure inexplicquée.

MGH-79-406

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré toute sa vie comme professeur (1958-1979), et en conséquence, n'avait pas été en contact avec des contaminants autres que la craie à tableau. Les données recueillies par l'étude physico-chimique, combinées aux règles de classification, ont permis de classer le sujet dans le groupe exposition à la fibre

d'amiante (trémolite), mais avec seulement 244 f/mg, et à la deuxième ronde de classification. Des feldspaths, micas, argiles et autres types de silicates furent aussi décelés. Le dossier de l'histoire du travail rapportait aussi qu'il était fumeur de tabac à pipe et de cigares. En admettant que cette homme n'ait pas eu d'exposition professionnelle à la fibre d'amiante ou autres minéraux, la rétention de ces silicates ne peut être expliquée que par la tabacomanie. Langer et col. (308) ont rapporté que les feuilles de tabac à cigare, de même que la fumée, peuvent contenir différents types de silicates. Le rapport d'autopsie rapportait que le sujet était décédé à 46 ans et qu'il avait probablement un mésothéliome du péritoine.

MGH-80-295

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré toute sa vie dans une discipline où l'exposition professionnelle à des aérosols était considérée comme négligeable (il fut opérateur d'ordinateur, 1955-1965 et gérant de ce service, 1965-1980). Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de suggérer une exposition aux métaux; les concentrations pulmonaires de Pb, Ni, Cr et Zn, et même les concentrations de certains silicates, étaient substantielles. Les éléments Sr, Ba, Li, furent aussi décelés à l'aide de la technique LAMMA de même que Cr, Mn, Ni, Cu et Zn. Le dossier de l'his-

toire du travail rapportait aussi que le sujet avait fumé des cigares pendant 20 ans; il était décédé à l'âge de 45 ans des suites d'un mélanome de l'oeil. A titre de complément, il faut ajouter que le sujet fut exposé à des produits nettoyants de 1953-1967, mais il est peu probable que ce type de substances puisse expliquer la diversité des éléments métalliques observés.

MGH-81-131

La filière de l'histoire du travail rapportait que cet homme avait travaillé à son compte dans l'équipement pour contrôler les incendies (recharge d'extincteurs), et fut exposé à de la silice. Il était également fumeur de cigares (4 par jour pendant 35 ans). Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de le classer dans le groupe exposition à la silice. De plus, il était classé au 7ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante trémolite courte et parfois clivée (309-311). Bien qu'il y ait des éléments de similarité entre les deux techniques de décodage de l'histoire professionnelle de l'exposition à la silice, certains minéraux tels vermiculite, pyroxènes et trémolite demeurent inexpliqués à moins que leur origine ne soit la tabacomanie ou ses activités dans les forces armées, ou encore des contaminants qui n'ont pas été décodés lors des entrevues, et en particulier, à l'exposition environnementale (312,313).

MGH-82-264

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait surtout œuvré à titre de machiniste (1960-1982) dans une fonderie de métaux ferreux et non-ferreux. Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de suggérer qu'il avait probablement été exposé à de la fibre d'amiante amosite ( < 1000 f/mg), mais probablement aussi à des métaux (Co fut détecté à saturation par la technique LAMMA) et à de la silice. Il y a concordance entre les deux méthodes de décodage, en ce qui a trait à l'exposition aux métaux (tableau 29-C), mais le dossier de l'histoire du travail n'a pas documenté d'exposition à l'amiante. Donc, la rétention pulmonaire de la fibre d'amiante demeure obscure. Des soudeurs utilisent du tissu d'amiante, le temps de laisser refroidir les pièces métalliques qui ont été soudées; c'est une activité de travail plausible, qui permettrait d'expliquer la rétention de fibres d'amiante amosite dans le parenchyme pulmonaire de ce sujet.

MGH-82-308

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été surtout exposé à des métaux, lorsqu'il œuvrait comme mécanicien (1933-1966), et comme quincaillier (1972-1975). Les données recueillies par l'étude physico-chimique combinées aux rè-



gles de classement permettaient de classer le sujet dans le groupe "non-exposés", non-fumeur.

MGH-84-72

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait été exposé à des métaux lorsqu'il était machiniste (1936-1939), et journalier, dans une raffinerie de cuivre (1945-1947), aux métaux et à l'amiante (contaminant visé), lorsqu'il était monteur de lignes à gaz dans une raffinerie de pétrole (1948-1977). Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de le classer dans le groupe exposition à la fibre d'amiante, mais laissait supposer aussi qu'il avait probablement été exposé à des métaux (sur la base de la concentration des alliages de cobalt qui furent décelés dans le parenchyme pulmonaire; le Cr III et VI avaient aussi été mis en évidence). Il y a donc eu une concordance parfaite des vecteurs décisionnels des deux méthodes de décodage.

A noter, que le sujet était un "gros fumeur" (75 cigarettes par jour). Le cobalt est un métal liant, utilisé dans la fabrication des métaux durs tels TiC, NbC, WC, TaC, etc (16); cependant, aucun de ces éléments ne fut détecté, soit en EDAXR, soit en LAMMA. Les données observées, quant à la possibilité d'exposition à la fibre d'amiante dans une raffinerie de pétrole, concordent

avec les données rapportées par Lilis et col (314) et Roggli et col (260), qui ont observé des rétentions de fibres d'amiante chez des sujets oeuvrant dans ce type d'activité industrielle.

MGH-85-47

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que le sujet avait été exposé à la silice lorsqu'il était gérant de service dans une cimenterie (1962-1968). Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de le classer soit dans le groupe "exposition aux métaux" (premier choix), soit dans le groupe "exposition à la silice" (second choix). Il est tout de même remarquable que le sujet ait été exposé à peine quatre ans à la silice (dans un emploi de cadre) et que la rétention pulmonaire de silicates fût substantielle. Il avait aussi cumulé des métaux (en particulier chrome et nickel); le chrome est utilisé dans la fabrication du ciment (315), mais l'origine du nickel demeure inexplicée. Le rapport d'autopsie rapportait également qu'il avait une fibrose inégale du parenchyme pulmonaire.

RVH-30078

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans la vente aux enchères pendant 33 ans (1946-1979); il était consommateur de tabac à cigarette, mais

cessa de fumer à l'âge de 35 ans. L'analyse physico-chimique permettait de prédire une exposition aux silicates (il avait retenu, entre autres, des feldspaths). Le sujet avait retenu aussi du titane. Il avait été combattant pendant la deuxième guerre mondiale. De plus, son histoire professionnelle, avant l'âge de 27 ans, était imprécise. L'habitude de tabagisme aurait permis d'expliquer en partie la charge particulière, mais la filière de l'histoire du travail rapportait qu'il cessa de fumer à l'âge de 35 ans; le rapport d'autopsie rapportait qu'il était décédé à l'âge de 64 ans, ce qui permettait une période d'épuration pulmonaire relativement longue.

RVH-30343

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré à titre de commis comptable (1924-1975), dans une compagnie de pâtes et papier, et n'estimait aucune exposition aux aérosols industriels. Le sujet était fumeur de tabac à cigarettes et de cigares. L'étude physico-chimique prédisait une exposition aux silicates. Rappelons qu'il avait retenu entre autres, de longues fibres de talc et du titane. Le rapport de pathologie mettait en évidence, l'existence de petits nodules calcifiés dans le poumon. A titre de complément, ajoutons que des auteurs (206, 214-216,316,317) ont rapporté des cas d'altération du parenchyme pulmonaire suite à des expositions professionnelles au talc, ou suite à des habitudes individuelles.

RVH-30458

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme électricien (1939-1980) dans différentes sphères d'activités économiques (Annexe IV) et estimait une exposition aux métaux, aux fumées métalliques, à la fibre d'amiante (contaminant visé) et à la silice. L'analyse physico-chimique prédisait une exposition aux silicates; le sujet avait aussi retenu de la fibre d'amiante ( $c < 1000$  f/mg) et des concentrations substantielles de Ni. La technique LAMMA permettait de suggérer que le nickel avait la composition chimique du mallechort (318), un alliage utilisé dans la fabrication de filaments électriques. Rappelons que le sujet réparait des appareils électriques. Il faut noter que l'histoire professionnelle, entre les années 1957 et 1958, était imprécise.

RVH-30639

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré toute sa vie comme professeur et interprète (1955-1979). Il fumait une dizaine de cigarettes par jour. Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de prédire une exposition aux métaux. Il avait été classé au 3ième rang pour la charge pulmonaire en plomb, au 2ième rang pour la charge pulmonaire en chrome et en nickel et au premier rang pour

la charge pulmonaire en zinc et en manganèse (il avait aussi été classé au 2ième rang pour la concentration en métaux purs). La technique LAMMA permettait aussi de suggérer qu'il avait été exposé à du laiton, et le Cr VI avait aussi été mis en évidence à l'aide de cette technique. Il avait aussi retenu de la silice et des feldspaths. Le tabagisme (mais seulement 10 cigarettes par jour), ou autres habitudes personnelles, sont les seuls éléments permettant d'expliquer la charge pulmonaire en métaux et en silicates. Des précisions, quant à la discipline qu'il enseignait, auraient peut-être contribuées aux explications quant à la rétention des métaux. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait des métastases aux poumons. Il est décédé à l'âge de 49 ans.

RVH-30909

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans une industrie de transformation de l'amiante (1952-1981), et qu'il avait été exposé à des concentrations substantielles de serpentine et d'amphiboles. Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient de prédire que le sujet avait été exposé à la fibre d'amiante (essentiellement amosite, > 1000 f/mg); par contre l'analyse physico-chimique avait aussi mis en évidence des concentrations substantielles de chrome, amalgamé à du phosphore et du calcium. A première vue, la concentration substantielle de cet élément serait attribuable à

la manipulation de ciment enrichi au chrome (315). En dépit de la charge substantielle de fibres d'amiante qui fut décelée chez ce sujet, le rapport d'autopsie rapportait qu'il était décédé d'un cancer de l'estomac; il n'y avait aucune mention de fibrose pulmonaire. La charge pulmonaire en fibres d'amiante chez ce sujet est dans la même gamme de concentration que les valeurs rapportées par Gylseth et col. (245), chez un groupe de travailleurs qui avait oeuvré dans le même type d'industrie et qui était décédé d'un mésothéliome ou d'un cancer bronchique. Cependant, le type de fibres retenues dans le parenchyme était surtout du crocidolite, et dans une moindre mesure, de l'amosite. Les auteurs n'ont pas documenté la présence de Cr.

RVH-31026

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme publiciste (1956-1981), et suggérait que le sujet n'avait pas eu d'exposition à des aérosols industriels; il était non-fumeur. L'analyse physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", non-fumeur. Quelques associations métalliques du type Fe-Cu-Zn-Pb, furent observées à l'aide de la technique LAMMA; ces complexes étaient cependant peu nombreux. A noter que son histoire professionnelle, entre les années 1958 et 1962, était imprécise.

RVH-31036

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans l'industrie du camionnage, et suggérait une exposition au plomb organique. L'analyse physico-chimique et les règles de classification, permettaient de le classer dans le groupe des "non-exposés", fumeur. A noter qu'il aurait commencé à fumer à l'âge de 6 ans!

RVH-31409

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans un fumoir à viande (1942-1982). Il était non-fumeur. L'analyse physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", non-fumeur. Cependant, l'expertise en LAMMA avait mis en évidence des métaux peu communs tels Ce et La.

RVH-31471

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans l'industrie de transformation de l'amiante (1947), puis comme soudeur (1950-1960), et finalement dans l'industrie du transport. Les données recueillies par l'étude physico-chimique ont permis de prédire une exposition à la fi-

bre d'amiante crocidolite ( $c > 1000$  f/mg), et une exposition aux métaux (deuxième choix). A noter que le sujet avait été exposé pendant un peu moins d'un an à la fibre d'amiante; plus de 30 ans après l'exposition, il était encore possible de mettre en évidence qu'il avait été exposé à l'amiante bleu. Whitwell et col. (247) ont également rapporté le cas de travailleurs exposés moins de deux ans dans une fabrique de masques à gaz; les sujets avaient retenu dans leurs poumons des quantités considérables d'amiante bleu. Le dossier de l'histoire professionnelle suggérait également une exposition à des particules de Pb et de Zn, et des concentrations substantielles de ces métaux furent décelées à l'aide des techniques EDAXR et LAMMA. Le temps de latence après l'exposition aux métaux fut plus de 20 ans.

RVH-31630

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré pendant plusieurs épisodes de sa vie dans l'industrie de la construction (1927-1929 et 1945-1957), et prédisait une exposition à la fibre d'amiante chrysotile (contaminant visé) et à la silice. Les données recueillies par l'étude physico-chimique permettaient aussi de prédire une exposition à la fibre d'amiante ( $c > 1000$  f/mg), et également à la silice (deuxième choix). Cependant, trois types d'amiante ont été décelés et ce sont le chrysotile, le trémolite et l'amosite,



tandis que la filière épidémiologique avait documenté seulement la possibilité d'exposition au chrysotile.

RVH-31798

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans plusieurs types d'activités et suggérait une exposition au charbon (1948-1951) dans les mines européennes, à la silice et aux fumées d'oxyde de métaux (1954-1956), dans une fonderie d'acier, et à la silice (1957-1973) dans diverses activités de la construction. L'analyse physico-chimique permettait de prédire une exposition à la silice de même qu'une exposition aux métaux. Le dossier de l'histoire du travail suggérait une exposition aux poussières de charbon (sans exposition à la silice), lorsqu'il oeuvrait dans les mines de France et de Belgique; il est certainement légitime de suggérer qu'à cette époque il fut aussi exposé à la silice puisque, les mines de charbon d'Europe sont réputées pour leur contenu en silice cristalline (319,320). Son histoire professionnelle était imprécise entre les années 1951-1953.

RVH-31839

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme électricien pendant la majeure partie de sa vie professionnelle (1953-1973), et suggérait une exposition à la

silice (contaminant visé) et à la fibre d'amiante. L'analyse physico-chimique permettait de prédire une exposition aux métaux (en particulier le nickel), mais aussi à la silice et également à l'amiante. L'histoire professionnelle n'a pas fait de prédiction quant à l'exposition aux métaux. Toutefois, il est légitime de suggérer qu'il soit possible qu'un électricien soit exposé à des fumées de brasures et d'oxydes de métaux pendant ses activités professionnelles. A noter aussi que le rapport d'autopsie rapportait que le sujet avait des éruptions squameuses.

RVH-31940

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme manutentionnaire sur un quai de déchargement (1936-1981), et suggérait une exposition à la fibre d'amiante (contaminant visé) et à des particules métalliques. Les données recueillies par l'étude physico-chimique, combinées aux règles de classification, ont conduit à la suggestion d'une exposition à la fibre d'amiante à la deuxième ronde de classification; mais la concentration en fibre d'amiante (seulement 169 f/mg) était insuffisante pour suggérer que le sujet avait eu une exposition professionnelle (132,136, 253). Par contre, la détection de longues fibres de silice dont la morphologie et la composition chimique étaient compatibles à la morphologie et à la composition chimique des diatomées, laissait supposer (indirectement) qu'il

avait peut être été exposé finalement à la fibre d'amiante, puisque les diatomés sont souvent utilisés dans les matériaux isolants en concomitance à de la fibre d'amiante. Gylseth et col. (92) et Ophus et col. (12) ont rapporté le cas de travailleurs oeuvrant dans les matériaux isolants, chez lesquels ils observaient des particules compactes et prismatiques de diatomés; par contre, Ophus et col. (12) ont décelé des concentrations de fibres d'amiante (surtout des amphiboles) oscillant autour de 33 000 f/mg, et une concentration de diatomés prismatiques oscillant autour de 1400 f/mg. A titre de complément, ajoutons que l'histoire du travail suggérait une exposition à des particules de cuivre; l'analyse physico-chimique montrait des associations Fe-Cu à l'aide de la technique LAMMA.

RVH-32444

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme technicien en radio télécommunication et estimait qu'il avait été exposé à des aérosols métalliques. Les résultats colligés par l'étude physico-chimique permettaient de prédire une exposition aux métaux, mais également à la fibre d'amiante et à la silice. Il faut noter aussi que le sujet n'avait jamais consommé de tabac. Son histoire professionnelle était imprécise entre 1946-1948.

RVH-79-6979

L'étude épidémiologique rapportait que cet homme avait oeuvré comme machiniste pendant plusieurs épisodes de sa vie professionnelle (le dernier emploi à titre de machiniste datait de 1973), et suggérait une exposition à la silice (contaminant visé), et aux métaux. L'analyse physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", fumeur. Cependant, la diversité des complexes métalliques observés en LAMMA, tels Fe-Cu-Pb, permettait de se questionner sur la possibilité d'une exposition aux métaux.

RVH-79-7991

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme briqueteur pendant toute sa vie professionnelle, et estimait qu'il avait été exposé à de la silice (1932-1967). L'analyse physico-chimique avait prédit une exposition à la silice, mais dans un environnement riche en feldspaths plagioclases, et suggérait aussi une possibilité d'exposition aux métaux (en particulier le chrome), et une faible possibilité d'exposition à l'amiante ( $c < 1000$  f/mg). L'excès de Cr serait expliqué par l'utilisation de ciment enrichi avec cet élément (315). A noter que l'histoire professionnelle du sujet était imprécise après 1967.

RVH-84-3255

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait travaillé comme chimiste professionnel et estimait qu'il avait été exposé à des pigments organiques, des produits de laboratoire et des dérivés du mercure. Il était non-fumeur, témoin permettant d'estimer la charge pulmonaire de ce groupe. L'analyse physico-chimique permettait de prédire une exposition aux métaux (importante concentration de particules exclusivement métalliques). De plus, il avait retenu une quantité substantielle de particules prismatiques de talc. Rappelons que ce minéral est utilisé comme pigment de peinture (306). Aucune trace de mercure n'a pu être mise en évidence. Cependant, des auteurs (265) ont rapporté que le mercure se volatilise dans une enceinte où la pression est réduite (e.g. four à plasma et colonne d'un microscope électronique), ou encore, lorsque le métal est soumis à un faisceau d'électrons (321). Il faut admettre, a posteriori, que ce sujet n'aurait pas dû être classé comme témoin non-fumeur. En effet, il est difficile de concevoir qu'un chimiste ait été exposé uniquement à des produits organiques durant sa vie professionnelle. D'ailleurs, ce chimiste travaillait à son compte (1951-1970), sur la mise au point de formules industrielles. Il oeuvrait dans son propre laboratoire.

RVH-85-6447

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré à titre de peintre et estimait qu'il avait été exposé à des pigments inorganiques ou organiques. L'analyse physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", fumeur (par les règles de classement). Par contre, elle suggérait la possibilité qu'il ait été exposé à certains silicates tels le talc (concentration substantielle), les micas, les argiles et les feldspaths et à des métaux tels Ti, Mn et Zn. Il faut préciser que le talc est un minéral utilisé dans la fabrication des pigments de peinture de même que les métaux Ti et Zn (306). A noter que l'histoire professionnelle du sujet était imprécise avant 1953.

RVH-86-37

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré comme ministre du culte. Il n'avait jamais consommé de tabac. L'analyse physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", fumeur. La diversité des complexes métalliques observés en LAMMA permettait de se questionner sur la possibilité qu'il ait été exposé à certains métaux; l'élément "I" fut même décelé chez ce sujet. A noter que l'histoire professionnelle du sujet était imprécise entre 18 et 36 ans.

SMH-83-20

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans différentes sphères d'activités et estimait, entre autres, qu'il avait été exposé à des fumées de soudage (1959-1967) et à de la fibre d'amiante (1967-1979, contaminant visé), lorsqu'il était opérateur d'une chaudière. Les données recueillies par l'étude physico-chimique et les règles de classification ont permis de prédire une exposition à la fibre d'amiante, mais à la deuxième ronde de classification; cependant, la concentration de fibres amiantiformes retenues dans le parenchyme pulmonaire, ne permettait pas de supposer que le sujet avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la fibre d'amiante (132,136,253). La concentration de métaux retenue dans le poumon, ne permettait pas non plus de prédire une exposition aux fumées de soudage.

SMH-84-1

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait oeuvré dans le domaine de la restauration, et estimait qu'il avait été essentiellement exposé à des produits nettoyants (1937- 1962). Il était non-fumeur. L'analyse physico-chimique permettait de prédire une exposition aux silicates (silice, feldspaths, micas, argiles talc, etc) compactes et prismatiques.

Les éléments Sn et Ce furent décelés à l'aide de la technique LAMMA. L'usage de produits nettoyants, ou l'inhalation passive de fumées de cigarette seraient les causes les plus plausibles permettant d'expliquer la charge particulaire.

SMH-85-78

Le dossier de l'histoire professionnelle rapportait que cet homme avait œuvré comme ingénieur (opérateur) d'une chaudière et estimait qu'il avait été exposé, entre autres, à de la fibre d'amiante (1952-1983). Les résultats recueillis par l'étude physico-chimique permettait de le classer dans le groupe des "non-exposés", fumeur. Par contre, la qualité (et non la quantité) des complexes métalliques détectés par la technique LAMMA (e.g. Fe-Cu-Zn-Ba) suggérait de se questionner sur les possibilités d'une exposition à des aérosols métalliques. La charge pulmonaire en fibre d'amiante (amosite), se situait tout près de la limite de détection (70 f/mg), ce qui ne permettait pas de supporter une exposition à la fibre d'amiante. A titre d'ingénieur de chaudière, le sujet faisait la surveillance de la chaufferie et de la réfrigération, et rapportait les défauts mécaniques de tout le réseau de conduites. Dans ce contexte, il est légitime de supposer qu'il ne fut en contact avec la fibre d'amiante qu'à de très faibles concentrations, ce qui pourrait expliquer la faible rétention pulmonaire de fibres. A noter que le sujet n'était pas un gros consommateur de tabac.



5.4. VALIDITE DES VECTEURS DECISIONNELS DE CLASSIFICATION.  
EVALUATION PAR GROUPE D'EXPOSITION

L'examen des données recueillies par l'étude de Siemiatycki a permis d'établir que les 30 sujets choisis pour leur exposition à des contaminants visés (i.e. fibre d'amiante, silice et fumées de soudure) avaient, de fait, été exposés à des aérosols de plusieurs natures (Tableaux 30-A-1, B-1, C-1, D-1 et Annexe IV).

Presque tous les sujets appartenant au groupe "exposition à la fibre d'amiante" avaient également été exposés, à divers degrés, soit à des métaux, soit à des silicates (Tableau 30-A-1).

Presque tous les sujets appartenant au groupe "exposition à la silice" avaient aussi été exposés à des métaux à divers degrés; de plus, deux sujets (CHT-84-8 et RVH-31839) avaient probablement été exposés à de la fibre d'amiante (Tableau 30-B-1).

Parmi les sujets appartenant au groupe "exposition aux métaux" (fumées de soudure), trois avaient été exposés exclusivement à des aérosols, résultant de la combustion de l'essence au plomb et deux à des pigments inorganiques (Tableau 30-C-1). Le sujet JGH-

81-84 avait œuvré dans l'assemblage de meubles. Les cas MGH-79-272 et MGH-82-264 avaient travaillé à titre d'usiniérs de piéces métalliques. Le sujet JGH-84-75 avait été exposé à des fumées de soudure (entre 1950-1956), et le sujet RVH-32444 à des fumées de brasure.

Parmi les sujets représentant les non-exposés, non-fumeurs, RVH-31409 fut exposé à des produits de combustion, RVH-84-3255 à des produits de laboratoire (ce sujet était d'ailleurs chimiste professionnel), et SMH-84-1 à des produits nettoyants (Tableau 30-D-1).

Parmi les sujets représentant les non-exposés, fumeurs, MGH-80-295, fut exposé à des produits nettoyants et MGH-79-406, JGH-81-123 et RVH-30639, à de la poussière de craie.

Cette énumération ne fait que confirmer que la plupart des travailleurs ont été exposés à des combinaisons de contaminants et qu'un classement par un seul contaminant visé était nécessairement arbitraire. Malgré tout, dans plusieurs cas, les deux méthodes de décodage ont identifié le même contaminant.

5.4.1. SUJETS EXPOSES A LA FIBRE D'AMIANTE

C'est avec le groupe des sujets exposés à la fibre d'amiante que le taux de réciprocity entre les deux méthodes de décodage de l'histoire professionnelle fut le plus élevé.

Tous les sujets cotés "3" par l'enquête, quant à la fiabilité de l'exposition (RVH-30458, MGH-84-72, RVH-31940, RVH-31471, RVH-30909), ont été appariés soit au premier, soit au deuxième choix par l'étude physico-chimique (Tableau 30-A-1). Parmi ces cinq sujets, deux avaient une charge pulmonaire en fibre d'amiante supérieure à 1000 f/mg (RVH-30909 et RVH-31471); rappelons que ce nombre est la valeur "bruit de fond" utilisée par certains auteurs pour départager les sujets qui ont vécu une exposition professionnelle des sujets qui n'ont pas eu d'histoire professionnelle à la fibre d'amiante (132,136,253). Rappelons aussi que ces deux sujets avaient oeuvré dans l'industrie de transformation de l'amiante. Les deux sujets avaient été cotés au niveau de concentration et fréquence d'exposition "2" ou "3". De plus, le sujet RVH-31471 avait été exposé seulement 1 an à du crocidolite, en 1947. Deux autres travailleurs (RVH-30458 et MGH-84-72) avaient une charge pulmonaire variant entre 400 f/mg et 1000 f/mg; MGH-84-72 avait oeuvré comme monteur de lignes à gaz (niveau de concentration "2" et fréquence d'exposition "2") dans une raffinerie de pétrole et RVH-30458 à titre d'électricien

(niveau de concentration "1" et fréquence d'exposition "2"). Le sujet RVH-31940 avait une charge pulmonaire inférieure à 400 f/mg; il avait oeuvré comme manutentionnaire sur un quai de déchargement (niveau de concentration "2" et fréquence d'exposition "2"). Donc, ces travailleurs ont été exposés à de faibles concentrations de fibres d'amiante.

Parmi les cinq travailleurs cotés "2" par l'enquête, quant à la fiabilité de l'exposition (RVH-31630, MGH-82-308, SMH-83-20, SMH-85-78 et CHT-80-58), deux sujets seulement ont été appariés et ce, au premier choix. RVH-31630 avait une charge pulmonaire supérieure à 1000 f/mg; il avait oeuvré dans le domaine de la construction (niveau de concentration et fréquence "1"). Les quatre autres sujets avaient des concentrations en fibres d'amiante oscillant autour de la limite de détection de la technique analytique (environ 70 f/mg). MGH-82-308 était mécanicien (exposé de 1933-1966, niveau de concentration "1" et fréquence "2"), SMH-83-20 (exposé de 1967-1979), SMH-85-78 (exposé de 1943-1983) et CHT-80-58 (1950-1953), avaient oeuvré comme opérateurs de chaudière soit pendant un court épisode (CHT-80-58), un moyen épisode (SMH-83-20), ou soit pendant une très longue période (SMH-85-78) de leur vie professionnelle; de plus, les trois sujets étaient cotés niveau de concentration "1" et fréquence d'exposition "2". A toute fin pratique, ces travailleurs avaient été peu exposés à la fibre d'amiante. Le sujet SMH-83-20 fut apparié "par défaut", car la concentration de fibres

d'amiante était comparable à ce qui généralement est retrouvé chez une population non-exposée (19,284). Il a y absence de concordance entre la physico-chimie et l'histoire du travail chez tous les sujets exposés à la fibre d'amiante dans le cadre des activités de travail reliées à l'opération d'une chaudière. Churg et Warnock (240) ont également rapporté des observations similaires chez un travailleur qui opérait une chaudière sur un navire.

L'ensemble de ces observations permet de suggérer qu'il semble exister une excellente réciprocity entre les méthodes de décodage de l'histoire professionnelle, lorsque le niveau de fiabilité de l'exposition est coté "3". Cependant, trois de ces sujets avaient une charge pulmonaire inférieure à 1000 f/mg. Par ailleurs, si cette valeur plancher avait été utilisée comme valeur référence, seulement trois travailleurs (parmi les dix visés) auraient été classés en tant que sujets, qui ont probablement été exposés à la fibre d'amiante pendant leur vie professionnelle.

Même si la valeur critique avait été réduite à 500 f/mg [i.e. valeur moyenne de la rétention d'une exposition environnementale près d'un site minier (19)], un seul sujet aurait été ajouté. Par contre, deux autres sujets appartenant à d'autres classes d'exposition (MGH-82-264 et RVH-31839) auraient été intégrés au groupe.

A titre de complément, ajoutons que les sujets qui avaient les charges pulmonaires les plus élevées en fibre d'amiante, avaient aussi retenu plusieurs autres types de minéraux; RVH-31630 et RVH-30458 se démarquaient par leur concentration substantielle en silicates; d'ailleurs, ces deux sujets avaient été cotés niveau de fiabilité "3" par l'enquête pour exposition à la silice. RVH-31471 se démarquait par une concentration substantielle en Pb et Zn, RVH-30909 par la charge substantielle en Cr, et MGH-84-72, par une concentration non négligeable en Co; RVH-31471 et MGH-84-72 avaient été cotés niveau de fiabilité "3", quant à la possibilité d'exposition aux métaux. De plus, MGH-84-72 avait été coté niveau de fiabilité "2", quant à une possibilité d'exposition à la silice. Rappelons qu'il avait retenu de la silice, des micas et des argiles compactes ou prismatiques.

De façon similaire, les sujets qui avaient retenu très peu d'amiante, ou pas du tout, n'avaient pas retenu d'autres types de minéraux. Par contre, CHT-80-58 qui avait été coté niveau de fiabilité "3", quant à une possibilité d'exposition à des pigments inorganiques et aux poussières de charbon, se démarquait par les particules compactes et prismatiques de silice, de même que par une concentration relativement importante en Pb et Ni. MGH-82-308 avait été coté niveau de fiabilité "2", pour exposition à des métaux, et se démarquait par une charge pulmonaire non-négligeable en Ti, Pb et Ni. SMH-85-78 (coté niveau de fiabilité "3" pour exposition à de la cendre et du

charbon) et SMH-83-20 avaient retenu peu de silicates ou de métaux.

Ces précisions étant apportées en ce qui a trait au niveau de concordance entre les deux méthodes de décodage, il est important de rappeler que l'analyse statistique a permis de mettre en évidence une différence significative au niveau de 5 % (test de t;  $p = 0.018$ ) entre la charge pulmonaire en fibres d'amiante des 10 cas appartenant à ce groupe, versus la charge pulmonaire des 32 autres sujets, ce qui indique que la concordance entre les méthodes est appréciable.

#### 5.4.2. SUJETS EXPOSES A LA SILICE

Le taux de réciprocité, en ce qui a trait au premier choix à une exposition entre les deux méthodes de décodage, a été de 4 sur 10, bien que 7 sujets furent cotés niveau de fiabilité "3" (Tableau 30-B-1). Trois sujets, appariés au premier choix, avaient été cotés niveau de fiabilité "3". Cependant, deux sujets seulement avaient été cotés "3" en ce qui a trait au niveau de concentration et la fréquence d'exposition. De façon similaire, trois sujets avaient été cotés "2" en ce qui a trait au niveau de concentration et la fréquence d'exposition; tous les autres sujets, c'est-à-dire 50 % du groupe, avaient été cotés "1" pour le niveau de concentration, et cotés "2" ou "3" pour la fréquence d'exposition.

On remarquera que les sujets du groupe "exposition à la silice" (JGH-85-2, RVH-31798) qui ont oeuvré dans les sphères d'activités classiques d'exposition à la silice et les travailleurs qui ont oeuvré dans le domaine de la construction de ce même groupe (RVH-79-7991 et RVH-31839), avaient des concentrations en particules prismatiques non-amiantiformes (Tableau 28-B) du même ordre de grandeur que les travailleurs de la construction du groupe "exposition à la fibre d'amiante" (RVH-31630, RVH-30458); ils ont tous également des concentrations en silicates isométriques supérieures à  $43 \times 10^4$  p/mg (Tableau 28-A). L'exception qui confirme la règle en ce qui a trait aux travailleurs qui ont oeuvré dans le domaine de la construction, est le cas CHT-84-8, quoique ce travailleur ait travaillé à une époque lointaine de sa carrière professionnelle, dans ce domaine. Ces observations qui montrent une certaine homogénéité de regroupement d'expositions classiques, démontrent la complémentarité des deux méthodes.

En bref, si on considère que 50 % des travailleurs (Tableau 30-B-2) ont oeuvré dans des sphères d'activité de travail qui ne correspondent pas à des situations classiques, reconnues en hygiène industrielle pour un niveau de concentration substantielle en silice libre dans l'air ambiant, telles les fonderies, les mines, les carrières, les poteries, etc (306), on peut conclure que l'enquête et les déterminations physico-chimiques sont en accord dans 80 % des cas.



Ces précisions étant apportées quant aux similarités et dissimilitude du décodage de l'histoire professionnelle du groupe "exposition à la silice", rappelons qu'il fut possible de mettre en évidence une différence significative au niveau 10 % entre les charges pulmonaires en argiles et en micas de ces 10 sujets versus les 32 autres sujets. Il n'y avait pas de différence significative pour la charge pulmonaire en silice. On remarquera que le poids de la variable silice chez les fumeurs était relativement important; la valeur moyenne log-normalisée est du même ordre de grandeur que la moyenne des 10 sujets exposés à la silice (Tableau 33-B).

#### 5.4.3. SUJETS EXPOSES AUX METAUX

Le taux de réciprocité en ce qui a trait au premier choix à une exposition entre les deux méthodes de décodage fut de 3 sur 10.

Tout comme dans le cas des sujets exposés à la silice, près de 50 % de la population classée dans le groupe d'exposition aux métaux, ont œuvré dans des milieux de travail qui ne correspondent pas à des situations classiques d'exposition à des concentrations importantes de métaux (e.g. soudage, brasage, usinage, etc) en hygiène industrielle (Tableaux 30-C-1 et 30-C-2).

A la lumière de ces informations, on peut constater que les travailleurs de ce groupe furent, dans l'ensemble, moins exposés aux métaux que certains sujets classés dans les groupes exposition à la fibre d'amiante et silice. Cette observation expliquerait en partie la faible concordance entre les deux méthodes de décodage.

En résumé, l'ensemble de ces précisions permet de suggérer que la règle de décodage qui consistait, a priori, à attribuer à chaque cas un seul contaminant visé, était à toute fin pratique, inapplicable puisque l'ensemble des sujets furent soumis à des expositions multiples, ces expositions étant le plus souvent faibles. Dans certains cas, le contaminant visé "premier choix" par l'enquête, se recoupait avec les contaminants de deuxième ou de troisième choix d'un autre groupe d'exposition, et ce, avec un niveau de fiabilité et de fréquence supérieur.

#### 5.4.4. Sujets non-exposés

##### 5.4.4.1. Sous groupe des fumeurs

Parmi le groupe représentant les sujets "non-exposés", fumeurs, il y avait deux professeurs (JGH-81-123 et MGH-79-406), un professeur-administrateur (RVH-30639), un vendeur à l'encan (RVH-30078), un commis comptable (RVH-30343) et un technicien en informatique (MGH-80-295). **Presque tous les sujets avaient retenu**

**des concentrations non-négligeables ou substantielles de minéraux ou de métaux.**

L'ensemble de ces résultats met en évidence que les habitudes de tabagisme ont certainement contribué au dépôt de minéraux et de métaux dans les poumons des fumeurs. Le dépôt pulmonaire de minéraux, tel le kaolin, chez les consommateurs de tabac, a déjà été suggéré (201); cependant, les auteurs n'ont pas évalué la quantité de particules argileuses retenues dans le parenchyme pulmonaire. D'autres auteurs (322) ont suggéré que la concentration en Al et Si (déterminée par absorption atomique) était beaucoup plus élevée chez un groupe de fumeurs que chez le groupe de témoins non-fumeurs, appariés en fonction de l'âge et du sexe. Churg et Wiggs (280) ont évalué la charge "particulaire" de 10 fumeurs, âgés de plus de 50 ans, qui n'avaient pas de maladie pulmonaire autre qu'une obstruction chronique du débit d'air. Ils ont compté toutes les particules supérieures à 0.1  $\mu\text{m}$  et ont trouvé que la charge pulmonaire moyenne était  $48.1 \cdot 10^4$  p/mg et que le diamètre géométrique moyen était 0.6  $\mu\text{m}$ ; ils ont aussi trouvé que le diamètre géométrique était plus grand lorsque les particules étaient extraites du lobe supérieur du poumon. Cette observation (si elle s'avère véridique) est importante puisque la position exacte du prélèvement de plusieurs fragments pulmonaires au cours de cette étude, était inconnue. Ils ont aussi observé qu'il y avait une corrélation entre le nombre de

**paquets-années et la charge "particulaire"**. Les minéraux qu'ils ont mis en évidence étaient du kaolin, de la silice, des micas, des feldspaths, du talc, et autres types de silicates; les auteurs avaient aussi pris le soin de préciser l'absence de Pb ou autres métaux chez les sujets de leur étude, ce qui est différent chez plusieurs de nos sujets. Dans une étude antérieure, Churg et Wiggs (279) montraient que la concentration des minéraux compacts était deux fois plus élevée chez des sujets fumeurs, sans histoire professionnelle et décédés d'un cancer pulmonaire, par rapport à un groupe témoins, fumeurs; la concentration des minéraux prismatiques était quatre fois plus élevée chez les sujets atteints du cancer pulmonaire. On remarquera que chez les cas RVH-30343 (adénocarcinome du poumon) et RVH 30639 (métastase aux poumons), la concentration de particules prismatiques non-amiantiformes était également importante, ce qui corrobore les résultats de Churg, sauf que le cas RVH-30639 avait également retenu une variété de métaux, dont le nickel.

A titre de complément, ajoutons que des auteurs ont montré (308) que la feuille de tabac à cigare et la fumée peuvent contenir des spicules de diatomée, des fibres de silicate d'aluminium (céramique), des argiles, du quartz et même de la cristobalite.

La fumée de tabac peut aussi contenir des métaux tels Cd, Cr, As, Ni, Se (323); la concentration de ces éléments peut varier de 1 à 10 ug par g de tabac selon les marques de tabac. Les éléments tels Zn et Pb sont aussi présents dans la fumée de tabac et leur concentration peut atteindre jusqu'à 70 ug/g. Le diamètre de ces particules métalliques est généralement plus petit que 0.1 um (323). Dans ce contexte, il est légitime de supposer que les critères de comptage utilisés, ont permis de minimiser les particules métalliques dont l'origine est le tabagisme. Il est établi que les éléments Cr (227,302,303,324,325) et Cd (303,326) cumulent dans les poumons des fumeurs; il existe aussi une corrélation entre la concentration de ces éléments, le temps de consommation et le nombre de paquets années (302,303). De plus la concentration de Cr augmente en fonction de la sévérité de l'emphyse pulmonaire (302,303). Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation entre la concentration en Ni retenue dans le parenchyme pulmonaire et les habitudes de tabagisme (227). A remarquer par contre, que chez les sujets MGH-80-295 et RVH-30639, des concentrations de 87 200 p/mg et 246 100 p/mg de Ni, ce qui leur conférait la 6ième et la 2ième position pour ce contaminant.

Le tabagisme est une source de particules confondantes dont nous avons tenté de minimiser l'effet par choix de critères de comptage qui minimisaient l'apport de ces particules. Toutefois, en adoptant cette approche, un biais systématique a été introduit

dans l'efficacité de la méthode physico-chimique à identifier les fumeurs, non-exposés.

A titre de complément, ajoutons que trois sujets étaient décédés avant l'âge de 50 ans. De plus, les six sujets appartenant au groupe fumeurs avaient moins consommé de tabac et avait fumé moins d'années que les fumeurs des autres groupes (tableau 30-D-1). Naturellement, la question qui se pose est de savoir si chez certains de ces sujets, le cumul de métaux ou de silicates provient des habitudes de tabagisme, d'activités de loisirs de l'environnement, ou autres? Il est certes légitime de se questionner en ce qui a trait aux deux cas qui ont retenu du nickel, puisque les connaissances montrent que cet élément ne s'accumule pas dans les poumons.

Finalement, il faut se questionner sur les différences significatives au niveau 10 % de la charge pulmonaire en particules avec Ti et les autres types de silicates (chapitre 4.4). Elles ne sont probablement pas des marqueurs de l'activité du tabagisme, puisque nos résultats indiquent une corrélation négative entre ces deux variables et le nombre de paquets-années consommés.

5.4.4.2. Sous groupe des non-fumeurs

Parmi le sous-groupe représentant les non-fumeurs, il y avait deux ministres du culte (RVH-86-37 et JGH-86-199), un sujet qui a oeuvré dans la restauration (SMH-84-1), un publiciste (RVH-31026), un chimiste professionnel (RVH-84-3255) et un sujet qui a oeuvré dans les fumoirs à viande (RVH-31409).

Trois sujets sur six furent identifiés comme sujets "non-exposés" par la physico-chimie. L'ensemble des résultats, quant à la rétention pulmonaire chez ce groupe, met de nouveau en évidence que plusieurs variables ont pu contribuer à la non-concordance des résultats de décodage entre les deux techniques.

Les minéraux dans l'air ambiant des grands centres urbains, sont de plusieurs natures et contribuent à la charge pulmonaire. Berry et col. (327) ont observé du quartz, de l'analcite, de l'illite, des micas, du plomb, de la calcite, etc, dans l'air ambiant des villes de Paris et Lyon. Rappelons les résultats de Paoletti et col (20) qui ont mesuré la charge pulmonaire de 10 résidents de la ville de Rome; la concentration des particules supérieures à 0.1 um était  $1.97 \cdot 10^5$  p/mg. Il faut préciser, cependant, que certains sujets avaient déjà consommé du tabac et la charge pulmonaire des fumeurs avait certainement contribué à accroître la moyenne.

Sweet et col. (21) ont mesuré la concentration massique de silice d'un groupe témoin de la ville de Cincinnati et l'ont comparée à celle d'un groupe de mineurs de charbon de West-Virginia. La plage des concentrations de silice des témoins variait de 0.014 mg/g à 2.155 mg/g, tandis que la concentration moyenne des mineurs était de 2.08 mg/g. Ces résultats leur faisaient suggérer que certains témoins avaient probablement été exposés à la silice pendant un épisode de leur vie. Case et Sébastien (19) ont démontré que les résidents d'une ville dont la principale activité industrielle était la production d'amiante, avaient une concentration en fibres d'amiante plus élevée qu'un groupe témoin habitant des villes dont les activités industrielles n'étaient pas centrées sur la production ou la transformation de la fibre d'amiante.

L'ensemble de ces informations permet de suggérer que la pollution urbaine et les habitudes individuelles contribuent à divers degrés à la charge pulmonaire. Parmi le groupe des non-fumeurs, quatre sujets sur six étaient néo-canadiens; tous les sujets fumeurs étaient canadiens, et il y avait deux néo-canadiens sur 10 dans chacun des autres groupes. Sur la base de cette information, il est évident que le groupe non-fumeurs n'était pas tout à fait représentatif d'une population canadienne indigène.



En résumé, rappelons que plusieurs variables confondantes ont contribué à la non-concordance des résultats. D'abord, l'emplacement du prélèvement de l'échantillon était inconnu chez certains sujets. Or, il est établi que la quantité d'amiante retenue dans les poumons peut varier d'une partie anatomique à l'autre (12,236,240,244,284,328,329). Récemment, Churg et Wiggs (241) montraient que la longueur et le diamètre des fibres étaient différents selon qu'elles étaient extraites des lobes inférieurs (périphérique ou central) et supérieurs (périphérique ou central). Dans une autre publication, Churg et Wiggs (279) montraient que les particules compactes extraites du lobe supérieur avaient un diamètre supérieur par rapport aux particules extraites du lobe inférieur. D'autres auteurs (330) ont montré que la concentration en Cr était plus élevée dans le lobe supérieur du poumon.

Les habitudes de tabagisme, la pollution urbaine et les habitudes individuelles sont d'autres variables qui contribuent positivement à la charge pulmonaire.

La perte des fibres ou autres particules pendant la préparation des échantillons par voie humide (331,332), la vaporisation de certains métaux sous l'effet du faisceau d'électrons (265) et la perte de certains métaux, tel l'arsenic au four au plasma (108), sont d'autres variables qui ont pu contribuer négativement à l'évaluation de la charge pulmonaire.

Dans ces conditions, il est remarquable que la méthode physico-chimique ait réussi à identifier correctement trois cas sur six, surtout dans la population des 42 cas à l'étude où une bonne moitié des sujets n'avaient été exposés qu'à de faibles concentrations de contaminants.

6) CONCLUSION

Les questions auxquelles nous souhaitions répondre au cours de ce projet de thèse doctorale étaient les suivantes: "Peut-on faire un portrait de l'exposition professionnelle par une mesure de l'identité et de la quantité de particules inorganiques retenues dans le parenchyme pulmonaire? Y a-t-il corrélation entre ces variables et l'histoire du travail établie par l'étude Siemiatycki, en particulier chez des travailleurs décédés d'un cancer et exposés à de la poussière de silice, d'amiante ou de métaux (fumées de soudure) à un moment ou l'autre de leur vie professionnelle? Quels sont les marqueurs potentiels (inorganiques) de l'exposition à la fumée de cigarette? Peut-on définir des marqueurs spécifiques à un milieu de travail?

A la première question, "peut-on faire un portrait de l'histoire du travail par une mesure de l'identité et des quantités de particules inorganiques retenues dans le parenchyme pulmonaire", nous répondons par un "oui qualitatif". En effet, l'enquête et les déterminations physico-chimiques sont en accord dans près de la moitié des cas (13/30) sur le contaminant visé, et dans les 2/3 des cas sur l'un des deux principaux contaminants. Malgré la présence inévitable des particules confondantes provenant des habitudes

de tabagisme (8 sujets sur 42 étaient non-fumeurs) des loisirs ou de l'environnement, nous avons montré que le profil de rétention "particulaire" chez les sujets exposés et non-exposés de même que fumeurs et non-fumeurs sont différents lorsque les groupes sont définis selon le contenu de l'enquête.

La question qui se pose maintenant est de savoir si la rétention pulmonaire des particules permet de faire un portrait rigoureux et fidèle de l'histoire du travail d'un sujet isolé? De nouveau, il faut admettre que les éléments de concordance entre le contenu de l'enquête et la méthode physico-chimique étaient remarquables dans le contexte où la plupart des sujets avaient été soumis à des expositions faibles et multiples. Les deux méthodes ne concordent pas toujours quant à l'interprétation des données pour en extraire le contaminant visé.

L'inclusion dans les enquêtes d'histoire professionnelle d'informations relatives aux activités récréatives, et aux habitudes personnelles, faciliterait la compréhension de l'identité et de la quantité des particules inorganiques retenues dans le parenchyme pulmonaire.

A la seconde question y a-t-il corrélation entre ces variables et l'histoire du travail établie par l'étude Siemiatycki, en particulier chez des travailleurs décédés d'un cancer et exposés à de la poussière de silice, d'amiante ou de métaux (fumées de soudure) à un moment ou l'autre de leur vie professionnelle? Le décodage de deux groupes (amiante et non-exposé et non-fumeur) fut "relativement" efficace; d'ailleurs, le test Kappa permet de confirmer qu'il y a une corrélation entre l'histoire professionnelle et les résultats de l'analyse physico-chimique pour ces deux groupes. Par contre, le décodage aurait probablement gagné en efficacité si les vecteurs décisionnels de classification entre l'histoire professionnelle et l'analyse physico-chimique avaient été ajustés en fonction du temps depuis la dernière exposition. De plus, dans le cas de travailleurs oeuvrant dans l'environnement des chaudières, la méthode physico-chimique met en doute la validité de considérer l'exposition à l'amiante à titre de contaminant principal.

De plus, rappelons que dans les trois catégories d'exposition, il y avait très peu de sujets qui avaient vécu une et une seule exposition pendant leur vie professionnelle. Presque tous les sujets "dits exposition à la fibre d'amiante" ont été exposés à de la silice ou à des métaux, à divers degrés, et presque tous les sujets "dits exposition à la silice" ont été exposés à des métaux. Parmi les sujets "dits exposition aux métaux", un seul a été exposé à des fumées de brasure et deux autres avaient des

emplois reliés à l'usinage de pièces métalliques. Beaucoup de cas d'exposition aux métaux n'étaient évalués que pour des expositions à de faibles concentrations par l'enquête, ce qui rend difficile l'identification d'un contaminant principal.

Si l'expérience était répétée, il faudrait, au préalable, ajuster les équations de l'exposition pour favoriser la complémentarité entre les deux approches de décodage de l'histoire professionnelle et permettre une rétroaction commune.

Il apparaît, après cette expérience, que la quantification de métaux par absorption atomique (A.A) ou à la torche au plasma (I.C.P.), serait probablement un atout pour ce type de recherche parce que la littérature offre des possibilités de comparaison. Le protocole de préparation des échantillons devrait être ajusté en fonction de la masse de tissu pulmonaire disponible.

Ce scénario d'essais de concordance était une première tentative et ces premiers résultats permettent de suggérer que la concordance entre les deux méthodes de décodage, chez plusieurs groupes, était tout de même bonne, et que la corrélation était relativement remarquable pour des sujets précis.

A la question, "quels sont les marqueurs potentiels inorganiques de l'exposition à la fumée de cigarette"? Nous avons montré qu'il y avait une différence significative en ce qui a trait à la charge pulmonaire en autres types de silicates et qu'il y avait une différence significative au niveau 5 % en ce qui a trait à la charge pulmonaire des particules avec Ti entre les six fumeurs et les autres sujets. Parmi l'ensemble des 30 sujets exposés, deux travailleurs seulement étaient non-fumeurs. Les fumeurs exposés avaient dans l'ensemble consommé davantage et plus longtemps que les fumeurs non-exposés. Dans ce contexte nous n'aurions pas dû observer de différence entre ce groupe de six sujets versus les 32 autres, ce que semble indiquer la corrélation négative entre ces deux variables et le nombre de paquets-années consommés. La différence mesurée doit avoir une autre explication.

A la question "quels sont les marqueurs potentiels des agresseurs cancérigènes inorganiques présents en milieu de travail"? Nous avons observé une différence significative pour la variable Pb entre les sujets décédés d'un cancer pulmonaire et les sujets décédés "autres types de cancer". Même si une différence fut observée, il est impossible de conclure (pour le moment) quoique ce soit sur cette différence (si ce n'est qu'il y a une différence dans la rétention pulmonaire pour ce contaminant), puisqu'aucun groupe témoins n'était rigoureusement apparié aux sujets. Par contre, cette observation permet de se questionner, à savoir si

le décodage de l'histoire professionnelle serait plus efficace si une étude était structurée de sujets qui seraient décédés d'un cancer pulmonaire? De plus, il serait intéressant qu'une étude soit structurée pour vérifier la relation entre la rétention de plomb inorganique et le cancer du poumon.

A la question "peut-on définir des marqueurs spécifiques à un milieu de travail"? Nous avons montré à la section discutant les vecteurs décisionnels de classification, que la concordance entre la physico-chimie et l'enquête sur l'histoire du travail était bonne chez certains groupes. Mais une réponse rigoureuse à cette question ne pourra être donnée que si la démarche est reprise avec un plus grand nombre de sujets ayant oeuvré au sein d'un regroupement d'industries ayant la même vocation industrielle; ces résultats devraient être comparés à un groupe témoins (fumeurs et non-fumeurs). Dans le groupe des 42 travailleurs, trop de sujets avaient été exposés à de faibles concentrations de différents produits, ce qui a rendu difficile la mise en évidence de marqueurs.



7. BIBLIOGRAPHIE

- (1) Dufresne A., J. Lesage and G. Perrault. (1987). EVALUATION OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO MIXED DUSTS AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN SILICON CARBIDE PLANTS. American Industrial Hygiene Association Journal. 48(2):160-167.
- (2) Dufresne, A., G. Perrault, C. Roy, J. Lauzon, D. Michaud and M. Baril. (1988). CHARACTERIZATION OF AMBIENT AIR CONTAMINANTS FROM HOT DIP GALVANIZING PLANTS. Annals of Occupational Hygiene. 32(2):179-189.
- (3) Antonsson, A-B. and S. Runmark. (1987). AIRBORNE FIBROUS GLASS AND DUST ORIGINATING FROM WORKED REINFORCED PLASTICS. American Industrial Hygiene Association Journal. 48(8): 684-687.
- (4) Smith, T.M., S.K. Hammond, F. Laidlaw and S. Fine. (1984). RESPIRATORY EXPOSURES ASSOCIATED WITH SILICON CARBIDE PRODUCTION: ESTIMATION OF CUMULATIVE EXPOSURES FOR AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY. British Journal of Industrial Medicine. 41:108-108.
- (5) Ayalp, A. and D. Myroniuk. (1982). EVALUATION OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO FREE SILICA IN ALBERTA FOUNDRIES. American Industrial Hygiene Association Journal. 43(11):825-831.
- (6) Gibbs, G.W. (1970). QUALITATIVE ASPECTS OF DUST EXPOSURE IN THE QUEBEC MINING AND MILLING INDUSTRY. In: Inhaled Particles III. Proceedings of British Occupational Hygiene Society Symposium, (W.H. Walton ed.) Unwin, London. pp 783-799.
- (7) Krantz, S. (1988). EXPOSURE TO MAN-MADE MINERAL FIBERS AT TEN PRODUCTION PLANTS IN SWEDEN. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 14(suppl 1):49-51.
- (8) Janko, M., R.E. McCrae, J. O'Donnell and R.J. Austria. (1989). OCCUPATIONAL EXPOSURE AND ANALYSIS OF MICROCRYSTALLINE CRISTOBALITE IN MULLITE OPERATIONS. American Industrial Hygiene Association Journal. 50(9):460-465.

- (9) Rodelsperger, K., J. Jahn, B. Bruckel, J. Manke, R. Paur and J.J. Woitowitz. (1986). ASBESTOS DUST EXPOSURE DURING BRAKE REPAIR. American Journal of Industrial Medicine. 10:63-72.
- (10) Rowlands, N., G.W. Gibbs, and A.D. McDonald. (1982). ASBESTOS FIBERS IN THE LUNGS OF CHRYSOTILE MINERS AND MILLERS. A PRELIMINARY REPORT. Annals of Occupational Hygiene. 26:411-415.
- (11) Pooley, F.D. (1976). AN EXAMINATION OF THE FIBROUS MINERAL CONTENT OF ASBESTOS LUNG TISSUE FROM THE CANADIAN CHRYSOTILE MINING INDUSTRY. Environmental Research. 12:281-298.
- (12) Ophus, E.M., G. Mowe, K.K. Osen and B. Gylseth. (1980). SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND X-RAY MICROANALYSIS OF MINERAL DEPOSITS IN LUNGS OF A PATIENT WITH PLEURAL MESOTHELIOMA. British Journal of Industrial Medicine. 37:375-381.
- (13) Warnock, M.L., B.T. Prescott and T.J. Kuwahara. (1982). NUMBERS AND TYPES OF ASBESTOS FIBERS IN SUBJECTS WITH PLEURAL PLAQUES. American Journal of Pathologist. 109(1):37-46.
- (14) Chen, W., R.J. Monnat, M. Chen and K. Mottet. (1978). ALUMINUM INDUCED PULMONARY GRANULOMATOSIS. Human Pathology. 9(6):705-711.
- (15) Kitamura, H., H. Kitamura, T. Tozawa and Y. Kimula. (1978). CEMENTED TUNGSTEN CARBIDE PNEUMOCONIOSIS. Acta Pathologica Japonica. 28(6):921-935.
- (16) Ruttner, J.R., M.A. Spycher and I. Stolkin. (1987). INORGANIC PARTICULATES IN PNEUMOCONIOTIC LUNGS OF HARD METAL GRINDERS. British Journal of Industrial Medicine. 44:657-660.
- (17) Stettler, L.E., D.H. Groth and S.F. Plateck. (1983). AUTOMATED CHARACTERIZATION OF PARTICLES EXTRACTED FROM HUMAN LUNGS: THREE CASES OF TUNGSTEN CARBIDE EXPOSURE. Scanning Electron Microscopy. I:439-448.
- (18) Bleehen, S.S., D.J. Gould, C.I. Harrington, T.E. Durrant, D.N. Slater and J.C.E. Underwood. (1981). OCCUPATIONAL ARGYRIA: LIGHT AND ELECTRON MICROSCOPIC STUDIES AND X-RAY MICROANALYSIS. British Journal of Dermatology. 104:19-26.

- (19) Case, B.W. and P. Sébastien. (1987). ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL EXPOSURES TO CHRYSOTILE ASBESTOS: A COMPARATIVE MICROANALYTIC STUDY. Archives of Environmental Health. 42(4):185-191.
- (20) Paoletti, L., D. Bastisti, S. Caiazza, M.G. Petrelli, F. Taggi, L. DE Zorzi, M.A. Dina and G. Donelli. (1987). MINERAL PARTICLES IN THE LUNGS OF SUBJECTS RESIDENT IN THE ROME AREA AND NOT OCCUPATIONALLY EXPOSED TO MINERAL DUST. Environmental Research. 44:18-28.
- (21) Sweet, D.V., W.E. Crouse and J.V. Crable. (1978). CHEMICAL AND STATISTICAL STUDIES OF CONTAMINANTS IN URBAN LUNGS. American Industrial Hygiene Association Journal. 39:515-526.
- (22) Churg, A. (1982). ASBESTOS FIBERS AND PLEURAL PLAQUE IN A GENERAL AUTOPSY POPULATION. American Journal of Pathologists. 109(1):88-96.
- (23) Case, B.W. and P. Sébastien. (1988). BIOLOGICAL ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ASBESTOS. Annals of Occupational Hygiene. 32:181-186.
- (24) Dement, J.M., R.L. Harris, Jr., M.J. Symons and C. Shy. (1982). ESTIMATES OF DOSE-RESPONSE FOR RESPIRATORY CANCER AMONG CHRYSOTILE TEXTILE WORKERS. Annals of Occupational Hygiene. 26:869-887.
- (25) McDonald, J.C., A.D. McDonald, G.W. Gibbs, J. Siemiaticki and C.E. Rosister. (1971). MORTALITY IN THE CHRYSOTILE ASBESTOS MINES AND MILLS OF QUEBEC. Archives of Environmental Health. 22:677-686.
- (26) McDonald, A.D., J.C. McDonald and F.D. Pooley. (1982). MINERAL FIBER CONTENT OF LUNG IN MESOTHELIAL TUMOURS IN NORTH AMERICA. Annals of Occupational Hygiene. 26(1-4)417-422.
- (27) Weill, H., J. Hughes and C. Waggenspack. (1979). INFLUENCE OF DOSE AND FIBER TYPE ON RESPIRATORY MALIGNANCY RISK IN ASBESTOS CEMENT MANUFACTURING. American Review of Respiratory Disease. 120(2):345-354.
- (28) Gérin M., J. Siemiaticki, H. Kemper and D. Bégin. (1985). OBTAINING OCCUPATIONAL EXPOSURE HISTORIES IN EPIDEMIOLOGIC CASE-CONTROL STUDIES. Journal of Occupational Medicine. 27(6):421-427.

- (29) Siemiatycki, J. (1984). AN EPIDEMIOLOGIC APPROACH TO DISCOVERING OCCUPATIONAL CARCINOGENS BY OBTAINING BETTER INFORMATION ON OCCUPATIONAL EXPOSURES. *Recent Advances in Occupational Health*. 2:143-157.
- (30) Siemiatycki, J., N. Day, J. Fabry and J. Cooper. (1981). DISCOVERING CARCINOGENS IN THE OCCUPATIONAL ENVIRONMENT: A NOVEL EPIDEMIOLOGIC APPROACH. *Journal of the National Cancer Institute*. 66:217-225.
- (31) Siemiatycki, J., M. Gérin and J. Hubert. (1981). EXPOSURE-BASED CASE-CONTROL APPROACH TO DISCOVERING OCCUPATIONAL CARCINOGENS: PRELIMINARY FINDINGS. QUANTIZATION OF OCCUPATIONAL CARCINOGENS. Banbury Report No. 9, Cold Spring Harbor Laboratory. 471-483.
- (32) Vallyathan, V. and F.H.Y. Green. (1985). THE ROLE OF ANALYTICAL TECHNIQUES IN THE DIAGNOSIS OF ASSOCIATED DISEASE. *CRC Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. 22(1):1-42.
- (33) Abraham, J.L. and B.R. Burnett. (1983). QUANTITATIVE ANALYSIS OF INORGANIC PARTICULATE BURDEN IN SITU IN TISSUE SECTIONS. *Scanning Electron Microscopy*. II:681-696.
- (34) Coleman, J.R. (1978). X-RAY ANALYSIS OF BIOLOGICAL SAMPLES. *Scanning Electron Microscopy*. II:911-926.
- (35) Shuman, H., A.A. Somlyo and A.P. Somuyo. (1976). QUANTITATIVE ELECTRON PROBE MICROANALYSIS OF BIOLOGICAL THIN SECTIONS: METHOD AND VALIDITY. *Ultramicroscopy*. 1:317-339.
- (36) Jaunarajs, K.L. and R.S. Liebling. (1972). THE DIGESTION OF LUNG TISSUE FOR MINERAL DUST RECOVERY. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 33:535-572.
- (37) Friedrichs, K.H. (1987). ELECTRON MICROSCOPIC ANALYSES OF DUST FROM THE LUNGS AND THE LYMPH NODES OF TALC-MINE EMPLOYEES. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 48(7):626-633.
- (38) Williams Jr. M.G., R.F. Dodson, C. Corn and G.A. Hurst. (1982). A PROCEDURE FOR THE ISOLATION OF AMOSITE ASBESTOS AND FERRUGINOUS BODIES FROM LUNG TISSUE AND SPUTUM. *Journal of toxicology and Environmental Health*. 10:627-628.

- (39) Mastin, J.P., L.E. Stettler and J.D. Shelburne. (1988). QUANTITATIVE ANALYSIS OF PARTICULATE BURDEN IN LUNG TISSUE. *Scanning Microscopy*: 2(3):1613-1629.
- (40) Kendal, M.D., A. Warley and I. Morris. (1985). DIFFERENCES IN APPARENT ELEMENTAL COMPOSITION OF TISSUES AND CELL USING A FULLY QUANTITATIVE X-RAY MICROANALYSIS SYSTEM. *Journal of Microscopy*. 38:35-42.
- (41) Barbi, N.C. (1979). QUANTITATIVE METHODS IN BIOLOGICAL X-RAY MICROANALYSIS. *Scanning Electron Microscopy*. II:659-672.
- (42) Trump, B.F., I.K. Berezsky, R.E. Pendergrass, S.H. Chang, R.E. Bulger and W.J. Mergner. (1978). X-RAY MICROANALYSIS OF DIFFUSIBLE ELEMENTS IN SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF BIOLOGICAL THIN SECTIONS. STUDIES OF PATHOLOGICALLY ALTERED CELLS. *Scanning Electron Microscopy*. II:1027-1040.
- (43) Funahashi, A., K. Pintar and K.A. Siegesmund. (1975). IDENTIFICATION OF FOREIGN MATERIAL IN LUNG BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS. A NEW APPROACH TO SILICOSIS. *Archives of Environmental Health*. 30:285-289.
- (44) Siegesmund, K.A., A. Funahashi, K. Pintar, R. Dragen and D. Schleuter. (1980). ELEMENTAL CONTENT IN ALVEOLAR SEPTA IN VARIOUS PNEUMOCONIOSIS. *Scanning Electron Microscopy* II:485-491.
- (45) Siegesmund, K.A., A. Funahashi and D.E. Yorde. (1985). MORPHOMETRIC AND ELEMENTAL MICROANALYTICAL STUDIES OF HUMAN LUNG IN HEALTH AND DISEASE. *British Journal of Industrial Medicine*. 42:36-42.
- (46) Abraham, J.L. (1984). IDENTIFICATION AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF TISSUE PARTICULATE BURDEN. *Annals New York Academy of Sciences*. 428:60-67.
- (47) Duckett, S., P. Galle and C. Fiori. (1985). ELECTRON PROBE MICROANALYSIS OF NORMAL AND PATHOLOGICAL NEURAL TISSUE WITH WAVELENGTH DISPERSIVE X-RAY SPECTROMETRY. In: *Metal Ions in Neurology and Psychiatry* (vol.15), Gabay, S., J. Harris and T.B. Ho eds. (A.R. Liss publisher). pp 367-396.
- (48) Gullvag, B.M., A. Nielson and E. Mylius. (1980). X-RAY MICROANALYTICAL STUDIES OF ALVEOLAR MACROPHAGES (AM) FROM EXPECTORATE SAMPLES AS PART OF TEST OF EFFECT OF PARTICULATE AIR POLLUTION. *Scanning Electron Microscopy*. III:339-348.

- (49) Kitazawa, T., H. Shuman and P. Somlyo. (1983). QUANTITATIVE ELECTRON PROBE ANALYSIS: PROBLEMS AND SOLUTIONS. *Ultramicroscopy*. 11:251-262.
- (50) Cliff, C. and G.W. Lorimer. (1972). QUANTITATIVE ANALYSIS OF THIN FOILS USING EMMA-4 - THE RATIO TECHNIQUE. *Proceedings of the Fifth European Congress on Electron Microscopy (Manchester)*. pp 140-141.
- (51) Goodhew, P.J. and D. Chescoe. (1980). MICROANALYSIS IN THE TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE. *Micron*. 11:153-181.
- (52) Anttila, S., S. Sutinen, P. Paakko, T. Alapieti, R. Peura and S.J. Sivonen. (1984). QUANTITATIVE X-RAY MICROANALYSIS OF PULMONARY MINERAL PARTICLES IN A PATIENT WITH PNEUMOCONIOSIS AND TWO PRIMARY LUNG TUMOURS. *British Journal of Industrial Medicine*. 41:468-473.
- (53) Hall, T.A. (1971). THE MICROPROBE ESSAY OF CHEMICAL ELEMENTS. In: *Physical Techniques in Biomedical Research (vol. 1a)*. Oster, G. ed. (Academic Press, New York) pp 157-275.
- (54) Hall, T.A. and B.L. Gupta. (1983). THE LOCALISATION AND ASSAY OF CHEMICAL ELEMENTS BY MICROPROBE METHODS. *Quarterly Reviews of Biophysics*. 16(3):279-339.
- (55) Hall, T. (1975). METHODS OF QUANTITATIVE ANALYSIS. *Journal de Microscopie et Biologie Cellulaire*. 22:271-281.
- (56) Armstrong, J.T. (1978). METHODS OF QUANTITATIVE ANALYSIS OF INDIVIDUAL MICROPARTICLES WITH ELECTRON BEAM INSTRUMENTS. *Scanning Electron Microscopy*. I:455-467.
- (57) Linders, P.W.J., R.A. Van De Vorstenbosch, H.T.J. Smits, A.L.H. Stohls and A.M. Stadhouders. (1984). ABSOLUTE QUANTITATIVE ELECTRON MICROSCOPY OF THIN BIOLOGICAL SPECIMENS BY ENERGY-DISPERSIVE X-RAY MICROANALYSIS AND DENSITOMETRIC MASS DETERMINATION. *Analytica Chimica Acta*. 160:57-67.
- (58) Panessa-Warren, B.J. (1983). BASIC BIOLOGICAL X-RAY MICROANALYSIS. *Scanning Electron Microscopy*. II:713-723.
- (59) Russ, J.C. (1979). ANALYSIS OF ELEMENTAL RATIOS IN THIN SAMPLES. *Scanning Electron Microscopy*. II:673-682.
- (60) Goldstein, J.I., G.W. Lorimer and S.J.B. Reed. (1977). QUANTITATIVE X-RAY ANALYSIS IN THE ELECTRON MICROSCOPE. *Scanning Electron Microscopy*. I:315-324.

- (61) Roomans, G.M. (1979). STANDARDS FOR X-RAY MICROANALYSIS OF BIOLOGICAL SPECIMENS. *Scanning Electron Microscopy*. II:649-658.
- (62) Ross, N. and B. Tudor. (1984). AMINOPLASTIC STANDARDS FOR QUANTITATIVE ANALYSIS X-RAY MICROANALYSIS OF THIN SECTIONS OF PLASTIC-EMBEDDED BIOLOGICAL MATERIAL. *Ultramicroscopy*. 15:277-286.
- (63) Grund, S., J. Eichberg and F. Asmussen. (1982). A SPECIFIC EMBEDDING RESIN (PVK) FOR FINE CYTOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE PHOTOEMISSION ELECTRON MICROSCOPE. *Journal of Ultrastructure Research*. 80:89-97.
- (64) Vallyathan, N.V., A.R. Brody and J.E. Craighead. (1980). BIOLOGICAL STANDARDS FOR ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS. *Journal of Environmental Pathology and Toxicology*. 3:269-280.
- (65) Berry, J.P., P. Henoc, P. Galle and R. Pariente. (1976). PULMONARY MINERAL DUST: A STUDY OF NINETY PATIENTS BY ELECTRON MICROSCOPY, ELECTRON MICROANALYSIS AND ELECTRON MICRODIFFRACTION. *American Journal of Pathology*. 83(3):427-456.
- (66) Ghadially, F.N., A.F. Oryschak and D.M. Mitchell. (1976). ULTRASTRUCTURAL CHANGES PRODUCED IN RHEUMATOID SYNOVIAL MEMBRANE BY CHRYSOTHERAPY. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 35:67-72.
- (67) Maatta, K. and A.U. Arstila. (1975). PULMONARY DEPOSITS OF TITANIUM DIOXIDE IN CYTOLOGIC AND LUNG BIOPSY SPECIMEN: LIGHT AND ELECTRON MICROSCOPY X-RAY ANALYSIS. *Laboratory Investigation*. 33(3):342-346.
- (68) Morgenroth, K., R. Blaschke and W. Schlake. (1973). ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS OF SEMI-THIN SECTIONS IN THE SCANNING TRANSMISSION. *Beitraege Zur Pathology*. 150:406-411.
- (69) Sanfilippo, F., C. Wisseman, P. Ingram and J.D. Shelburne. (1981). CRYSTALLINE DEPOSITS OF CALCIUM AND PHOSPHOROUS: THEIR APPEARANCE IN GLOMERULAR BASEMENT MEMBRANES IN A PATIENT WITH RENAL FAILURE. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*. 105:594-598.
- (70) Sato, S., G.F. Murphy, J.D. Bernhard, M.C. Mihm Jr. and T.B. Fitzpatrick. (1981). ULTRASTRUCTURAL AND X-RAY MICROANALYTICAL OBSERVATIONS OF MINOCYCLINE-RELATED HYPERPIGMENTATION OF THE SKIN. *Journal Investigate of Dermatology*. 77(3):264-271.

- (71) Siegesmund, K.A., A. Funahashi and K. Pintar. (1974). IDENTIFICATION OF METALS IN LUNG FROM A PATIENT WITH INTERSTITIAL PNEUMONIA. Archives of Environmental Health. 28:345-349.
- (72) Smith, D.M., J.A. Pitcock and W.M. Murphy. (1982). ALUMINUM-CONTAINING DENSE DEPOSITS OF THE GLOMERULAR BASEMENT MEMBRANE: IDENTIFICATION BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS. American Journal of Clinical Pathology. 77:341-346.
- (73) Yarom, R. (1979). ELECTRON MICROSCOPIC X-RAY MICROANALYSIS IN PATHOLOGY: CURRENT STATUS. Israel Journal of Medical Sciences. 15(8):711-715.
- (74) Abraham, J.L., P.B. Denee, A.H. Gelderman, F.H.Y. Green, P. Willard and C. Hando. (1980). LYOPHILIZED UNFIXED WHOLE LUNGS FOR CORRELATIVE ROENTGENOLOGIC-PATHOLOGIC-MICROANALYTIC STUDY OF OCCUPATIONAL RESPIRATORY DISEASE. American Journal of Forensic Medicine and Pathology. 1(2):181-185.
- (75) Bell, S.W., S.K. Masters, P. Ingram, M. Walters and J.D. Shelburne. (1979). ULTRASTRUCTURE AND X-RAY MICROANALYSIS OF MACROPHAGES EXPOSED TO CADMIUM CHLORIDE. Scanning Electron Microscopy. III:111-121.
- (76) Chandler, J.A. and S. Battersby. (1976). X-RAY MICROANALYSIS OF ULTRATHIN FROZEN AND FREEZE-DRIED SECTIONS OF HUMAN SPERM CELLS. Journal of Microscopy. 107(part 1):55-65.
- (77) deVries, C.R., P. Ingram, S.R. Walker, R.W. Linton, W.F. Gutknecht and J.D. Shelburne. (1983). ACUTE TOXICITY OF LEAD PARTICULATES OF PULMONARY ALVEOLAR MACROPHAGES: ULTRASTRUCTURAL AND MICROANALYTICAL STUDIES. Laboratory Investigation. 48(1):35-44.
- (78) Ingram, F.D. and M.J. Ingram. (1977). QUANTITATIVE ANALYSIS WITH THE FREEZE-DRIED, PLASTIC EMBEDDED TISSUE SPECIMEN. Journal de Microscopie et Biologie Cellulaire. 22:193-204.
- (79) Masters, S.K., S.W. Bell, P. Ingram, D.O. Adams and J.K. Shelburne. (1979). PREPARATIVE TECHNIQUES FOR FREEZING AND FREEZE-SECTIONING MACROPHAGES. Scanning Electron Microscopy. III:97-110.



- (80) Roomans G.M., X. Wei and L. Seveus. (1982). CRYOULTRAMICROTOMY AS A PREPARATIVE METHOD FOR X-RAY MICROANALYSIS IN PATHOLOGY. *Ultrastructural Pathology*. 3:65-84.
- (81) Yaroum, R., C. Maunder, M. Scripps, T.A. Hall and V. Dubowitz. (1975). A SIMPLIFIED METHOD OF SPECIMEN PREPARATION FOR X-RAY MICROANALYSIS OF MUSCLE AND BLOOD CELLS. *Histochemistry*. 45:49-59.
- (82) Lechene, C.P. (1977). ELECTRON PROBE MICROANALYSIS: ITS PRESENT, ITS FUTURE. *American Journal of Physiology*. 232(5):391-396.
- (83) Quinton, P.M. (1978). SEM-EDS X-RAY ANALYSIS OF FLUIDS. *Scanning Electron Microscopy*. II:391-397.
- (84) Quinton, P.M. (1978). TECHNIQUES FOR MICRODROP ANALYSIS OF FLUIDS (SWEAT, SALIVA, URINE) WITH AN ENERGY-DISPERSIVE X-RAY SPECTROMETER ON A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE. *American Journal of Physiology*. 234:F225-F259.
- (85) Kimm, K.M. (1979). X-RAY ANALYSIS OF PATHOLOGICAL CALCIFICATIONS INCLUDING URINARY STONES. *Scanning Electron Microscopy*. II:739-744.
- (86) Kim, K.M. and F.B. Johnson. (1981). CALCIUM OXALATE CRYSTAL GROWTH IN HUMAN URINARY STONES. *Scanning Electron Microscopy*. III:147-154.
- (87) Roomans, G.M. and B. Forsling. (1980). COPPER IN GREEN HAIR: A QUANTITATIVE INVESTIGATION BY ELECTRON PROBE X-RAY MICROANALYSIS. *Ultrastructural Pathology*. 1(3):301-307.
- (88) Seta, S., H. Sato and M. Yoshino. (1979). QUANTITATIVE INVESTIGATION OF SULFUR AND CHLORINE IN HUMAN HEAD HAIRS BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY MICROANALYSIS. *Scanning Electron Microscopy*. II:193-202.
- (89) Thomas, R.S. and J.R. Hollahan. (1974). USE OF CHEMICALLY-REACTIVE GAS PLASMAS IN PREPARING SPECIMENS FOR SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND ELECTRON PROBE MICROANALYSIS. *Scanning Electron Microscopy* I:84-92.
- (90) Manke, J., K. Rodelsperger, B. Bruckel and H.J. Weitowitz. (1987). EVALUATION AND APPLICATION OF A PLASMA ASHING METHOD FOR STEM FIBER ANALYSIS IN HUMAN LUNG TISSUE. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 48(8):730-738.

- (91) Humphreys, W.J., W.G. Henk and D.B. Chandler. (1979). SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF BIOLOGICAL SPECIMENS SURFACE-ETCHED BY AN OXYGEN PLASMA. Scanning Electron Microscopy III:345-354.
- (92) Gylseth, B., E.M. Ophus and G. Mowe. (1979). DETERMINATION OF INORGANIC FIBER DENSITY IN HUMAN LUNG TISSUE BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AFTER LOW TEMPERATURE ASHING. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 5:151-157.
- (93) Gylseth, B., R.H. Baunan and R. Bruun. (1981). ANALYSIS OF INORGANIC FIBER CONCENTRATIONS IN BIOLOGICAL SAMPLES BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 7:101-108.
- (94) DeNee, P.B. (1976). IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF PARTICLES IN BIOLOGICAL TISSUE USING SEM AND RELATED TECHNIQUES. Scanning Electron Microscopy. II:461-468.
- (95) Ruttner, J.R., M.A. Spycher and H. Sticher. (1973). THE DETECTION OF ETIOLOGIC AGENTS IN INTERSTITIAL PULMONARY FIBROSIS. Human Pathology. 4(4):492-512.
- (96) Gross, P., J. Tuma and R.T.P. de Treville. (1970). FIBROUS DUST PARTICLES AND FERRUGINOUS BODIES: METHODS FOR QUANTITATING THEM AND SOME RESULTS FROM THE LUNG OF THE CITY DWELLERS. Archives of Environmental Health. 21:38-46.
- (97) Churg, A.M. and M.L. Warnock. (1977). ANALYSIS OF THE CORES OF FERRUGINOUS (ASBESTOS) BODIES FROM THE GENERAL POPULATION. 1, PATIENTS WITH AND WITHOUT LUNG CANCER. Laboratory Investigation. 37(3):280-286.
- (98) Churg, A.M., M.L. Warnock, N. Sadoka. (1977). A SIMPLE METHOD FOR PREPARING FERRUGINOUS BODIES FOR ELECTRON MICROSCOPIC EXAMINATION. American Journal of Clinical Pathology. 68:513-517.
- (99) Johari, O. and P.B. DeNee. (1972). HANDLING, MOUNTING AND EXAMINATION OF PARTICLES FOR SCANNING ELECTRON MICROSCOPY Scanning Electron Microscopy. I:249-256.
- (100) Langer, A.M., I.B. Rubin and I.J. Selikoff. (1972). CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ASBESTOS BODY CORES BY ELECTRON MICROPROBE ANALYSIS. The Journal of Histochemistry and Cytochemistry. 20:723-734.
- (101) Smith, M.J. and B. Naylor. (1972). A METHOD FOR EXTRACTING FERRUGINOUS BODIES FROM SPUTUM AND PULMONARY TISSUE. American Journal of Clinical Pathology. 58:250-254.

- (102) Ashcroft, T. and A.G. Heppleston. (1973). THE OPTICAL AND ELECTRON MICROSCOPIC DETERMINATION OF PULMONARY ASBESTOS FIBRE CONCENTRATION AND ITS RELATION TO HUMAN PATHOLOGY. *Journal of Clinical Pathology*. 26:224-234.
- (103) Pooley, F.D. (1981). TISSUE MINERAL IDENTIFICATION. In: *Occupational Lung Diseases: Research Approaches and Methods (Lung Biology in Health and Disease, vol. 18)*. Weill, H. and M. Turner-Warwick eds (M. Dekker, New York). pp 189-235.
- (104) Nenadic, C.M. and J.V. Crable. (1970). ENZYMATIC DIGESTION OF HUMAN LUNG TISSUE. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 31:81-86.
- (105) Sweet, D.V., W.E. Crouse, J.V. Crable, J.R. Carlberg and W.S. Lainhart. (1974). THE RELATIONSHIP OF TOTAL DUST, FREE SILICA, AND TRACE METAL CONCENTRATIONS TO THE OCCUPATIONAL RESPIRATORY DISEASE OF BITUMINOUS COAL MINERS. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 35:479-488.
- (106) Vallyathan, N.V., F.H.Y. Green and J.E. Craighead. (1980). RECENT ADVANCES IN THE STUDY OF MINERAL PNEUMOCONIOSIS. *Annual Pathology*. 15(2):77-104.
- (107) Knapp, G. (1984). DECOMPOSITION METHODS IN ELEMENTAL TRACE ANALYSIS. *Trends in Analytical Chemistry*. 3(7):182-185.
- (108) Walsh, P.R., J.L. Fasching and R.A. Duce. (1976). LOSSES OF ARSENIC DURING THE LOW TEMPERATURE ASHING OF ATMOSPHERE PARTICULATE SAMPLES. *Analytical Chemistry*. 48(7):1012-1014.
- (109) LeBouffant, L. (1974). INVESTIGATION AND ANALYSIS OF ASBESTOS FIBERS AND ACCOMPANYING MINERAL IN BIOLOGICAL MATERIAL. *Environmental Health Perspectives*. 9:149-153.
- (110) Abraham, J.L. (1977). SEM AS AN AID IN DIAGNOSIS - AN OVERVIEW. *Scanning Electron Microscopy*. II:119-128.
- (111) Abraham J.L. (1979). DOCUMENTATION OF ENVIRONMENTAL PARTICULATE EXPOSURES IN HUMAN USING SEM AND EDXA. *Scanning Electron Microscopy*. II:751-766.
- (112) Abraham J.L. (1979). DIAGNOSTIC APPLICATIONS OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND MICROANALYSIS IN PATHOLOGY. *Israel Journal of Medical Science*. 15:716-723.

- (113) Abraham, J.L. (1980). BIOMEDICAL MICROANALYSIS - PUTTING IT TO WORK NOW IN DIAGNOSTIC PATHOLOGY. Scanning Electron Microscopy. IV:171-178.
- (114) Cameron, C.H. and P.H. Mcphee. (1978). A SIMPLE AND RAPID METHOD OF IDENTIFICATION OF ELEMENTAL DEPOSITS IN SURGICAL BIOPSY SPECIMENS. Israel Journal of Medical Sciences. 147:379-382
- (115) Carter, H.W. (1980). CLINICAL APPLICATIONS OF SEM IN NORTH AMERICA WITH EMPHASIS ON SEM'S ROLE IN COMPARATIVE MICROSCOPY. Scanning Electron Microscopy. III:115-120.
- (116) Chandler, J.A. (1975). APPLICATIONS OF X-RAY MICROANALYSIS TO PATHOLOGY. Journal de Microscopie et Biologie Cellulaire. 22:425-432.
- (117) Chandler, J.A. (1979). PRINCIPLES OF X-RAY MICROANALYSIS IN BIOLOGY. Scanning Electron Microscopy. II:595-606.
- (118) Galle, P., J.P. Berry and R. LeFevre. (1979). MICROANALYSIS IN BIOLOGY AND MEDICINE: A REVIEW OF RESULTS WITH THREE MICROANALYTICAL METHODS. Scanning Electron Microscopy. II:827-829.
- (119) Ghadially, F.N. (1979). INVITED REVIEW. THE TECHNIQUE AND SCOPE OF ELECTRON PROBE X-RAY ANALYSIS IN PATHOLOGY. Pathology. 11:95-110.
- (120) Henderson, W.J., J.A. Chandler, C.K. Blundell, C. Griffiths and J. Davies. (1977). THE APPLICATION OF ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY TO THE STUDY OF DISEASED BIOLOGICAL TISSUE. Journal of Microscopy. 99:183-192.
- (121) Higginson, J. (1972). THE ROLE OF PATHOLOGIST IN ENVIRONMENTAL MEDICINE AND PUBLIC HEALTH. American Journal of Pathology. 86:459-484.
- (122) Middleman, L.M. and J.D. Geller. (1976). TRACE ELEMENT ANALYSIS USING X-RAY EXCITATION WITH AN ENERGY DISPERSIVE SPECTROMETER ON A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE. Scanning Electron Microscopy. I:171-178.
- (123) Robertson, A.J. (1968). ELECTRON PROBE MICROANALYSER AND ITS APPLICATION IN MEDICINE. Physics in Medicine and Biology. 13:505-522.
- (124) Baker, D., K.G. Kupke, P. Ingram, V.L. Roggli and J.D. Shelburne. (1985). MICROPROBE ANALYSIS IN HUMAN PATHOLOGY. Scanning Electron Microscopy. II:659-680.

- (125) Croker, P.R., D.V. Doyle and D.A. Levison. (1980). A PRACTICAL METHOD FOR THE IDENTIFICATION OF PARTICULATE AND CRYSTALLINE MATERIAL IN PARAFFIN-EMBEDDED TISSUE SPECIMENS. *Journal of Pathology*. 131:165-173.
- (126) Brody, A.R. (1984). INHALED PARTICLES IN HUMAN DISEASE AND ANIMAL MODELS: USE OF ELECTRON BEAM INSTRUMENTATION. *Environmental Health Perspectives*. 56:149-162.
- (127) Friedrichs K.H. and H. Otto. (1981). FIBERS IN HUMAN LUNG DUST SAMPLES: A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE STUDY. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 42(2):150-157.
- (128) Roggli, V.L. and J.D. Shelburne. (1982). NEW CONCEPTS IN THE DIAGNOSIS OF MINERAL PNEUMOCONIOSIS. *Seminars in Respiratory Medicine*. 4:138-148.
- (129) Rubin, I.B. and C.J. Magiore. (1974). ELEMENTAL ANALYSIS OF ASBESTOS FIBERS BY MEANS OF ELECTRON PROBE TECHNIQUES. *Environmental Health Perspectives*. 9:81-94.
- (130) Pooley, F.D. (1977). THE USE OF AN ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPE IN THE ANALYSIS OF MINERAL DUSTS. *Philosophical Transactions. Royal Society of London*. A286:625-638.
- (131) Churg, A.M. and M.L. Warnock (1981). ASBESTOS AND OTHER FERRUGINOUS BODIES: THEIR FORMATION AND CLINICAL SIGNIFICANCE. *American Journal of Pathology*. 102:447-456.
- (132) Morgan, A. and A. Holmes. (1980). CONCENTRATIONS AND DIMENSIONS OF COATED AND UNCOATED ASBESTOS FIBERS IN THE HUMAN LUNG. *British Journal of Industrial Medicine*. 37:25-32.
- (133) Roggli V.L., S.D. Greenberg, L.H. Seitzman, M.H. McGavran, G.A. Hurat, G.G. Spivey, K.G. Nelson and L.R. Hieger. (1980). PULMONARY FIBROSIS, CARCINOMA AND FERRUGINOUS BODY COUNTS IN AMOSITE ASBESTOS WORKERS: A STUDY OF SIX CASES. *American Journal of Clinical Pathology*. 73:496-503.
- (134) Worth, G. and H. Worth. (1979). DISEASES DUE TO THE INHALATION OF ASBESTOS DUST. *Praxis und Klinik der Pneumologie*. 33:701-725.

- (135) Mukherjee, T.M. and B.R. Dixon. (1983). THE ROLE OF ELECTRON MICROSCOPY AND MICROANALYTICAL TECHNIQUES IN THE UNDERSTANDING OF THE PATHOPHYSIOLOGY OF ENVIRONMENTAL DUSTS ASSOCIATED WITH LUNG DISEASE. *Scanning Electron Microscopy*. II:663-679.
- (136) Churg, A. (1982). FIBER COUNTING AND ANALYSIS IN THE DIAGNOSIS OF ASBESTOS-RELATED DISEASE. *Human Pathology*. 13(4): 381-392.
- (137) Hayashi, H., S. Aita and M. Suzuki. (1978). SEMIQUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF ASBESTOS FIBERS AND CLAY MINERALS WITH AN ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPE. *Clays and Clay Mineral*. 26(3):181-188.
- (138) Hayashi, H. (1978). ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS OF ASBESTOS FIBERS. *Clay Science*. 5:145-154.
- (139) Grasserbauer, M. (1978). THE PRESENT STATE OF LOCAL ANALYSIS: ANALYSIS OF INDIVIDUAL SMALL PARTICLES. *Microchimica Acta*. 1:329-350.
- (140) Krier, G. et J.F. Muller. (1987). LA TECHNIQUE LAMMA. *Mémoires et Etudes Scientifiques, Revue de Métallurgie*. pp 275-288.
- (141) Landry, J.C. and J. Dennemont. (1984). SPECIATION OF ELEMENTS IN THE ENVIRONMENT BY LASER MICROPROBE MASS ANALYSER (LAMMA). *Archives des Sciences*. 37(2):105-122
- (142) Wieser, P., R. Wuster and H. Seiler. (1980). IDENTIFICATION OF PARTICLES BY LASER INDUCED MASS SPECTROSCOPY. *Atmospheric Environment*. 14(4):485-494.
- (143) Denoyer, E., D.F.S. Natusch, P. Surkyn and F.C. Adams. (1983). LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS (LAMMA) AS A TOOL FOR PARTICLE CHARACTERIZATION: A STUDY OF COAL FLY ASH. *Environment Science Technology*. 17:457-462.
- (144) Spurny, K.R. and J. Schormann. (1981). IDENTIFICATION AND MICROANALYSIS OF MINERAL FIBERS BY LAMMA. *Fresenius' Zeitschrift fuer Analytische Chemie*. 308(3):274-279.
- (145) De Waele, J.K. and F.C. Adams. (1988). THE SURFACE CHARACTERIZATION OF MODIFIED CHRYSOTILE ASBESTOS. *Scanning Microscopy*. 2(1):209-228.
- (146) De Waele, J.K., E.F. Vansant, P. Van Espen and F.C. Adams. (1983). LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS OF ASBESTOS FIBER SURFACES FOR ORGANIC COMPOUNDS. *Analytical Chemistry*. 55:671-677.

- (147) De Waele, J.K., I. Verhaert, E.F. Vansant and F.C. Adams. (1983). LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS (LAMMA) AND ADSORPTION STUDY OF ALIPHATIC ALKYLAMMONIUM IONS ALKYLAMINES ON ASBESTOS FIBRE SURFACES. Surface and Interface analysis. 5(5):186-192.
- (148) Kaufmann, R.L. (1986). LASER-MICROPROBE MASS SPECTROSCOPY (LAMMA) OF PARTICULATE MATTER. In: Physical Chemical Characterization of Individual Airborne Particles. Spurny K.R. ed. (John Wiley & Sons, Toronto). pp 226-249.
- (149) Schmidt, P.F., H.G. Fromme and G. Pfefferkorn. (1980). LAMMA-INVESTIGATIONS OF BIOLOGICAL AND MEDICAL SPECIMENS. Scanning Electron Microscopy. II:623-634.
- (150) Verbueken, A.H., F.L. Van De Vyver, W.J. Visser, F. Roels, R.E. Van Grieken and M.E. De Broe. (1987). USE OF LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS (LAMMA) FOR LOCALIZING MULTIPLE ELEMENTS IN SOFT AND HARD TISSUES. Biological Trace Element Research. 13:397-416.
- (151) De Waele, J.K., F.C. Adams, P.A. Vermeire and M. Neuberger. (1986). LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS FOR IDENTIFICATION OF ASBESTOS FIBERS IN LUNG TISSUE AND BRONCHO-ALVEOLAR WASHING FLUID. Microchimica Acta. III:197-213.
- (152) De Waele, J.K.E. and F.C. Adams. (1986). LASER MICROPROBE MASS ANALYSIS OF FIBROUS DUSTS. In: Physical and Chemical Characterization of Individual Airborne Particles, Spurny K.R. ed. (John Wiley & Sons, Toronto). pp 271-297.
- (153) Galle, P. and R. Lefevre. (1978). SECONDARY ION EMISSION MICROANALYSIS: BIOMEDICAL APPLICATIONS. Microscopica Acta. 2(suppl.2, Microprobe Analysis in Biology and Medicine):341-354.
- (154) Linton, R.W., S.R. Walker, C.R. DeVries, P. Ingram and J. Shelburne. (1980). ION MICROANALYSIS OF CELL. Scanning Electron Microscopy. II:583-596.
- (155) Truchet, M. (1978). ION MICROANALYSIS IN METAL TOXICOLOGY: EXPERIMENTAL DATA AND BIOPSIES ANALYSIS. Microscopica Acta. 2:(Suppl. 2, Microprobe Analysis in Biology and Medicine): 355-366.
- (156) Galle, P., J.P. Berry and F. Escaig. (1983). SECONDARY ION MASS MICROANALYSIS: APPLICATIONS IN BIOLOGY. Scanning Electron Microscopy. II:827-839.

- (157) Delahaye, M., P. Dhamelincourt and F. Wallart. (1979). ANALYSIS OF PARTICULATES BY RAMAN MICROPROBE. *Toxicology and Environmental Chemistry Reviews*. 3:73-87.
- (158) Gage, D.R. and S.O. Farwell. (1981). LASER RAMAN SPECTROMETRY FOR THE DETERMINATION OF CRYSTALLINE SILICA POLYMORPHS IN VOLCANIC ASHES. *Analytical Chemistry*. 53(13):2123-2127.
- (159) Blaha, J.J. and G.J. Rosasco. (1978). RAMAN MICROPROBE SPECTRA OF INDIVIDUAL MICROCRYSTALS AND FIBERS OF TALC, TREMOLITE AND RELATED SILICATE MINERALS. *Analytical Chemistry*. 50(7):892-896.
- (160) Buiteveld, H., F.F.M. De Mul, J. Mud and J. Greve. (1984). IDENTIFICATION OF INCLUSIONS IN LUNG TISSUE WITH A RAMAN MICROPROBE. *Applied Spectroscopy*. 38(4):304-306.
- (161) De Mul, F.F.M., H. Buiteveld, J. Lankester, J. Mud and J. Greve. (1984). RAMAN SPECTROSCOPY IN HUMAN PATHOLOGY. *Raman Microspectroscopy*. 15(11):1062-1068.
- (162) Huong, P.V. and S.R. Plouvier. (1984). BLUE PARTICLES IN CANCEROUS ORGANS STUDIED BY LASER MICRO-RAMAN SPECTROSCOPY. *Journal of Molecular Structure*. 115:489-492.
- (163) Gibbs, G.W. and M. Lachance. (1972). DUST EXPOSURE IN THE CHRYSOTILE ASBESTOS MINES AND MILLS OF QUEBEC. *Archives of Environmental Health*. 24:189-197.
- (164) Churg, A., M.L. Warnock and N. Green. (1979). ANALYSIS OF THE CORES OF FERRUGINOUS (ASBESTOS) BODIES FROM THE GENERAL POPULATION. II. TRUE ASBESTOS BODIES AND PSEUDOASBESTOS BODIES. *Laboratory Investigation*. 40(1):31-38.
- (165) Roggli, V.L., C.A. Piantadosi and D.Y. Bell. (1986). ASBESTOS BODIES IN BRONCHOALVEOLAR LAVAGE FLUID: A STUDY OF 20 ASBESTOS EXPOSED INDIVIDUALS AND COMPARISON TO PATIENTS WITH CHRONIC INTERSTITIAL LUNG DISEASES. *Acta Cytologica*. 30(5):470-476.
- (166) Dodson, R.F., M.G. Williams Jr., M.F. O'Sullivan, C.J. Corn, S.D. Greenberg and G.A. Hurst. (1985). A COMPARISON OF THE FERRUGINOUS BODY AND UNCOATED FIBER CONTENT IN THE LUNG OF FORMER ASBESTOS WORKERS. *American Review of Respiratory Disease*. 132:143-147.
- (167) Kover, L. and L. Toth. (1984). XPS INVESTIGATION OF AIR POLLUTION EJECTED BY A COAL-FIRED POWER PLANT. *Atmospheric Environment*. 18(10):2135-2141.



- (168) Pathak, B. and P. Sébastien. (1985). SURFACE CHARACTERIZATION OF CHRYSOTILE ASBESTOS BY X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY AND SCANNING AUGER SPECTROSCOPY. Canadian Journal of Spectroscopy. 30(1):1-6.
- (169) Jaurand, M.C., P. Bailief, J.H. Thomassin, L. Magne and J.C. Touray. (1983). X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY AND CHEMICAL STUDY OF THE ADSORPTION OF BIOLOGICAL MOLECULES ON CHRYSOTILE ASBESTOS SURFACE. Journal of Colloid and Interface Science. 95(1):1-9.
- (170) Crable, G.F. (1975). ELECTRON SPECTROSCOPE ANALYSIS OF THE ATOMIC CONTENT OF SAMPLES OF OCCUPATIONAL HEALTH INTEREST. NIOSH research report. Contract No. HSM 99-71-54. U.S.D.H.E.W., National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio. 35p.
- (171) Bumsted, H.E. (1973). DETERMINATION OF ALPHA-QUARTZ IN THE RESPIRABLE PORTION OF AIRBORNE PARTICULATES BY X-RAY DIFFRACTION. American Industrial Hygiene Association Journal. 34:150-158.
- (172) Dolberg, D.D., M.T. Abell and B.A. Lance. (1980). OCCUPATIONAL HEALTH ANALYTICAL CHEMISTRY. QUANTITATION USING X-RAY POWDER DIFFRACTION. In: Analytical techniques in Occupational Health (American Chemical Society). pp 43-65.
- (173) Larsen, D.J., L.J. von Doenhoff and J.V. Crable. (1972). THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF QUARTZ IN COAL DUST BY INFRARED SPECTROSCOPY. American Industrial Hygiene Association Journal. 33:367-372.
- (174) Foster, R.D. and R. F. Walker. (1984). QUANTITATIVE DETERMINATION OF CRYSTALLINE SILICA IN RESPIRABLE SIZE DUST SAMPLES BY INFRARED SPECTROMETRY. Analyst. 109:1117-1127.
- (175) Kohyama, N. (1980). QUANTITATIVE X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS FOR AIRBORNE ASBESTOS DUST IN INDUSTRIAL ENVIRONMENT. PART I. APPLICATION OF X-RAY ABSORPTION CORRECTED METHOD. Industrial Health. 18:69-85.
- (176) Lange, B. and J.C. Hartz. (1979). DETERMINATION OF MICROGRAM QUANTITIES OF ASBESTOS BY X-RAY DIFFRACTION: CHRYSOTILE IN THIN DUSTS LAYERS OF MATRIX MATERIAL. Analytical Chemistry. 51(4):520-525.

- (177) Toussaint, C.J. and F. Bo. (1985). ABOUT THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF CHRYSOTILE ASBESTOS AND ALPHA QUARTZ IN AIRBORNE DUSTS BY X-RAY DIFFRACTION. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 21:1-8.
- (178) Beckett, S.T., A.P. Middleton and J. Dodgson. (1975). THE USE OF INFRARED SPECTROPHOTOMETRY FOR THE ESTIMATION OF SMALL QUANTITIES OF SINGLE VARIETIES OF U.I.C.C. ASBESTOS. *Annals of Occupational Hygiene*. 18:313-320.
- (179) Gadsden, J.A., J. Parker and W.L. Smith. (1970). DETERMINATION OF CHRYSOTILE IN AIRBORNE ASBESTOS BY AN INFRA-RED SPECTROMETRIC TECHNIQUE. *Atmospheric Environment*. 4:667-670.
- (180) Dubois, F., R. Bégin, A. Cantin, S. Massé, M. Martel, G. Bilodeau, A. Dufresne, G. Perrault and P. Sébastien. (1989). ALUMINIUM SILICOSIS REDUCES SILICOSIS IN A SHEEP MODEL. *American Review of Respiratory Disease*. 137:1172-1179.
- (181) Bégin, R., A. Dufresne, A. Cantin, F. Poosmayer and P. Sébastien. (1989). QUARTZ EXPOSURE, RETENTION AND EARLY SILICOSIS IN SHEEP. *Experimental Lung Research*. 15:409-428.
- (182) King, E.J., B.A. McGuire and G. Naglesschmidt. (1956). FURTHER STUDIES OF THE DUST IN LUNGS OF COAL-MINERS. *British Journal of Industrial Medicine*. 13:9-23.
- (183) Maler, E.A., F. Rastegar, R. Helmburger, C. Ruch, A. Pelletier, A. Maler and M.J.F. Leroy. (1985). SIMULTANEOUS DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN LAVAGE FLUIDS FROM BRONCHIAL ALVEOLI BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE. 1-TECHNIQUE AND DETERMINATION OF THE NORMAL REFERENCE INTERVAL. *Clinical Chemistry*. 31(4):551-668.
- (184) Dwivedi, K.K., M.S. Prasad, G.N. Rao, R.K.S. Dogra, R.K. Upreti, R. Shanker, C.R. Krishna Murti, S.S. Kapoor, M. Lal and K.V. Viswanathan. (1980). TRACE ELEMENTAL ANALYSIS OF EXTRACTED DUST FROM LUNGS AND LYMPH NODES OF DOMESTIC ANIMALS USING X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 7:205-221.
- (185) Fornes, R.E., R.D. Gilbert, S.P. Hersh and T.G. Dzubay. (1980). ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS OF DUST COLLECTED USING A VERTICAL ELUTRIATOR COTTON DUST SAMPLER. *Textile Research Institute*. 50(5):297-304.

- (186) Joshi, V., K.K. Dwivedi, P. Sagar, R.M. Singru and G.N. Rao. (1981). TRACE ELEMENTS ANALYSIS USING ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE. Transactions of the Indian Institute of Metals. 34(5):372-375.
- (187) Sturges, W.T., R.M. Harrison and R. Dams. (1985). DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR THE DETERMINATION OF LEAD AND BROMINE IN ATMOSPHERIC PARTICLES BY X-RAY FLUORESCENCE. Atmospheric Environment. 9:1495-1502.
- (188) Bartsch, P., G. Weber, J. Roelandts, A. Collignon, J.M. Delbrouck and R. Robaye. (1981). FIRST RESULTS IN PIXE: ANALYSIS OF LUNG CONSTITUENTS. Medical Application of the Cyclotrons. 13:168-173.
- (189) Bartsch, P., A. Collignon, G. Weber, G. Robaye, J.M. Delbrouck, I. Roelandts and J. Yujie. (1982). DISTRIBUTION OF METALS IN HUMAN LUNG: ANALYSIS BY PARTICLE INDUCED X-RAY EMISSION. Archives of Environmental Health. 37(2):111-117.
- (190) Pachoa, A.S., M.E. Wrenn, S.C. Miller, K.W. Jones, M. Cholewa and A.L. Hanson. (1983). MICROPIXE AS A TOOL TO SEARCH FOR URANIUM-BEARING PARTICLES IN LUNG TISSUES. Neurotoxicologie. 4(3):205-210.
- (191) Weber, G., G. Robaye, P. Bartsch, A. Collignon, Y. Beguin, I. Roelandts and J.M. Delbrouck. (1984). TRACE ELEMENT ANALYSIS BY PIXE IN SEVERAL BIOMEDICAL FIELDS. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. 231:326-331.
- (192) Robaye, G., G. Weber, J.M. Delbrouck, I. Roelandts, P. Bartsch and A. Collignon. (1981). ATTEMPTS TO IMPROVE PIXE QUANTITATIVE TRACE ELEMENT ANALYSIS OF BIOMEDICAL MATERIALS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 181:59-62.
- (193) Guffey, J.A., H.A. Van Rinsvelt, R.M. Sarper, Z. Karcioğlu, W.R. Adams and R.W. Fink. (1978). COMPARISON OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF NORMAL AND DISEASED HUMAN TISSUES BY PIXE ANALYSIS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 149:489-494.
- (194) Lear, R.D., H.A. Van Rinsvelt and W.R. Adams. (1977). PROTON-INDUCE X-RAY EMISSION ANALYSIS OF HUMAN AUTOPSY TISSUES. Advances in X-ray Analysis. 20:403-410.
- (195) Abraham, J.L. and M.A. Herzberg. (1981). INORGANIC PARTICULATES ASSOCIATED WITH DESQUAMATIVE INTERSTITIAL PNEUMONIA. Chest. 80s:67s-70s

- (196) Berner, A., B. Gylseth and F. Levy. (1981). TALC DUST PNEUMOCONIOSIS: A CASE REPORT. Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavia. 89(section A):17-21.
- (197) Brambilla, C., D. Rigaud, P. Stoebnoer, P. Arzac and B. Paramelle. (1978). TALCOSE PULMONAIRE: A PROPOS D'UNE OBSERVATION AVEC ETUDE ULTRASTRUCTURALE ET MINERALOGIQUE. Poumon et le Coeur. 34(3):203-206.
- (198) Brody, A.R., D. Swyer, N.V. Vallyathan, G.P. Visco and J.E. Craighead. (1977). THE ELEMENTAL CONTENT OF GRANULOMATA. PRELIMINARY STUDIES OF PULMONARY SARCOIDOSIS AND HYPERSENSITIVITY. Scanning Electron Microscopy. II:129-136.
- (199) Brody, A.R., N.V. Vallyathan and J.E. Craighead. (1978). USE OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND X-RAY ENERGY SPECTROMETRY TO DETERMINE THE ELEMENTAL CONTENT OF INCLUSIONS IN HUMAN TISSUE LESIONS. Scanning Electron Microscopy. II:615-622.
- (200) Bonin, M. and J.L. Abraham. (1978). COMBINED SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND X-RAY MICROANALYSIS: DIAGNOSTIC AND INVESTIGATIVE USES IN PATHOLOGY. Laboratory Investigation. 38:374.
- (201) Brody, A.R. and J.E. Craighead. (1975). CYTOPLASMIC INCLUSIONS IN PULMONARY MACROPHAGES OF CIGARETTE SMOKERS. Laboratory Investigation. 32:125-132.
- (202) Suratt, P.M., W.C. Winn Jr., A.R. Brody, W.K. Bolton and R.D. Giles. (1977). ACUTE SILICOSIS IN TOMBSTONE SANDBLASTERS. American Review of Respiratory Disease. 115:521-529.
- (203) Vallyathan, N.V. and J.E. Craighead. (1981). PULMONARY PATHOLOGY IN WORKERS EXPOSED TO NON-ASBESTIFORM TALC. Human Pathology. 12(1):28-35.
- (204) Sherwin, R.P., M.L. Barman and J.L. Abraham. (1979). SILICATE PNEUMOCONIOSIS OF FARM WORKERS. Laboratory Investigation. 40:576-582.
- (205) Pintar, K., A. Funahashi and K.A. Siegesmund. (1976). A DIFFUSE FORM OF PULMONARY SILICOSIS IN FOUNDRY WORKERS. Archives of Pathology and Laboratory Medicine. 100:535-538.
- (206) Miller, A., A.S. Teirstein, M.G. Bader, R.A. Bader and I.J. Selikoff. (1971). TALC PNEUMOCONIOSIS: SIGNIFICANCE OF SUBLIGHT MICROSCOPIC MINERAL PARTICLES. American Journal of Medicine. 50:395-402.

- (207) Lapenas, D.J., G.S. Davis, P.N. Gale and A.R. Brody. (1982). MINERAL DUSTS AS ETIOLOGIC AGENTS IN PULMONARY FIBROSIS: THE DIAGNOSTIC ROLE OF ANALYTICAL SCANNING ELECTRON MICROSCOPY. American Journal of Clinical Pathology. 78:701-706.
- (208) Hayashi, H. (1980). ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY IN THE STUDY OF PNEUMOCONIOSIS. Environmental Research. 23:410-421.
- (209) Funahashi, A., K.A. Siegesmund, R.F. Dragen and K. Pirtar. (1977). ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS IN THE STUDY OF PNEUMOCONIOSIS. British Journal of Industrial Medicine. 34:95-101.
- (210) Denee, P.B., J.L. Abraham and A.H. Gelderman. (1973). METHODS FOR A SEM STUDY OF COAL WORKERS' PNEUMOCONIOSIS. Scanning Electron Microscopy. Part III:412-418.
- (211) Craighead, J.E. and N. V. Vallyathan. (1980). CRYPTIC PULMONARY LESIONS IN WORKERS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO DUST CONTAINING SILICA. Journal of the American Medical Association. 244(17):1939-1941.
- (212) Ehrenreich, T., A.D. Mackler, A.M. Langer and I.J. Selikoff. (1973). IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF PULMONARY DUST BURDEN IN PNEUMOCONIOSIS. Annals of Clinical Laboratory Science. 3(2):118-131.
- (213) Brody, A.R., N.V. Vallyathan and J.E. Craighead. (1976). DISTRIBUTION AND ELEMENTAL ANALYSIS OF INORGANIC PARTICULATES IN PULMONARY TISSUE. Scanning Electron Microscopy. III:477-484.
- (214) Ghadially, F.N., F. Murphy and J.M.A. Lalonde. (1984). DIAGNOSIS OF PULMONARY TALCOSIS BY ELECTRON-PROBE X-RAY MICROANALYSIS. Journal of Submicroscopic Cytology. 16(4):773-777.
- (215) Crouch, E. and A. Churg. (1983). PROGRESSIVE MASSIVE FIBROSIS OF THE LUNG SECONDARY TO INTRAVENOUS INJECTION OF TALC. A PATHOLOGIC AND MINERALOGIC ANALYSIS. American Society of Clinical Pathologist. 80(4):520-526.
- (216) Goldbach, P.D., Z. Mohsenifar, J.L. Abraham, W.I. Young and W.D. Merrill. (1982). TALCUM POWDER PNEUMOCONIOSIS. The Western Journal of Medicine. 136(5):439-442.
- (217) Morgenroth, K., H. Kronenberger, G. Michalke and R. Schnabel. (1985). MORPHOLOGY AND PATHOGENESIS OF PNEUMOCONIOSIS IN DENTAL TECHNICIANS. Pathology Research and Practice. 179:528-536.

- (218) Roub. L.W., A. Dekker, H.W. Wagenblast and J. Reece. (1979). PULMONARY SILICATOSIS. A CASE DIAGNOSED BY NEEDLE-ASPIRATION BIOPSY AND ENERGY DISPERSIVE ANALYSIS. American Society of Clinical Pathologist. 72(5):871-875.
- (219) Fischbein, A., A.N. Rohl, Y. Suzuki and O. Bigman. (1985). INTERSTITIAL PULMONARY FIBROSIS IN AN AUTOMOBILE BODY SHOP WORKER. Toxicology Letters. 27:51-57.
- (220) Petsonk, E.L., E. Storey, P.E. Becker, C.A. Davidson, K. Kennedy and V. Vallyathan. (1988). PNEUMOCONIOSIS IN CARBON ELECTRODE WORKERS. Journal of Occupational Medicine. 30(11):887-891.
- (221) Ophus, E.M., L. Rode, B. Gylseth, D. G. Nicholson and K. Saeed. (1979). ANALYSIS OF TITANIUM PIGMENTS UN HUMAN LUNG TISSUE. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 5:290-296.
- (222) Herbert, A., G. Sterling, J. Abraham and B. Corrin. (1982). DESQUAMATIVE INTERSTITIAL PNEUMONIA IN AN ALUMINUM WELDER. Human Pathology. 13:694-699.
- (223) Rohl, A.N., A.M Langer, G. Moncure, I.J. Selikoff and A. Fischbein. (1982). ENDEMIC PLEURAL DISEASE ASSOCIATED WITH EXPOSURE TO MIXED FIBROUS DUST IN TURKEY. Science. 216:518-520.
- (224) Sébastien, P., A. Gaudichet, J. Bignon and Y.I. Baris. (1981). ZEOLITE BODIES IN HUMAN LUNGS FOR TURKEY. Laboratory Investigation. 44:420-425.
- (225) Musk, A.W., H.W. Greville and A.E. Tribe. (1980). PULMONARY DISEASE FROM OCCUPATIONAL EXPOSURE TO AN ARTIFICIAL ALUMINUM SILICATE USED FOR CAT LITTER. British Journal of Industrial Medicine. 37:367-372.
- (226) Bellot, S.M., J.A.F.M. Schade van Westrum, C.A. Wagenvoort and A.E.F.H. Meijer. (1984). DEPOSITION OF BAUXITE DUST AND PULMONARY FIBROSIS. Pathology Research and Practice. 179:225-229.
- (227) Raithel, H.J., K.H. Schaller, A. Reith, K.B. Svenes and H. Valentin. (1988). INVESTIGATION ON THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF NICKEL AND CHROMIUM IN HUMAN LUNG TISSUE. International Archives of Occupational and Environmental Health. 60:55-66.
- (228) Guidotti, T.L., J.L. Abraham, P.B. Denee and J.B. Smith. (1978). ARC WELDERS'PNEUMOCONIOSIS: APPLICATION OF ADVANCED SCANNING ELECTRON MICROSCOPY. Archives of Environmental Health. 33:117-124.

- (229) Stettler, K.E., D.H. Groth and G.R. Mackay. (1977). IDENTIFICATION OF STAINLESS STEEL WELDING FUME PARTICULATES IN HUMAN LUNG AND ENVIRONMENTAL SAMPLES USING ELECTRON PROBE MICROANALYSIS. American Industrial Hygiene Association Journal. 38:76-82.
- (230) Vallyathan, V.L., W.N. Bergeron, P.A. Robichaux and J.E. Craighead. (1982). PULMONARY FIBROSIS IN AN ALUMINIUM ARC WELDER. Chest. 81(3):372-374.
- (231) Davison, A.G., P.L. Haslam, B. Corrin, I.I. Coutts, A. Dewar, W.D. Riding, P.R. Studdy and A.J. Newman-Taylor. (1983). INTERSTITIAL LUNG DISEASE AND ASTHMA IN HARD-METAL WORKERS: BRONCHOALVEOLAR LAVAGE, ULTRASTRUCTURAL, AND ANALYTICAL FINDINGS AND RESULTS OF BRONCHIAL PROVOCATION TESTS. Thorax. 38:119-128.
- (232) Vocaturo, G., F. Colombo, M. Zanoni, F. Rodi, E. Sabbioni and R. Pietra. (1983). HUMAN EXPOSURE TO HEAVY METALS. RARE EARTH PNEUMOCONIOSIS IN OCCUPATIONAL WORKERS. Chest. 83(5):780-783.
- (233) Hayashi, H., and A. Kajita. (1988). SILICON CARBIDE OF A WORKER IN THE ABRASIVE INDUSTRY. American Journal of Industrial Medicine. 14:145-155.
- (234) Funahashi, A., D.P. Schlueter, K. Pintar, K.A. Siegesmund, G.S. Mandel and N.S. Mandel. (1984). PNEUMOCONIOSIS IN WORKERS EXPOSED TO SILICON CARBIDE. American Review of Respiratory Disease. 129(4):635-640.
- (235) Morgenroth, K. (1982). SIZING AND IDENTIFICATION OF ASBESTOS FIBRES AND OTHER MINERALS WITH ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY IN AUTOPSY AND BIOPSY MATERIAL. Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis. 30:193-200.
- (236) Morgan, A. and A. Holmes. (1984). THE DISTRIBUTION AND CHARACTERISTICS OF ASBESTOS FIBERS IN THE LUNGS OF FINNISH ANTHOPHYLLITE MINE WORKERS. Environmental Research. 33:62-75.
- (237) Chen, W.J. and N.K. Mottet. (1978). MALIGNANT MESOTHELIOMA WITH MINIMAL ASBESTOS EXPOSURE. Human Pathology. 9(3):253-258.
- (238) Fischbein, A. and A.N. Rohl. (1984). PLEURAL MESOTHELIOMA AND NEIGHBOURHOOD ASBESTOS EXPOSURE: FINDINGS FROM MICROCHEMICAL ANALYSIS OF THE LUNG TISSUE. Journal American Medical Association. 252(1):86-87.

- (239) Churg, A., B. Wiggs, L. Depaoli, B. Kampe and B. Stevens. (1984). LUNG ASBESTOS CONTENT IN CHRYSOTILE WORKERS WITH MESOTHELIOMA. American Review of Respiratory Disease. 130:1042-1045.
- (240) Churg, A. and M. Warnock. (1980). ASBESTOS FIBERS IN THE GENERAL POPULATION. American Review of Respiratory Disease. 122:669-678.
- (241) Churg, A. and B. Wiggs. (1987). ACCUMULATION OF LONG ASBESTOS FIBERS IN THE PERIPHERAL UPPER LOBE IN CASES OF MALIGNANT MESOTHELIOMA. American Journal of Industrial Medicine. 11:563-569.
- (242) Churg, A. and B. Wiggs. (1986). FIBER SIZE AND NUMBER IN WORKERS EXPOSED TO PROCESSED CHRYSOTILE ASBESTOS, MINERS AND THE GENERAL POPULATION. American Journal of Industrial Medicine. 9:143-152.
- (243) Sébastien, P., J.C. McDonald, A.D. McDonald, B.W. Case and R. Harley. (1989). RESPIRATORY CANCER IN CHRYSOTILE TEXTILE AND MINING INDUSTRIES: EXPOSURE INFERENCES FROM THE LUNG ANALYSIS. British Journal of Industrial Medicine. 46:180-187.
- (244) Sébastien, P., A. Fondimare, J. Bignon, G. Monchaux, J. Desbordes and G. Bonnaud. (1977). TOPOGRAPHIC DISTRIBUTION OF ASBESTOS FIBRES IN HUMAN LUNG IN RELATION TO OCCUPATIONAL AND NON-OCCUPATIONAL EXPOSURE. In: Inhaled Particles IV. Walton W.H. and McGovern, B. ed. (Pergamon Press, New York). pp 435-446.
- (245) Gylseth, B., G. Mowe and A. Wannag. (1983). FIBRE TYPE AND CONCENTRATION IN THE LUNGS OF WORKERS IN AN ASBESTOS CEMENT FACTORY. British Journal of Industrial Medicine. 40:375-379.
- (246) Gylseth, B. and V. Skaug. (1986). RELATION BETWEEN PATHOLOGICAL GRADING AND LUNG FIBRE CONCENTRATION IN A PATIENT WITH ASBESTOSIS. British Journal of Industrial Medicine. 43:754-659.
- (247) Whitwell, F., J. Scott and M. Grimshaw. (1977). RELATIONSHIP BETWEEN OCCUPATIONS AND ASBESTOS FIBRE CONTENT OF THE LUNGS IN PATIENTS WITH PLEURAL MESOTHELIOMA, LUNG CANCER, AND OTHER DISEASES. Thorax. 32:377-386.
- (248) Pooley, F.D. and D.L. Ranson. (1986). COMPARISON OF THE RESULTS OF ASBESTOS FIBER DUST COUNTS IN LUNG TISSUE OBTAINED BY ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY AND LIGHT MICROSCOPY. Journal of Clinical Pathology. 39:313-317.



- (249) Pooley, F.D. and N. Clark. (1979). FIBER DIMENSIONS AND ASPECT RATIO OF CROCIDOLITE, CHRYSOTILE AND AMOSITE PARTICLES DETECTED IN LUNG TISSUE SPECIMENS. *Annals of New York Academy of Sciences*. 300:711-716.
- (250) Wagner, J.C., M.L. Newhouse, B. Corrin, C.E.R. Rossister and D.M. Griffiths. (1988). CORRELATION BETWEEN CONTENT OF THE LUNG AND DISEASE IN EAST LONDON ASBESTOS FACTORY WORKERS. *British Journal of Industrial Medicine*. 45:305-308.
- (251) Wagner, J.C., C.B. Moncrieff, R. Coles, D.M. Griffiths and D.E. Munday. (1986). CORRELATION BETWEEN FIBRE CONTENT OF THE LUNGS AND DISEASE IN NAVAL DOCKYARD WORKERS. *British Journal of Industrial Medicine*. 43:391-395.
- (252) McConnochie, K., L. Simonato, P. Mavrides, P. Christofides, F.D. Pooley and J.C. Wagner. (1987). MESOTHELIOMA IN CYPRUS: THE ROLE OF TREMOLITE. *Thorax*. 42:342-347.
- (253) Mowe, G., B. Gylseth, F. Harveith and V. Skaug. (1985). FIBER CONCENTRATION IN LUNG TISSUE OF PATIENTS WITH MALIGNANT MESOTHELIOMA. *Cancer*. 56(5):1089-1093.
- (254) McDonald J.C., B. Armstrong, B. Case, D. Doell, W.T.E. McCaughey, A.D. McDonald and P. Sébastien. (1989). MESOTHELIOMA AND ASBESTOS FIBER TYPE. *Cancer*. 63:1544-1547.
- (255) Churg, A.M. and M.L. Warnock. (1979). ANALYSIS OF THE CORES OF FERRUGINOUS (ASBESTOS) BODIES FROM THE GENERAL POPULATION. III. PATIENTS WITH ENVIRONMENTAL EXPOSURE. *Laboratory Investigation*. 40(5):622-626.
- (256) Dodson, R.F., M.G. Williams Jr. and G.A. Hurst. (1983). METHODS FOR REMOVING THE FERRUGINOUS COATING FROM ASBESTOS BODIES. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 11:959-966.
- (257) Crouch, E. and A. Churg. (1984). FERRUGINOUS BODIES AND THE HISTOLOGIC EVALUATION OF DUST EXPOSURE. *The American Journal of Surgical Pathology*. 8(2):109-116.
- (258) Warnock, M.L., B.T. Prescott and T.J. Kuwahara. (1982). CORRELATION OF ASBESTOS BODIES AND FIBERS IN LUNGS OF SUBJECTS WITH AND WITHOUT ASBESTOSIS. *Scanning Electron Microscopy*. II:845-857.

- (259) Dodson, R.F., M.F. O'Sullivan, C.J. Corn, M.G. Williams Jr. and G.A. Hurst. (1985). FERRUGINOUS BODY FORMATION ON A NON-ASBESTOS MINERAL. Archives of Pathology and Laboratory Medicine. 109:849-852.
- (260) Roggli, V.L., M.H. McGavran, J. Subach, H.D. Sybers and S.D. Greenberg. (1982). PULMONARY ASBESTOS BODY COUNTS AND ELECTRON PROBE ANALYSIS OF ASBESTOS BODY CORES IN PATIENTS WITH MESOTHELIOMA. Cancer. 50:2423-2432.
- (261) Gylseth, B. and R. Baunan. (1981). TOPOGRAPHIC DISTRIBUTION OF ASBESTOS IN EXPOSED HUMAN LUNGS. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 7:190-195.
- (262) Galle, P. (1975). LES ARTIFACTS EN MICROANALYSE PAR SONDE ELECTRONIQUE. Journal de Microscopie et de Biologie Cellulaire. 22:315-332.
- (263) Panessa-Warren, B.J. (1979). IDENTIFICATION AND PREVENTION OF ARTIFACTS IN BIOLOGICAL X-RAY MICROANALYSIS. Scanning Electron Microscopy. II:691-702.
- (264) Morgan, A.J. (1980). PREPARATION OF SPECIMENS: CHANGE IN CHEMICAL INTEGRITY. In: X-ray Microanalysis in Biology. Hayat, M.A. ed. (University Park Press, Baltimore, MD). pp 65-165.
- (265) Crooker, A.R., D.E. Johnson and N.K. Mottet. (1983). QUANTIFICATION OF MERCURY LOSSES DURING BIOLOGICAL SPECIMEN PREPARATION AND X-RAY MICROANALYSIS. Microbeam Analysis, Gooley R. ed. (San Francisco Press). pp 261-264.
- (266) Morrow, P.E. (1988). POSSIBLE MECHANISMS TO EXPLAIN DUST OVERLOADING OF THE LUNGS. Fundamental and Applied Toxicology. 10:369-384.
- (267) Lippman, M., D.B. Yeates and R.E. Albert. (1980). DEPOSITION, RETENTION AND CLEARANCE OF INHALED PARTICLES. British Journal of Industrial Medicine. 37:337-362.
- (268) Oberdorster, G. (1988). LUNG CLEARANCE OF INHALED INSOLUBLE AND SOLUBLE PARTICLES. Journal of Aerosol Medicine. 1(4):289-330.
- (269) Oberdorster, G., H.P. Baumer, D. Hochrainer and W. Stober. (1979). THE CLEARANCE OF CADMIUM AEROSOLS AFTER INHALATION EXPOSURE. American Industrial Hygiene Association Journal. 40:443-450.

- (270) American Conference of Governmental Industrial Hygienist. (1989). THRESHOLD LIMIT VALUES AND BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES FOR 1989-1990. Cincinnati, Ohio. 124 p.
- (271) Muhle, H., B. Bellmann, O. Creutzenberb, W. Stober, R. Klipper, J. Mackenzie, P. Morrow and R. Mermelstein. (1988). PULMONARY DEPOSITION, CLEARANCE AND RETENTION OF TEST TONER, TiO<sub>2</sub> AND QUARTZ DURING A LONG-TERM INHALATION STUDY IN RATS. The Toxicologist. 8:272.
- (272) Smith, T.J. (1985). DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A MODEL FOR ESTIMATING ALVEOLAR AND INTERSTITIAL DUST LEVEL. Annals of Occupational Hygiene. 29(4):495-516.
- (273) I.R.C.P: TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS. (1966). DEPOSITION AND RETENTION MODELS FOR INTERNAL DOSIMETRY OF THE HUMAN RESPIRATORY TRACT. Health Physics. 12:173-207.
- (274) Sébastien, P., M.A. Billon, X. Janson, G. Bonnaud and J. Bignon. (1978). UTILISATION DU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A TRANSMISSION (MET) POUR LA MESURE DES CONTAMINANTS PAR L'AMIANTE. Archives des Maladies Professionnelles. 29:229-248.
- (275) McCrone, W.C., L.B. McCrone and J.G. Delly. (1979). POLARIZED LIGHT MICROSCOPY. Ann Arbor Science, Michigan. 251 p.
- (276) MINNESOTA SHORT COURSE ON AEROSOL MEASUREMENT. (1983). Course sponsored by the department of Medical Engineering Institute Technology. University of Minnesota.
- (277) Zoltai, T. (1979). ASBESTIFORM AND ACICULAR MINERAL FRAGMENTS. Annals of the New York Academy Sciences. 30:621-643.
- (278) Sébastien, P., A. Gaudichet, M.A. Billon-Galland and G. Janson. (1980). SPECTROMETRIE X POUR DISPERSION D'ENERGIE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A TRANSMISSION: APPLICATION A LA CARACTERISATION DES FIBRES MINERALES. Journal de Spectroscopie Electronique. 5:83-97.
- (279) Churg, A. and B. Wiggs. (1987). TYPES, NUMBERS, SIZES, AND DISTRIBUTION OF MINERAL PARTICLES IN THE LUNGS OF URBAN MALE CIGARETTE SMOKERS. Environmental Research. 42:121-129.
- (280) Churg, A. and B. Wiggs (1985). MINERAL PARTICLES, MINERAL FIBERS AND LUNG CANCER. Environmental Research. 37:364-372.

- (281) Campbell, W.J., R.L. Blake, L.L. Brown, E.E. Cather and J.J. Sjoberg. (1977). SELECTED SILICATES MINERALS AND THEIR ASBESTIFORM VARIETIES. MINERALOGICAL DEFINITIONS AND IDENTIFICATION-CHARACTERIZATION. Bureau of Mines Information Circular 8751. 56 p.
- (282) Brody A.R. and L.H. Hill. (1982). INTERSTITIAL ACCUMULATION OF INHALED CHRYSOTILE ASBESTOS FIBERS AND CONSEQUENT FORMATION MICROCALCIFICATIONS. American Journal of Pathology. 109:107-114.
- (283) Davis, J.M.G., B. Gylseth and A. Morgan. (1982). ASSESSMENT OF FIBERS IN HUMAN LUNG TISSUE. Thorax. 41(3):167-175.
- (284) Churg, A. and P. Wood. (1983). OBSERVATIONS OF THE DISTRIBUTION OF ASBESTOS FIBERS IN HUMAN LUNGS. Environmental Research. 31:374-380.
- (285) Roggli, V. (1989). NONMINERAL ASBESTOS FIBERS IN HUMAN LUNGS. In: Microbeam Analysis, Russel, P.E. ed. (San Francisco Press, San-Francisco, CA). pp 57-59.
- (286) McCrone, W.C. and J.G. Delly. (1973). THE PARTICLE ATLAS. Edition two. The Electron Microscopy Atlas. Volume III. (Ann Arbor Science, publishers. inc.) pp. 1-794.
- (287) Brown, J.A. and I.M. Stewart. (1980). THE PARTICLE ATLAS. EDITION TWO. ELECTRON OPTICAL ATLAS AND TECHNIQUES. W.C. McCrone, ed. (Ann Arbor Science, Michigan). pp 1457-1703.
- (288) Gaudichet, P. (1989). In: Non-occupational Exposure to Mineral Fibres. Bignon, J. J. Peto and R. Saracchi eds. IARC Scientific Publications No 90. pp 291-298.
- (289) Rohl, A.N. and A.M. Langer. (1974). IDENTIFICATION AND QUANTITATION OF ASBESTOS IN TALC. Environmental Health Perspectives. 9:95-109.
- (290) Millette, J.R., J.D. Twyman, E.C. Hansen, P.J. Clark and M.F. Pansing. (1979). CHRYSOTILE, PLYGORSKYTE AND HALLOYSITE IN DRINKING WATER. Scanning Electron Microscopy. I:579-586.
- (291) Zussman, J. (1978). THE CRYSTAL STRUCTURES OF AMPHIBOLE AND SERPENTINE MINERALS. In: Proceedings of Workshop on Asbestos: Definitions and Measurement Methods held at NBS, Gaithersburg, MD, in 1977. National Bureau of Standards. Special Publication, 506. pp 35-48.

- (292) Morgan, A., J.C. Evans and A. Holmes. (1977). DEPOSITION AND CLEARANCE OF INHALED FIBROUS MINERALS IN THE RAT. STUDIES USING RADIOACTIVE TRACER TECHNIQUES. In: Inhaled Particles IV, part 2, Walton, W.H. and B. McGovern eds. (Pergamon Press, New-York). pp 259-274.
- (293) Jaurand, M.C. J. Bignon, P. Sébastien and J. Goni. (1977). LEACHING OF CHRYSOTILE ASBESTOS IN HUMAN LUNGS - CORRELATION WITH IN-VITRO STUDIES USING RABBIT ALVEOLAR MACROPHAGES. Environmental Research. 14:245-254.
- (294) C.S. Hurlbut, Jr. and C. Klein. (1977). MANUAL OF MINERALOGY (after J.D. Dana, 19th edition). (John Wiley and Sons, New York). 532 p.
- (295) Lewis, G.P., W.J. Jusko, L.L. Coughlin and S. Hartz. (1972). CONTRIBUTION OF CIGARETTE SMOKING TO CADMIUM ACCUMULATION IN MAN. Lancet. 1:291-292.
- (296) Keith, C.H. and D.C. Derrick. (1960). Measurement of the particles size distribution and concentration of the cigarette smoke by the centrifuge. Journal of the Colloid Science. 15:340-356.
- (297) Pawlak, J.M. (1987). ETUDE DES DEFAUTS DE SURFACE METALLIQUE PAR IONISATION LASER COUPLEE A LA SPECTROMETRIE DE MASSE. Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur CMAM, spécialité Métallurgie. Université de Metz, France.
- (298) Kalliomaki, P.L., A. Grekula, J. Haberg and S. Sivonen. (1987). ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY OF WELDING FUME. Journal of Aerosol Science. 18(6):781-784.
- (299) Grekula, A., E. Ristolainen, V.P. Tanninen, H.K. Hyvarnen and P.L. Kalliomaki. (1986). SURFACE AND BULK ANALYSIS ON METAL AEROSOLS GENERATED BY MANUAL METAL ARC WELDING OF STAINLESS STEEL. Journal of Aerosol Science. 17(1):1-9.
- (300) Anttila, S. (1986). DISSOLUTION OF STAINLESS STEEL WELDING FUMES IN THE RAT LUNG: AN X-RAY MICROANALYTICAL STUDY. British Journal of Industrial Medicine. 43:592-596.
- (301) Wagner, J.C. (1986). INHALATION OF CHRYSOTILE DUST. In: Accomplishment in Oncology. (J.B. Lippincott, Philadelphia). pp 19-29.

- (302) Anttila, S., P. Kokkonen, P. Paakko, P. Rainio, P.L. Kalliomaki, J. Pallon, K. Malmqvist, P. Pakarinen, V. Nanto and S. Sutinen. (1989). HIGH CONCENTRATIONS OF CHROMIUM IN LUNG TISSUE FROM LUNG CANCER PATIENTS. *Cancer*. 63:467-473.
- (303) Paakko, P., P. Kokkonen, S. Anttila and P.L. Kalliomaki. (1989). CADMIUM AND CHROMIUM AS MARKERS OF SMOKING IN HUMAN LUNG TISSUE. *Environmental Research*. 49:197-207.
- (304) Brody, A.R., M.W. Roe, J.N. Evans and G.S. Davis. (1980). USE OF BACKSCATTERED ELECTRON IMAGING TO QUANTIFY THE DISTRIBUTION OF INHALED CRYSTALLINE SILICA. *Scanning Electron Microscopy*. III:301-306.
- (305) Soule, R.D. (1984). METAL MACHINING. In: *Industrial Hygiene Aspects of Plant Operations*. Vol 2, Unit operations and product fabrication. L.J. Cralley and L.V. Cralley, Eds. (Macmillan publishing company, New-York). p.158-191.
- (306) Burgess, W.A. (1981). RECOGNITION OF HEALTH HAZARDS IN INDUSTRY. A REVIEW OF MATERIALS AND PROCESSES. (John Wiley & Sons, publishers, New York). 275 p.
- (307) Rizzato, G., S.L. Cicero, M. Barberis, M. Torre, R. Pietra and E. Sabbioni. (1986). TRACE METAL EXPOSURE IN HARD METAL LUNG DISEASE. *Chest*. 90:101-106.
- (308) Langer, A.M., A.D. Mackler, E. Cuyler and I.J. Selikoff. (1971). INORGANIC PARTICLES IN CIGARS AND IN CIGAR SMOKE. *Science*. 174:585-587.
- (309) Campbell, W.J., E.B. Steel, R.L. Virta and M.H. Eisner. (1977). CHARACTERIZATION OF CLEAVAGE FRAGMENTS AND ASBESTIFORM AMPHIBOLE PARTICULATES. *Proceedings for Occupational and Environmental Exposures to Fibrous Dust and their Extension*. Washington, D.C. pp 275-285.
- (310) Campbell, W.J., E.B. Steel, R.L. Virta and M.H. Eisner. (1979). RELATIONSHIP OF MINERAL HABIT TO SIZE CHARACTERISTICS FOR TREMOLITE CLEAVAGE FRAGMENTS AND FIBERS. *Bureau of Mines Report Investigation 8637*, United States Department of Interior. 18 p.
- (311) Schiller, J.E. and S.L. Payne. (1980). SURFACE CHARGE MEASUREMENTS OF AMPHIBOLES CLEAVAGE FRAGMENTS AND FIBERS. *Bureau of Mines Report of Investigations 8483*, United States Department of Interior. 23 p.

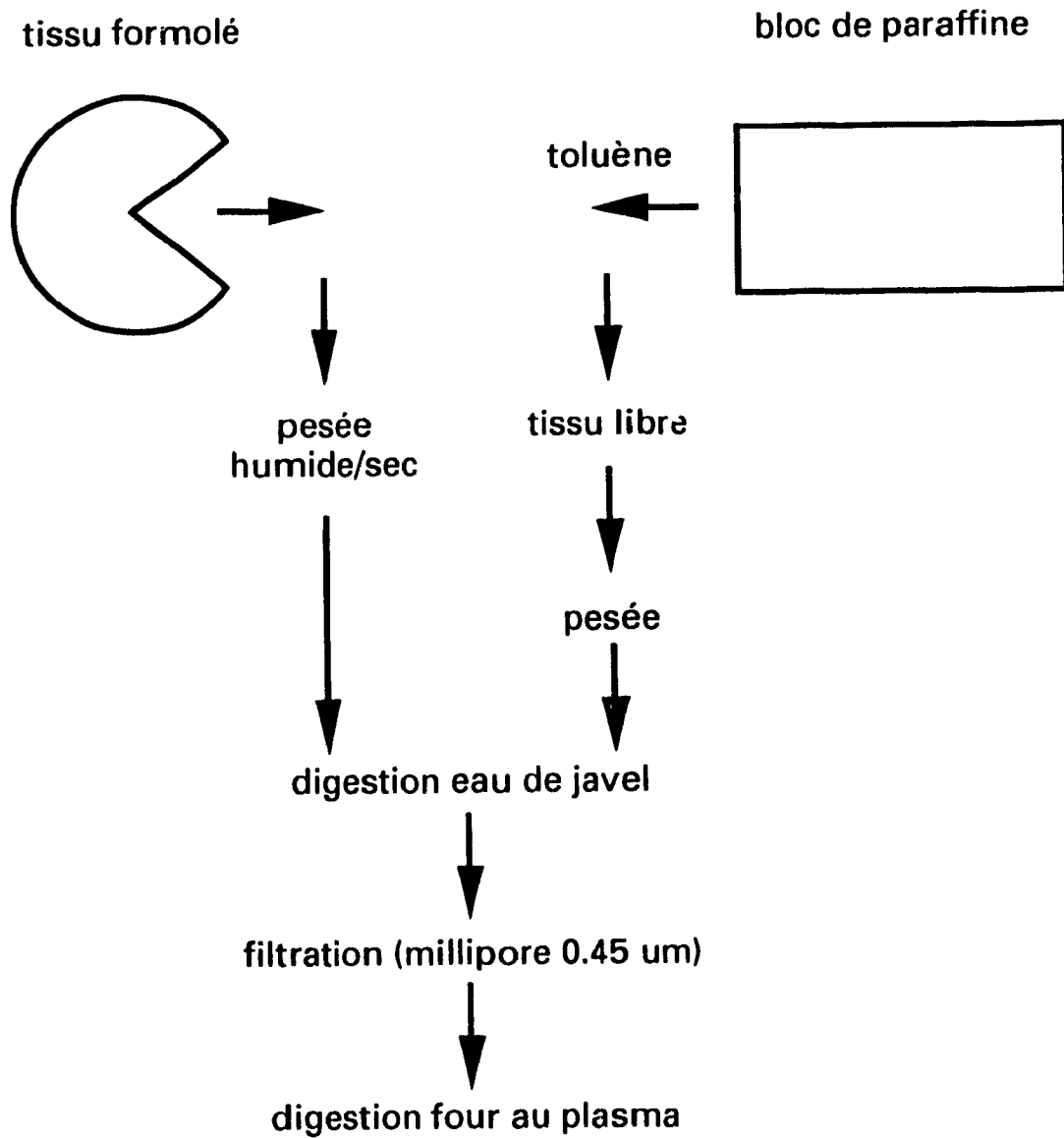
- (312) McDonald, J.C., A.D. McDonald, P. Sébastien and K. Moy. (1988). HEALTH OF VERMICULITE MINERS EXPOSED TO TRACE AMOUNTS OF FIBROUS TREMOLITE. *British Journal of Industrial Medicine*. 45:630-634.
- (313) Matamed, F., J.E. Lockey and W. T. Parry. (1986). FIBER CONTAMINATION OF VERMICULITES: A POTENTIAL OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH HAZARD. *Environmental Research*. 41:207-218.
- (314) Lilis, R., S. Daum, H. Anderson, M. Sirota, G. Andrews and I.J. Selikoff. (1979). ASBESTOS DISEASE IN MAINTENANCE WORKERS OF THE CHEMICAL INDUSTRY. *Annals of the New York Academy Sciences*. 330:127-135.
- (315) Nriagu J.O. and E. Nieober. (1988). CHROMIUM IN THE NATURAL AND HUMAN ENVIRONMENTS. In: Nriagu, J. O. ed., *Advances in Environmental Science and Technology*. Volume 20. (John Wiley & sons). 571 p.
- (316) Mariani-Constantini, R., F.S. Jannotta and F.B. Johnson. (1982). SYSTEMIC VISCERAL TALC GRANULOMATOSIS ASSOCIATED WITH MILIARY TUBERCULOSIS IN A DRUG ADDICT. *American Journal of Clinical Pathology*. 78(5):785-789.
- (317) Abraham, J.L. and C. Brambilla. (1980). PARTICLE SIZE DIFFERENTIATION BETWEEN INHALATION AND INJECTION PULMONARY TALCOSIS. *Environmental Research*. 21:94-96.
- (318) Riou, P., J. Delorme et G. Delorme. TRAITE DE CHIMIE. (1947). (Edition Beauchemin, Montréal). 615 p.
- (319) Nagelschmidt, G. (1965). THE STUDY OF LUNG DUST IN PNEUMOCONIOSIS. *Industrial Hygiene Journal*. (26):1-7.
- (320) Amoudru, C. (1987). LES PNEUMOCONIOSES. DIMENSION ACTUELLE DES PROBLEMES. Dans: *Silicose et pneumoconiose à poussière mixtes*. Les Editions de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale L. LeBouffant ed. pp 3-26.
- (321) Bistrichi, T. (1979). PREVENTION OF LOSSES DURING X-RAY MICROANALYSIS. *Scanning Electron Microscopy*. II:683-690.
- (322) Vallyathan, V. and L.H. Loren. (1985). CIGARETTE SMOKING AND INORGANIC DUST IN HUMAN LUNGS. *Archives of Environmental Health*. 40(2):69-73.

- (323) Jenkins, R.A. (1986). OCCURRENCE OF SELECTED METALS IN CIGARETTES TOBACCOS AND SMOKE. In: Environmental Carcinogens Selected Methods of Analysis. Volume 8 - Some Metals: As, Be, Cd, Cr, Ni, Se, Zn. I.K. O'Neill, P. Schuller and L. Fishbein, eds. pp 129-138.
- (324) Kollmeier, H., J.W. Seemann, K.M. Mueller, G. Rothe, P. Wittig and V.B. Schejbal. (1987). INCREASED CHROMIUM AND NICKEL CONTENT IN LUNG TISSUE AND BRONCHIAL CARCINOMA. American Journal of Industrial Medicine. 11:659-669.
- (325) Kollmeier, H. C. Witting, J. Seeman, P. Wittig and R. Rothe (1985). INCREASED CHROMIUM AND NICKEL CONTENT IN LUNG TISSUE. Journal of Cancer Research in Clinical Oncology. 110:173-176.
- (326) Lewis, G.P., W.J. Jusko, and L.L. Coughlin. (1972). CADMIUM ACCUMULATION IN MAN: INFLUENCE OF SMOKING, OCCUPATION, ALCOHOLIC HABIT AND DISEASE. Journal of Chronical Disease. 25:717-726.
- (327) Berry, J.P., P. Henoc and P. Galle. (1980). CHEMICAL AND CRYSTALLOGRAPHIC MICROANALYSIS OF FINE PARTICLES IN THE URBAN ATMOSPHERE. Environmental Research. 21:150-164.
- (328) Dodson, R.F., S.D. Greenberg, M.G. Williams, C.J. Corn, M.F. O'Sullivan and A.G. Hurst. (1984). ASBESTOS CONTENT IN LINGS OF OCCUPATIONALLY AND NON OCCUPATIONALLY EXPOSED INDIVIDUALS. Journal American Medical Association. 252:68-71.
- (329) Rogers, A.J. (1984). DETERMINATION OF MINERAL FIBER IN HUMAN LUNG TISSUE BY LIGHT MICROSCOPY AND TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY. Annals of Occupational Hygiene. 28:1-12.
- (330) Tsuneta, Y., Y. Ohsaki, K. Kimura, H. Mikami, S. Abe and M. Murao. (1980). Chromium content of lungs of chromate workers with lung cancer. Thorax. 35:294-297.
- (331) Gylseth, B., R.H. Baunan and L. Overaae. (1982). ANALYSIS OF FIBERS IN HUMAN LUNG TISSUE. British Journal of Industrial Medicine. 39:191-195.
- (332) Johnson, N.F., J.L. Lincoln and H.A. Willis. (1984). ANALYSIS OF FIBERS RECOVERED FROM LUNG TISSUE. Lung. 162:37-49.



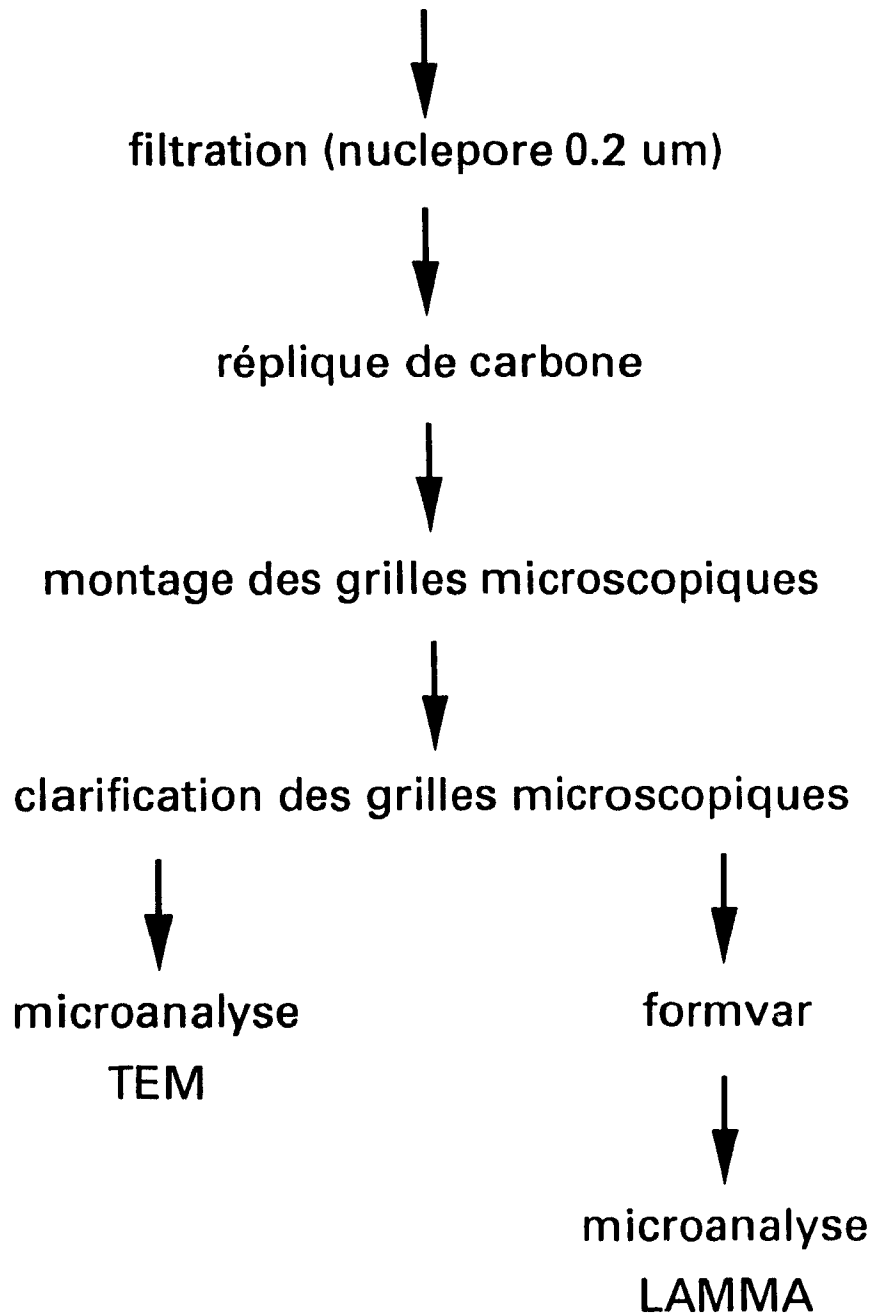
REPERIOIRE DES FIGURES

# REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU PROTOCOLE ANALYTIQUE



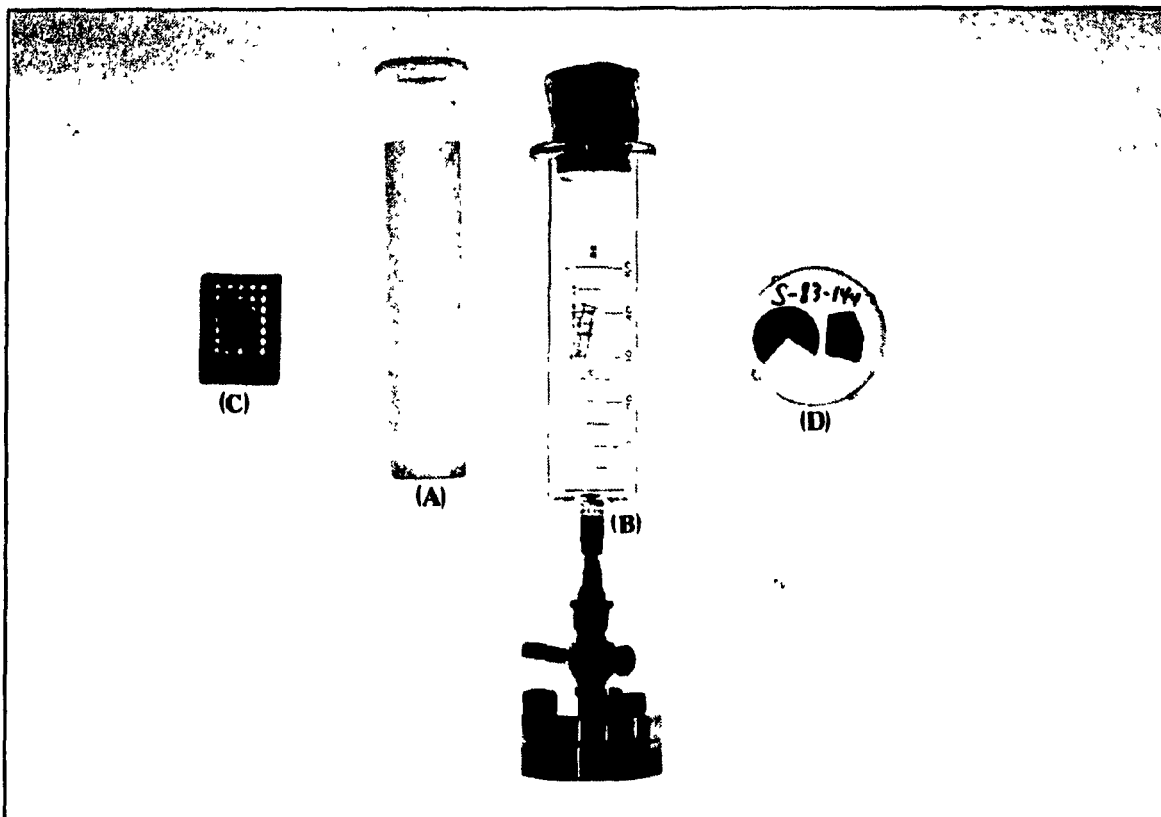
**FIGURE 1**

# REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE ANALYTIQUE



**FIGURE 1**  
(suite)

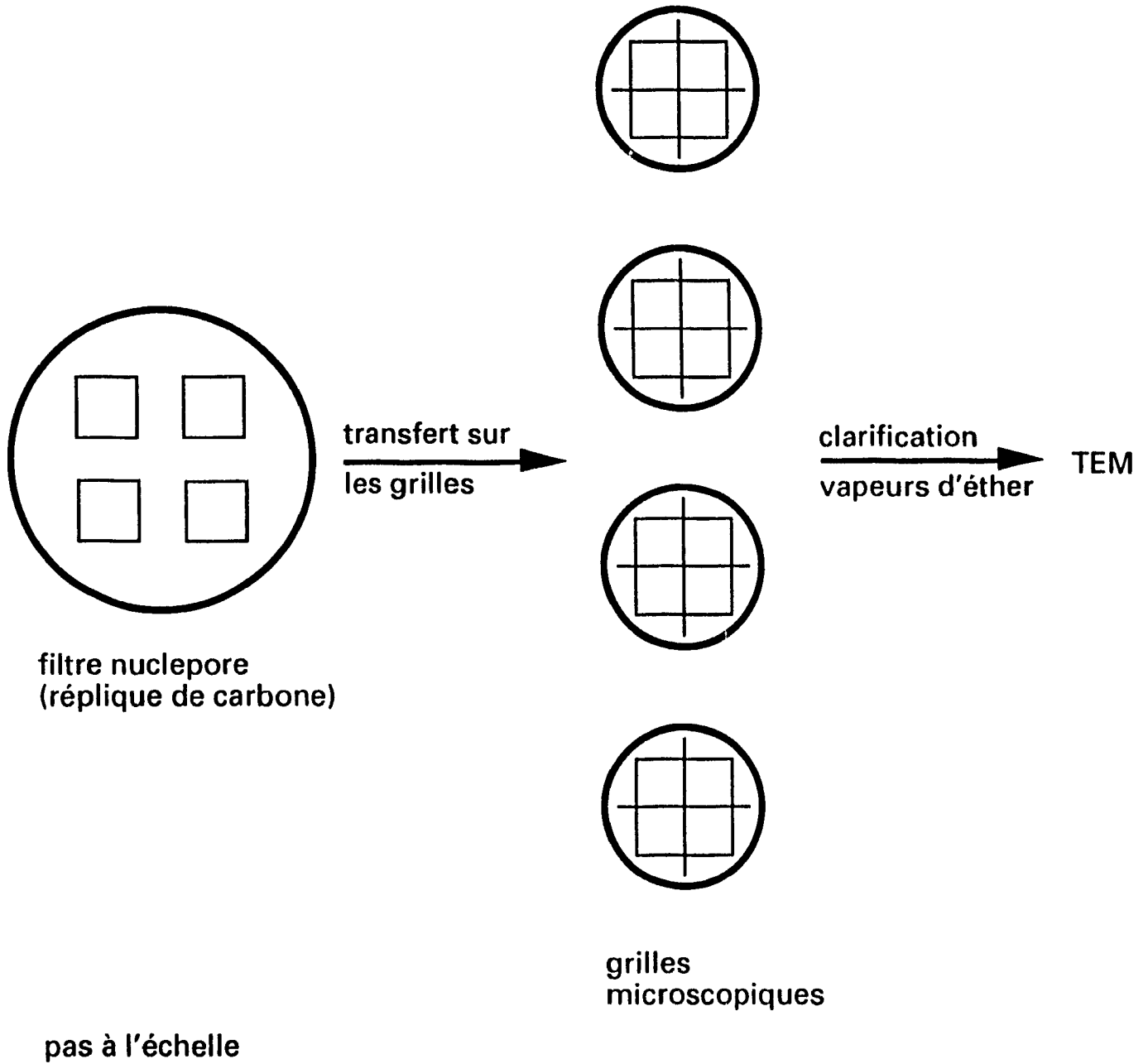
## SYSTÈME À "DÉPARAFFINER"



- (A) piston
- (B) seringue
- (C) bloc de paraffine
- (D) filtre et tissu libre

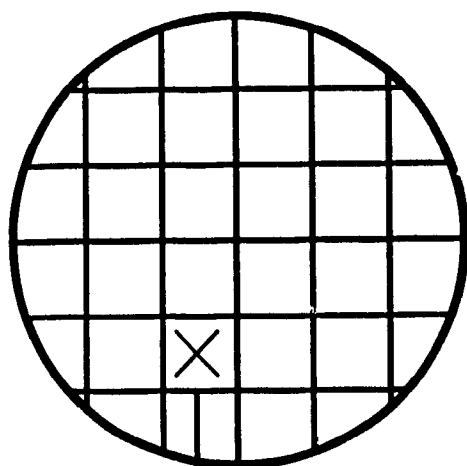
**FIGURE 2**

# TRANSFERT DE LA RÉPLIQUE DE CARBONE

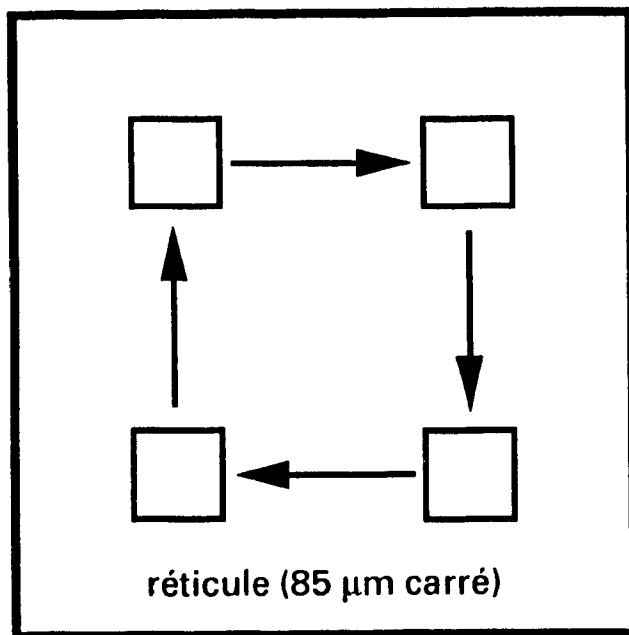


**FIGURE 3**

# STRATÉGIE D'ANALYSE DANS UNE OUVERTURE DE GRILLE



grille microscopique  
diamètre 2.5 mm  
200 ouvertures



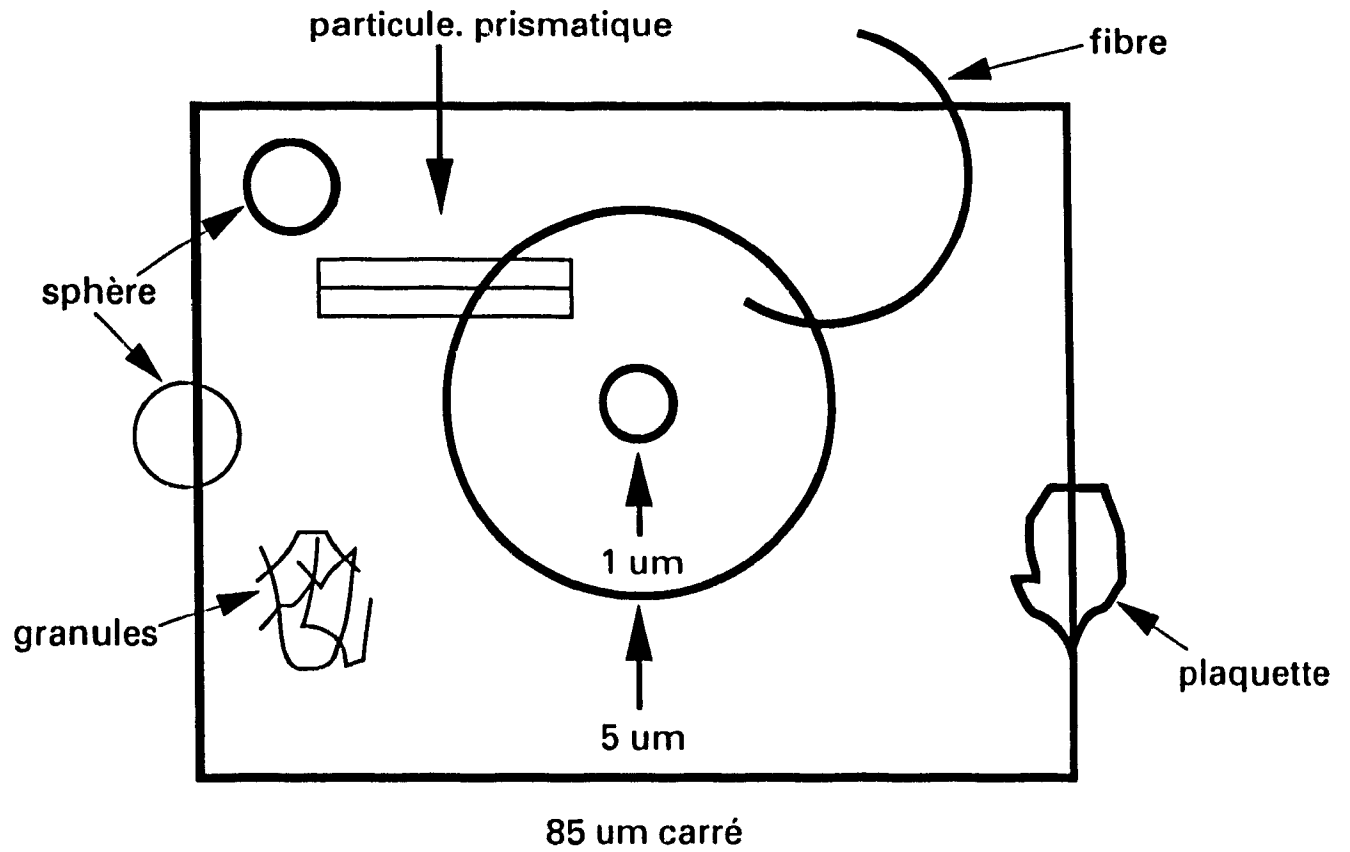
réticule (85  $\mu\text{m}$  carré)

ouverture de grille  
(6800  $\mu\text{m}$  carré)

pas à l'échelle

**FIGURE 4**

# REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU RÉTICULE MICROSCOPIQUE\*



\*pas à l'échelle

FIGURE 5

REPERIOIRE DES TABLEAUX



T-1

TABLEAU 1-A

DISTRIBUTION MORPHOLOGIQUE

(série A)

(POURCENTAGE)

	<u>SPHERES</u>	<u>PLAQUETTES</u>	<u>PLAQUETTES AGGLOMERES</u>	<u>GRANULES AGGLOMERES</u>	<u>PRISMATIQUES</u>	<u>ABSENTS</u>
ENSEMBLE (n =2538)	1.6	32.5	21.6	32.1	8.4	3.9
SILICATES (n =923)	2.9	51.7	20.3	15.1	10.1	
FER PHOSPHORE ET CALCIUM (n =1390)	0.8	19.8	24.5	47.5	7.5	
METAUX ET TITANE (n =123)	3.3	52.9	17.9	21.1	4.5	

n: nombre de particles

T-2

TABLEAU 1-B

DISTRIBUTION MORPHOLOGIQUE

(série B)

(POURCENTAGE)

	<u>SPHERES</u>	<u>PLAQUETTES</u>	<u>PLAQUETTES AGGLOMERES</u>	<u>GRANULES AGGLOMERES</u>	<u>PRISMATIQUES</u>	<u>ABSENTS</u>
ENSEMBLE (n=1644)	n.d.	46.2	25.2	—	14.3	14.4
SILICATES (n =691)	n.d.	65.0	17.2	—	17.7	
FER ET PHOSPHORE (n =575)	n.d.	41.7	47.8	—	10.4	
METALX ET TITANE (n =85)	n.d.	47	18.8	—	34.1	

n.d.: non décelé

n: nombre de particules

TABLEAU 2

CALIERE DES PARTICULES  
(série A)

	<u>COMPACTES</u>		<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>DIAMETRE</u>		<u>DIAMETRE</u>		<u>LONGUEUR</u>	
	(um)		(um)		(um)	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
ENSEMBLE (n = 2538)	1.00	1.80	0.28	2.08	1.70	2.34
SILICATES (n = 923)	1.00	1.85	0.28	2.09	1.95	2.75
FER PHOSPHORE ET CALCIUM (n = 1390)	0.93	1.76	0.30	2.11	1.61	2.13
METALX ET TITANE (n = 123)	0.79	1.79	—	—	—	—

M.G.: moyenne géométrique.  
E.T.G: écart-type géométrique  
n: nombre de particules

TABLEAU 3INTEGRITE DE FLUORESCENCE X

(M.G., C.P.S.)

	<u>SERIE A</u> (22 cas)	<u>SERIE B</u> (13 cas)	<u>SERIE A</u> (13 cas)	<u>SERIE C</u> (42 cas)
SILICATES	235	262	214	368
FER PHOSPHORE ET CALCIUM	123	135	130	280
METALX ET Ti	212	505	305	399

M.G., C.P.S.: moyenne géométrique en comptes par secondes.

TABLEAU 4

DISTRIBUTION MORPHOLOGIQUE  
(13 cas de la série A et 13 cas de la série B)

(POURCENTAGE)

	<u>SPHERES</u>	<u>PLAQUETTES</u>	<u>PLAQUETTES AGGLOMERES</u>	<u>GRANULES AGGLOMERES</u>	<u>PRISMATIQUES</u>	<u>ABSENTS</u>
SERIE B	n.d.	46.2	25.2	—	14.3	14.4
SERIE A	1.2	31.1	21.9	33.3	9.6	2.9
SILICA- TES B	n.d.	65.0	17.2	—	17.7	
SILICA- TES A	2.5	49.2	21.1	15.3	11.8	
FER ET HOS. B	n.d.	41.7	47.8	—	10.4	
FER ET HOS. A	0.5	20.7	23.8	47.2	7.7	
METALX ET Ti B	n.d.	47.0	18.8	—	34.1	
METALX ET Ti A	n.d.	64.0	20.0	8.0	8.0	

A: série A

B: série B

n.d.: non décelé

TABLEAU 5

CALIBRE DES PARTICULES  
(13 cas série A et série B)

	<u>COMPACTES</u>		<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>LONGUEUR</u> ( $\mu\text{m}$ )	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
ENSEMBLE B (n = 1425)	1.60	1.58	1.03	1.87	4.49	1.51
ENSEMBLE A (n = 1514)	0.93	1.78	0.27	1.95	1.39	1.76
SILICATES B (n = 691)	1.58	1.56	0.91	2.05	4.47	1.53
SILICATES A (n = 516)	0.95	1.80	0.28	2.03	1.52	2.04
FER ET PHOSPHORE B (n = 575)	1.58	1.56	1.11	1.61	4.38	1.49
FER ET PHOSPHORE A (n = 883)	0.95	1.76	0.29	1.97	1.38	1.61
METALX ET TITANE B (n = 85)	1.91	1.88	1.13	1.70	4.93	1.49
METALX ET TITANE A (n = 50)	0.76	1.89	—	—	—	—

M.G.: moyenne géométrique.  
 E.T.G: écart-type géométrique  
 n: nombre de particules  
 A: série A.  
 B: série B.

TABLEAU 6CLASSES DES PARTICULES

(POURCENTAGE)

	<u>C. 1</u>	<u>C. 2</u>	<u>C. 3</u>	<u>C. 4</u>	<u>C. 5</u>	<u>C. 6</u>	<u>C. 7</u>	<u>C. 8</u>	<u>C. 9</u>
SERIE A (22 cas)	3.1	3.7	49.0	35.0	1.6	3.9	0.5		3.3
SERIE B (13 cas)	4.1	1.6	32.3	41.5	1.0	14.4	0.2		4.3
SERIE A (13 cas)	2.0	1.3	55.3	33.1	1.2	2.9	0.2		4.0
SERIE C (42 cas)	5.3	2.3	34.5	48.5	1.2	1.3	0.3	4.6	1.3

C: classe des particules.

- c.1: classe des particules exclusivement métalliques
- c.2: classe des particules riches en phosphore et calcium
- c.3: classe des particules riches en fer
- c.4: classe des particules siliceuses
- c.5: classe des particules riches en titane
- c.6: réticules sans particules
- c.7: particules non-classées
- c.8: classe des silicates douteux
- c.9: classe des particules n'indiquant pas de signal en énergies de rayons-X (mais avec bruit de fond élevé)

T-8

TABLEAU 7DISTRIBUTION MORPHOLOGIQUE  
(série C)

(POURCENTAGE)

	<u>SPHERES</u>	<u>PLAQUETTES</u>	<u>PLAQUETTES</u> <u>AGGLOMERÉES</u>	<u>PRISMATIQUES</u>	<u>ABSENTS</u>
ENSEMBLE	0.5	51.2	20.2	25.8	2.1
SILICATES	0.2	56.1	11.0	32.7	
SILICATES DOUTEUX	—	51.3	31.9	16.8	
FER	0.3	49.3	34.6	15.8	
PHOSPHORE	8.6	40.4	21.9	29.1	
METALX ET TITANE	1.2	47.4	15.8	35.6	
PAS DE SI- GVAL EDAX(*)	—	39.0	3.7	57.3	

\* élément inférieur au sodium ou cuivre.



TABLEAU 8

CALIBRE DES PARTICULES  
(série C)

	<u>COMPACTES</u>		<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>LONGUEUR</u> ( $\mu\text{m}$ )	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
ENSEMBLE (n = 6407)	1.65	1.61	0.76	0.45	4.42	1.52
SILICATES (n = 3173)	1.66	1.60	0.70	2.32	4.66	1.57
SILICATES DOUTEUX (n = 298)	1.87	1.66	0.98	1.63	4.16	1.33
FER (n = 2260)	1.62	1.58	0.82	1.73	3.84	1.32
PHOSPHORE (n = 151)	1.37	1.56	0.90	1.65	3.97	1.39
METALX ET TITANE (n = 424)	1.66	1.71	0.89	1.91	4.40	1.5
PAS DE SI- SIGNAL EDAX(*) (n = 82)	1.73	1.66	1.07	1.63	4.42	1.45

\* élément inférieur au sodium ou cuivre.

M.G.: moyenne géométrique.

E.T.G: écart-type géométrique

TABLEAU 9-A

CALIBRE DES PARTICULES  
(silicates de la série C)

	<u>COMPACTES</u>		<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>DIAMETRE</u> ( $\mu\text{m}$ )		<u>LONGUEUR</u> ( $\mu\text{m}$ )	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
AMIANTE			0.23	2.42	6.02	1.65
			(n = 191)			
SILICE	1.56	1.58	0.88	1.95	4.55	1.55
	(n = 579)		(n = 295)			
FELDSPATH	1.61	1.54	1.00	1.54	3.99	1.41
	(n = 266)		(n = 114)			
MICA	1.74	1.60	0.94	1.65	4.28	1.49
	(n = 534)		(n = 139)			
ARGILE	1.57	1.57	0.82	1.78	3.78	1.35
	(n = 379)		(n = 85)			
TALC	2.15	1.77	0.89	1.79	4.91	1.62
	(n = 163)		(n = 167)			

M.G.: moyenne géométrique.

E.T.G. écart-type géométrique

TABEAU 9-BCALIBRE DES PARTICULES  
(amiante de la série C)PRISMATIQUES

	<u>DIAMETRE</u> ( $\mu$ m)		<u>LONGUEUR</u> ( $\mu$ m)	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
CHRYSOPILE	0.13	1.98	4.81	1.53
	(n = 46)			
TREMOLITE	0.64	1.97	5.16	1.58
	(n = 35)			
CROCIDOLITE	0.13	1.87	5.49	1.57
	(n = 33)			
AMOSITE	0.25	2.0	7.69	1.63
	(n = 77)			

TABLEAU 10

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(SILICE)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	35 (n=495) (n*=84)	76	0.33	3.4	51 (n=254) (n*=41)	123	0.45	3.8
Mg	19 (n=168) (n*=411)	35	0.08	2.9	26 (n=103) (n*=192)	62	0.11	3.8
Al	94 (n=494) (n*=85)	202	0.28	3.0	101 (n=256) (n*=39)	184	0.24	2.8
Si	2844 (n=579)	4539	8.0		3255 (n=295)	5006	8.0	
K	37 (n=479) (n*=100)	87	0.07	3.2	36 (n=241) (n*=54)	85	0.06	3.5
Ca	41 (n=533) (n*=46)	89	0.09	3.2	61 (n=266) (n*=29)	175	0.10	4.1
Ti	18 (n=303) (n*=276)	52	0.04	3.7	16 (n=140) (n*=155)	33	0.03	2.8
Mn	11 (n=264) (n*=315)	16	0.03	2.7	11 (n=127) (n*=168)	16	0.02	2.3
Fe	196 (n=577) (n*=2)	387	0.4	4.0	179 (n=294, (n*=1)	381	0.23	3.6

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-13  
TABLEAU 11-A

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(FELDSPATH PLAGIOCLASE)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES		INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	296 (n=142) (n*=2)	377	2.6	1.5	327 (n=68) (n*=2)	403	2.6	1.3
Mg	33 (n=80) (n*=64)	48	0.12	2.1	28 (n=40) (n*=30)	45	0.10	2.5
Al	1189 (n=142) (n*=2)	1513	3.3	1.4	1299 (n=69) (n*=1)	1602	3.3	1.3
Si	3418 (n=144)	4520	8.0		3924 (n=70)	4835	8.0	
K	37 (n=124) (n*=20)	66	0.06	2.7	39 (n=62) (n*=8)	58	0.06	2.3
Ca	175 (n=138) (n*=6)	337	0.41	3.6	212 (n=70) (n*=0)	403	0.32	3.4
Ti	24 (n=85) (n*=59)	85	0.04	3.7	22 (n=37) (n*=33)	36	0.04	2.3
Mn	15 (n=65) (n*=79)	20	0.03	2.6	14 (n=30) (n*=40)	19	0.02	2.1
Fe	213 (n=144) (n*=0)	420	0.40	3.2	264 (n=70) (n*=0)	375	0.40	2.4

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

T-14  
TABLEAU 11-B

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(FELDSPATH POTASSIQUE)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	39 (n=98) (n*=11)	50	0.27	2.2	44 (n=30) (n*=9)	77	0.29	2.9
Mg	18 (n=49) (n*=60)	38	0.06	2.8	21 (n=14) (n*=25)	39	0.05	2.3
Al	1237 (n=109) (n*=0)	1453	2.8	1.1	1405 (n=39) (n*=0)	1672	2.9	1.2
Si	4333 (n=109)	5041	8.0		4896 (n=39)	5758	8.0	
K	1799 (n=109) (n*=0)	2126	2.5	1.1	2030 (n=39) (n*=0)	2425	2.5	1.4
Ca	100 (n=109) (n*=0)	119	0.12	1.6	122 (n=39) (n*=0)	157	0.15	1.8
Ti	24 (n=85) (n*=24)	41	0.03	2.3	35 (n=31) (n*=8)	61	0.04	2.9
Mn	14 (n=51) (n*=58)	19	0.02	1.9	19 (n=15) (n*=24)	25	0.02	1.8
Fe	235 (n=108) (n*=1)	383	0.32	2.8	371 (n=39) (n*=0)	595	0.44	3.2

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-15  
TABLEAU 12-A

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TOUS LES MICAS)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	22 (n=455) (n*=79)	36	0.56	2.6	36 (n=122) (n*=17)	65	0.64	2.5
Mg	42 (n=448) (n*=86)	62	0.50	2.0	40 (n=109) (n*=30)	79	0.35	2.6
Al	634 (n=532) (n*=2)	861	5.2	1.3	999 (n=139) (n*=0)	1632	6.0	1.4
Si	1209 (n=534)	1632	8.0		998 (n=139)	2348	8.0	
K	306 (n=534) (n*=0)	439	1.5	1.5	505 (n=139) (n*=0)	703	1.8	1.5
Ca	41 (n=511) (n*=23)	80	0.19	2.6	65 (n=135) (n*=4)	114	0.22	2.4
Ti	18 (n=402) (n*=132)	65	0.09	3.6	27 (n=101) (n*=38)	85	0.09	3.7
Mn	8 (n=253) (n*=281)	12	0.04	2.6	12 (n=63) (n*=76)	17	0.05	2.6
Fe	286 (n=533) (n*=1)	460	1.4	2.4	414 (n=139) (n*=0)	625	1.5	2.4

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-16  
 TABLEAU 12-B

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (MICA TYPE MUSCOVITE)

	COMPACTES				PRISMATIQUES			
	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES		INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	18 (n=40) (n*=10)	29	0.49	2.7	21 (n=13) (n*=3)	36	0.39	2.9
Mg	51 (n=44) (n*=6)	70	0.64	1.6	25 (n=14) (n*=2)	62	0.26	2.1
Al	652 (n=50) (n*=0)	909	5.6	1.3	988 (n=16) (n*=0)	1398	6.3	1.3
Si	1164 (n=50)	1562	8.0		1570 (n=70)	2325	8.0	
K	344 (n=50) (n*=0)	448	1.8	1.5	568 (n=16) (n*=0)	848	2.2	1.3
Ca	39 (n=47) (n*=3)	55	0.19	1.9	51 (n=16) (n*=0)	77	0.19	1.6
Ti	14 (n=37) (n*=13)	27	0.08	3.2	15 (n=11) (n*=5)	20	0.06	3.4
Mn	8 (n=24) (n*=26)	11	0.03	2.9	9 (n=6) (n*=10)	17	0.03	2.0
Fe	281 (n=50) (n*=0)	457	1.4	2.0	316 (n=16) (n*=0)	583	1.2	2.5

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique



T-17  
TABEAU 12-C

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(MICA A FAIBLE TENEUR EN FER)  
(SSTRUCTURE ENTRE LA LEPIDOLITE ET LA MUSCOVITE)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	21 (n=270) (n*=47)	34	0.49	2.4	36 (n=65) (n*=10)	65	0.57	2.3
Mg	46 (n=287) (n*=30)	68	0.51	1.9	55 (n=61) (n*=14)	99	0.42	2.1
Al	721 (n=316) (n*=1)	973	5.4	1.2	1072 (n=75) (n*=0)	1535	6.1	1.4
Si	1321 (n=317)	1774	8.0		1831 (n=75)	2626	8.0	
K	355 (n=317) (n*=0)	503	1.6	1.4	586 (n=75) (n*=0)	824	1.9	1.4
Ca	30 (n=301) (n*=16)	50	0.13	2.0	53 (n=72) (n*=3)	73	0.17	2.0
Ti	19 (n=232) (n*=85)	82	0.08	3.8	24 (n=55) (n*=20)	86	0.07	3.8
Mn	8 (n=145) (n*=172)	11	0.03	2.6	11 (n=32) (n*=43)	16	0.04	2.7
Fe	206 (n=317) (n*=0)	305	0.9	1.9	301 (n=75) (n*=0)	435	1.0	2.0

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

T-18  
TABLEAU 12-D

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(MICA A HAUTE TENEUR EN FER)

	COMPACTES				PRISMATIQUES			
	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES		INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	18 (n=72) (n*=12)	29	0.66	2.9	35 (n=24) (n*=2)	69	0.78	2.6
Mg	24 (n=57) (n*=27)	37	0.40	2.6	23 (n=19) (n*=7)	48	0.27	3.2
Al	438 (n=84) (n*=0)	559	4.8	1.3	780 (n=26) (n*=0)	962	5.4	1.4
Si	883 (n=84)	1170	8.0		1445 (n=26)	1814	8.0	
K	220 (n=84) (n*=0)	287	1.5	1.5	371 (n=26) (n*=0)	445	1.5	1.7
Ca	35 (n=81) (n*=3)	47	0.22	1.9	54 (n=25) (n*=1)	82	0.21	2.7
Ti	15 (n=69) (n*=15)	31	0.10	3.7	40 (n=19) (n*=7)	135	0.14	3.3
Mn	8 (n=37) (n*=47)	11	0.06	2.2	14 (n=13) (n=13)	18	0.06	3.3
Fe	556 (n=84) (n*=0)	711	3.6	1.8	808 (n=26) (n*=0)	1024	3.3	1.6

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A. moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

T-19  
TABLEAU 12-E

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(MICA ARGILEUX)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	35 (n=55) (n*=6)	58	0.89	2.9	55 (n=15) (n*=1)	81	1.2	2.3
Mg	37 (n=41) (n*=20)	53	0.44	2.1	28 (n=11) (n*=5)	48	0.29	4.0
Al	573 (n=60) (n*=1)	729	4.6	1.3	960 (n=16) (n*=0)	1104	6.5	1.5
Si	1210 (n=61)	1624	8.0		1475 (n=16)	1839	8.0	
K	210 (n=61) (n*=0)	309	1.0	1.8	354 (n=16) (n*=0)	423	1.4	1.6
Ca	107 (n=60) (n*=1)	157	0.51	2.0	111 (n=16) (n*=0)	137	0.44	1.7
Ti	27 (n=47) (n*=14)	61	0.12	3.2	32 (n=16) (n*=0)	46	0.13	3.8
Mn	9 (n=37) (n*=24)	13	0.05	2.9	15 (n=10) (n*=6)	19	0.07	2.6
Fe	552 (n=60) (n*=1)	878	2.7	2.4	665 (n=16) (n*=0)	840	2.7	2.7

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-20  
TABLEAU 12-F

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE MICA ET APATITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	38 (n=23) (n*=5)	51	0.9	2.1
Mg	37 (n=23) (n*=5)	47	0.44	1.8
Al	626 (n=28) (n*=0)	831	4.4	1.4
Si	1413 (n=28)	1759	8.0	
K	310 (n=28) (n*=0)	474	1.3	1.7
Ca	351 (n=28) (n*=0)	528	1.5	2.6
Ti	32 (n=22) (n*=6)	66	0.13	3.4
Mn	16 (n=12) (n*=16)	18	0.06	2.0
Fe	493 (n=28) (n*=0)	642	2.1	2.5

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-21  
TABLEAU 13-A

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(TOUS LES ARGILES)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>		<u>INTENSITE DE FLUORESCENCE</u>		<u>NOMBRE D'ATOMES</u>	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	25 (n=326) (n*=52)	47	0.73	2.9	33 (n=74) (n*=1)	59	0.59	3.1
Mg	21 (n=240) (n*=138)	35	0.26	2.5	29 (n=58) (n*=27)	46	0.23	2.3
Al	562 (n=375) (n*=3)	944	5.2	2.0	1053 (n=82) (n*=3)	1682	6.3	1.8
Si	1077 (n=378)	1545	8.0		1541 (n=85)	2244	8.0	
K	34 (n=337) (n*=41)	62	0.18	2.9	40 (n=77) (n*=8)	80	0.14	3.4
Ca	29 (n=348) (n*=30)	55	0.15	3.0	38 (n=79) (n*=6)	93	0.13	3.3
Ti	22 (n=244) (n*=134)	94	0.11	4.3	31 (n=65) (n*=20)	150	0.11	4.3
Mn	7 (n=192) (n*=186)	13	0.04	2.7	10 (n=44) (n*=41)	13	0.03	2.2
Fe	208 (n=376) (n*=2)	403	1.2	3.1	307 (n=84) (n*=1)	613	1.1	2.8

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

T-22  
TABLEAU 13-B

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(ARGILE TYPE KAOLINITE)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES		INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	23 (n=172) (n*=22)	49	0.65	2.8	28 (n=49) (n*=6)	52	0.49	3.2
Mg	25 (n=138) (n*=56)	34	0.25	2.2	35 (n=40) (n*=15)	51	0.28	2.2
Al	878 (n=193) (n*=1)	1273	7.8	1.3	1375 (n=54) (n*=1)	2002	8.3	1.2
Si	1143 (n=194)	1738	8.0		1337 (n=55)	2337	8.0	
K	23 (n=160) (n*=34)	38	0.11	2.6	31 (n=49) (n*=6)	55	0.10	2.6
Ca	25 (n=169) (n*=25)	56	0.12	3.2	31 (n=52) (n*=3)	97	0.10	3.3
Ti	24 (n=112) (n*=82)	128	0.11	4.7	31 (n=43) (n*=12)	160	0.11	4.2
Mn	7 (n=88) (n*=106)	9	0.04	2.3	11 (n=30) (n*=25)	14	0.03	2.3
Fe	140 (n=192) (n*=2)	257	0.75	3.0	237 (n=55) (n*=0)	396	0.20	2.4

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-23  
TABLEAU 13-C

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (ARGILE TYPE ILLITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	36 (n=86) (n*=13)	52	0.88	2.5
Mg	26 (n=65) (n*=34)	43	0.28	2.9
Al	593 (n=97) (n*=2)	920	4.7	2.0
Si	1182 (n=99)	1515	8.0	
K	104 (n=99) (n*=0)	136	0.53	1.8
Ca	36 (n=94) (n*=5)	56	0.17	2.9
Ti	22 (n=70) (n*=29)	51	0.10	3.9
Mn	9 (n=46) (n*=53)	26	0.04	2.7
Fe	350 (n=98) (n*=1)	642	1.7	2.8

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-24  
 TABLEAU 13-D

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (ARGILE TYPE BENTONITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	29 (n=55) (n*=12)	53	1.1	3.3
Mg	16 (n=28) (n*=39)	31	0.25	3.2
Al	181 (n=66) (n*=1)	292	1.9	1.8
Si	925 (n=67)	1304	8.0	
K	28 (n=64) (n*=3)	46	0.17	2.4
Ca	39 (n=67) (n*=0)	63	0.25	2.7
Ti	23 (n=54) (n*=13)	93	0.14	4.2
Mn	7 (n=42) (n*=25)	11	0.04	2.9
Fe	370 (n=67) (n*=0)	601	2.4	2.3

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.



T-25  
 TABLEAU 13-E

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (ARGILE TYPE PYROPHYLLITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	20 (n=38) (n*=10)	40	0.54	2.8
Mg	21 (n=27) (n*=21)	28	0.24	2.5
Al	419 (n=47) (n*=1)	632	4.0	1.4
Si	1004 (n=48)	1495	8.0	
K	24 (n=42) (n*=6)	45	0.13	2.9
Ca	29 (n=45) (n*=3)	55	0.16	2.5
Ti	19 (n=30) (n*=18)	93	0.09	2.5
Mn	5 (n=30) (n*=18)	7	0.04	2.9
Fe	271 (n=48) (n*=0)	601	1.6	2.8

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-26  
TABLEAU 14

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(TYPE TALC)

	<u>COMPACTES</u>				<u>PRISMATIQUES</u>			
	INTENSITE DE FLUORESCENCE:		NOMBRE D'ATOMES		INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.	M.G.	M.A.	M.G.	E.T.G.
Na	52 (n=165) (n*=2)	77	0.81	2.1	43 (n=151) (n*=12)	62	0.87	1.9
Mg	719 (n=167) (n*=0)	959	5.5	1.2	513 (n=163) (n*=0)	731	5.4	1.2
Al	33 (n=94) (n*=73)	55	0.14	2.8	25 (n=88) (n*=75)	52	0.14	3.7
Si	2207 (n=167)	2694	8.0		1510 (n=163)	2099	8.0	
K	19 (n=116) (n*=51)	34	0.05	2.7	15 (n=108) (n*=55)	25	0.06	2.8
Ca	28 (n=147) (n*=20)	74	0.07	3.5	35 (n=135) (n*=28)	122	0.13	4.0
Ti	13 (n=96) (n*=71)	27	0.04	3.2	14 (n=116) (n*=47)	35	0.06	3.2
Mn	11 (n=83) (n*=84)	28	0.03	2.5	9 (n=85) (n*=78)	19	0.04	2.3
Fe	208 (n=167) (n*=0)	387	0.60	2.7	206 (n=163) (n*=0)	390	0.81	3.1

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-27  
TABLEAU 15-A

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(AMIANTE TYPE AMOSITE)

PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	21 (n=64) (n* =12)	39	0.70	2.7
Mg	68 (n=68) (n* =8)	101	1.0	1.9
Al	32 (n=40) (n* =36)	127	0.28	4.4
Si	798 (n=76)	1277	8.0	
K	16 (n=52) (n* =24)	45	0.10	3.0
Ca	69 (n=68) (n* =8)	185	0.48	3.2
Ti	9 (n=41) (n* =35)	15	0.06	3.1
Mn	22 (n=66) (n* =10)	39	0.15	2.8
Fe	906 (n=76) (n* =0)	1607	6.7	1.8

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-28  
TABLEAU 15-B

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(AMIANTE TYPE TREMOLITE)

PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	48 (n=32) (n*=3)	69	0.83	2.1
Mg	407 (n=35) (n*=0)	593	3.7	1.6
Al	59 (n=22) (n*=13)	146	0.27	3.7
Si	1760 (n=35)	2554	8.0	
K	34 (n=29) (n*=6)	55	0.11	2.3
Ca	480 (n=35) (n*=0)	805	1.6	1.9
Ti	24 (n=21) (n*=14)	59	0.07	2.8
Mn	18 (n=18) (n*=17)	20	0.05	2.6
Fe	323 (n=35) (n*=0)	641	3.1	1.1

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-29  
TABEAU 15-C

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(AMIANTE TYPE CHRYSOTILE)

PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	6 (n=22) (n*=24)	11	1.7	2.0
Mg	42 (n=43) (n*=3)	208	8.3	1.9
Al	5 (n=8) (n*=38)	6	0.63	2.5
Si	68 (n=45) (n*=1)	250	8.0	
K	5 (n=21) (n*=25)	8	0.37	3.2
Ca	6 (n=35) (n*=11)	12	0.47	2.7
Ti	21 (n=21) (n*=25)	25	0.36	3.1
Mn	4 (n=21) (n*=25)	7	0.25	3.0
Fe	23 (n=45) (n*=1)	82	2.0	3.7

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-30  
TABLEAU 15-D

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(AMIANTE TYPE CROCIDOLITE)

PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	26 ( $\bar{n}=26$ ) ( $n^*=7$ )	43	2.7	2.1
Mg	11 ( $\bar{n}=14$ ) ( $n^*=19$ )	17	0.4	2.8
Al	5 ( $\bar{n}=2$ ) ( $n^*=31$ )	9	0.09	4.9
Si	227 ( $\bar{n}=32$ ) ( $n^*=1$ )	373	8.0	
K	6 ( $\bar{n}=18$ ) ( $n^*=15$ )	8	0.11	3.3
Ca	10 ( $\bar{n}=23$ ) ( $n^*=10$ )	15	0.20	3.4
Ti	5 ( $\bar{n}=17$ ) ( $n^*=16$ )	6	0.15	4.5
Mn	5 ( $\bar{n}=13$ ) ( $n^*=20$ )	7	0.11	3.1
Fe	280 ( $\bar{n}=32$ ) ( $n^*=1$ )	433	7.3	1.6

n: valeur plus grande que 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

$n^*$ : valeur égale à 0.

T-31  
TABLEAU 16

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE CHLORITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	48 (n=13) (n*=1)	82	1.4	2.2
Mg	380 (n=14) (n*=0)	618	5.1	1.8
Al	422 (n=14) (n*=0)	728	4.1	1.8
Si	1030 (n=14)	1441	8.0	
K	27 (n=8) (n*=6)	52	0.16	2.4
Ca	41 (n=13) (n*=1)	335	0.22	5.0
Ti	32 (n=8) (n*=5)	81	0.19	4.1
Mn	14 (n=8) (n*=5)	20	0.09	2.2
Fe	789 (n=14) (n*=0)	1569	4.5	1.7

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-32  
TABLEAU 17

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE VERMICULITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	42 (n=23) (n*=1)	84	0.97	2.2
Mg	315 (n=24) (n*=0)	439	2.8	1.5
Al	327 (n=24) (n*=0)	417	2.1	1.8
Si	1760 (n=24)	2451	8.0	
K	208 (n=23) (n*=1)	506	1.1	2.0
Ca	105 (n=24) (n*=0)	233	0.53	2.9
Ti	71 (n=24) (n*=0)	157	0.23	2.1
Mn	10 (n=14) (n*=12)	9	0.05	2.3
Fe	733 (n=24) (n*=0)	1025	2.5	1.9

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.



T-33  
TABLEAU 18-A

DISTRIBUION DES ATOMES  
(TYPE PYROXENE AOMITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	35 (n=44) (n*=4)	54	0.96	2.3
Mg	74 (n=45) (n*=3)	127	1.1	2.5
Al	431 (n=48) (n*=0)	626	4.0	1.5
Si	1079 (n=48)	1416	8.0	
K	274 (n=48) (n*=0)	370	1.5	1.3
Ca	63 (n=48) (n*=0)	102	0.35	2.5
Ti	42 (n=36) (n*=12)	77	0.23	3.4
Mn	8 (n=35) (n*=13)	8	0.04	2.6
Fe	459 (n=48) (n*=0)	660	2.5	2.6

n: valeur plus grande que 0.      n\*: valeur égale à 0.  
M.G.: moyenne géométrique  
M.A.: moyenne arithmétique  
E.T.G.: écart-type géométrique

T-34  
TABLEAU 18-B

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE PYROXENE AUGITE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	47 (n=22) (n*=0)	86	1.6	3.6
Mg	52 (n=17) (n*=5)	72	0.99	1.7
Al	290 (n=22) (n*=0)	465	3.7	1.5
Si	768 (n=22)	1190	8.0	
K	85 (n=20) (n*=2)	102	0.59	2.8
Ca	321 (n=22) (n*=0)	488	2.5	1.4
Ti	29 (n=18) (n*=4)	60	0.20	3.5
Mn	12 (n=16) (n*=6)	13	0.08	2.6
Fe	347 (n=22) (n*=0)	657	2.7	2.0

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-35  
TABLEAU 18-C

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(TYPE PYROXENE SODIQUE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	107 (n=32) (n*=0)	149	2.6	1.5
Mg	93 (n=31) (n*=1)	134	1.1	1.9
Al	465 (n=32) (n*=0)	824	3.5	1.9
Si	1310 (n=32)	1704	8.0	
K	66 (n=26) (n*=6)	81	0.27	2.5
Ca	112 (n=32) (n*=0)	172	0.51	2.1
Ti	50 (n=27) (n*=5)	101	0.23	3.9
Mn	10 (n=24) (n*=8)	10	0.05	2.0
Fe	630 (n=32) (n*=0)	1013	2.9	2.9

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-36  
TABLEAU 19

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE METAMORPHIQUE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	24 (n=48) (n*=18)	34	1.0	2.9
Mg	41 (n=49) (n*=17)	53	0.68	1.9
Al	1730 (n=62) (n*=4)	2157	22.2	1.4
Si	698 (n=66)	974	8.0	
K	21 (n=51) (n*=15)	39	0.17	3.9
Ca	26 (n=61) (n*=5)	68	0.21	3.6
Ti	55 (n=55) (n*=11)	95	0.30	3.3
Mn	13 (n=34) (n*=32)	8	0.07	3.1
Fe	331 (n=65) (n*=1)	521	2.6	3.3

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

TABLEAU 20

DISTRIBUTION DES ATOMES  
(TYPE NON-CLASSE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLUORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	44 (n=42) (n*=3)	62	0.75	1.7
Mg	86 (n=41) (n*=4)	129	0.82	2.9
Al	536 (n=45) (n*=0)	763	2.9	3.3
Si	1646 (n=45)	2164	8.0	
K	87 (n=44) (n*=1)	150	0.32	2.3
Ca	89 (n=44) (n*=1)	188	0.31	2.4
Ti	42 (n=37) (n*=8)	94	0.15	3.1
Mn	11 (n=28) (n*=17)	10	0.03	2.7
Fe	626 (n=45) (n*=0)	892	2.3	2.3

n: valeur plus grande que 0.

n\*: valeur égale à 0.

M.G.: moyenne géométrique

M.A.: moyenne arithmétique

E.T.G.: écart-type géométrique

T-38  
TABLEAU 21

DISTRIBUTION DES ATOMES  
 (TYPE HEMATITE-SILICATE)

COMPACTES ET PRISMATIQUES

	INTENSITE DE FLORESCENCE		NOMBRE D'ATOMES	
	M.G.	E.T.G.	M.G.	E.T.G.
Na	28 (n=234) (n*=61)	47	1.6	2.9
Mg	16 (n=128) (n*=167)	34	0.5	3.4
Al	226 (n=266) (n*=29)	260	2.6	2.2
Si	540 (n=293) (n*=2)	796	8.0	
K	15 (n=273) (n*=22)	123	0.68	2.5
Ca	74 (n=285) (n*=10)	121	0.76	2.4
Ti	39 (n=233) (n*=62)	109	0.38	3.9
Mn	11 (n=154) (n*=141)	15	0.11	2.8
Fe	1536 (n=291) (n*=4)	2398	16.4	1.7

n: valeur plus grande que 0.  
 M.G.: moyenne géométrique  
 M.A.: moyenne arithmétique  
 E.T.G.: écart-type géométrique

n\*: valeur égale à 0.

T-39  
TABLEAU 22-A

RESUME DES SPECTRES LAMMA

INTENSITE ARBITRAIRE D'EMISSION  
(Partie 1)

CAS	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Mo
CHT-80-28	2	0	1	0	3	1	1	2	1	0	0	0	0	0
CHT-80-58	0	0	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
CHT-84-8	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0
JGH-81-84	2	0	0	0	2	0	0	2	1	1	0	1	0	0
JGH-79-207	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
JGH-81-123	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JGH-84-190	2	0	1	0	3	2	3	3	1	0	2	0	0	0
JGH-84-75	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
JGH-85-2	1	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
JGH-86-199	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MGH-79-272	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
MGH-79-275	0	0	3	0	3	0	3	2	2	0	0	0	0	2
MGH-79-300	1	0	0	0	3	0	0	1	1	0	1*	1*	0	0
MGH-79-406	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MGH-80-295	0	0	3	2	2	0	2	2	2	0	2	0	0	0
MGH-81-131	2	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
MGH-82-264	0	0	3	0	3	3	0	1	1	0	1	0	1	0
MGH-82-308	1	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0
MGH-84-72	2	0	2	2	3	1	1	2	2	0	1	0	0	3
MGH-85-47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWH-30078	2	0	2	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0

\* possibilité d'interférence

T-40  
TABLEAU 22-A  
 (suite)

RESUME DES SPECIES LAMMA

INTENSITE ARBITRAIRE D'EMISSION  
 (Partie 1)

CAS	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Mo
RVH-30343	2	0	1	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0
RVH-30458	2	0	2	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0
RVH-30639	0	0	2	0	3	0	1	1	2	0	0	0	0	0
RVH-30909	1	0	3	1	3	0	1	1	1	0	1	0	1	0
RVH-31026	2	0	1	0	2	0	1	3	3	0	0	0	0	0
RVH-31036	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	0
RVH-31409	3	0	2	0	3	0	0	2	2	0	2*	2*	0	0
RVH-31471	0	0	0	0	3	1	0	3	1	0	0	0	0	0
RVH-31630	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RVH-31798	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RVH-31839	1	0	1	0	3	0	2	1	2	0	0	0	0	0
RVH-31940	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
RVH-32444	0	0	2	0	2	0	1	3	1	0	0	0	0	0
RVH-79-6979	3	0	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0
RVH-79-7991	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RVH-84-3255	0	0	0	2	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0
RVH-85-6447	2	0	1	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0
RVH-86-37	0	0	3	0	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0
SMH-83-20	3	0	2	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
SMH-84-1	1	0	2	2	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0
SMH-85-78	0	2	2	0	3	0	0	2	1	0	1	0	0	0

\*possibilité d'interférence



TABLEAU 22-BRESUME DES SPECIRES LAMMAINTENSITE ARBITRAIRE D'EMISSION

(Partie 2)

CAS	Sn	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pb	Li	I
CHT-80-28	1	1	0	0	1	0	3	0	0
CHT-80-58	0	0	0	0	0	0	2	1	0
CHT-84-8	0	1	0	0	0	0	1	0	1
JGH-81-84	0	1	0	0	0	0	1	0	0
JGH-79-207	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JGH-81-123	0	2	0	0	0	0	0	0	1
JGH-84-190	0	2	1	1	0	0	1	0	0
JGH-84-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JGH-85-2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
JGH-86-199	0	1	0	0	0	0	1	0	0
MGH-79-272	0	0	0	0	0	0	2	0	0
MGH-79-275	0	0	0	0	0	0	1	0	0
MGH-79-300	0	3	3	3	0	2	1	0	0
MGH-79-406	0	1	0	0	0	0	0	0	0
MGH-80-295	0	3	0	0	0	0	3	1	1
MGH-81-131	0	1	0	1	0	0	0	0	0
MGH-82-264	0	1	0	0	0	0	2	0	0
MGH-82-308	0	1	0	0	0	0	2	0	0
MGH-84-72	0	2	0	0	0	0	3	0	0
MGH-85-47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWH-30078	0	1	0	0	0	0	1	0	0

T-42  
TABLEAU 22-B  
 (suite)

RESUME DES SPECIRES LAMMA

INTENSITE ARBITRAIRE D'EMISSION  
 (Partie 2)

CAS	Sn	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pb	Li	I
RVH-30343	1	1	0	2	0	0	1	0	0
RVH-30458	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RVH-30639	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RVH-30909	0	1	1	1	0	0	0	0	0
RVH-31026	0	1	0	0	0	0	2	0	0
RVH-31036	0	1	0	0	0	0	0	0	0
RVH-31409	0	2	2	1	0	1	2	0	0
RVH-31471	0	0	0	0	0	0	2	0	0
RVH-31630	0	1	0	0	0	0	0	0	0
RVH-31798	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RVH-31839	0	1	0	0	0	0	0	0	0
RVH-31940	0	1	0	0	0	0	0	0	0
RVH-32444	0	1	0	0	0	0	1	0	0
RVH-79-6979	0	3	0	0	0	0	1	0	0
RVH-79-7991	0	0	0	0	0	0	2	0	0
RVH-84-3255	0	0	0	0	0	0	2	0	3
RVH-85-6447	0	2	0	0	0	0	0	0	0
RVH-86-37	0	2	0	0	0	0	3	0	2
SMH-83-20	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SMH-84-1	1	1	1	2	0	0	1	0	0
SMH-85-78	0	1	0	0	0	0	1	0	0

T-43  
TABLEAU 23

CHARGE PULMONAIRE EN SILICATES COMPACTES

(Nombre de particules compactes x 10<sup>4</sup>  
par mg de tissu sec)

CAS	SILICATE	SILICE	FELDSPATH	MICA ET ARGILE	TALC	AUTRES
CHT-80-28	14.26 (28)	7.48 (16)	1.07 (27)	4.63 (29)	0.71 (27)	0.36 (38)
CHT-80-58	15.60 (24)	9.69 (9)	0.47 (32)	4.49 (30)	0.24 (35)	0.71 (29)
CHT-84-8	10.17 (35)	2.42 (34)	2.91 (17)	4.36 (31)	n.d. (37)	0.48 (34)
JGH-81-84	18.70 (22)	2.61 (31)	2.17 (21)	11.74 (13)	0.87 (22)	1.31 (22)
JGH-79-207	25.86 (15)	2.59 (32)	4.14 (12)	8.53 (20)	8.27 (2)	2.33 (12)
JGH-81-123	14.70 (27)	2.85 (29)	1.19 (26)	2.37 (37)	0.94 (21)	7.35 (2)
JGH-84-190	12.31 (30)	1.34 (39)	0.45 (33)	9.85 (15)	0.22 (36)	0.45 (37)
JGH-84-75	1.73 (42)	0.16 (42)	n.d. (38)	1.10 (41)	n.d. (37)	0.47 (36)
JGH-85-2	42.66 (7)	18.43 (2)	5.27 (11)	17.91 (8)	n.d. (37)	1.05 (24)
JGH-86-199	3.18 (41)	0.73 (41)	0.49 (31)	1.47 (40)	0.24 (34)	0.24 (39)
MGH-79-272	25.06 (18)	16.55 (3)	n.d. (38)	6.62 (22)	1.42 (15)	0.47 (35)
MGH-79-275	25.59 (16)	8.53 (12)	0.81 (30)	13.81 (10)	0.81 (25)	1.63 (20)
MGH-79-300	14.18 (29)	7.74 (15)	0.43 (34)	4.30 (32)	0.86 (23)	0.86 (26)
MGH-79-406	19.25 (21)	3.59 (28)	3.85 (14)	9.24 (18)	0.77 (26)	1.80 (16)
MGH-80-295	11.62 (33)	8.14 (14)	n.d. (38)	2.91 (35)	n.d. (37)	0.58 (32)
MGH-81-131	57.13 (3)	20.78 (1)	7.14 (6)	21.43 (7)	2.60 (10)	5.19 (6)
MGH-82-264	14.94 (25)	3.82 (26)	2.86 (18)	4.77 (28)	1.27 (18)	2.23 (13)
MGH-82-308	11.77 (31)	5.13 (20)	n.d. (38)	5.13 (25)	0.38 (32)	1.14 (23)
MGH-84-72	25.58 (17)	9.95 (8)	1.42 (25)	11.72 (14)	0.71 (28)	1.78 (17)
MGH-85-47	28.31 (19)	11.84 (6)	1.54 (24)	9.78 (16)	3.60 (8)	1.54 (21)
RVH-30078	37.18 (11)	9.30 (10)	6.44 (7)	17.88 (9)	1.43 (14)	2.15 (14)

( ) rang

T-44  
TABLEAU 23  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE EN SILICATES COMPACTES

(Nombre de particules compactes x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	SILICATE	SILICE	FELDSPATH	MICA ET ARGILE	TALC	AUTRES
RVH-30343	42.45 (8)	8.49 (13)	6.23 (9)	22.64 (4)	0.57 (30)	4.53 (7)
RVH-30458	85.75 (2)	11.61 (7)	32.16 (1)	34.84 (2)	1.79 (11)	5.36 (5)
RVH-30639	26.55 (14)	9.07 (11)	7.77 (5)	5.83 (24)	0.65 (29)	3.24 (9)
RVH-30909	34.40 (9)	3.65 (27)	2.08 (22)	8.34 (21)	0.52 (31)	19.81 (1)
RVH-31026	16.77 (23)	4.67 (21)	4.12 (13)	6.60 (23)	0.82 (24)	0.55 (33)
RVH-31036	8.30 (36)	1.60 (37)	0.96 (28)	3.51 (33)	1.28 (17)	0.96 (22)
RVH-31409	11.70 (32)	2.13 (35)	2.66 (14)	5.05 (26)	1.06 (20)	0.80 (28)
RVH-31471	10.30 (34)	4.45 (22)	1.67 (23)	3.34 (34)	n.d. (37)	0.84 (27)
RVH-31630	43.33 (6)	4.27 (23)	7.93 (4)	21.97 (6)	6.10 (4)	3.05 (10)
RVH-31798	93.31 (1)	14.43 (4)	9.62 (2)	63.49 (1)	3.85 (7)	1.92 (15)
RVH-31839	39.89 (10)	6.38 (18)	6.38 (8)	13.56 (11)	8.00 (3)	5.58 (3)
RVH-31940	8.01 (37)	5.75 (19)	0.21 (36)	0.82 (42)	1.23 (19)	n.d. (41)
RVH-32444	14.88 (26)	2.48 (33)	2.48 (20)	4.96 (27)	3.31 (9)	1.65 (19)
RVH-79-6979	4.71 (39)	1.47 (38)	0.29 (35)	2.36 (39)	n.d. (37)	0.59 (31)
RVH-79-7991	46.00 (5)	6.57 (17)	8.09 (3)	24.26 (3)	1.52 (13)	5.56 (4)
RVH-84-3255	31.73 (12)	4.19 (24)	2.99 (16)	13.17 (12)	10.78 (1)	0.60 (30)
RVH-85-6447	21.83 (19)	2.65 (30)	3.31 (15)	9.26 (17)	3.97 (6)	2.65 (11)
RVH-86-37	19.77 (20)	3.87 (25)	0.86 (24)	9.02 (19)	1.72 (12)	4.30 (8)
SMH-83-20	3.76 (40)	0.84 (40)	0.14 (37)	2.37 (38)	0.28 (33)	0.14 (40)
SMH-84-1	47.24 (4)	13.58 (5)	5.31 (10)	22.44 (5)	4.13 (5)	1.77 (18)
SMH-85-78	5.77 (38)	1.78 (36)	n.d. (38)	2.66 (36)	1.33 (16)	n.d. (41)

( ) rang

T-45  
TABLEAU 24

CHARGE PULMONAIRE EN SILICATES PRISMATIQUES

(Nombre de particules prismatiques x 10<sup>3</sup>  
par mg de tissu sec)

CAS	AMIANTE	SILICE	FELDSPATH	MICA ET ARGILE	TALC	AUTRES
CHT-80-28	n.d. (31)	0.280 (25)	0.070 (19)	0.560 (9)	0.070 (25)	0.070 (11)
CHT-80-58	n.d. (31)	0.699 (7)	n.d. (26)	0.140 (27)	0.070 (25)	n.d. (24)
CHT-84-8	n.d. (31)	0.140 (33)	0.140 (14)	n.d. (36)	n.d. (33)	n.d. (24)
JGH-81-84	0.250 (14)	0.417 (19)	0.500 (3)	0.750 (5)	0.250 (17)	n.d. (24)
JGH-79-207	0.086 (23)	0.345 (23)	n.d. (26)	0.344 (18)	0.948 (2)	n.d. (24)
JGH-81-123	n.d. (31)	0.340 (24)	n.d. (26)	0.170 (26)	0.510 (7)	n.d. (24)
JGH-84-190	0.109 (22)	0.164 (32)	n.d. (26)	0.055 (35)	0.055 (30)	0.055 (20)
JGH-84-75	n.d. (31)	0.280 (25)	n.d. (26)	n.d. (36)	n.d. (33)	n.d. (24)
JGH-85-2	n.d. (31)	2.832 (1)	0.118 (18)	0.118 (30)	0.354 (12)	n.d. (24)
JGH-86-199	n.d. (31)	0.060 (39)	0.060 (24)	n.d. (36)	n.d. (33)	n.d. (24)
MGH-79-272	0.140 (19)	0.489 (15)	n.d. (26)	0.210 (22)	0.210 (19)	n.d. (24)
MGH-79-275	n.d. (31)	0.524 (13)	0.052 (25)	0.104 (31)	0.052 (31)	0.052 (21)
MGH-79-300	0.070 (24)	0.559 (10)	0.070 (19)	0.140 (27)	0.210 (19)	n.d. (24)
MGH-79-406	0.244 (15)	0.195 (31)	0.342 (7)	0.537 (10)	n.d. (33)	0.049 (22)
MGH-80-295	0.210 (16)	0.699 (7)	n.d. (26)	n.d. (36)	n.d. (33)	n.d. (24)
MGH-81-131	0.469 (7)	0.939 (4)	0.235 (11)	0.704 (6)	0.235 (18)	0.313 (1)
MGH-82-264	0.699 (6)	0.908 (5)	0.070 (19)	n.d. (36)	0.070 (25)	0.070 (11)
MGH-82-308	n.d. (31)	0.489 (15)	n.d. (26)	0.070 (33)	0.070 (25)	0.070 (11)
MGH-84-72	0.839 (4)	0.489 (15)	n.d. (26)	0.350 (14)	0.210 (19)	0.070 (11)
MGH-85-47	n.d. (31)	1.118 (3)	0.140 (14)	0.280 (19)	0.839 (4)	0.070 (11)
RVH-30078	0.210 (16)	0.559 (10)	0.629 (2)	0.629 (7)	0.419 (11)	0.070 (11)

( ) position  
n.d. non décelé

T-46  
TABLEAU 24  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE EN SILICATES PRISMATIQUES

(Nombre de particules prismatiques x 10<sup>3</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	AMIANTE	SILICE	FELDSPATH	MICA ET ARGILE	TALC	AUTRES
RVH-30343	0.140 (19)	0.489 (15)	0.210 (12)	0.629 (7)	0.489 (9)	0.140 (6)
RVH-30458	0.419 (8)	0.503 (14)	2.096 (1)	1.426 (2)	0.503 (8)	0.168 (5)
RVH-30639	0.419 (8)	0.140 (33)	0.349 (6)	0.350 (14)	0.140 (22)	0.280 (2)
RVH-30909	41.580 (1)	n.d. (41)	n.d. (26)	n.d. (36)	n.d. (33)	n.d. (24)
RVH-31026	0.070 (24)	0.559 (10)	0.070 (19)	0.420 (12)	0.140 (22)	0.070 (11)
RVH-31036	0.070 (24)	0.349 (20)	0.140 (14)	0.228 (21)	n.d. (33)	0.070 (11)
RVH-31409	n.d. (31)	0.057 (40)	n.d. (26)	0.070 (33)	0.114 (24)	0.057 (19)
RVH-31471	1.817 (2)	0.140 (33)	n.d. (26)	0.210 (22)	n.d. (33)	n.d. (24)
RVH-31630	1.188 (3)	0.280 (25)	0.280 (8)	0.839 (3)	0.908 (3)	0.140 (6)
RVH-31798	0.070 (24)	0.839 (6)	0.489 (4)	1.747 (1)	0.280 (16)	0.070 (11)
RVH-31839	0.769 (5)	0.349 (20)	0.280 (8)	0.489 (11)	0.699 (5)	n.d. (24)
RVH-31940	0.169 (18)	2.832 (2)	n.d. (26)	0.840 (32)	0.422 (10)	n.d. (24)
RVH-32444	0.419 (8)	0.140 (33)	n.d. (26)	0.210 (22)	0.349 (13)	n.d. (24)
RVH-79-6979	0.070 (24)	0.070 (37)	0.070 (19)	0.070 (33)	0.070 (25)	n.d. (24)
RVH-79-7991	0.349 (12)	0.210 (30)	0.419 (5)	0.769 (4)	0.349 (13)	0.280 (2)
RVH-84-3255	0.419 (8)	0.349 (20)	n.d. (26)	n.d. (36)	1.677 (1)	0.140 (6)
RVH-85-6447	n.d. (31)	n.d. (41)	0.210 (12)	0.349 (14)	0.559 (6)	n.d. (24)
RVH-86-37	n.d. (31)	0.070 (37)	0.140 (14)	0.349 (14)	n.d. (33)	0.140 (6)
SMH-83-20	0.129 (21)	0.257 (29)	n.d. (26)	0.257 (20)	0.032 (32)	0.032 (23)
SMH-84-1	0.280 (13)	0.699 (7)	0.280 (8)	0.419 (12)	0.349 (13)	0.280 (2)
SMH-85-78	0.070 (24)	0.280 (25)	n.d. (26)	0.210 (22)	n.d. (33)	n.d. (24)

( ) rang  
 n.d. non décelé

T-47  
TABLEAU 25

CHARGE PULMONAIRE EN PARTICULES EXCLUSIVEMENT METALLIQUES

(Nombre de particules métalliques x 10<sup>4</sup>  
par mg de tissu sec)

CAS	METALX compacts	RUTILE compacts
CHI-80-28	1.07 (19)	0.713 (11)
CHI-80-58	0.71 (25)	0.473 (16)
CHI-84-8	4.85 (5)	n.d. (24)
JGH-81-84	1.74 (13)	4.349 (1)
JGH-79-207	0.52 (30)	2.068 (3)
JGH-81-123	0.24 (36)	0.237 (21)
JGH-84-190	0.90 (21)	0.224 (22)
JGH-85-75	0.47 (32)	n.d. (24)
JGH-85-2	n.d. (38)	n.d. (24)
JGH-86-199	0.25 (35)	n.d. (24)
MGH-79-272	1.42 (16)	1.891 (4)
MGH-79-275	2.84 (10)	0.812 (10)
MGH-79-300	1.72 (14)	0.860 (9)
MGH-79-406	0.26 (34)	n.d. (24)
MGH-80-295	0.58 (28)	n.d. (24)
MGH-81-131	0.65 (26)	0.649 (12)
MGH-82-264	5.72 (4)	n.d. (24)
MGH-82-308	1.14 (18)	0.190 (23)
MGH-84-72	0.71 (24)	0.355 (18)
MGH-85-47	0.52 (31)	1.030 (7)
RVH-30078	2.15 (11)	n.d. (24)

( ) rang  
n.d. non décelé

T-48  
 TABLEAU 25  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE EN PARTICULES EXCLUSIVEMENT METALLIQUES

(Nombre de particules métalliques x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	METALX compacts	RUTILE compacts
RVH-30343	n.d. (38)	2.830 (2)
RVH-30458	3.57 (7)	n.d. (24)
RVH-30639	14.25 (2)	n.d. (24)
RVH-30909	0.52 (29)	n.d. (24)
RVH-31026	3.02 (9)	1.649 (5)
RVH-31036	0.96 (20)	n.d. (24)
RVH-31409	1.87 (12)	n.d. (24)
RHV-31471	9.19 (3)	0.278 (20)
RVH-31630	1.22 (17)	0.610 (13)
RVH-31798	n.d. (38)	0.962 (8)
RVH-31839	0.80 (23)	n.d. (24)
RVH-31940	0.21 (37)	0.411 (17)
RVH-32444	0.83 (22)	n.d. (24)
RVH-79-6979	1.47 (15)	0.295 (19)
RVH-79-7991	3.03 (8)	0.505 (15)
RVH-84-3255	21.55 (1)	n.d. (24)
RVH-85-6447	n.d. (38)	1.323 (6)
RVH-86-37	4.30 (6)	n.d. (24)
SMH-83-20	0.28 (33)	n.d. (24)
SMH-84-1	0.59 (27)	0.591 (14)
SMH-85-78	n.d. (38)	n.d. (24)

( ) rang  
 n.d. non décelé



T-49  
TABLEAU 26

CHARGE PULMONAIRE EN PARTICULES AVEC METAUX

(Nombre de particules avec métaux x 10<sup>4</sup>  
par mg de tissu sec)

CAS	Totaux Lourds (*)	Ti	Pb	Cr	Ni	Mn	Zn	AUTRES
CHT-80-28	18.18 (8)	2.49 (32)	13.54 (2)	1.07 (7)	2.14 (14)	n.d. (20)	3.92 (23)	1.43
CHT-80-58	9.93 (11)	2.84 (30)	6.86 (7)	0.71 (15)	2.13 (15)	0.24 (18)	n.d. (39)	n.d.
CHT-84-8	5.81 (20)	0.97 (41)	3.88 (12)	0.97 (8)	0.48 (30)	n.d. (20)	26.16 (4)	0.48 <sup>1</sup>
JGH-81-84	3.91 (23)	25.23 (2)	n.d. (29)	2.61 (3)	1.31 (21)	n.d. (20)	18.70 (7)	n.d.
JGH-79-207	0.52 (39)	5.17 (20)	0.26 (26)	n.d. (28)	n.d. (36)	0.26 (15)	0.52 (38)	n.d.
JGH-81-123	0.95 (34)	15.88 (5)	n.d. (29)	n.d. (28)	n.d. (36)	0.24 (17)	15.41 (10)	0.71
JGH-84-190	2.46 (29)	9.18 (12)	1.12 (20)	0.67 (16)	0.67 (26)	n.d. (20)	4.25 (20)	n.d.
JGH-84-75	0.34 (34)	1.10 (40)	0.16 (28)	0.16 (27)	0.16 (35)	0.47 (9)	4.72 (19)	n.d.
JGH-85-2	n.d. (4)	1.58 (37)	n.d. (29)	n.d. (28)	n.d. (36)	n.d. (20)	4.21 (21)	n.d.
JGH-86-199	0.73 (38)	5.87 (15)	0.25 (27)	n.d. (28)	0.24 (34)	n.d. (20)	17.85 (8)	0.25
MGH-79-272	3.78 (24)	3.78 (27)	n.d. (29)	0.47 (21)	2.36 (12)	n.d. (20)	1.42 (34)	0.95
MGH-79-275	15.84 (9)	5.28 (19)	4.87 (8)	0.81 (13)	9.75 (5)	0.41 (11)	8.53 (14)	n.d.
MGH-79-300	12.8 (10)	5.16 (21)	n.d. (29)	0.86 (11)	1.72 (18)	n.d. (20)	1.29 (35)	10.31 <sup>1</sup>
MGH-79-406	0.77 (37)	3.34 (28)	n.d. (29)	0.27 (26)	0.26 (33)	0.26 (16)	3.3 (25)	n.d.
MGH-80-295	18.60 (7)	4.07 (25)	8.72 (4)	0.58 (18)	8.72 (6)	n.d. (20)	6.39 (16)	0.58
MGH-81-131	n.d. (40)	11.69 (11)	n.d. (29)	n.d. (28)	n.d. (36)	n.d. (20)	n.d. (39)	n.d.
MGH-82-264	6.68 (23)	4.45 (9)	4.77 (28)	n.d. (22)	1.27 (20)	n.d. (20)	16.85 (9)	0.64 <sup>2</sup>
MGH-82-308	6.83 (17)	2.28 (34)	3.80 (13)	0.95 (9)	1.71 (19)	0.19 (19)	n.d. (39)	0.19
MGH-84-72	8.53 (14)	3.20 (29)	4.62 (10)	0.36 (23)	1.42 (20)	n.d. (20)	1.07 (37)	2.13 <sup>2</sup>
MGH-85-47	8.75 (12)	7.72 (13)	n.d. (29)	1.54 (4)	5.66 (8)	1.03 (5)	2.06 (31)	0.52
RWH-30078	2.86 (27)	14.30 (7)	2.15 (14)	n.d. (28)	0.72 (25)	n.d. (20)	2.86 (27)	n.d.

( ) rang  
n.d.: non décelé  
(\*) Ti et Zn non inclus

1. terres rares  
2. cobalt et autres

T-50  
TABLEAU 26  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE EN PARTICULES AVEC METAUX

(Nombre de particules avec métaux x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	Totaux Lourds (*)	Ti	Pb	Cr	Ni	Mn	Zn	AUTRES
RVH-30343	1.70 (32)	16.98 (3)	0.57 (24)	0.57 (19)	0.57 (29)	n.d. (20)	1.13 (36)	n.d.
RVH-30458	7.15 (16)	12.51 (10)	0.89 (21)	0.89 (10)	4.47 (9)	0.89 (6)	2.68 (28)	n.d.
RVH-30639	45.33 (2)	16.18 (4)	7.12 (6)	8.42 (2)	24.61 (2)	5.18 (1)	49.21 (1)	n.d.
RVH-30909	23.45 (4)	5.73 (16)	n.d. (29)	18.24 (1)	2.09 (16)	2.61 (2)	8.34 (15)	0.52 <sup>2</sup>
RVH-31026	4.40 (21)	4.12 (24)	.92 (15)	0.27 (25)	2.20 (13)	n.d. (20)	4.12 (22)	n.d.
RVH-31036	2.24 (30)	1.91 (35)	1.60 (18)	0.32 (24)	n.d. (36)	0.32 (12)	3.83 (24)	n.d.
RVH-31409	3.72 (25)	2.66 (31)	n.d. (29)	0.53 (20)	2.39 (11)	0.27 (14)	3.19 (26)	0.53
RVH-31471	8.63 (13)	1.67 (36)	8.35 (5)	n.d. (28)	n.d. (36)	0.28 (13)	23.66 (5)	n.d.
RVH-31630	1.22 (33)	6.10 (14)	n.d. (29)	n.d. (28)	0.61 (27)	n.d. (20)	4.88 (18)	0.61
RVH-31798	22.13 (5)	14.43 (6)	11.54 (3)	n.d. (28)	10.58 (4)	n.d. (20)	n.d. (39)	n.d.
RVH-31839	70.20 (1)	12.76 (9)	3.99 (11)	n.d. (28)	65.42 (1)	n.d. (20)	8.78 (13)	0.80
RVH-31940	n.d. (40)	0.82 (42)	n.d. (29)	n.d. (28)	n.d. (36)	n.d. (20)	9.45 (12)	n.d.
RVH-32444	26.05 (3)	4.55 (22)	1.65 (17)	0.83 (12)	22.74 (3)	0.83 (7)	21.50 (6)	n.d.
RVH-79-6979	2.65 (28)	5.30 (18)	1.47 (19)	n.d. (28)	0.88 (23)	n.d. (20)	5.01 (17)	0.29
RVH-79-7991	6.07 (19)	13.14 (8)	0.51 (25)	1.52 (5)	3.54 (10)	0.51 (8)	1.52 (33)	n.d.
RVH-84-3255	22.75 (6)	2.39 (33)	19.75 (1)	1.20 (6)	0.60 (28)	n.d. (20)	32.33 (2)	1.29 <sup>2</sup>
RVH-85-6447	3.97 (22)	35.06 (1)	0.66 (23)	n.d. (28)	1.98 (17)	1.32 (3)	9.92 (11)	n.d.
RVH-86-37	3.01 (26)	3.87 (26)	1.72 (16)	n.d. (28)	0.86 (24)	0.43 (10)	31.37 (3)	n.d.
SMH-83-20	0.84 (36)	1.11 (39)	n.d. (29)	0.42 (22)	0.42 (32)	n.d. (20)	1.81 (32)	n.d.
SMH-84-1	8.27 (15)	5.31 (17)	n.d. (29)	0.59 (17)	5.90 (7)	1.18 (4)	2.36 (30)	0.59
SMH-85-78	2.22 (31)	1.33 (38)	0.89 (22)	n.d. (28)	0.44 (31)	n.d. (20)	2.66 (29)	0.89

( ) rang

n.d.: non décelé

(\*) Ti et Zn non inclus

1. terres rares

2. cobalt et autres

T-51  
TABLEAU 27

CHARGE PULMONAIRE DES AUTRES PARTICULES

(Nombre de particules x 10<sup>4</sup>  
par mg de tissu sec)

	PHOSPHORE	FER-X	FER SILICATES	FE-SI-AL	FE-SI
CHI-80-28	n.d. (24)	26.37 (11)	3.207 (14)	3.56 (7)	21.03 (5)
CHI-80-58	n.d. (24)	10.17 (37)	1.419 (26)	n.d. (35)	6.38 (26)
CHI-84-8	0.485 (19)	34.88 (6)	0.969 (34)	2.91 (11)	17.44 (6)
JGH-81-84	0.870 (14)	24.79 (15)	5.219 (9)	0.87 (24)	2.61 (37)
JGH-79-207	0.258 (22)	n.d. (42)	n.d. (39)	n.d. (35)	n.d. (42)
JGH-81-123	n.d. (24)	12.09 (31)	3.793 (12)	0.47 (30)	3.32 (35)
JGH-84-190	n.d. (24)	12.98 (29)	1.343 (27)	5.37 (5)	8.95 (17)
JGH-84-75	n.d. (24)	10.22 (36)	0.157 (38)	0.16 (34)	8.33 (20)
JGH-85-2	n.d. (24)	20.01 (20)	2.633 (19)	0.53 (28)	7.90 (23)
JGH-86-199	n.d. (24)	24.95 (14)	0.489 (36)	0.98 (23)	12.96 (9)
MGH-79-272	2.837 (6)	23.64 (16)	n.d. (39)	n.d. (35)	0.95 (40)
MGH-79-275	0.406 (20)	17.87 (24)	3.249 (13)	1.22 (19)	7.72 (24)
MGH-79-300	1.289 (11)	33.52 (8)	1.289 (29)	1.29 (18)	15.04 (7)
MGH-79-406	n.d. (24)	11.29 (33)	7.442 (4)	0.51 (29)	3.34 (34)
MGH-80-295	1.162 (13)	55.79 (1)	1.162 (32)	10.46 (2)	44.75 (1)
MGH-81-131	n.d. (24)	19.48 (22)	4.545 (10)	7.79 (4)	14.93 (8)
MGH-82-264	0.318 (21)	16.53 (25)	2.862 (17)	0.64 (25)	11.13 (12)
MGH-82-308	n.d. (24)	6.64 (40)	1.519 (25)	n.d. (35)	4.18 (30)
MGH-84-72	n.d. (24)	15.63 (27)	5.328 (8)	3.20 (8)	8.88 (18)
MGH-85-47	n.d. (24)	30.88 (10)	5.662 (7)	n.d. (35)	8.24 (21)
RVH-30078	1.430 (9)	45.05 (4)	6.436 (6)	22.88 (1)	32.89 (2)

( ) rang  
n.d. : non décelé

T-52  
TABLEAU 27  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE DES AUTRES PARTICULES

(Nombre de particules x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

	PHOSPHORE	FER-X	FER SILICATES	FE-SI-AL	FE-SI
RVH-30343	2.264 (8)	19.81 (21)	9.622 (3)	2.83 (12)	7.92 (22)
RVH-30458	8.039 (3)	9.83 (38)	2.680 (18)	1.79 (17)	2.68 (36)
RVH-30639	1.295 (24)	34.32 (23)	1.295 (5)	1.94 (3)	3.89 (13)
RVH-30909	3.648 (5)	10.95 (39)	4.170 (11)	1.04 (22)	3.65 (33)
RVH-31026	n.d. (24)	8.52 (39)	1.099 (33)	0.55 (27)	5.22 (29)
RVH-31036	2.553 (7)	23.61 (17)	1.276 (30)	1.91 (15)	10.53 (14)
RVH-31409	0.532 (18)	16.48 (26)	2.393 (20)	3.19 (8)	9.57 (16)
RVH-31471	n.d. (24)	11.69 (32)	0.835 (35)	0.56 (26)	1.67 (38)
RVH-31630	6.103 (4)	21.97 (19)	1.831 (22)	1.83 (16)	9.76 (15)
RVH-31798	n.d. (24)	19.24 (23)	6.734 (5)	9.62 (3)	10.58 (13)
RVH-31839	16.753 (1)	38.30 (3)	10.371 (2)	3.99 (6)	11.17 (11)
RVH-31940	1.233 (12)	14.59 (28)	0.205 (27)	n.d. (35)	0.82 (41)
RVH-32444	0.827 (16)	33.07 (9)	1.654 (24)	n.d. (35)	6.20 (27)
RVH-79-6979	n.d. (24)	25.34 (13)	n.d. (39)	1.18 (21)	21.21 (4)
RVH-79-7991	n.d. (24)	10.61 (35)	3.033 (15)	3.03 (10)	7.08 (25)
RVH-84-3255	13.768 (2)	4.79 (41)	1.197 (31)	n.d. (35)	1.20 (39)
RVH-85-6447	0.662 (17)	55.57 (2)	13.892 (1)	2.65 (13)	23.15 (3)
RVH-86-37	0.860 (15)	25.36 (12)	2.148 (21)	0.43 (32)	3.87 (32)
SMH-83-20	0.139 (23)	12.26 (30)	1.672 (23)	0.42 (32)	5.99 (28)
SMH-84-1	n.d. (24)	22.44 (18)	2.952 (16)	1.18 (20)	8.86 (19)
SMH-85-78	n.d. (24)	46.15 (3)	n.d. (39)	0.44 (31)	11.98 (10)

( ) rang  
 n.d.: non décelé

T-53  
TABLEAU 28-A

CHARGE PULMONAIRE TOTALE EN PARTICULES COMPACTES

(nombre de particules x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	COMPACTES	SILICATES	METALLS FURS	PHOSPHORE	SILICATES DOUTELX	FER-X
CHT-80-28	45.62	14.26	1.78	n.d.	3.21	26.37
CHT-80-58	28.57	15.60	1.18	n.d.	1.42	10.17
CHT-84-8	51.36	20.17	4.85	0.49	0.97	34.88
JGH-81-84	55.67	18.70	6.09	0.87	5.22	24.79
JGH-79-207	28.71	25.86	2.59	0.26	n.d.	n.d.
JGH-81-123	31.0	14.70	0.48	n.d.	3.73	12.09
JGH-84-190	27.75	12.31	1.12	n.d.	1.34	12.98
JGH-84-75	12.58	1.73	0.47	n.d.	0.16	10.22
JGH-85-2	65.30	42.66	n.d.	n.d.	2.63	20.01
JGH-86-199	28.87	3.18	0.25	n.d.	0.49	24.95
MGH-79-272	54.85	25.06	3.31	2.84	n.d.	23.64
MGH-79-275	50.77	25.59	3.65	0.41	3.25	17.87
MGH-79-300	52.87	14.18	2.58	1.30	1.29	33.52
MGH-79-406	38.24	19.25	0.26	n.d.	7.44	11.29
MGH-80-295	70.31	11.62	0.58	1.16	1.16	55.79
MGH-81-131	89.46	57.13	1.30	n.d.	4.55	19.48
MGH-82-264	40.34	14.94	5.72	0.32	2.83	16.53
MGH-82-308	21.26	11.77	1.33	n.d.	1.52	6.64
MGH-84-72	47.61	25.58	1.07	n.d.	5.33	15.63
MGH-85-47	66.40	28.31	1.55	n.d.	5.66	30.88
RVH-30078	92.25	37.18	2.15	1.43	6.44	45.05

n.d.: non décelé

T-54  
 TABLEAU 28-A  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE TOTALE EN PARTICULES COMPACTES

(nombre de particules x 10<sup>4</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	COMPACTES	SILICATES	METALUX PURS	PHOSPHORE	SILICATES DOUTEUX	FER-X
RVH-30343	66.78	42.45	2.83	2.26	9.62	9.62
RVH-30458	102.72	85.75	3.57	8.04	2.68	2.68
RVH-30639	44.70	26.55	14.25	1.30	1.30	1.30
RVH-30909	59.42	40.13	0.52	3.65	4.17	10.95
RVH-31026	31.06	16.77	4.67	n.d.	1.1	8.52
RVH-31036	36.70	8.30	0.96	2.55	1.28	23.61
RVH-31409	32.97	11.70	1.87	0.53	2.39	16.48
RVH-31471	32.30	10.30	9.47	n.d.	0.84	11.69
RVH-31630	75.06	43.33	1.83	6.10	1.83	21.97
RVH-31798	120.24	93.31	0.96	n.d.	6.73	19.24
RVH-31839	106.11	39.89	0.80	16.75	10.37	38.30
RVH-31940	24.25	8.01	0.21	1.23	0.21	14.59
RVH-32444	51.26	14.88	0.83	0.83	1.65	33.07
RVH-79-6979	29.82	4.71	1.77	n.d.	n.d.	25.34
RVH-79-7991	63.18	46.00	3.54	n.d.	3.03	10.61
RVH-84-3255	73.04	31.73	21.55	13.77	1.20	4.79
RVH-85-6447	93.27	21.83	1.32	0.66	13.89	55.57
RVH-86-37	52.44	19.77	4.30	0.86	2.15	25.36
SMH-83-20	17.71	3.36	0.28	0.14	1.67	12.26
SMH-84-1	73.81	47.24	1.18	n.d.	2.95	22.44
SMH-85-78	51.92	5.77	n.d.	n.d.	n.d.	46.15

n.d.: non décelé

T-55  
TABLEAU 28-B

CHARGE PULMONAIRE TOTALE EN PARTICULES PRISMATIQUES

(nombre de particules x 10<sup>3</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	PRISMATIQUES	AMIANTE	SILICATES	METAUX
CHI-80-28	1.190	n.d.	1.050	0.140
CHI-80-58	1.119	n.d.	0.909	0.210
CHI-84-8	0.363	n.d.	0.280	0.083
JGH-81-84	2.167	0.250	1.917	n.d.
JGH-79-207	1.723	0.086	1.637	n.d.
JGH-81-123	1.020	n.d.	1.020	n.d.
JGH-84-190	0.438	0.109	0.329	n.d.
JGH-84-75	0.280	n.d.	0.280	n.d.
JGH-85-2	3.422	n.d.	3.422	n.d.
JGH-86-199	0.120	n.d.	0.120	n.d.
MGH-79-272	1.049	0.140	0.909	n.d.
MGH-79-275	0.889	n.d.	0.784	0.105
MGH-79-300	1.119	n.d.	0.979	0.140
MGH-79-406	1.367	0.244	1.123	n.d.
MGH-80-295	1.049	0.210	0.699	0.140
MGH-81-131	1.721	0.469	0.939	0.313
MGH-82-264	2.865	0.699	1.118	1.048
MGH-82-308	0.769	n.d.	0.699	0.070
MGH-84-72	2.098	0.839	1.119	0.140
MGH-85-47	2.936	n.d.	2.447	0.489
RVH-30078	2.796	0.210	2.306	0.280

n.d.: non décelé

T-56  
TABLEAU 28-B  
 (suite)

CHARGE PULMONAIRE TOTALE EN PARTICULES PRISMATIQUES

(nombre de particules x 10<sup>3</sup>  
 par mg de tissu sec)

CAS	PRISMATIQUES	AMIANTE	SILICATES	METALX
RVH-30343	2.167	0.140	1.957	0.070
RVH-30458	5.283	0.419	4.696	0.168
RVH-30639	2.447	0.419	1.259	0.769
RVH-30909	41.580	41.580	n.d.	n.d.
RVH-31026	1.678	0.070	1.259	0.349
RVH-31036	0.927	0.070	0.787	0.070
RVH-31409	0.355	n.d.	0.298	0.057
RVH-31471	2.447	1.817	0.350	0.280
RVH-31630	3.775	1.188	2.447	0.140
RVH-31798	3.705	0.070	3.425	0.210
RVH-21839	2.866	0.769	1.817	0.280
RVH-31940	4.263	0.169	4.094	n.d.
RVH-32444	1.118	0.419	0.699	n.d.
RVH-79-6979	0.839	0.070	0.280	0.489
RVH-79-7991	2.865	0.349	2.027	0.489
RVH-84-3255	3.284	0.419	2.166	0.699
RVH-85-6447	0.929	n.d.	0.929	n.d.
RVH-86-37	1.118	n.d.	0.699	0.419
SMH-83-20	0.803	0.129	0.578	0.096
SMH-84-1	2.447	0.280	2.027	0.140
SMH-85-78	0.630	0.070	0.490	0.070

n.d.: non décelé



T-57  
TABLEAU 29-A

CLASSEMENT DES CAS SUR LA BASE  
DE L'ANALYSE PARTICULAIRE

EXPOSITION A LA FIBRE D'AMIANTE

PREMIER CLASSEMENT

DEUXIEME CLASSEMENT

JGH-81-84	JGH-81-84	(14) [rutile-c (1)]
MGH-82-264	MGH-82-264	(6) [Pb (9)]
MGH-84-72	MGH-84-72	(4) [Co (1)]
RVH-30909	RVH-30909	(1) [Cr (1)]
RVH-31471	RVH-31471	(2) [métaux-c (13)]
RVH-31630	RVH-31630	(3) [silicates-c (6)]
	JGH-84-190	(22) [argiles-c (12)]
	MGH-79-406	(15) [argiles-c (13)]
	RVH-31940	(18) [silice-p (1)]
	SMH-83-20	(21)

( ) rang (tableaux 23 à 27)

[ ] autres possibilités d'exposition

TABLEAU 29-BCLASSEMENT DES CAS SUR LA BASE  
DE L'ANALYSE PARTICULAIREEXPOSITION AUX SILICATESPREMIER CLASSEMENTDEUXIEME CLASSEMENT

JGH-85-2	JGH-85-2	(7)
MGH-81-131	MGH-81-131	(3) [amiante (7) ]
RVH-30078	RVH-30078	(11) [amiante (16) ]
RVH-30343	RVH-30343	(8) [amiante (19) ]
RVH-30458	RVH-30458	(2) [amiante (8) ]
RVH-31798	RVH-31798	(1) [métaux-c (6) ]
RVH-79-7991	RVH-79-7991	(5) [amiante (12) ]
SMH-84-1	SMH-84-1	(4) [amiante (13) ]
	JGH-79-207	(15) [amiante (23) ] [rutile-c (2) ] [talc-c (2) ]
	MGH-79-272	(18) [amiante (19) ]

( ) rang (tableaux 23 à 27)

[ ] autres possibilités d'exposition

TABLEAU 29-CCLASSEMENT DES CAS SUR LA BASE  
DE L'ANALYSE PARTICULAIREEXPOSITION AUX METAUX

<u>FREMIER CLASSEMENT</u>	<u>DEUXIEME CLASSEMENT</u>
CHI-80-28	CHI-80-28 (8) [silice-c (16)]
CHI-80-58	CHI-80-58 (11) [silice-c (9)] [silice-p (9)]
MGH-79-275	MGH-79-275 (9) [argile-c (7)]
MGH-79-300	MGH-79-300 (10) (terres rares)
MGH-80-295	MGH-80-295 (7) [amiante (16)]
MGH-85-47	MGH-85-47 (12) [silice-c (6)]
RVH-30639	RVH-30639 (2) [amiante (8)]
RVH-31839	RVH-31839 (1) [amiante (5)]
RVH-32444	RVH-32444 (3) [amiante (8)]
RVH-84-3255	RVH-84-3255 (5) [talc-c (2)]

( ) rang (tableaux 23 à 27)

[ ] autres possibilités d'exposition

TABLEAU 29-D  
CLASSEMENT DES CAS SUR LA BASE  
DE L'ANALYSE PARTICULAIRE

SANS EXPOSITION

<u>DEUXIEME CLASSEMENT</u>	<u>TROISIEME CLASSEMENT</u> <u>FUMEURS</u>
JGH-84-75 [talc (37); argile (40)]	JGH-81-123 [silicates (2)] [Ti (5)]
JGH-86-199 [talc (34); argile (36)]	RVH-31036 [amiante (24)]
RVH-79-6979 [talc (16); argile (33)]	RVH-79-6979 [amiante (24)]
SMH-85-78 [talc (16); argile (25)]	RVH-85-6447 [rutile-c (6)]
CHI-84-8      RVH-86-37 [talc (38); argile (24)]	SMH-85-78 [amiante (24)]
JGH-81-123 [talc (21); argile (35)]	RVH-86-37 [Zn (3)]
MGH-82-308 [talc (38); argile (15)]	<u>NON FUMEURS</u>
RVH-31026 [talc (24); argile (21)]	CHI-84-8 [Zn (4)]
RVH-31036 [talc (17); argile (39)]	JGH-84-75
RVH-31409 [talc (20); argile (38)]	JGH-86-199
RVH-85-6447 [talc (6); argile (34)]	MGH-82-308 [argile-c (15)]
RVH-86-37 [talc (12) argile (30)]	RVH-31409 [feldspath-c (14)] [Ni (11)]
	RVH-31026 [amiante (24)] [rutile (5)]

( ) rang basé sur la concentration de talc dans le cas du classement des fumeurs et non-fumeurs.

[ ] autres possibilités d'exposition

T-61  
TABLEAU 30-A-1

COMPARAISON DES RESULTATS ENTRE L'ETUDE PHYSICO-CHEMIQUE  
 ET L'HISTOIRE DU TRAVAIL

GROUPE AMIANTE

<u>CAS</u>	<u>HISTOIRE DU TRAVAIL</u>			<u>PHYSICO-CHEMIE</u>		
	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>
RVH-31630* (188.9)	AMIANTE 1:1:1:2	SILICE 1:2:2:3	P. ISOLANTE 1:2:2:3	AMIANTE	SILICE	
MGH-82308 (150.9)	AMIANTE 1:1:2:2	METALX 1:1:2:2	ABRASIFS 1:1:2:2	NON FUM	METALX	
SMH-83-20 (157.9)	AMIANTE 1:1:2:2	FUM. SOUD. 1:2:3:1	METALX 1:2:3:2	AMIANTE		
SMH-85-78 (162.1)	AMIANTE 1:1:2:2	CENDRE 1:3:2:3	CHARBON 3:3:3:3	FUMEUR	METALX	
RVH-30458 (162.1)	AMIANTE 1:1:2:3	SILICE 1:2:3:3	METALX 1:3:2:3	SILICE	AMIANTE	METALX
CHI-80-58 (162.1)	AMIANTE 1:2:1:2	PIG. INO 2:1:3:3	CHARBON 3:3:3:3	METALX	SILICE	
MGH-84-72 (162.1)	AMIANTE 1:2:2:3	METALX 1:1:2:3	SILICE 1:2:2:2	AMIANTE	METALX	SILICE
RVH-31940 (162.1)	AMIANTE 1:2:2:3	METALX 1:2:2:2	PB-x 1:1:3:3	AMIANTE	SILICE	METALX
RVH-31471 (162.1)	AMIANTE 1:2:2:3	METALX 1:2:3:3	SILICE 1:2:2:3	AMIANTE	METALX	
RVH-30909 (151.9)	AMIANTE 1:3:3:3	SILICE 1:3:2:2	METALX 1:1:2:3	AMIANTE	METALX	

() type de cancer.

\* décédé d'un cancer du système urinaire mais a eu une lobectomie du poumon à cause d'un cancer.

CODE 1:2:3:4:

1:VOIES D'ENTREE DU CONTAMINANT  
 2:NIVEAU DE CONCENTRATION  
 3:FREQUENCE D'EXPOSITION  
 4:FIABILITE DE L'ESTIMATION

P. ISOLANTE = PARTICULES ISOLANTE  
 FUM. SOUD. = FUMEEES DE SOUDURE  
 NON FUM = NON-FUMEUR

TABLEAU 30-A-2

PERIODE DE TEMPS DEPUIS LA DERNIERE EXPOSITION  
GROUPE AMIANTE

<u>CAS</u>	<u>AGE</u>	<u>ANNEE DE L'EXPOSITION</u>	<u>TABAGISME</u>
RVH-31630	71	1927-1929 CONSTRUCTION	20 CIGARETTES/JOUR 16 A 71 ANS
MGH-82-308	70	1933-1966 MECANICIEN-POMPISTE	25 CIGARETTES/JOUR 20 A 70 ANS
SMH-83-20	70	1967-1979 OPERATEUR DE CHAUDIERE	20 CIGARETTES/JOUR 40 A 65 ANS
SMH-85-78	57	1943-1983 OPERATEUR DE CHAUDIERE	15 CIGARETTES/JOUR 16 A 57 ANS
RVH-30458	56	1939-1947 ELECTRICIEN	35 CIGARETTES/JOUR 12 A 56 ANS
		1959-1980 CONSTRUCTION SERVICE PUBLIC	
CHI-80-58	56	1950-1953 OPERATEUR DE CHAUDIERE	40 CIGARETTES/JOUR 15 A 56 ANS
MGH-84-72	64	1948-1977 MONTEUR DE LIGNES A GAZ DANS UNE RAFFINERIE	75 CIGARETTES/JOUR 14 A 50 ANS CIGARES ET PIPES 50 A 64 ANS
RVH-31940	67	1936-1981 MANUTENTIONNAIRE QUIAI DE DECHARGEMENT	50 CIGARETTES/JOUR 13 A 67 ANS
RVH-31471	54	1947 TRANSFORMATION DE L'AMIANTE	25 CIGARETTES/JOUR 15 A 54 ANS
RVH-30909	56	1952-1981 TRANSFORMATION DE L'AMIANTE	3-4 CIGARETTES/JOUR FIN DE SEMAINE 18 A 56

M.A. = 62.2 paquets-  
années

M.A.: moyenne arithmétique

TABLEAU 30-B-1COMPARAISON DES RESULTATS ENTRE L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE  
ET L'HISTOIRE DU TRAVAILGROUPE SILICE

<u>CAS</u>	<u>HISTOIRE DU TRAVAIL</u>			<u>PHYSICO-CHIMIE</u>		
	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>
MGH-81-131 (185.9)	SILICE 1:1:2:2	PB-x 1:1:2:3	PEIN. MET. 3:2:2:3	SILICE	AMIANTE	TITANE
JGH-85-2 (162.1)	SILICE 1:1:3:2	METALX 1:3:3:3	P. EXCAVAT. 1:2:2:3	SILICE		
MGH-85-47 (154.1)	SILICE 1:1:3:3	P. EXCAVAT. 1:1:3:3	ENCRE 1:1:3:3	METALX	SILICE	
CHI-84-8 (162.1)	SILICE 1:1:3:3	METALX 1:2:3:3	AMIANTE 1:1:1:2	NON FUM	METALX	
JGH-84-190 (154.0)	SILICE 1:1:3:3	PB-x 1:1:3:3	FUM. CUIS. 1:2:3:3	AMIANTE	SILICATE	TITANE
RVH-79-6979 (162.1)	SILICE 1:2:2:2	METALX 1:2:3:3	ABRASIF 1:3:2:3	FUMEUR	METALX	
RVH-79-7991 (162.1)	SILICE 1:2:2:3	CIMENT 1:2:2:3	BRQUES 1:2:2:3	SILICE	AMIANTE	METALX
RVH-31839 (2196.3)	SILICE 1:2:2:3	AMIANTE 1:1:1:2	P. ISOL. 1:2:1:3	METALX	AMIANTE	SILICE
MGH-79-275 (162.1)	SILICE 1:3:3:3	FUM. SOUD. 1:3:1:1	TALC 1:2:1:2	METALX	SILICE	
RVH-31798 (162.1)	SILICE 1:3:3:3	METALX 1:2:2:2	CHARBON 1:3:3:D3	SILICE	METALX	

() TYPE DE CANCER

CODE 1:2:3:4:

1: VOIES D'ENTREE DU CONTAMINANT  
2: NIVEAU DE CONCENTRATION  
3: FREQUENCE D'EXPOSITION  
4: FIABILITE DE L'ESTIMATION

PEIN. MET. = PEINTURE METALLIQUE  
P. EXCAVAT. = PARTICULE EXCAVATION  
FUM. CUISS = FUMEE CUISSON  
P. ISOL. = PARTICULE ISOLANTE  
FUM .SOU. = FUMEE SOUDURE

T-64  
TABLEAU 30-B-2  
PERIODE DE TEMPS DEPUIS LA DERNIERE EXPOSITION  
GROUPE SILICE

<u>CAS</u>	<u>AGE</u>	<u>ANNEE DE L'EXPOSITION</u>	<u>TABAGISME</u>
MGH-81-131	60	1945-1979 REPLISSAGE D'EXTINCTEURS	4 CIGARES/JOUR 25 A 60 ANS
JGH-85-2	60	1969-1983 FONDEUR	50 CIGARETTES/JOUR 21 A 60 ANS
MGH-85-47	70	1962-1968 GERANT DES FINANCES CIMENTIERIE	25 CIGARETTES/JOUR 14 A 70 ANS
CHT-84-8	70	1950-1968 CONSTRUCTION	25 CIGARETTES/JOUR 14 A 66 ANS
JGH-84-190	66	1958-1981 OPERATEUR DE MACHINERIE LOURDE BALAIE, DENEIGEUSE, ROULEAU COMPRESSEUR	60 CIGARETTES/JOUR 11 A 54 ANS
RVH-79-6979	67	1930-1973 USINEUR DE PIECES METALLIQUES	45 CIGARETTES/JOUR 14 A 65 ANS
RVH-79-7991	66	1932-1967 ERIQUEUR	20 CIGARETTES/JOUR 15 A 53 ANS
RVH-31839	53	1953-1980 ELECTRICIEN	25 CIGARETTES/JOUR 25 A 40 ANS
MGH-79-275	69	1956-1961 "BELT SPLICER" (MINE)	25 CIGARETTES/JOUR 19 A 69 ANS
RVH-31798 <sup>(1)</sup>	60	1948-1951      1954-1956 MINES DE CHARBON	25 CIGARETTES/JOUR FONDEUR 18 A 59 ANS
		1962-1964      1965-1973 CONSTRUCTION      VOIRIE	

M.A. = 64.7 paquets-  
années

(1) HISTOIRE DU TRAVAIL NE SPECIFIE PAS UNE EXPOSITION A LA SILICE  
DANS LES MINES DE CHARBON.

M.A.: moyenne arithmétique



T-65  
TABLEAU 30-C-1

COMPARAISON DES RESULTATS ENTRE L'ETUDE PHYSICO-CHEMIQUE  
 ET L'HISTOIRE DU TRAVAIL.

GROUPE METAUX

<u>CAS</u>	<u>HISTOIRE DU TRAVAIL</u>			<u>PHYSICO-CHEMIE</u>		
	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>
RVH-32444 (162.1)	FUM. BRA 1:3:2:2	METAUX 1:1:1:2	PB-x 3:1:2:3	METAUX	AMIANTE	SILICE
JGH-81-84 (157.0)	METAUX 1:1:2:2	ABRASIF 1:1:3:2	P. CHROME 1:1:1:2	AMIANTE	METAUX	SILICATE
JGH-84-75 (2196.9)	METAUX 1:2:2:3	CHARBON 1:2:3:3	ABRASIF 1:1:2:3	NON FUM		
MGH-79-272 (153.2)	METAUX 1:2:3:3	ABRASIF 1:1:2:2		SILICE	METAUX	
MGH-82-264 (157.0)	METAUX 1:3:3:3	ABRASIF 1:2:2:3		AMIANTE	METAUX	SILICE
JGH-79-207 (157.0)	PB-x 1:1:2:3			SILICATE	RUTILE	
CHI-80-28 (162.1)	PB-x 1:1:3:3			METAUX		
RVH-31036 (157.9)	PB-x 1:1:3:3			FUMEUR	SILICATE	METAUX
RVH-85-6447 (162.1)	FIG. INO 2:1:3:3	PROD. NET 3:3:3:3	TALC 2:1:2:3	FUMEUR	SILICATE	METAUX
MGH-79-300 (162.1)	FIG. INO 3:2:3:3			METAUX	SILICE	

( ) type de cancer

CODE 1:2:3:4:

1: VOIES D'ENTREE DU CONTAMINANT  
 2: NIVEAU DE CONCENTRATION  
 3: FREQUENCE D'EXPOSITION  
 4: FIABILITE DE L'ESTIMATION

FUM. BRA = FUMEE BRASURE  
 P. CHROME = PARTICULE DE CHROME  
 FIG. INO. = PIGMENT INORGANIQUE  
 PROD. NET = PRODUIT NETTOYANT  
 NON FUM = NON-FUMEUR

TABEAU 30-C-2PERIODE DE TEMPS DEPUIS LA DERNIERE EXPOSITION  
GROUPE METAUX

<u>CAS</u>	<u>AGE</u>	<u>ANNEE DE L'EXPOSITION</u>	<u>TABAGISME</u>
RVH-32444	63	1948-1981 TECHNICIEN RADIO-TELECOMMUNICATION	NON FUMEUR
JGH-81-84	52	1960-1980 ASSEMBLEUR MEUBLES METALLIQUES	25 CIGARETTES/JOUR 12 A 52 ANS
JGH-84-75	54	1950-1956 REPARATEUR DE POMPES	25 CIGARETTES/JOUR 14 A 43 ANS 10 CIGARES/JOUR 43 A 50 ANS
MGH-79-272	54	1944-1979 PRESSE-FOREUSE	50 CIGARETTES/JOUR 20 A 54 ANS
MGH-82-264	42	1960-1982 USINEUR PIECES METALLIQUES	25 CIGARETTES/JOUR 16 A 32 ANS
JGH-79-207	50	1970-1972 CAMIONNEUR	NON FUMEUR
CHI-80-28	70	1930-1961 CAMIONNEUR	50 CIGARETTES/JOUR 14 A 68 ANS
RVH-31036	64	1945-1980 CAMIONNEUR	25 CIGARETTES/JOUR 6 A 64 ANS ?
RVH-85-6447	63	1957-1980 PEINTRE DECORATEUR	20 CIGARETTES/JOUR 16 A 63 ANS
MGH-79-300	64	1930-1941; 1946-1952 IMPRIMERIE TRANSFORMATION DU PAPIER	30 CIGARETTES/JOUR 18 A 64 ANS
		1952-1956; 1956-1958; 1958-1968; IMPRIMERIE ET AUTRES	M.A. = 51.5 paquets- années.
		1968-1971 RELIEUR DE LIVRE ET IMPRIMERIE	

M.A.: moyenne arithmétique

## TABLEAU 30-D-1

COMPARAISON DES RESULTATS ENTRE L'ETUDE PHYSICO-CHEMIQUE  
ET L'HISTOIRE DU TRAVAIL

## GROUPE NON-EXPOSES

<u>CAS</u>	<u>HISTOIRE DU TRAVAIL</u>			<u>PHYSICO-CHEMIE</u>		
	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>	<u>PREMIER</u>	<u>DEUXIEME</u>	<u>TROISIEME</u>
MGH-80-295 (1190.9)	FUMEUR	PROD. NET 3:2:1:3		METALX	SILICE	
MGH-79-406 (151.4)	FUMEUR	P. CaCO <sub>3</sub> 1:1:2:2		AMIANTE	SILICATE	
JGH-81-123 (4169.1)	FUMEUR	P. CaCO <sub>3</sub> 1:1:2:2		FUMEUR	SILICATE	TITANE
RVH-30639 (189.9)	FUMEUR	P. CaCO <sub>3</sub>		METALX	AMIANTE	SILICE
RVH-30078* (155.0)	FUMEUR			SILICE	AMIANTE	METALX
RVH-30343 (162.1)	FUMEUR			SILICATE		
SMH-84-1 (185.9)	NON FUM	PROD. NET 3:2:1:3		SILICE	METALX	AMIANTE
RVH-31026 (153.5)	NON FUM			NON FUM	SILICATE	METALX
RVH-31409 (162.1)	NON-FUM	P.COMB 1:2:2:1		NON FUM	METALX	SILICATE
RVH-86-37 (185.0)	NON-FUM			FUMEUR	METALX	SILICATE
JGH-86-199 (185.9)	NON FUM			NON FUM		
RVH-84-3255 (162.1)	PIG ORG 3:3:3:3	Hg 1:1:2:3	PRO LAB 3:3:3:3	METALX	AMIANTE	SILICATE

\* cessa de fumer à 35 ans et décéda à 65 ans; histoire professionnelle imprécise.  
entre 18 et 27 ans.

( ) type de cancer

CODE 1:2:3:4:

1: VOIES D'ENTREE DU CONTAMINANT  
2: NIVEAU DE CONCENTRATION  
3: FREQUENCE D'EXPOSITION  
4: FIABILITE DE L'ESTIMATION

P. CaCO<sub>3</sub> = PARTICULES DE CaCO<sub>3</sub>  
PROD. NET. = PRODUIT NETTOYANT  
P. COMB. = PARTICULE COMBUSTION  
PIG. ORG. = PIGMENT ORGANIQUE  
PRO. LAB. = PRODUIT LABORATOIRE  
NON FUM = NON-FUMEUR

TABLEAU 30-D-2

PERIODE DE TEMPS DEPUIS LA DERNIERE EXPOSITION  
GROUPE NON-EXPOSES

<u>CAS</u>	<u>AGE</u>	<u>ANNEE DE L'EXPOSITION</u>	<u>TABAGISME</u>
MGH-80-295	45	PERSONNEL D'INFORMATIQUE	4 CIGARES/JOUR 25 A 45 ANS
MGH-79-406	46	PROFESSEUR	TABAC A PIPE 26 A 46 ANS CIGARES A L'OCCASION
JGH-81-123	64	PROFESSEUR	35 CIGARETTES/JOUR INDETERMINE <sup>(1)</sup>
RVH-30639	49	PROFESSEUR	10 CIGARETTES/JOUR 15 A 49 ANS
RVH-30078	64	VENTE AUX ENCHERES	30 CIGARETTES/JOUR 12 A 35 ANS
RVH-30343	70	COMMIS-COMPTABLE PATES ET PAPIER	15 CIGARETTES/JOUR 20 A 70 ANS
			M.A. 27.7 paquets- années (1) assumé de 18 à 64 ans
SMH-84-1	65	RESTAURATION	NON FUMEUR
RVH-31026	44	PUBLICITE	NON FUMEUR
RVH-31409	50	FUMOIR A VIANDE	NON FUMEUR
RVH-86-37	76	MINISIRE DU CULTE	NON FUMEUR
JGH-86-199	69	COMPTABLE	NON FUMEUR
RVH-84-3255	67	CHIMISTE	NON FUMEUR

M.A.: moyenne arithmétique

TABLEAU 31EFFICACITE DE LA COMPARAISON ENTRE  
L'ENQUETE ET LA PHYSICO-CHIMIEEXPOSITION A L'AMIANTE

<u>NIVEAU D'ATTRIBUTION</u>	<u>NOMBRE</u>
<u>PREMIER</u>	6
<u>DEUXIEME</u>	1
<u>TOTAL</u>	7/10

EXPOSITION A LA SILICE

	<u>NOMBRE</u>
<u>PREMIER</u>	4
<u>DEUXIEME</u>	3
<u>TROISIEME</u>	1
<u>TOTAL</u>	8/10

EXPOSITION AUX METAUX

	<u>NOMBRE</u>
<u>PREMIER</u>	3
<u>DEUXIEME</u>	3
<u>TOTAL</u>	6/10

NON-EXPOSE

	<u>FUMEUR</u>	<u>NON FUMEUR</u>
<u>PREMIER</u>	1/6	3/6*

\* RVH-84-3255 a été exposé à des pigments et des produits de laboratoire.

T-70

TABEAU 32

MATRICE COMPARATIVE DES RESULTATS ENTRE  
L'ETUDE PHYSICO-CHEMIE ET L'HISTOIRE DU TRAVAIL

		<u>HISTOIRE DE TRAVAIL</u>					
		AMI	SIL	MET	FUM	NFU	TOTAL
<u>PHYSICO-CHEMIE</u>	AMI	6	1	1	1	1	10
	SIL	1	4	3	1	1	10
	MET	2	2	3	2	1	10
	FUM	1	2	2	1	0	6
	NFU	0	1	1	1	3	6
	TOTAL	10	10	10	6	6	42

Chi carré = 18.853 (16 degré de liberté  $p > 0.1$ )  
 Note: presque tous les valeurs attendues sont  $< 5$ .

STATISTIQUE KAPPA

GROUPE	VALEUR KAPPA	VALEUR Z	PROBABILITE
AMI	0.47500	3.078	0.001
SIL	0.21250	1.377	0.084
MET	0.08125	0.154	0.299
FUM	0.02778	0.180	0.429
NFU	0.41667	2.700	0.003

K > 0.75      concordance excellente  
 0.4 < K < 0.75      concordance bonne  
 K < 0.4      concordance marginale

TABLEAU 33-A

CHARGE PULMONAIRE DES GROUPES D'INTERETSILICATES PRISMATIQUES  
(p/mg moyenne géométrique)

	<u>AMIANTE</u>	<u>SILICE</u>	<u>METALX</u>	<u>FUMEUR</u>	<u>NON FUMEUR</u>
n	10	10	10	6	6
Amiante	378 <sup>(1)</sup> (35-41590)	100 (35-770)	106 (35-700)	168 (35-420)	84 (35-420)
Silice	347 (70-1520)	416 (70-2830)	294 (35-910)	379 (140-700)	179 (60-700)
Feldspath	65 (35-2095)	145 (35-490)	77 (35-500)	164 (35-700)	77 (35-280)
Talc	110 (35-910)	179 (35-840)	162 (35-950)	162 (35-510)	150 (35-1680)
Argile	80 (35-210)	97 (35-630)	91 (35-280)	143 (35-490)	81 (35-350)
Mica	127 (35-1260)	155 (35-1120)	116 (35-500)	152 (35-420)	96 (35-280)
Autres	57 (35-170)	67 (35-315)	43 (35-70)	74 (35-280)	96 (35-280)

( ) plage des concentrations.

(1) test de t:  $p = 0.018$

TABLEAU 33-B

CHARGE PULMONAIRE DES GROUPES D'INTERETSILICATES COMPACTS  
(p/mg moyenne géométrique)

	<u>AMIANTE</u>	<u>SILICE</u>	<u>METALX</u>	<u>FUMEUR</u>	<u>NON FUMEUR</u>
n	10	10	10	6	6
Silice	44978 (8355- 116145)	63826 <sup>(4)</sup> (13430- 207970)	28907 (1570- 165580)	62488 (28450- 92960)	34197 (7345- 135830)
Feldspath	7798 (700- 321365)	24831 (2945- 96160)	9259 (700- 41305)	21528 (700- 77625)	20464 (4890- 53090)
Talc	6397 (700- 61095)	6966 (700- 79780)	12502 (700- 82795)	5470 (700- 14288)	15959 (2245- 107646)
Argile	26182 (4110- 116145)	45709 <sup>(1)</sup> (14725- 279255)	17506 (6290- 30080)	20749 (700- 101860)	26242 (7980- 123880)
Mica	26303 (4110- 232275)	70146 <sup>(2)</sup> (8830- 355630)	29107 (4720- 91410)	26001 (700- 124450)	38994 (4890- 100460)
Autres	8750 (700- 198155)	15922 (4480- 55850)	10691 (3565- 26485)	24945 <sup>(3)</sup> (5810- 73450)	8872 (2445- 42955)

( ) plage des concentrations.

(1) test de t (p = 0.064)

(2) test de t (p = 0.055)

(3) test de t (p = 0.073)

(4) test de t (p = 0.181)



TABLEAU 33-CCHARGE PULMONAIRE DES GROUPES D'INTERETMETALX COMPACTS  
(p/mg moyenne géométrique)

	<u>AMIANTE</u>	<u>SILICE</u>	<u>METALX</u>	<u>FUMEUR</u>	<u>NON FUMEUR</u>
n	10	10	10	6	6
Zn	20417 (700- 236595)	23659 (700- 261820)	46238 (5165- 214785)	61235 (11325- 492040)	90782 (23605- 323595)
Ni	7482 (700- 44670)	18155 (700- 654635)	10023 (700- 227510)	11429 (700- 246035)	12560 (2445- 59020)
Ti	26669 (8220- 125025)	62087 (9685- 144210)	49888 (11015- 350750)	97274 <sup>(1)</sup> (33345- 169825)	38318 (23945- 58695)
Cr	4178 (700- 182390)	3690 (700- 15455)	3176 (700- 26120)	4395 (700- 84140)	3177 (700- 11970)
Pb	7762 (700- 83560)	9683 (700- 115345)	5834 (700- 135520)	9550 (700- 87095)	7362 (700- 197695)
Mn	2218 (700- 26060)	1710 (700- 10305)	2307 (700- 13245)	2606 (700- 51760)	2265 (700- 11803)
Autres	1740 (700- 21480)	1005 (700- 5535)	2455 (700- 103040)	1040 (700- 7430)	2265 (700- 11970)

( ) plage des concentrations.

(1) test de t (p = 0.043)

TABLEAU 24-ACORRELATION ENTRE LES PARTICULES COMPACTES ET PRISMATIQUES

PRISMA- TIQUES	COMPACTES					
	SILICE	FELDSPATH	TALC	ARGILE	MICA	AUIRES
SILICE	0.5484 (p=0.00)	0.0155	0.0680	0.2891 (p=0.04)	0.0682	-0.0999
FELDSPATH	0.5350 (p=0.004)	0.4008 (p=0.00)	0.2486 (p=0.039)	0.3368 (p=0.029)	0.5598 (p=0.00)	0.4323 (p=0.001)
TALC	0.3577 (p=0.004)	0.5856 (p=0.00)	0.5855 (p=0.00)	0.3259 (p=0.057)	0.5069 (p=0.00)	
ARGILE	0.4258 (p=0.002)	0.2562 (p=0.002)	0.2546 (p=0.009)	0.3721 (p=0.002)	0.3644 (p=0.00)	0.2102 (p=0.068)
MICA	0.3324 (p=0.049)	0.4216 (p=0.00)	0.3535 (p=0.002)	0.2533 (p=0.098)	0.5572 (p=0.00)	0.3716 (p=0.006)
AUIRES	0.3146 (p=0.004)	0.2326 (p=0.00)	0.1952 (p=0.012)	0.2261 (p=0.025)	0.2975 (p=0.00)	0.2531 (p=0.005)
AMIANTE		0.3026 (p=0.034)	0.1906	0.2105	0.2543	0.5343 (p=0.004)

p > 0.1 lorsque la valeur n'est pas indiquée.

CORRELATION ENTRE AMIANTE ET MINERAUX PRISMATIQUES

	SILICE	FELDSPATH	TALC	ARGILE	MICA	AUIRES
AMIANTE	-0.0834	0.0881	0.0839	0.0616	0.0709	0.1114

TABLEAU 34-BCORRELATION ENTRE LES METAUX

	Ti	Pb	Cr	Ni	Zn	**
Pb	-0.0154					
Cr	0.0557	0.0610				
Ni	0.2047 (p=0.011)	0.3920 (p=0.021)	0.3778 (p=0.002)			
Zn	-0.0226	0.0856	0.0681	0.0268		
**	-0.0688	0.0305	-0.1171	0.3679 (p=0.173)	0.1675	
Mn	0.1804	-0.1292	0.5424 (p=0.003)	0.4485 (p=0.052)	0.2631	-0.1833

\*\* autres métaux

p > 0.1 lorsque la valeur n'est pas indiquée.

TABLEAU 35-A

CONCENTRATION DES SILICATES PRISMATIQUES  
EN FONCTION DES TYPES DE CANCER  
 (p/mg moyenne géométrique)

	<u>TYPE DE CANCER</u>		
	<u>FULMONAIRE</u>	<u>GASTRO-INTESTINAL</u>	<u>AUTRES</u>
n	19	13	10
Amiante	115 (35-1815)	188 (35-41590)	165 (35-1188)
Silice	308 (35-2830)	348 (35-1120)	275 (60-940)
Feldspath	90 (35-2095)	88 (35-630)	120 (35-350)
Talc	176 (35-1680)	119 (35-950)	150 (35-910)
Argile	98 (35-630)	84 (35-280)	99 (35-350)
Mica	129 (35-1260)	126 (35-500)	130 (35-700)
Autres	60 (35-280)	51 (35-70)	87 (35-315)

( ) plage des concentrations

TABEAU 35-B

CONCENTRATION DES SILICATES COMPACTS  
EN FONCTION DES TYPES DE CANCER  
 (p/mg moyenne géométrique)

	<u>TYPE DE CANCER</u>		
	<u>PULMONAIRE</u>	<u>GASTRO-INTESTINAL</u>	<u>AUTRES</u>
n	19	13	10
Silice	53839 (14735- 184330)	37239 (8630- 165580)	38547 (1570- 207970)
Feldspath	17458 (700- 321365)	11324 (700- 64420)	15381 (700- 79250)
Talc	7925 (700- 107650)	9705 (2240- 82795)	10303 (700- 79800)
Argile	32584 (4110- 279255)	25822 (6385- 78650)	18535 (700- 123880)
Mica	37583 (4110- 355630)	42452 (13930- 100115)	27542 (700- 146555)
Autres	9908 (700- 56820)	12246 (1395- 198155)	20090 (2445- 73450)

( ) plage des concentrations

TABLEAU 35-C

CONCENTRATION DES METAUX  
EN FONCTION DES TYPES DE CANCER  
 (p/mg moyenne géométrique)

	<u>TYPE DE CANCER</u>		
	<u>PULMONAIRE</u>	<u>GASTRO-INTESTINAL</u>	<u>AUTRES</u>
n	19	13	10
Ti	40644 (8220- 350750)	48640 (11145- 252350)	64565 (11015- 161810)
Pb	12940 <sup>(1)</sup> (700- 197700)	3845 (700- 47645)	4560 (700- 87095)
Cr	3273 (700- 15170)	4800 (700- 182390)	1875 (700- 84140)
Ni	12189 (700- 227510)	7870 (700- 56625)	12330 (700- 654635)
Zn	33115 (700- 323595)	26545 (700- 187070)	62517 (700- 492040)
Mn	1592 (700- 13245)	1690 (700- 26060)	2340 (700- 51760)
Autres	2255 (700- 103040)	1290 (700- 9460)	1095 (700- 7430)

( ) plage des concentrations

(1) test de t (p = 0.058)

TABLEAU 36COMPARAISON DU POURCENTAGE DE SILICATES  
ENTRE DIFFERENTES ETUDES

	<u>Chung</u> (279)		<u>Paoletti</u> (20)	<u>Dufresne</u>
	Cas	Témoïn		
n	14	14	10	42
Argile	26	21	15	17
Talc	22	11	18	7
Mica	20	23	40	26
Feldspath	11	9		14
Silice	10	16	14	25
Autres	11	20	13	9

TABLEAU 37

CONCENTRATION DU POTASSIUM EN FONCTION DE L'ALUMINIUM  
PARTI LES PARTICULES CLASSEES DANS LE GROUPE DES MICAS

NOMBRE DE PARTICULES SATISFAISANT AUX CRITERES

	Al > 7	5 < Al ≤ 7	Al ≤ 5	TOTAL
K > 5	0	1	0	1
4 < K ≤ 5	0	0	1	1
3 < K ≤ 4	4	8	4	16
3 < K ≤ 2	52	90	18	160
2 < K ≤ 1	39	199	165	403
1 < K ≤ 0.5	3	26	49	78
K < 0.5	1	3	10	14
	99	327	247	673



REPertoire DES ANNEXES

A 21500

ANNEXE I

RESULTATS DE LA FILTRATION DES ECHANTILLONS DE REFERENCE

RESULTATS DE LA FILTRATION DES ECHANTILLONS DE REFERENCE1) TECTOSILICATES1.1) Groupe  $\text{SiO}_2$ Quartz  
(PGS)  $\text{SiO}_2$ 

valeur obs. 8.0Si

Opale  
(Somar)  $\text{SiO}_2$ 

valeur obs. 0.11Al 8.0Si

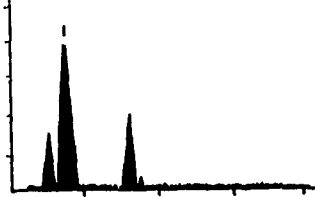
Cristobalite  
(NIOSH)  $\text{SiO}_2$ 

valeur obs. 0.06Al 8.0Si

## 1.2) Groupe des feldspaths

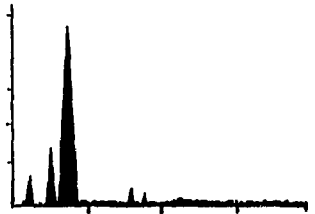
## 1.2.1) Feldspath potassique

Microcline  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$   
(Somar)



valeur préd. 2.66K 3.52Al 8.0Si  
valeur obs. 2.60K 5.93Al 8.0Si 0.23Ca  
0.03Fe

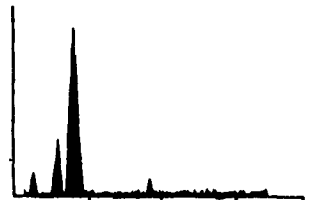
Orthose  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$   
(Somar)



Valeur obs. 0.78Na 2.91Al 8.0Si 0.46K  
0.35Ca 0.23Fe

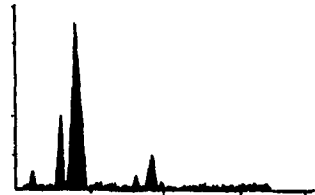
## 1.2.2) Feldspath plagioclase

Albite  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$   
(Somar)



valeur préd. 2.66Na 3.52Al 8.0Si  
valeur obs. 0.98Na 3.27Al 8.0Si 0.28K  
0.42Ca 0.03Fe

Oligoclase  
(Somar)



valeur obs. 0.20Na 2.96Al 8.0Si 0.28K  
2.04Ca 0.06Fe

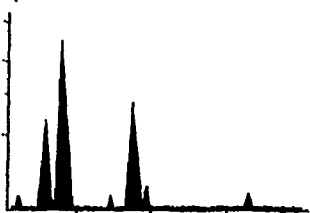
A-I-3

Andésine  
(Somar)



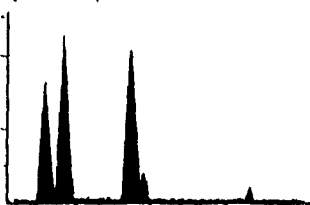
valeur obs. 4.96Al 8.0Si 0.79K 1.61Ca

Labradorite  
(Somar)



valeur obs. 5.37Al 8.0Si 0.23K 4.54Ca  
0.47Fe

Bytownite  
(Somar)



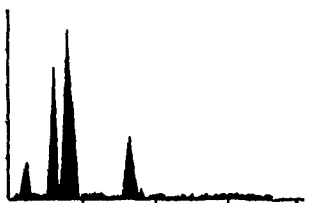
valeur obs. 7.42Al 8.0Si 0.11K 9.06Ca  
0.27Fe

Anorthite  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

(pas de référence)

### 1.3) Groupe des feldspathoïdes

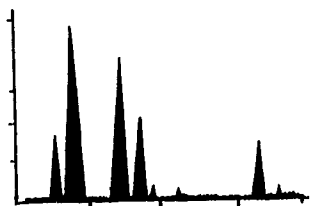
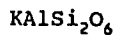
Néphéline  $(\text{Na}_{0.75}, \text{K}_{0.25})\text{AlSiO}_4$   
(Somar)



valeur obs. 3.37Na 8.34Al 2.70K  
0.24Ca

A-I-4

Leucite  
(Somar)

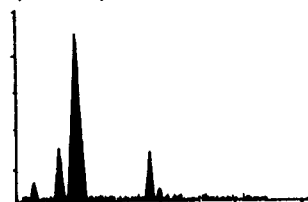
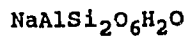


valeur obs. 3.34Al 8.0Si 5.81K 2.63Ca  
2.43Fe

Il faut noter l'absence de Na et la  
présence de K et Ca.

Série scapolite

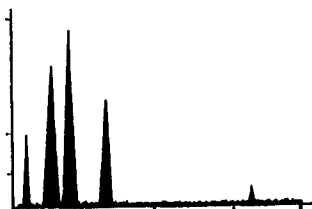
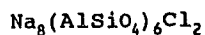
Analcime  
(Somar)



valeur obs. 3.4Al 8Si 2.25Ca 0.08Fe

Il faut noter la présence de calcium  
dans cet échantillon

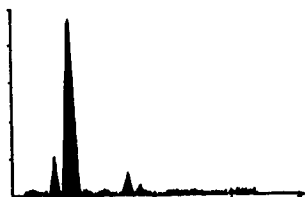
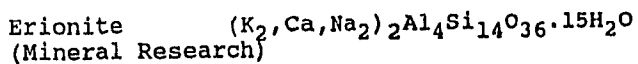
Sodalite  
(Somar)



valeur obs. Interférence de Cl

#### 1.4) Groupe des zéolites

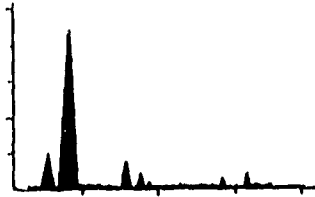
Erionite  
(Mineral Research)



valeur obs. 0.51Na 0.35Mg 2.19Al  
8.0Si 0.34K 0.12Ca 0.06Fe

A-I-5

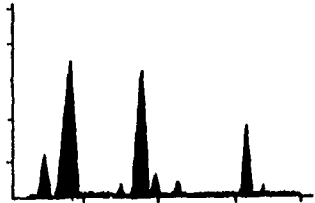
Mordénite (Zoltai)  $(Ca, Na_2, K_2)Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$



valeur obs. 1.99Al 8.0Si 1.2K 2.94Ca  
0.20Mn 0.62Fe

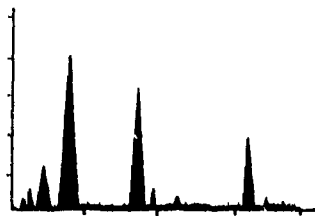
Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments d'une particule à l'autre.

Chabazite (Somar)  $Ca_2Al_2Si_4O_{10} \cdot 6H_2O$



valeur obs. 3.30Al 8.0Si 0.37K 3.88Ca  
0.1Ti 1.83Fe

Natrolite (Somar)  $Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 2H_2O$



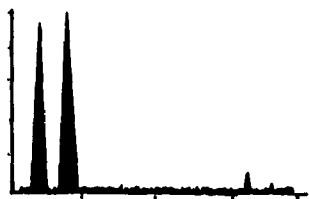
valeur obs. 1.12Mg 2.80Al 8.0Si 0.15K  
3.66Ca 2.90Fe

Il y a une variation substantielle de Mg et Ca d'une particule à l'autre. Na ne fut pas décelé.

## 2) PHYLLOSILICATES

## 2.1) Groupe de la serpentine

Chrysotile  $Mg_6[(OH)_8 Si_4O_{10}]$   
(UICC)

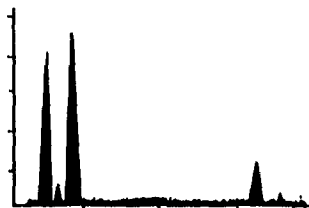


valeur préd. 12Mg 8Si  
valeur obs. 11.9Mg 8.0Si 0.25Fe

Peut contenir (1)  $Al_2O_3$  (0.7 %),  
FeO (1.0 %),  $Fe_2O_3$  (1.5 %), CaO (0.2  
%),  $CO_2$  (0.2 %) (1).

La forstérite de Sna ( $2MgO SiO_2$ ) a des  
signaux de fluorescence X similaires au  
chrysotile.

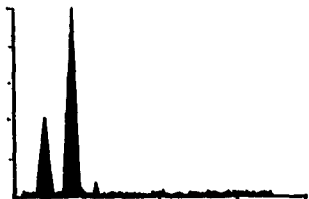
Serpentine  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$   
(McCrone)



valeur préd. 12Mg 8Si  
valeur obs. 13.23Mg 0.29Al 8.0Si  
1.46Fe

Peut être en association avec olivine,  
trémolite, talc, opal, etc (2).

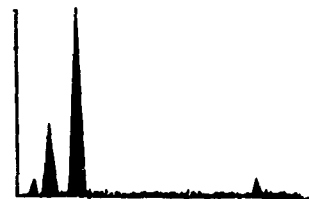
Sépiolite  $Mg_4(OH)_2Si_6O_{15}$   
(Zoltai)



valeur préd. 5.3Mg 8Si  
valeur obs. 0.29Na 4.90Mg 8.0Si  
0.14Fe

## 2.2) Groupe des argiles

Talc  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$   
(Somar)

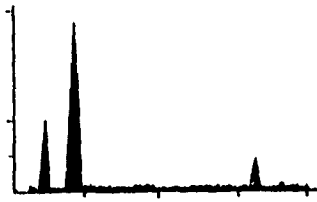


valeur pré. 6Mg 8Si  
valeur obs. 0.57Na 6.35Mg 8.0Si 0.7Fe



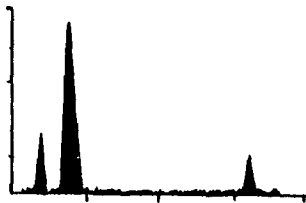
A-I-7

Talc  
(Zolnai)



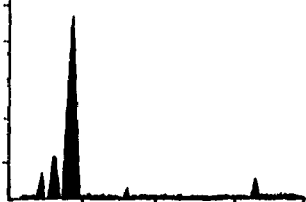
valeur obs. 3.76Mg 8.0Si 2.02Fe

Talc  
(McCrone stéatite)



valeur obs. 5.13Mg 8.0Si 2.05Ca  
1.13Fe

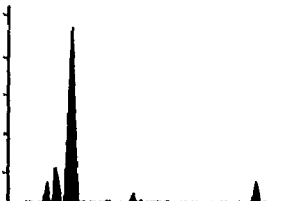
Palygorskite  $(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$   
(Ward)



valeur obs. 0.16Na 1.90Mg 1.79Al  
8.0Si 0.1K 0.26Ca 0.49Fe

Il y a une variation substantielle des  
éléments d'une particule à l'autre.

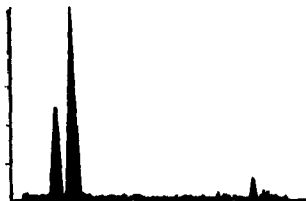
Attapulgite  $(Mg,Al)_2Si_2O_{10} \cdot 4H_2O$   
(Ward)



valeur obs. 0.47Na 2.09Mg 1.82Al  
8.0Si 0.12K 0.60Fe

Il y a une variation substantielle des  
éléments d'une particule à l'autre

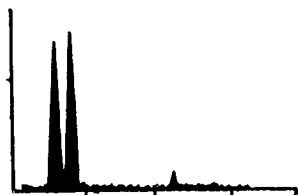
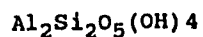
Pyrophyllite  $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$   
(Somar)



valeur préd. 4Al 8Si  
valeur obs. 4.8Al 8.0Si 0.38Fe

A-I-8

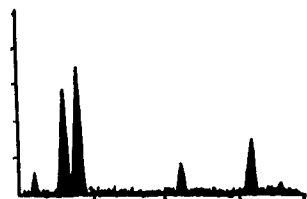
Kaolin  
(Somar)



valeur préd. 8Al 8Si  
valeur obs. 10.79Al 8.0Si 0.12K  
0.53Ti 0.14Fe

Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments.

Kaolin  
(Zoltai)



valeur obs. 0.3Na 8.79Al 8.0Si 0.11Ca  
1.09Ti 2.67Fe

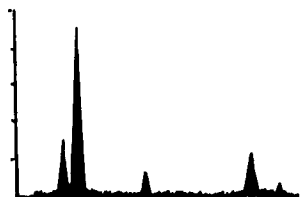
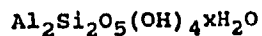
Halloysite  
(Zoltai)



valeur obs. 0.59Mg 9.0Al 8.0Si 0.08Fe

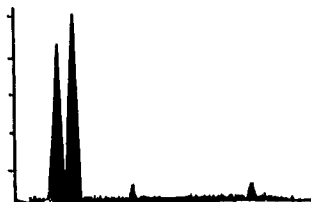
Halloysite a la même composition chimique que le kaolin mais le minéral est fibreux.

Bentonite  
(Somar)



valeur obs. 0.12Mg 3.12Al 8.0Si 0.19K  
0.38Ca 1.29Fe

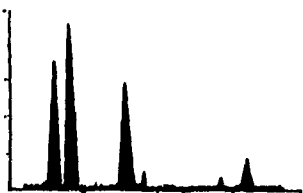
Illite



valeur obs. Pas de référence.

## 2.3) Groupe des micas

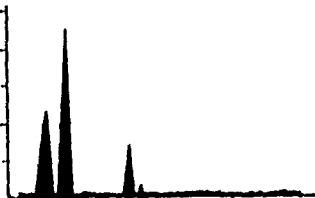
Muscovite  
(Somar)  $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$



valeur obs. 7.34Al 8.0Si 5.3K 0.20Ca  
0.33Mn 2.25Fe

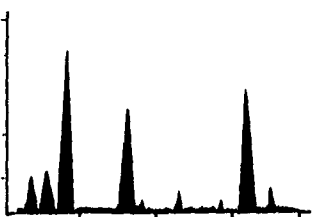
Il y a variation de la concentration de K d'une particule à l'autre.

Lépidolite  
(Somar)  $K(Li,Al)_{2-3}(AlSi_3O_{10})(O,OH,F)_2$



valeur obs. 5.82Al 8.0Si 2.06K 0.05Ca  
0.05Fe

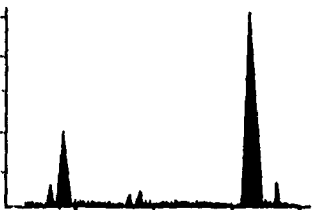
Fe-Biotite  
(Somar)  $K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$



valeur obs. 1.70Na 1.55Al 8.0Si 7.07K  
0.24Ca 1.43Ti 0.77Mn  
15.04Fe

Il y a une variation de la concentration de K et Fe d'une particule à l'autre.

Glaucosite  
(McCrone)  $(K, Ca, Na)_x(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$

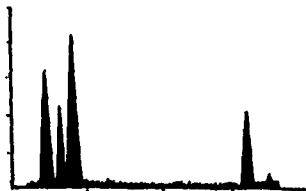


valeur obs. 1.77Al 8.0Si 2.13K 1.22Ca  
0.20Ti 23.95Fe

Il y un variation substantielle de la concentration des éléments d'une particule à l'autre.

## 2.4) Groupe des chlorites

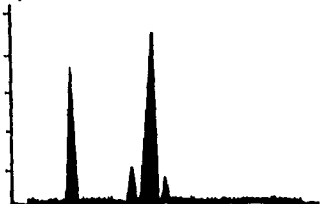
Clinochlorite  $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2(Mg, Fe)_3(OH)_6$   
(Somar)



valeur obs. 11.34Mg 4.87Al 8.0Si  
0.09K 0.10Ca 0.20Mn  
7.41Fe

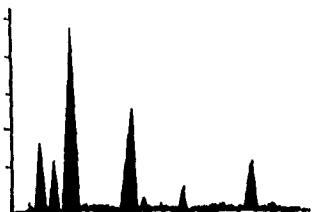
Peut être en association avec le  
diopside, apatite, biotite et  
augite. (2)

Apophyllite  $KCa_4(Si_4O_{10})_2F \cdot 8H_2O$   
(Somar)



valeur obs. 8.0Si 1.56K 7.42Ca

Vermiculite  $(Mg, Ca)_x(Mg, Fe, Al)_y(Al, Si)_4(OH)_4 \cdot 8H_2O$   
(Zoltai)



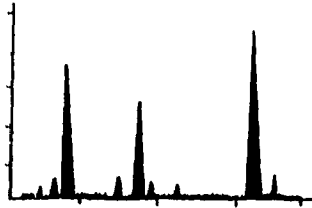
valeur obs. 3.7Mg 1.81Al 8.0Si 4.03K  
0.46Ca 0.57Ti 2.21Fe

Il y a variation de la concentration de  
Mg et Fe d'une particule à l'autre.

3) INOSILICATES

## 3.1) Groupe des amphiboles

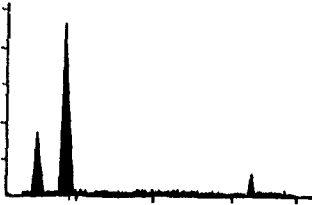
Hornblende (Somar)  $(Ca,Na)_{2-3}(Mg,Fe,Al)_5 Si_6(Si,Al)_2 O_{22} (OH)_2$



valeur obs. 0.18Mg 1.22Al 8.0Si 1.36K  
8.08Ca 0.55Ti 0.75Mn  
18.89Fe

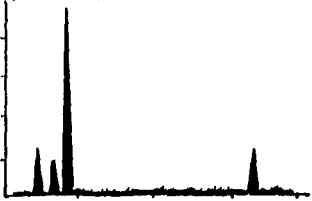
Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments d'une particule à l'autre.

Anthophyllite (UICC)  $(Mg,Fe)_7 [OH Si_4 O_{11}]_2$



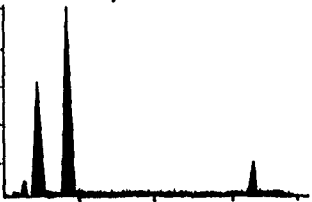
valeur obs. 5.01Mg 8.0Si 0.95Fe

Anthophyllite (Somar)



valeur obs. 2.5Mg 1.11Al 8.0Si 1.26Fe

Anthophyllite (Zoltai)

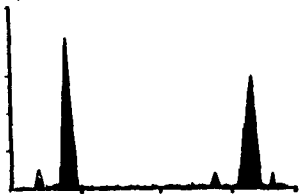


Valeur obs. 0.85Na 7.57Mg 8.0Si  
1.28Fe

Peut contenir FeO (10.1 %),  $Fe_2O_3$  (0.1 %), CaO (1.0 %),  $Na_2O$ ,  $K_2O$  (0.1 %). (1)

## Série cummingtonite

Amosite (UICC)  $(Mg, Fe)_7[(OH)Si_4O_{11}]_2$



valeur obs. 1.27Mg 8.0Si 0.32Mn  
7.34Fe

Peut contenir  $Fe_2O_3$  (0.7 %), MnO (0.7 %), CaO (0.4 %),  $Na_2O$  (0.2 %),  $K_2O$  (0.3 %),  $CO_2$  (0.2 %). (1)

## Série des amphiboles sodiques

Crocidolite (UICC)  $Na_2Fe_3Fe_2[(OH, F)Si_4O_{11}]_2$

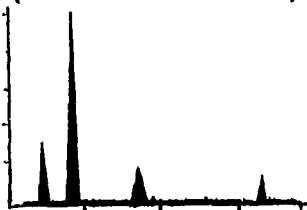


valeur obs. 2.07Na 0.37Mg 8.0Si  
4.49Fe

Peut contenir MnO (0.1 %), CaO (0.2 %), MgO (1.4 %),  $CO_2$  (0.4 %). (1)

## Série de la trémolite

Trémolite (échantillon maison)  $Ca_2(Mg, Fe)_5[(OH, F)Si_4O_{11}]_2$



valeur obs. 4.49Mg 8.0Si 1.75Ca  
1.14Fe

caractérisé en dispersion colorante dans un liquide Cargille 1.605 et extinction oblique.

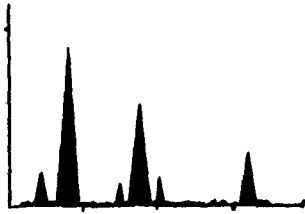
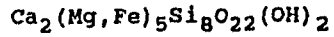
Trémolite (byssolite, Zoltai)



valeur obs. 0.21Na 3.0Mg 8.0Si 2.13Ca  
3.41Fe

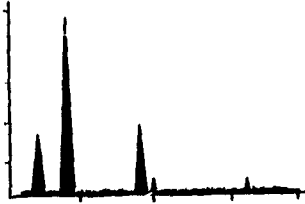
A-I-13

Actinote  
(Somar)



valeur obs. 1.93Mg 8.0Si 4.34Ca  
0.14Mn 2.80Fe

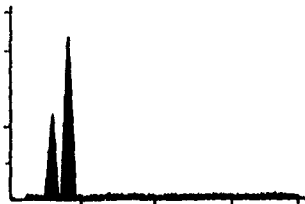
Néphrite (Actinolite) (Zoltai)  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$



valeur obs. 0.70Na 4.27Mg 0.16Al  
8.0Si 2.13Ca 0.37Fe

### 3.2) Groupe des pyroxènes

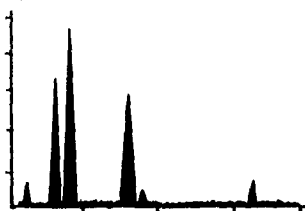
Spodumène (Somar)  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$



valeur obs. 4.86Al 8.0Si 0.05Fe

#### 3.2.1) Pyroxène sodique

Aegyrine (Somar)  $\text{Na Fe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$



valeur obs. 0.77Na 4.23Al 8.0Si 1.51K  
0.98Ca 0.22Ti 0.55Mn  
2.66Fe

Il y a variation substantielle de la concentration des éléments, en particulier Al, d'une particule à l'autre. Peut être en association avec la néphéline et la leucite. Ce minéral est aussi appelé acmite.

A-I-14

Jadeite  
(Somar)  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$

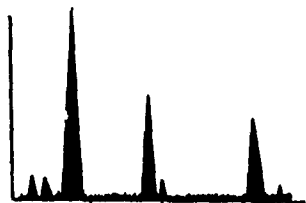


valeur obs. 1.49Na 0.26Mg 2.11Al  
8.0Si 1.09Ca 0.40Fe

Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments.

### 3.2.2) Série diopside-hédenbergite

Augite  
(Somar)  $(\text{Ca,Na})(\text{Mg,Fe,Al})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$



valeur obs. 0.86Na 1.34Mg 0.05Al  
8.0Si 3.48Ca 0.09Mn  
3.13Fe

Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments. Peut être en association avec les amphiboles. C'est le pyroxène le plus commun.

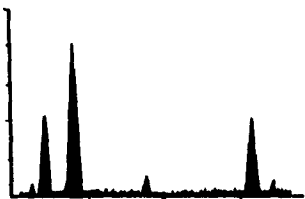
### 3.2.3) Série enstatite-orthoferrosillite

Enstatite  
(Zoltai)  $\text{MgSiO}_3$



valeur obs. 0.64Na 7.16Mg 0.06Al  
8.0Si 0.07Ca 0.05Mn  
1.30Fe

(Enstatite)  
(Somar)



valeur obs. 5.49Mg 8.0Si 1.01Ca  
0.12Mn 3.14Fe

Peut être en association avec apatite, phlogopite, olivine bronzite et hypersthène. En général CaO ne devrait pas dépasser 1.5 % en poids dans le cas des orthopyroxènes. (2)



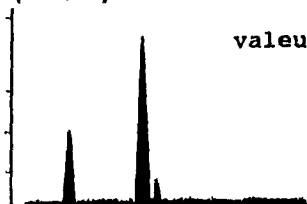
## 3.3) Groupe pyroxénoides

Wollastonite  $\text{CaSiO}_3$   
(Zoltai)



valeur obs. 8.0Si 7.76Ca 0.09Fe

(Wollastonite)  
(Somar)



valeur obs. 8.0Si 0.11K 13.37Ca 0.13Mn 0.04Fe

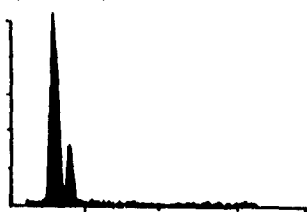
pectolite  $\text{Ca}_2\text{NaH}(\text{SiO}_3)_3$   
(Somar)



valeur obs. 8.0Si 0.12K 9.12Ca 0.1Mn  
0.14Fe

4) NESOSILICATES4.1) Groupe  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  (minéraux de métamorphisme).

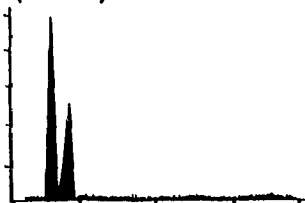
Kyanite  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$   
(Somar)



valeur obs. 0.60Mg 27.03Al 8.0Si  
0.16Fe

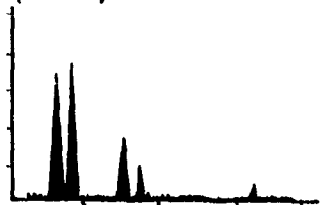
A-I-16

Sillimanite  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$   
(Somar)



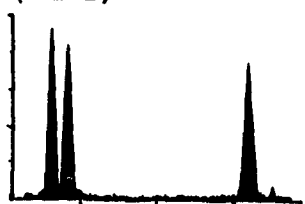
valeur obs. 0.15Mg 19.35Al 8.0Si  
0.12Fe

Andalusite  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$   
(Somar)



valeur obs. 10.54Al 8.0Si 2.79K  
0.76Ca 0.26Fe

Staurolite  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$   
(Somar)



valeur obs. 10.91Al 8.0Si 0.18Ti  
5.45Fe

4.2) Groupe de l'olivine

Olivine  $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$   
(Somar)

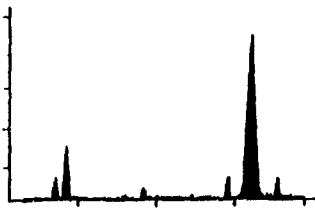


valeur obs. 11.21Mg 8.0Si 0.09Ca  
5.59Fe

Il s'agit d'une solution solide de forstérite ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) et de fayalite ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ). C'est le minéral forstérite qui est le plus commun(2).

## 4.3) Groupe des grenats

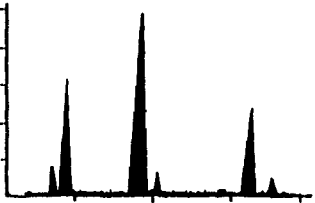
Almandite  $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$   
(Somar)



valeur obs. 3.97Al 8.0Si 1.09Ca  
1.55Mn 22.76Fe

Il y a variation substantielle de la concentration des éléments.

Andradite  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$   
(Somar)

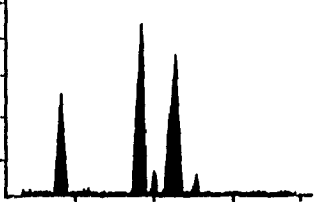


valeur obs. 1.02Al 8.0Si 0.14K  
13.23Ca 0.44Mn 5.14Fe

Il y a variation substantielle de la concentration des éléments.

## 4.4) Groupe des humites

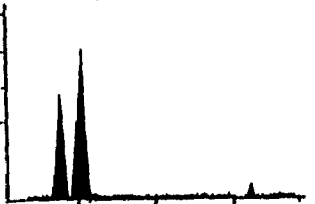
Sphène  $\text{CaTiOSiO}_4$   
(Somar)



valeur obs. 8.0Si 0.11K 16.28Ca  
13.49Ti 0.27Fe

## 4.5) Groupe du zircon

Zircon  $\text{ZrSiO}_4$   
(Somar)



valeur obs. Interférence

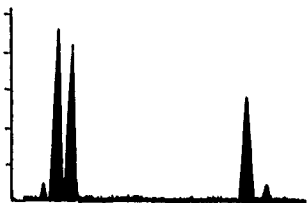
5) CYCLOSILICATES

Cordiérite (Somar)  $(Mg, Fe)_2Al_4Si_5O_{18} \cdot nH_2O$



valeur obs. 2.93Mg 7.33Al 8.0Si  
0.73Fe

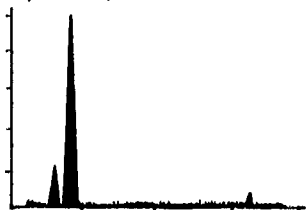
Tourmaline (Somar)  $(Na, Ca)(Li, Mg, Al)(Al, Fe, Mn)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4$



valeur obs. 0.39Mg 10.65Al 8.0Si  
0.08K 0.14Ca 0.16Ti  
0.07Mn 5.41Fe

Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments d'une particule à l'autre.

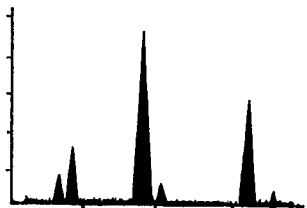
Beryl (Somar)  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$



valeur obs. 2.74Al 8.0Si 0.39Fe

6) SOROSILICATES

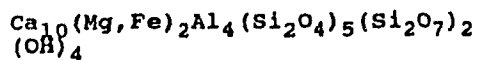
Epidote (Somar)  $Ca_2(Al-Fe)Al_2O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$



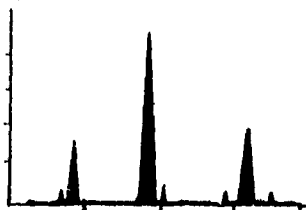
valeur obs. 5.55Al 8.0Si 0.21K  
16.98Ca 9.29Fe

Il y a une variation substantielle de la concentration des éléments d'une particule à l'autre.

Idocrase  
(Somar)



valeur obs.      0.08Mg 1.31Al 8.0Si 0.51K  
12.55Ca 0.4Mn 3.71Fe



Tous les autres spectres dispersifs des minéraux (oxydes, carbonates, phosphates, hydroxydes, vandates, sulfates, arsenates, etc) sont publiés dans:

The Particle Atlas, Edition Two. The Electron Microscopy Atlas (Volume III). (1973). McCrone, W.C. and J.G. Delly, eds. Ann Arbor Science, Publishers (Michigan). pp. 1-794.

The Particle Atlas, Edition II. Electron Optical and Techniques (Volume VI). McCrone, W.C., J.A. Brown and I.M. Stewart eds. Ann Arbor Science, Publisher (Michigan). pp 1457-1703.

- (1) Graze, R. (1965). The physical and molecular structure of asbestos. Annals of the Neu York Academy of Sciencs. 132:23-30.
- (2) Manual of Mineralogy (after J.D. Dana, 19th edition). C.S. Hurlbut, Jr. and C. Klein eds. (1977). John Wiley and Sons (New York). 532 p.

ANNEXE II

PROGRAMME POUR FILTRER LES SPECTRES

DES SILICATES

Note: Ce programme est l'oeuvre du Dr Patrick Sébastien. Nous tenons à lui témoigner notre reconnaissance pour sa collaboration

## A-II-1

PROGRAMME POUR CREER UN FICHIER DE NOM DES SPECTRES

```

integer namspt(5)
call assign(2,'dk:chef.dat')
define file 2(n,10,u,nrec)
do 10 i=1,50
10 write(7,*)' '
do 20 i=1,n
write(7,1002) i
read(7,1001) (namspt(j),j=1,5)
write(2,i) (namspt(j),j=1,5)
20 continue
1001 format(5a2)
1002 format(' punch name # ',i4,4x,$)
stop
end

```

PROGRAMME POUR FILTRER LES SPECTRES

```

real s(2048),a(20,20)
real message(20)
integer namspt(5)
real sstart, sevpch
integer ier
call assign(2,'dk:chef.dat')
define file 2(n,10,u,nrec)
data a(1,1),a(1,2),a(1,3),a(1,4)/'na',920.,1120.,8./
data a(2,1),a(2,2),a(2,3),a(2,4)/'mg',1160.,1360.,8./
data a(3,1),a(3,2),a(3,3),a(3,4)/'al',1380.,1580.,8./
data a(4,1),a(4,2),a(4,3),a(4,4)/'si',1660.,1860.,8./
data a(5,1),a(5,2),a(5,3),a(5,4)/'b1',2500.,2700.,8./
data a(6,1),a(6,2),a(6,3),a(6,4)/'b2',2980.,3080.,8./
data a(7,1),a(7,2),a(7,3),a(7,4)/'k',3220.,3420.,8./
data a(8,1),a(8,2),a(8,3),a(8,4)/'ca',3620.,3820.,8./
data a(9,1),a(9,2),a(9,3),a(9,4)/'b3',4220.,4320.,8./
data a(10,1),a(10,2),a(10,3),a(10,4)/'ti',4400.,4600.,8./
data a(11,1),a(11,2),a(11,3),a(11,4)/'b4',4740.,4840.,8./
data a(12,1),a(12,2),a(12,3),a(12,4)/'b5',5560.,5660.,8./
data a(13,1),a(13,2),a(13,3),a(13,4)/'mn',5800.,6000.,8./
data a(14,1),a(14,2),a(14,3),a(14,4)/'b6',6040.,6140.,8./
data a(15,1),a(15,2),a(15,3),a(15,4)/'fe',6300.,6500.,8./
data a(16,1),a(16,2),a(16,3),a(16,4)/'b7',6680.,6780.,8./
do 10 i=1,70
write(7,1001)

```

```

10  continue
    a(1,4)=32.
    a(2,4)=15.76
    a(3,4)=10.
    a(4,4)=8.
    a(7,4)=6.
    a(8,4)=5.92
    a(10,4)=5.92
    a(13,4)=5.92
    a(15,4)=5.92
    do 888 ix=1,n
      read(2'ix) (namspt(2),j=1,5)
      do 15 i=1,16
        do 14 j=5,16
          a(i,j)=0.
14  continue
15  continue
    call usrspt (namspt,s,sstart,sevpch,ier)
      do 20 i=1,16
        a(i,5)=(a(i,2)+a(i,3))/2.
        a(i,6)=(a(i,3)-a(i,2))/20.
20  continue
      do 30 i=1,16
        ndeb=ifix(a(i,2)/20.)+1
        nfin=ndeb+ifix(a(i,6))-1
        do 40 j=ndeb,nfin
          a(i,7)=a(i,7)+s(j)
40  continue
30  continue
    a(2,8)=a(2,7)-1.37*a(5,7)
    a(1,8)=a(1,7)-1.2*a(5,7)
    a(3,8)=a(3,7)-1.7*a(5,7)
    a(4,8)=a(4,7)-1.7*a(5,7)
    a(7,8)=a(7,7)-1.5*a(6,7)-.5*(9,7)
    a(8,8)=a(8,7)-a(6,7)-a(9,7)
    a(10,8)=a(10,7)-a(9,7)-a(11,7)
    a(13,8)=a(13,7)-a(12,7)-a(14,7)
    a(15,8)=a(15,7)-a(14,7)-a(16,7)
    a(5,8)=0.
    a(6,8)=0.
    a(9,8)=0.
    a(11,8)=0.
    a(12,8)=0.
    a(14,8)=0.
    a(16,8)=0.
    do 50 i=1,16
      a(i,9)=a(i,4)*a(i,8)/a(4,8)

```



## A-II-3

```
50      continue
      catom=a(2,9)+a(15,9)+a(10,9)+a(13,9)
      if (catom.gt.5.) go to 60
      cplus =0.
      catom=catom
      go to 70
60      cplus=catom-5.
      catom=5.
70      batom=cplus+a(8,9)+a(1,9)
      if (batom.gt.2.) go to 80
      bpara=a(1,9)
      batom=batom
      apara=a(7,9)
      go to 90
80      batom=2.
      bat=cplus+a(8,9)
      if (bat.gt.2) go to 100
      bpara=2.-cplus-a(8,9)
      apara=a(1,9)-bpara+a(7,9)
      go to 90
100     bpara=0.
      apara=a(1,9)+a(7,9)
90      continue
      write(6,1009)
      write(6,1010)
888     continue
1001    format(1x)
1006    format(1h1,////,1x,5a2,2x,15a4,/)
1007    format(1x,'ws window-ev-limits factor ctroid
1      canaux gross      net  atoms',/)
1005    format(5a2)
1008    format(1x,a2,1x,2f8.0,f8.2,4f8.0,f8.2,/)
1009    format(1x,'amphiboles analysis  catoms  batoms  lbbbbbb aaaaa',/)
1010    format(20x,4f8.2,/)
      end
```

## A-II-4

EXEMPLE DE RAPPORT

## Particule de talc

WS	WINDOW-EV-LIMITS		FACTOR	CENTROID	CANAUX	GROSS	NET	ATOMS
Na	920.	1120.	32.00	1020.	10.	981.	430.	1.12
Mg	1160.	1360.	15.76	1260.	10.	5124.	4495.	5.76
Al	1380.	1580.	10.00	1480.	10.	900.	120.	0.10
Si	1660.	1860.	8.00	1760.	10.	13076.	12296.	8.00
B1	2500.	2700.	8.00	2600.	10.	459.	0.	0.00
B2	2980.	3080.	8.00	3030.	5.	191.	0.	0.00
K	3220.	3420.	6.00	3320.	10.	407.	37.	0.02
Ca	3620.	3820.	5.92	3720.	10.	359.	1	0.00
B3	4220.	4320.	8.00	4270.	5.	167.	0.	0.00
Ti	4400.	4600.	5.92	4500.	10.	333.	9.	0.00
B4	4740.	4840.	8.00	4790.	5.	157.	0.	0.00
B5	5560.	5660.	8.00	5610.	5.	139.	0.	0.00
Mn	5800.	6000.	5.92	5900.	10.	299.	-9.	-0.00
B6	6040.	6140.	8.00	6090.	5.	169.	0.	0.00
Fe	6300.	6500.	5.92	6400.	10.	1332.	999.	0.48
B7	6680.	6780.	8.00	6730.	5.	164.	0.	0.00

AMPHIBOLE ANALYSIS	CATOMS	BATOMS	BBBBBB	AAAAAA
	5.00	2.00	0.76	0.38

ANNEXE III

CHAMPS A MEMOIRE VARIABLE

CHAMPS A MEMOIRE VARIABLE

FIELD	FIELD NAME	TYPE	WIDTH	DESCRIPTION
1	CASENUMBER	CHARACTER	11	identification du cas
2	C-SILICATE	NUMERIC	2	ensemble des silicates
3	C-SILICA	NUMERIC	2	silice
4	C-FELDSPAR	NUMERIC	2	feldspath
5	C-MICA_CLAY	NUMERIC	2	mica et argile
6	C-TALC	NUMERIC	2	talc
7	C-OTHER_SIL	NUMERIC	2	autres silicates
8	ASBESTOS	NUMERIC	2	amiante
9	F-SILICA	NUMERIC	2	silice fibreuse
10	F-FELDSPAR	NUMERIC	2	feldspath fibreux
11	F-MIC_CLAY	NUMERIC	2	mica et argile fibreux
12	F-TALC	NUMERIC	2	talc fibreux
13	F-OTHER_SIL	NUMERIC	2	autres silicates fibreux
15	C_PURE_MET	NUMERIC	2	metaux purs
16	C-RUTILE	NUMERIC	2	rutile pur
17	C-HEAVY_MET	NUMERIC	2	métaux lourds
18	C-TI	NUMERIC	2	titane compact
19	C-PB	NUMERIC	2	plomb
20	C-CR	NUMERIC	2	chrome
21	C-NI	NUMERIC	2	nickel
22	C-MN	NUMERIC	2	manganèse
23	C-ZN	NUMERIC	2	zinc
24	C-OTHER_MET	NUMERIC	2	autres métaux
25	C-PHOSPHOR	NUMERIC	2	phosphore
26	C-FER-X	NUMERIC	2	fer et autres éléments
27	C-FER-SILI	NUMERIC	2	fer silicates
28	C-FE_SI_AL	NUMERIC	2	fer-silicium-aluminium
29	C-FE_SI	NUMERIC	2	fer-silicium
30	CANCER_SITE	NUMERIC	6	site du cancer

et autres recombinaisons.

ANNEXE IV

RESUME DE L'HISTOIRE PROFESSIONNELLE

TELLE QUE DEFINIE PAR L'ETUDE SIEMIATYCKI

ET

COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ACQUIS PAR LA PHYSICO-CHIMIE

RESUME DE L'HISTOIRE PROFESSIONNELLE  
TELE QUE DEFINIE PAR L'ETUDE SIEMIATYCKI  
ET COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ACQUIS PAR LA PHYSICO-CHIMIE

Cette section a pour objectif de résumer les données de l'histoire professionnelle recueillies par l'étude Siemiatycki et de les comparer avec les résultats acquis par la physico-chimie. Rappelons que les codes utilisés pour estimer l'exposition professionnelle en milieu de travail sont rapportés à l'aide des 5 variables primaires suivantes:

- (a) la description chimique ou minéralogique du contaminant;
- (b) les voies d'entrée du contaminant, exprimées par trois variables secondaires: (1) respiratoire, (2) cutanée, (3) respiratoire et cutanée (premier chiffre du code composé de quatre chiffres);
- (c) la concentration du contaminant à l'aide de trois variables secondaires: (1) exposition faible, (2) exposition moyenne, et (3) exposition importante (deuxième chiffre du code composé de quatre chiffres);
- (d) la fréquence d'exposition, exprimée par trois variables secondaires: (1) plus petit que 5 %, (2) plus grand que 5 % mais plus petit que 30 %, (3) plus grand que 30 % (troisième chiffre du code composé de quatre chiffres);
- (e) la fiabilité de l'estimation, également exprimée par trois variables secondaires: (1) possible, (2) probable, (3) certaine (quatrième chiffre du code composé de quatre chiffres).

Etant donné qu'un travailleur a pu oeuvrer dans plus d'un emploi pendant sa vie professionnelle et par le fait même avoir été exposé à plus d'un type d'aérosol, chaque épisode professionnel est codé par un chiffre représentant chaque type d'emploi puis suivi du code numérique traduisant l'état des connaissances des 5 variables primaires utilisées par l'étude Siemiatycki. L'histoire professionnelle est colligée par ordre chronologique croissant. Seules les données relatives à une exposition à des aérosols sont rapportées. Tous les renseignements ont été dépersonnalisés, dans la mesure du possible, pour des raisons qui sont bien évidentes. A noter que l'acronyme "Pb-x" sera utilisé pour signifier une exposition aux émanations de la combustion d'essence au plomb.

La version physico-chimique de l'histoire du travail est rapportée dans la colonne de droite, parallèlement à l'histoire professionnelle. Le terme "complexe" sera utilisé pour signifier une association d'éléments lourds. Les éléments légers alcalins, alcalino-terreux, et les halogènes ne sont pas rapportés dans les associations métalliques.

HISTOIRE PROFESSIONNELLE

ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE

CHI-80-28

CHI-80-28

Cet homme de 70 ans a oeuvré comme camionneur livreur pour des compagnies privées (1930-1935) et pour les forces armées (1939-1961). Il effectuait aussi des réparations mécaniques lorsqu'il oeuvrait dans l'armée. Il fumait en moyenne 50 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans et avait cessé de fumer à 68 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)

Pb-x	1	1	3	3
------	---	---	---	---

(2)

Pb-x	1	1	2	3
------	---	---	---	---

Note: Son histoire professionnelle est inconnue après

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux (Tableau 30-C). La stratification de tous les métaux (Tableau 26) a permis de le classer au 2ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (135 400 p/mg), au 7ième rang pour la charge en Cr (10 700 p/mg) et au 14ième rang pour la charge en Ni (21 400 p/mg). Il occupait le 11ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (7 130 p/mg, d = 1.0 um). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 16ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (74 800 p/mg, d = 1.4 um). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 9ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (5 600 f/mg, d= 1.0 um, l= 3.9 um). Il était classé au 14ième rang pour les composés Fer-silicates (32 070 p/mg) et au 7ième rang pour



1961. Les réparations mécaniques n'ont pas été codées.

les complexes Fe-Si-Al (35 600 p/mg). Les éléments Zn, Ti, Cr, Ni, Pb (Figure E-1), Sn et Zn furent décelés en EDAXR. L'analyse en LAMMA a permis de mettre en évidence les éléments Pb, Ti, Cu, Zn, Sn, Ba, Pr, Cr et Ni sous forme d'associations tels Fe-Pb, Ti-Cr-Fe-Ni, Ti-Fe-Cu-Zn-Pr-Pb, Ti-Fe-Cu-Zn-Sr-Sn-Pr-Ba-Pb (Figure L-1) et Ti-Fe-Sn-Ba-Pb. La charge pulmonaire en particules avec Pb, Cr et silice (en absence d'autres silicates), ainsi que les complexes métalliques observés en EDAX et LAMMA laissent supposer que ce travailleur avait été exposé à des aérosols métalliques (probablement fumées de soudage), d'autant plus qu'il y avait peu de particules métalliques (10 700 p/mg) dont le diamètre était supérieur à 1  $\mu$ m. Des sphères et des granules agglomérés dont le diamètre était plus petit que 0.5  $\mu$ m apparaissaient régulièrement à chaque déplacement aléatoire du réticule.

CHI-80-58

Cet homme de 56 ans a oeuvré comme (1) opérateur de chaudière (1950-1953) sur un navire, (2) employé d'un grossiste en alimentation (1958-1966), (3) dans une imprimerie commerciale (1966-1972) et dans le domaine de l'hôtellerie (1972-1980). Il fumait en moyenne 40 cigarettes par jour depuis l'âge de 19 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)

mat.isolant	1	2	1	2
amiante(chr)	1	2	1	2
amiante(amp)	1	2	1	2
cendre	1	3	2	3
charbon	3	3	3	3
suie	3	2	3	3
p.comb.char.	1	2	3	3

CHI-80-58

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux (Tableau 29-C). La stratification de tous les métaux a permis de le classer au 7ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (68 600 p/mg), au 15ième rang pour la charge pulmonaire en Cr (7 100 p/mg) et au 15ième rang pour la charge pulmonaire en particules avec Ni (21 300 p/mg). Il était classé au 16ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (4 730 p/mg). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 9ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (96 900 p/mg, d = 1.7 um). De plus la stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 7ième rang pour la charge pulmonaire en silice prismatique (699 f/mg, d= 1.0 um, l= 4.1 um). Les autres types de silicates étaient pratiquement absents. Les éléments Ti, Pb (Figure E-2-A), Ni, Cr (Figure E-2-B), Co furent décelés en EDAX. L'analyse en LAMMA,

(2)	nil				
(3)					
talc	1	1	2	1	
pigment ino.	2	1	3	3	
pigment org.	2	1	2	2	
noir/carbone	2	1	3	3	
encre	3	3	3	3	

(4)					
fum.cuisson	1	3	3	3	
prod.nettoy.	3	3	2	2	

bien que limitée, a mis en évidence les éléments Cr, Co, Pb sous la forme d'associations tels Cr-Co-CrO-Pb (Figure L-2). En mode négatif, il fut possible de mettre en évidence la valence VI du Cr. La charge pulmonaire en Pb et silice (en absence d'autres silicates) et les complexes métalliques détectés en LAMMA laissaient supposer que ce travailleur fut exposé à des aérosols métalliques, probablement des fumées de soudage (entre autres à des alliages de cobalt). Tout comme le cas CHT-80-28, des sphères et granules agglomérés dont le diamètre était plus petit que 0.5 um apparaissaient régulièrement à chaque déplacement du réticule. L'élément Mn n'a cependant pas été décelé, amalgamé à du fer (e.g. Figure 18).

CHT-84-8

Cet homme de 70 ans a oeuvré dans (1) l'industrie de la viande et de la volaille (1937-1939), (2) l'industrie alimentaire (1940-1943), (3) le ca-

CHT-84-8

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. La stratification des silicates compacts (Tableau 23) permettait de lui accorder une 17ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths

mionnage (1943-1949), (4) le domaine de la construction (1950-1968), (5) la vente de pièces d'autos usagées (1969-1974) et (6) la récupération de métaux (1975-1981). Il fumait en moyenne 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans et cessa toute consommation de tabac à 66 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)	nil				
(2)					
p.sucre	1	2	3	3	
(3)					
Pb-x	1	1	3	3	
(4)					
silice	1	2	3	3	
p.excavation	1	2	3	3	
Pb-x	1	1	3	3	

compacts (29 100 p/mg,  $d = 1.2 \mu m$ ). La stratification des silicates prismatiques (Tableau 24) permettait de lui accorder une 14ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths prismatiques (140 f/mg,  $d = 0.8 \mu m$ ,  $l = 3.3 \mu m$ ). Il était classé au 11ième rang pour les composés Fe-Si-Al (29 100 p/mg). La stratification de tous les métaux (Tableau 26) permettait de le classer au 12ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (38 800 p/mg), au 8ième rang pour la charge en Cr (9 700 p/mg) et au 4ième rang pour la charge en Zn (261 600 p/mg). Comme le premier critère pour occuper une case dans le groupe exposition aux métaux était la charge pulmonaire en métaux lourds (Ti et Zn étaient exclus de ce groupe), ce critère éliminait ce cas du groupe exposition aux métaux puisqu'il occupait le 20ième rang dans la strate métaux lourds. Comme toutes les cases métaux furent occupées dès la première classification, les seules places disponibles, sur la base des règles de classe-

(5)

abrasifs	1	2	2	2
p.métaux	1	2	3	3
amiante(chr)	1	1	1	2
acier doux	1	2	3	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	2	1

JGH-81-84

Cet homme de 52 ans a oeuvré comme (1) assembleur dans l'industrie du meuble métallique (1960-1980). Il a fumé pendant 40 ans en moyenne un paquet de cigarettes par jour. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait de petits nodules dans le parenchyme pulmonaire.

ment qui avaient été établies au préalable, étaient dans le groupe non-exposés. Les éléments Zn (Figure E-3), Ti, Cr, Ni, Pb et Ce furent décelés en EDA<sup>VR</sup>. L'analyse en LAMMA a permis de détecter des éléments tels Pb, Cu, Zn, Ti et Ba. L'association d'éléments type fut Cu-Zn avec un signal saturé de fer et des traces de Ba, Mn et Pb (Figure L-3). D'après l'analyse LAMMA, le zinc observé en microscopie électronique semblait être amalgamé à du cuivre.

JGH-81-84

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. La stratification des silicates prismatiques (Tableau 24) a permis de le classer en 14ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (250 f/mg; amosite d= 0.7 um, l= 6.5 um), en 3ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (500 f/mg, d= 1.1 um, l= 3.7 um), en 5ième position pour la charge en particules prismatiques micaées et argileuses (750 f/mg, d= 1.2 um,

(1)

abrasifs	1	1	3	2
p.métaux	1	1	2	2
acier doux	1	1	2	2
p.chrome	1	1	1	2

Note: son histoire professionnelle avant 1960 (lorsqu'il vivait en Europe) était inconnue.

l= 4.9 um) et en 17ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc-anthophyllite (250 f/mg, d= 1.1 um, l= 4.1 um). La stratification des silicates compacts (Tableau 23) a permis de le classer en 13ième position pour la charge pulmonaire en particules isométriques micacées et argileuses (117 400, d= 2.6 um). Par contre, la stratification des métaux lui accordait une 2ième position pour la charge pulmonaire en Ti (252 300 p/mg), une 3ième position pour la charge en Cr (26 100 p/mg) et une 7ième position pour la charge en Zn (187 000 p/mg). Il était classé au premier rang pour la charge pulmonaire en rutile (43 490 p/mg, tableau 25) et au 13ième rang pour la charge pulmonaire en métaux purs (17 400 p/mg, Tableau 25). Il était au 9ième rang pour les complexes Fer-silicates (52 190 p/mg, Tableau 27) et au 14ième rang pour les particules riches en phosphore (8 700 p/mg Tableau 27). Les éléments Zn, Ti (Figure E-4-A), Cr, Ni et Pb furent décelés en

-A-IV-10-

EDAXR; des associations tels Cr-Fe-Ni et Cr-Fe furent aussi détectées en EDAXR (Figure E-4-B). Les éléments Ti, Rb, Cu, Zn, Y et Ba furent détectés en LAMMA sous forme de complexes tels Ti-Fe-Rb-Ba, Ti-Fe-Y-Ba (Figure L-4) et Fe-Cu-Zn-Ba. Les éléments Ba et Ti furent détectés sur presque toutes les particules analysées en LAMMA. Les longues fibres d'amosite, bien que peu nombreuses, permettaient de classer ce travailleur dans le groupe exposition à de la fibre d'amiante. Toutefois, la concentration demeurait relativement faible pour permettre de suggérer une exposition professionnelle. De plus, les charges pulmonaires en Cr et Ti laissaient aussi présumer que ce travailleur fut également exposé à des aérosols métalliques. Les métaux rares décelés en LAMMA supportaient également cette assertion.

JGH-79-207

Cet homme de 50 ans a oeuvré comme (1) journalier pour une compagnie d'assurance (1967-

JGH-79-207

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates au deuxième classement. La stratification des silicates compacts a

1970), puis successivement il fut (2) camionneur (1970-1972), (3) répartiteur (1972-1977) et (4) gérant (1977-1979) pour une compagnie de transport. Il n'a jamais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait des métastases à la plèvre pulmonaire et aux poumons.

Note: il n'y a aucune information sur ses activités avant 1967. Il avait, à cette date, 38 ans, étant né en 1929.

(1,3,4) nil

(2)

Pb-x            1   1   2   3

permis de lui accorder le 12ième rang pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (41 400 p/mg,  $d= 1.7 \text{ um}$ ), le 2ième rang pour la charge pulmonaire en talc (82 700 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ ) et le 12ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (23 300 p/mg; vermiculite, pyroxène et silicates non-identifiés). La stratification des silicates prismatiques permettait de lui accorder une 2ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc-anthophyllite (948 f/mg,  $d= 1.1 \text{ um}$ ,  $l= 6.1 \text{ um}$ ) et une 18ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (344 f/mg,  $d= 0.8 \text{ um}$ ,  $l= 3.4 \text{ um}$ ). La charge pulmonaire en fibres d'amiante était 86 f/mg (trémolite,  $d= 0.2 \text{ um}$ ,  $l= 7.5 \text{ um}$ ), ce qui correspondait à la limite de détection. La charge pulmonaire en métaux était négligeable, l'exception étant le rutile; en effet, il occupait le 3ième rang pour la charge en rutile (20 680 p/mg,  $d = 1.2 \text{ um}$ ). Un certain nombre



-A-IV-12-

de particules ont donné un signal de fluorescence très intense de la raie Mg-K $\alpha$ ; toutefois, il fut impossible de définir avec justesse la nature minéralogique de ces particules. Les éléments Ti, Zn, Mn et Pb furent décelés en EDAXR. Les éléments Ti (Figure E-5), Cr, Mn, Sn et Ni furent observés en LAMMA sous forme de complexes tels Ti-Fe-Cu-Sn, Fe-Mn, Fe-Ni-Cu, et Ti-Ti-O (Figure L-5). Comme il occupait la 15ième position pour la charge pulmonaire en silicates compacts et que les cases du groupe silicates n'étaient pas toutes remplies, ce travailleur fut classé dans le groupe des exposés aux silicates à la deuxième ronde de classification. Toutefois, les concentrations de silice, feldspaths, micas et argiles étaient déficientes, ce qui laissait supposer que l'environnement de travail n'était pas un environnement à silicates contenant de la silice cristalline. Plusieurs sphères et granules agglomérés plus petits que 0.5  $\mu$ m apparaissaient à chaque déplacement du réticule.

JGH-81-123

Cet homme de 64 ans a oeuvré comme (1) enseignant (1940-1950), (2) professeur et administrateur scolaire (1951-1968). Il a consommé un paquet et demi de cigarettes par jour pendant une période indéterminée. Il est décédé d'un cancer généralisé.

Note: Il n'y a aucune information sur ses activités professionnelles après 1968. Il avait à cette date 52 ans puisqu'il est né en 1916.

(1)

CaCO<sub>3</sub>            1   1   2   2

JGH-81-123

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder le 2ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (73 500 p/mg, d= 1.6 um, essentiellement pyroxène, vermiculite et silicates non-identifiés). La stratification des silicates prismatiques a permis de lui accorder le 7ième rang pour les particules de talc-anthophyllite (510 f/mg, d= 1.4 um, l= 6.1 um). Il était en 12ième position pour les complexes Fer-silicates (37 930 p/mg). La stratification des métaux a permis de lui accorder la 5ième position pour la charge en Ti (158 800 p/mg) et la 10ième position pour la charge en Zn (154 100 p/mg). Les métaux lourds étaient virtuellement absents. De plus les émissions Zn-K-alpha étaient moins intenses comparativement aux émissions Zn-K-alpha du cas CMT-84-8 (Figure E-6-A). Les éléments Ba (Figure E-6-B), Sr et I furent aussi détectés en

-A-IV-14-

EDAXR. Les éléments Ba et I furent détectés en LAMMA, en plus de Fe et Ti. Il fut classé dans le groupe des non-exposés, et fumeur sur la base de la concentration en talc isométrique qui, cependant, se démarquait à peine de la concentration de certains non-fumeurs. Les concentrations substantielles de vermiculite isométrique et de talc prismatique demeurent inexplicées. A noter que les éléments S et Cl furent décelés sur un nombre substantiel de particules.

JGH-84-190

Cet homme de 66 ans a oeuvré comme (1) garçon de table et gérant d'une rôtisserie (1938-1953), (2) journalier manipulateur de charbon (1957-1958) et (3) opérateur de machinerie lourde tels bal-  
aie mécanique, rouleau compresseur et déneigeuse (1958-1981). Il fumait en moyenne 50 à 70 cigarettes par jour depuis l'âge de 11 ou 12 ans

JGH-84-190

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante au deuxième classement. Il occupait la 22ième position pour l'exposition à la fibre d'amiante avec seulement 109 f/mg (trémolite,  $d = 0.4 \text{ um}$  et  $l = 10.0 \text{ um}$ ; chrysotile,  $d = 0.1 \text{ um}$  et  $l = 3.0 \text{ um}$ ). La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder le 15ième rang pour la charge pulmonaire en micas et argiles (98 500 p/mg,  $d = 1.8 \text{ um}$ ). La stratification des métaux lui attribuait le 12ième rang

et cessa de fumer à 54 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal.

Note: son histoire professionnelle est inconnue entre 1953-1957

(1)

fum.cuisson	1	2	3	3
-------------	---	---	---	---

(2)

p.charbon	1	3	3	3
-----------	---	---	---	---

Pb-x	1	1	3	3
------	---	---	---	---

(3)

p.silice	1	1	3	3
----------	---	---	---	---

p.excavation	1	3	3	3
--------------	---	---	---	---

pour la charge en Ti (91 800 p/mg). Il était au 5ième rang pour les complexes Fe-Si-Al (53 700 p/mg). Les éléments Fe, Ba, Pb, Zn, Cu, Ni, Ti, La, Ce, Cr, et Sr furent détectés en LAMMA sous la forme de complexes tels Fe-Ba, Fe-Pb, Fe-Zn-Pb, Cu-Pb, Ni-Pb (Figure L-6), Ti-Fe-Cu-La-Ce-Pb, Ti-Fe-Sr-Ba. Les critères de classement ont fait en sorte que ce cas fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante lors de la deuxième ronde de classement. Toutefois, il faut admettre que la concentration en fibre d'amiante était relativement faible, du moins insuffisante pour laisser supposer que le sujet avait eu exposition professionnelle (voir discussion). De plus, les complexes métalliques décelés en LAMMA indiquaient la présence d'éléments inhabituels et plusieurs d'entre eux ne furent pas mis en évidence en EDAXR. Ces associations devaient être exclusivement métalliques puisqu'en LAMMA aucun autre état de valence n'a pu être mis en évidence en mode négatif

-A-IV-16-

(Figure L-6-B). L'origine de ces métaux demeurait obscure et laissait supposer que le travailleur avait été exposé à des aérosols métalliques. Il y avait aussi quelques petites sphères, mais elles apparaissaient irrégulièrement à chaque déplacement de réticule. Les éléments S et Cl furent aussi observés sur un nombre substantiel de particules.

JGH-84-75

Cet homme de 54 ans a oeuvré comme (1) soldat camionneur dans les forces armées (1947-1950), (2) réparateur de pompe (1950-1956) et ingénieur de locomotive (1956-1981). Il consommait en moyenne 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans, puis substitua le tabac à cigarette à 43 ans pour les cigares qu'il consommait au rythme de 10 par jour; puis il cessa toute consommation de tabac à l'âge de 50 ans. Il est décédé d'un cancer généralisé.

JGH-84-75

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. En fait il n'y avait aucun marqueur (sauf l'émission au niveau de la limite de détection de Mn-K-alpha sur quelques particules) permettant de suggérer une exposition professionnelle à un type d'aérosol. Les seuls éléments observés en LAMMA furent le fer et une trace de chrome. Il fut classé dans le groupe des non-exposés et non-fumeur.

(1)

Pb-x            1   1   2   3

(2)

abrasifs        1   1   2   3

p.métaux       1   2   2   3

fum.soud.arc   1   2   1   3

peint.métal.  2   1   2   3

(3)

p.charbon      1   2   3   3

p.comb.char.  1   2   3   3

JGH-85-2

Cet homme de 60 ans a oeuvré  
comme (1) journalier dans le  
domaine de la construction,  
entre autres, dans l'édifica-  
tion de gratte-ciels et forage  
de tunnels (1956-1969) et  
(2) comme fondeur, préposé à  
la coulée de métaux dans des  
moules (1969-1983). Il  
consommait en moyenne 50  
cigarettes par jour depuis  
l'âge de 21

JGH-85-2

Il fut classé dans le groupe exposition  
aux silicates. Il occupait le 7ième rang  
pour l'exposition aux silicates compacts  
avec une 2ième position pour la charge  
pulmonaire en silice (184 300 p/mg, d=  
1.8 um, et diffraction cohérente des  
électrons de plusieurs particules), une  
11ième position pour la charge pulmonai-  
re en feldspaths (52 700 p/mg, d= 1.6  
um) et une 8ième position pour la charge  
pulmonaire en micas et argiles (179 100

ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait une fibrose pulmonaire.

Note: Il n'y a aucune information sur ses activités professionnelles avant 1956. A cette date il avait 32 ans.

(1)

p.chantiers	1	2	3	3
p.excavation	1	2	2	3
p.béton	1	2	3	3

(2)

p.métaux	1	3	3	3
p.silice	1	1	3	2
p.acier doux	1	3	3	3
fum.pyrolyse	1	1	3	3

JGH-86-199

Cet homme de 69 ans a oeuvré à titre de (1) comptable pendant 45 ans (1936-1981). Il n'a jamais consommé de tabac.

p/mg,  $d = 2.3 \text{ um}$ ). Le talc compact et les autres types de silicates compacts étaient pratiquement absents. Il occupait la 1ère position pour la charge pulmonaire en silice prismatique (2 832 f/mg,  $d = 1.3$ ,  $l = 6.2 \text{ um}$ ) et la 12ième position pour la charge pulmonaire en talc-anthophyllite (354 f/mg,  $d = 1.0 \text{ um}$ ,  $l = 8.7$ ). Les métaux étaient virtuellement absents. Plusieurs particules de silice avaient la morphologie des diatomées. L'élément Ba fut détecté à l'état de trace en IAMMA. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait oeuvré dans un environnement de travail à silice cristalline. A noter que les particules prismatiques de silice et de talc étaient relativement longues.

JGH-86-199

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. En fait, il y avait très peu de marqueurs permettant de suggérer une exposition professionnelle à

Il est décédé d'un cancer du système urinaire. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait des métastases aux poumons.

(1) nil

MGH-79-272

Cet homme de 54 ans a manoeuvré une presse-foreuse pendant 36 ans (1944-1979). Il a consommé en moyenne 2 paquets de cigarettes par jour pendant 37 ans. Il est décédé d'un cancer du système digestif. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait un granulome au lobe pulmonaire supérieur droit.

un aérosol; les petits signaux de fluorescence de l'émission Zn-K-alpha (un peu comme pour le cas JGH-81-123) et les émissions Fe-K-alpha, furent pratiquement les seuls éléments détectés. De plus, des traces de Sb, Pb, Zr, Ti et Ni ont été détectées en EDAXR. L'élément Fe et des traces de Ba furent détectés en LAMMA. Il fut classé dans le groupe des non-exposés parce que la classification de tous les éléments ou minéraux lui attribuait constamment des positions supérieures au 20ième rang.

MGH-79-272

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates, lors du 2ième classement. La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 3ième rang pour la charge pulmonaire en silice (165 500 p/mg,  $d=1.5 \mu m$ ), et au 15ième rang pour la charge en talc (14 200 p/mg,  $d=4.5 \mu m$ ). Il occupait le 19ième rang pour la charge pulmonaire en fibre d'amiante ce qui correspondait à une concentration de 140 f/mg (chrysotile,  $d=0.1 \mu m$ ,  $l=$



(1)

p.abrasifs	1	1	2	2
p.métaux	1	2	3	3
p.acier doux	1	2	3	3
fum.pyrolyse	1	1	3	2

4.1 um) et le 15ième rang pour la charge en particules prismatiques de silice (489 f/mg, d= 1.3 um, l= 5.9 um, surtout des fibres minérales synthétiques) et le 19ième rang pour la charge pulmonaire en talc-anthophyllite (210 f/mg, d= 1.1 um, l= 6.9 um). La stratification des métaux a permis de lui accorder le 12ième rang pour la charge pulmonaire des particules montrant une émission N<sub>1</sub>-K-alpha (23 600 p/mg) et le 4ième rang pour la charge en rutile (18 910 p/mg, d = 1.2 um). Il était au 6ième rang pour la concentration de particules riches en phosphore. Des complexes tels Pb-Cr-Co et Cr-Fe-Ni (Figure E-7) ainsi que les éléments Pb, Sn et Bi furent détectés en EDAX. Fe, Cr, Co et Pb furent détectés sous forme de complexes tels Cr-Co-Pb (Figure L-7), CrO et Fe-Cr en LAMMA. L'investigation en LAMMA a cependant été très restreinte. A l'exemple du cas JGH-79207, ce cas est déficient en silicates tels feldspaths, micas et argiles. En fait, le patron de l'exposition ressemble davanta-

ge à celui d'une exposition aux métaux. Plusieurs granules agglomérés apparaissent à chaque déplacement du réticule. L'ensemble de ces données laissait supposer que ce travailleur avait probablement été exposé à des aérosols métalliques dont entre autres des alliages de cobalt.

MGH-79-275

Cet homme de 69 ans a oeuvré comme (1) fermier (1926-1956), (2) "belt splicer" dans une mine de cuivre (1956-1961) et journalier dans une compagnie de pâtes et papier (1961-1975). Il a consommé en moyenne 25 cigarettes par jour pendant 50 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)				
talc	1	2	1	2
soufre	3	2	1	1
ox.calcium	3	2	1	1
p.grain	1	3	1	3

MGH-79-275

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de lui accorder le 8ième rang pour la charge en Pb (48 700 p/mg), le 13ième rang pour la charge en Cr (8 100 p/mg), le 5ième rang pour la charge en Ni (23 600), le 11ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (4 100 p/mg) et le 14ième rang pour la charge en Zn (85 300 p/mg). Il était au 10ième rang pour la charge en métaux purs (28 400 p/mg) et au 10ième rang pour la charge en rutile (8 120 p/mg, d= 1.0 um). Même s'il occupait le 16ième rang pour la charge pulmonaire en silicates compacts, leur stratification a permis de mettre en évidence qu'il était au 12ième rang pour

fum.soud.gaz	1	3	1	1
arsenic	3	1	1	2
prod.nettoy.	2	2	2	3
engrais	3	3	1	3
Pb-X	3	2	1	3

(2)

p.silice	1	3	3	3
p.excavation	1	3	3	3

(3)

p.bois	1	3	3	3
--------	---	---	---	---

la charge pulmonaire en silice compacte (85 300 p/mg,  $d= 1.9 \mu m$ ) et au 10ième rang pour la charge en argiles et micas isométriques (138 800 p/mg,  $d= 1.9 \mu m$ ). De plus, il occupait le 13ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (524 f/mg,  $d= 1.2 \mu m$ ,  $l= 4.9 \mu m$ ). Quelques fibres d'amiante chrysotile plus petites que 3  $\mu m$  ont également été observées. Les éléments Ti, Cr, Ni (Figure E-8), Zn et Pb furent détectés à maintes reprises en EDAXR; Mo, Co et Mn furent également décelés mais leur fréquence était moins importante. Ti, Fe, Cu, Pb, Ni, Zn, Mo, Mn, Cr, Ba et Sr furent décelés sous forme de complexes tels Fe-Cu, Ti-Fe-Pb, Cr-Fe-Ni-Cu-Mo-Pb (Figure L-8-A), Cr-Mn-Fe-Ni (Figure L-8-B), Fe-Mn-Ni-Cu-Zn-Sr-Ba-Pb. A noter que du carbure de silicium (SiC) a également été détecté en LAMMA de même que du SiO<sub>2</sub>. Plusieurs sphères plus petites que 0.5  $\mu m$  et des granules agglomérés apparaissaient à chaque déplacement du réticule.

MGH-79-300

Cet homme de 64 ans a oeuvré comme (1) boucher (1928-1930), (2) journalier dans une imprimerie (1930-1941), (3) assembleur de modèles réduits (1941-1946), (4) superviseur dans le marché de la transformation du papier (1946-1952), (5) superviseur d'une imprimerie (1952-1956), (6) journalier dans une imprimerie (1956-1958), (7) service des ventes dans une imprimerie (1958-1968), (8) relieur de livres (1968-1971) et (9) de nouveau comme de relieur de livres (1971-1979). Il fumait en moyenne 30 cigarettes par jour depuis l'âge de 18 ans et a cessé de fumer à 64 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

MGH-79-300

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de le classer au 11ième rang pour la charge en Cr (8 600 p/mg) et en première position pour la charge en autres métaux (103 100 p/mg), essentiellement des terres rares tels Ce, La et Nd. De plus, il occupait la 14ième position pour la charge pulmonaire en métaux purs (17 200 p/mg) et la 9ième position pour la charge pulmonaire en rutile (8 600 p/mg). Il était au 11ième rang pour les particules riches en phosphore (12 890 p/mg), au 15ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (77 400 p/mg,  $d = 1.9 \text{ } \mu\text{m}$ ) et au 10ième rang pour la charge pulmonaire en particules de silice prismatique (559 f/mg,  $d = 1.1 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l = 4.7 \text{ } \mu\text{m}$ ). Les éléments Ce, La, Nd, Ba et Ti furent détectés en concentration substantielle en EDAXR (Figure E-9). Cr et Ni furent aussi décelés à l'aide de cette technique. Les éléments Ti, Fe, Cu,

(1) nil

(2)

encre 3 2 3 3

p. de bois 1 2 3 3

cellulose 1 2 3 3

(3) nil

(4)

pigment.ino. 3 2 3 3

pigment.org. 3 2 3 3

noir/carbone 3 1 3 3

encre 3 3 3 3

(5)

pigment.ino. 3 2 3 3

pigment.org. 3 2 3 3

noir/carbone 3 1 3 3

encre 3 3 3 3

(6)

encre 3 2 3 2

cellulose 1 2 3 3

Zn, Ba, Ir, Pb, Sr, Ce, La, Nd furent détectés sous forme de complexes tels BaO, BaOH, CeO, LaO, NdO, Fe-Ba-La-Ce-Pb, Fe-Cu-Zn-Ba-Ce-Ir-Pb (Figure L-9-A), Fe-Cu-Zn-Sr-Ba-La-Ce-Pr-Nd-Pb (Figure L-9-B), etc. L'ensemble de ces données permettait de suggérer que ce travailleur avait fort probablement été exposé à des aérosols de nature métallique.

(7)

pigment.ino.	3	1	1	3
TiO <sub>2</sub>	3	1	1	3
PbCrO <sub>4</sub>	3	1	1	3
pigment.org.	3	1	1	3
noir/carbone	3	1	1	3
encre	3	2	2	3
chromates	3	1	1	3
Pb-x	3	1	3	3

(8)

Pigment.ino.	2	1	3	3
Pigment.org.	2	1	3	3
noir/carbo	2	1	3	3
encre	3	3	3	3
cellulose	1	2	3	3

(9)

encre	3	2	3	3
cellulose	1	2	3	3

MGH-79-406

Cet homme de 46 ans a œuvré comme (1) professeur (1958-1963) et simultanément (2) organisateur culturel, ministre

MGH-79-406

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante (mélange de chrysotile; d= 0.1 um, l= 5.0 um et de trémolite; d= 0.8 um, l= 3.8 um) lors du deuxiè-

du culte (1963-1979) et professeur (1968-1979). Il a consommé du tabac à pipe pendant 20 ans et fumait occasionnellement des cigares. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait un mésothéliome du péritoine.

(1,2)

p.CaCO<sub>3</sub>      1   1   2   2

me classement. Il occupait la 15ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante avec une concentration de 240 f/mg. De plus, il occupait le 7ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (342 f/mg, d= 1.4 um, l= 5.3 um) et le 10ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques argileuses et micacées (5.7 f/mg, d= 1.3 um, l= 4.2 um). Il était classé au 14ième rang pour la charge pulmonaire en particules compactes de feldspath (38 500 p/mg, d= 2.2 um), au 18ième rang pour les particules compactes argileuses et micacées (92 400 p/mg, d = 2.2 um) et au 16ième rang pour les autres types de silicates (18 000 p/mg, d = 1.9; essentiellement pyroxène et chlorite). Il était classé au 4ième rang pour les complexes Fer-silicates (74 420 p/mg). Les métaux étaient quasi absents; quelques complexes métalliques du type Mg-Al-Cr-Fe (Figure E-10) et des signaux intenses de fer avec trace de Ba furent détectés en LAMMA. La concentra-

tion de fibres d'amiante était relativement faible et ne permettait pas de suggérer une possibilité d'exposition professionnelle (voir discussion). Des sphères et granules agglomérés avec diamètre plus petit que 0.5 um étaient régulièrement observés à chaque déplacement du réticule.

MGH-80-295

Cet homme de 45 ans a oeuvré comme (1) agent d'assurance (1949-1954), (2) gérant d'un cinéma (1955-1966), (3) puis opérateur d'ordinateur (1955-1965) et (4) et gérant du service d'informatique (1965-1980) pour une compagnie de chemin de fer. Il a consommé 4 cigares par jour pendant 20 ans. Il est décédé d'un mélanome de l'oeil.

Note: Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait 45 ans lorsqu'il est décédé; il au-

MGH-80-295

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux indiquait qu'il était au 4ième rang pour la charge pulmonaire en particules avec Pb (87 200 p/mg), au 6ième rang pour les particules avec Ni (87 200 p/mg), au 16ième rang pour les particules avec Zn (63 900 p/mg) et au 18ième rang pour les particules avec Cr (5 800 p/mg). Il y avait peu de particules métalliques pures (5 800 p/mg). Il était en 13ième position pour les particules riches en phosphore (11 620 p/mg) et en deuxième position pour les complexes Fe-Si-Al (104 600 p/mg). Il occupait la 16ème position pour la charge pulmonaire en fi-



rait donc commencé sa vie professionnelle à 14 ans comme agent d'assurance. Il y a probablement une erreur de classification dans les types d'emploi.

(1,2,3,) nil

(4)

prod.nettoy 3 2 1 3

MGH-81-131

Cet homme de 60 ans a oeuvré (1) dans les forces armées (1939-1945) et comme (2) administrateur ouvrier (1945-1979), à son compte, dans le

bres d'amiante (210 f/mg; chrysotile  $d=0.1 \mu\text{m}$ ,  $l=7.5 \mu\text{m}$ ). Il était en 7ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (699 f/mg,  $d=0.9 \mu\text{m}$ ,  $l=6.9 \mu\text{m}$ ). La stratification des silicates isométriques lui accordait une 14ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (81 400 p/mg,  $d=2.2 \mu\text{m}$ ). Des concentrations substantielles de Ni (Figure E-11) et Pb ont été détectées en EDAXR. Les éléments Cr, Fe, Ti, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb ont été détectés en LAMMA sous forme de complexes tels Cr-Fe-Ni, Fe-Ni, Fe-Ni-Cu-Zn-Sr-Ba-Pb (Figure L-10) et Ti-Fe. L'ensemble de ces données permettait de suggérer que ce travailleur avait fort probablement été exposé à des aérosols métalliques.

MGH-81-131

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. Il était classé au troisième rang pour la charge pulmonaire en silicates compacts; la stratification des silicates compacts a permis de le

remplissage d'équipements permettant de combattre les incendies. Il consommait 4 cigares par jour depuis l'âge de 25 ans. Il est décédé d'un cancer du système urinaire.

Note: Il utilisait de la poudre A-B-C pour remplir les extincteurs. D'après le répertoire toxicologique de la CSST, la poudre A-B-C est du phosphate d'ammonium. Il utilisait aussi du sulfite d'aluminium et du bicarbonate de soude. Il faisait également utilisation de tétrachlorure de carbone et d'acide sulfurique. Selon la compagnie Aero-feu de Longueuil, la silice n'est pas utilisée lors du remplissage des extincteurs.

(1) nil

classer au 1er rang pour la charge en silice (207 800 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ ) dont plusieurs particules montraient un réseau cohérent de diffraction d'électrons, au 6ième rang pour la charge en feldspaths (71 400 p/mg,  $d= 2.2 \text{ um}$ , au 7ième rang pour la charge pulmonaire en vacas et argiles compacts (214 300 p/mg,  $d= 2.0 \text{ um}$ ), au 10ième rang pour la charge en talc compact (26 000 p/mg,  $d= 2.2 \text{ um}$ ) et au 6ième rang pour la charge en autres types de silicates [(51 900 p/mg,  $d= 1.6 \text{ um}$ ) minéraux de métamorphisme pyroxène, vermiculite, chlorite et silicates non-identifiés)]. De plus, il occupait la 7ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante [trémolite, 699 f/mg,  $d= 0.6 \text{ um}$ ,  $l= 4.6 \text{ um}$ ], la 4ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (939 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 3.6 \text{ um}$ ), la 11ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (235 f/mg,  $d= 1.2 \text{ um}$ ,  $l= 3.9$

(2)

silice	1	1	2	2
peint.métal.	3	2	2	3
Pb-x	1	1	2	3

um), la 6ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques argileuses ou micacées (704 f/mg, d= 0.9 um, l= 4.4 um) et la 1ère position pour les autres types de silicates prismatiques [313 f/mg, d= 0.9 um, l= 3.5 um, essentiellement vermiculite et silicates non-identifiés]. La stratification des métaux permettait de lui accorder une 11ième position pour le nombre de particules avec Ti (116 900 p/mg) et la 10ième position pour les complexes Fer-silicates (45 450 p/mg). La diversité des silicates laissait présumer que ce travailleur avait fort probablement été exposé à de la silice.

MGH-82-264

Cet homme de 42 ans a oeuvré comme (1) journalier dans une entreprise de fabrication de matelas (1956-1960) et comme usinier de pièces métalliques (1960-1982). Il faisait aussi de la soudure à l'acétylène. Il consommait 25 cigarettes

MGH-82-264

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. Il occupait le 6ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (699 f/mg; chrysotile, d= 0.1 um, l= 4.5 um; amosite d= 0.2 um, l= 7.3 um; trémolite, d= 0.5, l= 10.5 um) et le 5ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de

par jour depuis l'âge de 16 ans et cessa de fumer à l'âge de 32 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal.

Note: Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait 42 ans. Il aurait commencé sa vie professionnelle à l'âge de 16 ans.

(1)	nil			
(2)				
abrasifs	1	2	2	3
p.métaux	1	3	3	3
p.bronze	1	3	2	3
p.acier doux	1	3	2	3
SiC	1	1	2	3
fum.soud.gaz	1	3	1	3
fum.oxy.mét.	1	3	1	3
fum.pyrolyse	1	2	2	3

silice (908 f/mg,  $d= 0.9 \mu\text{m}$ ,  $l= 4.0 \mu\text{m}$ ). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 18ième rang pour la charge pulmonaire en particules compactes de feldspath (28 600 p/mg,  $d= 1.4 \mu\text{m}$ ), au 18ième rang pour les particules compactes de talc (12 700 p/mg,  $d= 2.8 \mu\text{m}$ ) et au 13ième rang pour les autres types de silicates compacts (22 300 p/mg,  $d= 1.4 \mu\text{m}$ , vermiculite et silicates inconnus). Il occupait la 15ième position pour la charge pulmonaire en métaux; la stratification des métaux a permis de le classer au 9ième rang pour la concentration des particules avec Pb (47 700 p/mg) et au 9ième rang pour la concentration de particules avec Zn (168 500 p/mg). Il était en 4ième position pour la charge pulmonaire en particules de métaux purs (57 200). Les éléments Pb (Figure E-12) et Zn (signaux intenses) furent détectés en concentration substantielle en EDAXR; Cr, Sn, Ni, Co, Ti et Mn furent également décelés à l'aide de cette technique. Les éléments Ti, Fe,

-A-IV-32-

Rb, Pb, Cu, Zn, Ba furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Ti-Fe-Rb-Pb, Ti-Fe-Cu-Zn-Ba-Pb (Figure L-11) et Fe-Ba-Pb. La concentration de fibres d'amiante laissait présumer que ce travailleur avait probablement été exposé à ce contaminant en milieu de travail, mais la concentration de métaux lourds permettait de suggérer qu'il avait probablement été exposé à des aérosols métalliques.

MGH-82-308

Cet homme de 70 ans a oeuvré comme (1) mécanicien-pompiste (1933-1966), (2) concierge (1966-1972), (3) journalier dans une quincaillerie (1972-1975) et concierge (1975-1976). Il fumait 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 20 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal.

MGH-82-308

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. Par contre la stratification des silicates compacts lui accordait la 20ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (99 500 p/mg,  $d = 1.4 \mu m$ ). De façon similaire, la stratification des silicates prismatiques permettait de lui accorder une 15ième position pour la charge pulmonaire en silice prismatique (489 f/mg,  $d = 0.9 \mu m$ ,  $l = 3.3 \mu m$ ). La stratification des métaux le classait en 13ième posi-

(1)

abrasifs	1	1	2	2
p.métaux	1	1	2	2
amiante(chr)	1	1	2	2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	1	2
SiC	1	1	1	2
p.suie	2	1	2	3
fum.soud.gaz	1	3	1	2
fum.pyrolyse	1	1	2	2
Pb-x	1	2	3	3

(2,4)

prod.nettoy.	3	2	3	3
--------------	---	---	---	---

(3)

p.métaux	1	1	3	2
p.acier doux	1	1	3	2

tion pour la charge pulmonaire en Pb (38 000 p/mg), en 9ième position pour la charge pulmonaire en Cr (9 500 p/mg), en 19ième position pour la charge pulmonaire en Ni (17 000 p/mg) et en 19ième position pour la charge pulmonaire en Mn (1 900 p/mg). Il occupait aussi la 18ième position pour la charge pulmonaire en métaux purs (11 400 p/mg). Les éléments Cr, Ni (Figure E-13), Pb et Sn furent décelés en EDAXR. Les éléments Fe, Cr, Ni et Cu furent détectés sous forme de complexes tels Cr-Fe-Ni, Fe-Cu et Fe-Ni. A noter que Pb n'a pas été observé en LAMMA; cependant, il faut préciser que seulement trois particules ont été analysées à l'aide de cette technique. Les émissions Pb-L-alpha et Pb-L-bêta étaient, en général, peu intenses. Même s'il fut classé dans le groupe des non-exposés, à cause des règles de classement, la quantité et la qualité des métaux lourds décelés dans le parenchyme pulmonaire laissaient supposer que ce travailleur avait été exposé à des aérosols de nature métallique.

MGH-84-72

Cet homme de 64 ans a oeuvré comme (1) usineur de pièces métalliques (1936-1939), (2) dans les forces armées (1941-1945), (3) comme journalier dans une raffinerie de cuivre (1945-1947) et (4) monteur de tuyaux à gaz dans une raffinerie de pétrole (1948-1977). Il consommait 75 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans et cessa de fumer à 50 ans. Par contre, il commença à consommer des cigares (8-10 par jour) et la pipe (6-7 fourneaux de pipe par jour). Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)

abrasifs	1	2	1	3
p.métaux	1	2	3	3
silice	1	2	2	2
acier doux	1	2	3	3

MGH-84-72

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. Il occupait le 4ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (839 f/mg; chrysotile,  $d= 0.1 \text{ um}$ ,  $l= 3.0 \text{ um}$ ; amosite,  $d= 0.2 \text{ um}$ ,  $l= 7.3 \text{ um}$ ; trémolite,  $d= 0.9 \text{ um}$ ,  $l= 4.2 \text{ um}$ ; crocidolite,  $d= 0.1$ ,  $l= 3.0$ ), le 15ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (489 f/mg,  $d= 0.7 \text{ um}$ ,  $l= 3.3 \text{ um}$ ) et le 14ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuse (350 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 3.9 \text{ um}$ ). La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder la 8ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (99 500 p/mg,  $d= 1.6 \text{ um}$ ), la 14ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (117 200 p/mg,  $d= 1.7 \text{ um}$ ) et la 17ième position pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (17 800 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ , pyroxène et autres). La stratifica-

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	1	2
fum.pyrolyse	1	1	3	3
(2)	nil			
(3)				
p.métaux	1	1	3	1
p.cuivre	1	1	3	1
(4)				
m.isolant	1	2	2	3
p.métaux	1	1	2	3
amiante(chr)	1	2	2	3
amiante(amp)	1	1	2	2
acier doux	1	1	2	3
fum.pyrolyse	1	2	1	2
Pb-x	3	2	2	3

tion des métaux lui procurait une 10ième position pour la charge pulmonaire en Pb (46 200 p/mg). Le cobalt était aussi présent en concentration substantielle (21 300 p/mg). Les éléments Ti, Cr, Co, Pb, Zn, et Ni furent décelés en EDAXR; des complexes tels Al-Si-Pb-Cr-Fe-Co (Figure E-14-A), Cr-Fe-Co et Al-Cr-Co (Figure E-14-B) ont été mis en évidence. En LAMMA, Ti, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Zr, Ba, Pb ont été décelés sous la forme de complexes tels Cr-Fe-Co-Zn-Pb, Ti-Cr-Co-Zr-Pb, Cr-Fe-Cu-Zr-Ba-Pb, Fe-Cu-Zn-Sr-Ba-Pb et Al-Cr-Co-Pb (Figure L-12-A et L-12-B). Les valences III et VI du Cr ont également été mises en évidence. La concentration de fibres d'amiante laissait présumer que ce travailleur avait probablement été exposé à ce contaminant; les complexes métalliques décelés en LAMMA laissaient aussi présumer qu'il avait été exposé à des aérosols métalliques.



MGH-85-47

Cet homme de 70 ans a oeuvré comme (1) écrivain (1932-1941), (2) gérant de bureau (1941-1945), (3) comptable (1945-1962), (4) gérant des finances d'une cimenterie (1962-1968) et (5) contrôleur (1968-1979) pour une compagnie fabriquant des cartouches d'encre. Il consommait 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait aussi une fibrose inégale du parenchyme.

Note: il était col blanc à la compagnie de ciment et aurait été exposé à la silice? De plus, il avait 15 ans de scolarité et était comptable?

MGH-85-47

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de lui accorder une 13ième position pour la charge pulmonaire en titane (77 200 p/mg), la 4ième position pour la charge pulmonaire en Cr (15 400 p/mg), la 8ième position pour la charge pulmonaire en Ni (56, 600 p/mg) et la 5ième position pour la charge pulmonaire en Mn (10 300 p/mg). Par contre, les métaux compacts purs étaient pratiquement absents (5 200 p/mg). Il était au 7ième rang pour la charge en rutile (10 300 p/mg,  $d = 2.2 \mu m$ ) et au 7ième rang pour les complexes Fer-silicates (56 620 p/mg). Il était en 6ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (118 400 p/mg,  $d = 1.7 \mu m$ ), en 16ième position pour les particules micacées et argileuses compactes (97 800 p/mg,  $d = 2.1 \mu m$ ), en 3ième position pour les particules prismatiques de silice (1 118 p/mg,  $d = 1.0 \mu m$ ,  $l = 4.8 \mu m$ ), en 14ième position pour les particules prismati-

(1,2,3)	nil			
(4)				
silice	1	1	3	3
p.excavation	1	1	3	3
ciment	1	1	3	3
(5)				
noir/carbone	1	1	3	2
encre	1	1	3	3

ques de feldspath (140 p/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 3.4 \text{ um}$ ) et en 4ième position pour les particules prismatiques de talc-anthophyllite (839 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 3.4$ ). Les éléments Zn, Ti, Mn, Zr, Cr, Ni furent décelés en EDAXR sous forme de complexes tels Si-Cr-Ni (Figure E-15-A), Cr-Fe-Ni (Inconel, Figure E-15-B), Fe-Ni, Al-Si-P-Fe-Ni, Mg-Al-Si-P-Pb-Fe, etc. Il n'y a pas eu d'analyse en LAMMA parce que le temps alloué a été insuffisant pour compléter l'investigation par cette technique. Ce travailleur a fort probablement été exposé à des aérosols de nature métallique. Toutefois, la silice prismatique et isométrique, de même que le talc prismatique furent décelés en concentration substantielle.

RVH-30078

Cet homme de 64 ans a oeuvré (1) dans les forces armées (1941-1946) et (2) la vente aux enchères (1946-1979). Il consommait du tabac à cigarette depuis l'âge de 12 ans

RVH-30078

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. Il était classé au 11ième rang pour la charge pulmonaire en silicates compacts. Leur stratification a permis de lui accorder une 10ième position pour la charge pulmonaire en silice

mais cessa toute consommation de tabac à 35 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal.

Note: il est né en 1914 ce qui veut dire qu'avant d'aller à la guerre il avait 27 ans. Donc, son histoire professionnelle est inconnue entre 18 et 27 ans (il avait 3 années de scolarité). Il fut considéré comme fumeur même s'il cessa de fumer à 35 ans.

(1,2) nil

isométrique (93 000 p/mg,  $d= 1.7 \text{ um}$ ), une 7ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (64 000 p/mg,  $d= 2.1 \text{ um}$ ), une 9ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (178 800 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ ), une 14ième position pour le talc compact (14 300 p/mg,  $d= 4.5 \text{ um}$ ) et une 14ième position pour les autres types de silicate (21 500 p/mg, chlorite et minéraux inconnus). Il était en 10ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (559 f/mg,  $d= 1.1 \text{ um}$ ,  $l= 7.5 \text{ um}$ ), en 2ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (629 f/mg,  $d= 1.2 \text{ um}$ ,  $l= 4.5 \text{ um}$ ) en 7ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (629 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 6.4 \text{ um}$ ), en 11ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (419 f/mg,  $d= 0.8 \text{ um}$ ,  $l= 6.3 \text{ um}$ ) et en 16ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (210 f/mg; amosite,  $d=$

-A-IV-39-

0.3  $\mu\text{m}$ ,  $l= 9.5 \mu\text{m}$ ; trémolite,  $d= 1.1 \mu\text{m}$ ,  $l= 8.4 \mu\text{m}$ ). La stratification des métaux lui donnait la 7ième position pour la charge pulmonaire en titane (143 000 p/mg) et la 14ième position pour la charge pulmonaire en Pb (21 500 p/mg). Il occupait la 11ième position pour la charge pulmonaire en métaux compacts purs (21 500 p/mg). Il était classé au 9ième rang pour la concentration de particules riches en phosphore (14 300 p/mg) et en 6ième position pour les complexes Fer-silicates (64 360 p/mg). A l'exception du titane, Zn, Ni, Pb, Cr furent décelés en faible concentration. Les éléments Ti, Cr, Fe, Cu, Zr, Ba et Pb furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Ti-Fe, Fe-Zr-Ba, Cr-Fe, Fe-Cu-Pb. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la silice.

RVH-30343

Cet homme de 70 ans a oeuvré comme (1) commis, comptable et gérant d'assurance pour une compagnie de pâtes et papier (1924-1975). Il a consommé de 15 à 20 cigarettes par jour pendant 50 ans et des petits cigares (3 par jour) pendant 3 à 4 ans. Le rapport d'autopsie rapportait qu'il était décédé d'un cancer pulmonaire et qu'il avait des nodules calcifiés aux poumons.

(1) nil

RVH-30343

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. Il occupait le 8ième rang pour la charge pulmonaire en silicates compacts. La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder une 13ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (84 900 p/mg,  $d= 1.7 \text{ um}$ ), une 9ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (62 300 p/mg,  $d= 1.7 \text{ um}$ ), une 3ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (226 400 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ ) et une 7ième position pour les autres types de silicates (45 300 p/mg,  $d= 1.5 \text{ um}$ , minéraux de métamorphisme). Il était en 19ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (140 f/mg; chrysotile,  $d= 0.1 \text{ um}$ ,  $l= 3.1 \text{ um}$ ; trémolite,  $d= 0.5$ ,  $l= 3.7 \text{ um}$ ), en 15ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (489 f/mg,  $d= 1.6 \text{ um}$ ,  $l= 4.0 \text{ um}$ ), en

-A-IV-41-

12ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (210 f/mg,  $d= 1.2 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 6.2 \text{ } \mu\text{m}$ ), en 7ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques mica-cées et argileuses (629 f/mg,  $d= 0.8 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 3.9 \text{ } \mu\text{m}$ ), en 9ième position pour la charge pulmonaire en talc-anthophyllite (489 f/mg,  $d= 1.6 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 9.6 \text{ } \mu\text{m}$ ) et en 6ième position pour les autres types de silicates (140 f/mg,  $d= 0.4 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 3.0 \text{ } \mu\text{m}$ , chlorite, minéraux de métamorphisme et silicates non-identifiés). Il était en 8ième position pour la concentration de particules riches en phosphore (22 640 p/mg) et en 3ième position pour les complexes Fer-silicates (96 220 p/mg). La stratification des métaux a permis de lui accorder une 3ième position pour la charge pulmonaire en Ti (169 800 p/mg) et une 19ième position pour la charge pulmonaire en Cr (5 700 p/mg). Les éléments Ti, Cr, Ni et Pb furent observés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Sn, Cr, Cu, Zn, Ce et Ba furent observés sous forme

de complexes tels Ti-Fe-Sn, Ti-Fe, Cr-Fe, Ti-Fe-Cu-Ba, Ti-Fe-Cu-Zn-Ba-Ce (Figure L-14) et Ti-Cr-Fe-Cu-Zn-Sn-BA-Pb; il faut noter que Ni et Pb ne furent pas décelés en LAMMA. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la silice. Ce sujet se démarquait des autres par ses longues fibres de talc.

RVH-30458

Cet homme de 56 ans a oeuvré comme (1) électricien dans le domaine de la construction (1939-1947), (2,3,4) électricien d'entretien dans trois différentes mines (1947-1957) et (3) électricien réparateur d'instruments électriques pour un service public (1959-1980). Il consommait 35 cigarettes par jour depuis l'âge de 12 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

RVH-30458

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. Il fut classé en 2ième position pour la charge pulmonaire en silicates compacts. La stratification des silicates a permis de lui accorder une 7ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (116 100 p/mg, d= 1.8 um), une 1ère position pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (321 600 p/mg, d= 1.8 um), une 2ième position pour la charge pulmonaire en argiles et micas compacts (348 400 p/mg, d= 2.1 um), une 11ième position pour la charge pulmonaire en talc compact (17 900 p/mg,

Note: Son histoire professionnelle entre 1957-1959 est imprécise.

(1)

p.excavation	1	2	1	2
p.métaux	1	1	1	2
amiante(chr)	1	1	1	2
CaSO <sub>4</sub>	1	2	2	2
p.de bois	1	1	2	2
fum.bras.	1	2	1	2
fum.oxy.mét.	1	1	1	2
silice	1	1	1	2

(2,3,4)

p.excavation	1	2	3	3
silice	1	2	3	3
fum.braz.ten	1	2	1	2
fum.oxy.mét.	1	1	1	2
fum.zinc	1	1	1	2
Sn-x	1	1	1	2
Pb-x	1	1	1	2

(5)

abrasifs	1	3	2	3
p.métaux	1	3	2	3

d= 1.1 um) et une 5ième position pour les autres types de silicates (53 600 p/mg, d= 2.3 um, pyroxène, vermiculite et minéraux de métamorphisme). Il était au 8ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (419 f/mg; amosite, d= 0.2 um, l= 10.5 um; trémolite, d= 1.9, l= 8.8 um; crocidolite, d= 0.1 um, l= 3.7 um), au 14ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (503 p/mg, d= 0.8 um, l= 4.8 um), au premier rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (2 096 p/mg, d= 1.1, l= 4.1 um), au 2ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (1 426 f/mg, d= 1.0, l= 4.5 um), au 8ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (503 p/mg, d= 1.1 um, l= 4.5 um) et au 5ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (168 f/mg, d= 1.1, l= 3.4 um, vermiculite et minéraux de métamorphisme). La stratification des métaux a permis de lui accorder un 10ième rang pour la charge pulmonaire



amiante(chr)	1	1	2	3	en Ti (125 100 p/mg), le 10ième rang
amiante(amp)	1	1	2	2	pour la charge pulmonaire en Cr (8 900
acier doux	1	3	2	2	p/mg), le 9ième rang pour la charge
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	2	2	1	pulmonaire en Ni (44 700 p/mg) et le
SiC	1	2	2	1	6ième rang pour la charge pulmonaire en
fum.bras.	1	2	1	2	Mn (8 900 p/mg). Il occupait le 7ième
fum.oxy.mét.	1	2	1	2	rang pour la charge pulmonaire en
fum.zinc	1	1	1	2	particules exclusivement métalliques (14
Sn-x	1	1	1	2	250 p/mg) et le 3ième rang pour la
Pb-x	1	1	1	2	concentration de particules riches en
Mn-x	1	1	2	2	phosphore (80 390 p/mg). Les éléments

Zn, Ti, Mn, Cr, Pb furent décelés en EDAX. En LAMMA, Ti, Fe, Cu, Ni, Cr, Zn furent détectés sous forme de complexes tels Ti-Fe-Cu, Fe-Cu- Zn, Ni-Zn (Figure L-15), Cr-Fe et Ti-Fe. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la silice. Cependant, il fallait aussi admettre qu'il avait probablement été exposé à des aérosols métalliques.

RVH-30639

Cet homme de 49 ans a œuvré comme (1) professeur (1955-1963), (2) professeur et administrateur (1965-1963) et (3) traducteur interprète (1965-1979). Il fumait 10 cigarettes par jour depuis l'âge de 15 ans. Il est décédé d'un cancer du système urinaire. Il avait des métastases aux poumons.

(1)

CaCO<sub>3</sub>

1 1 2 2

RVH-30639

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. Il occupait la 1ère position pour la charge pulmonaire en métaux. La stratification des métaux a permis de le classer au 4ième rang pour la charge pulmonaire en Ti (161 800 p/mg), au 6ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (71 200 p/mg), au 2ième rang pour la charge pulmonaire en Cr (84 200 p/mg), au 2ième rang pour la charge pulmonaire en Ni (246 100 p/mg), au 1er rang pour la charge pulmonaire en Mn (51 800 p/mg) et au premier rang pour la charge pulmonaire en Zn (492 100 p/mg). Il était au 2ième rang pour la charge pulmonaire en particules exclusivement métalliques (142 500 p/mg) et au 10ième rang pour la concentration des particules riches en phosphore (12 950 p/mg). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 11ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (90 700 p/mg, d= 1.9 um), au 5ième rang pour la charge

A-IV-46-

pulmonaire en feldspaths compacts (77 700 p/mg,  $d= 1.8 \text{ } \mu\text{m}$ ) et au 9ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates compacts (32 400 p/mg,  $d= 1.7 \text{ } \mu\text{m}$ , pyroxène, vermiculite et minéraux de métamorphisme). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 8ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (419 f/mg; chrysotile,  $d= 0.1$ ,  $l= 11.0 \text{ } \mu\text{m}$ , trémolite,  $d= 0.4 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 4.6 \text{ } \mu\text{m}$ ), au 6ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (349 f/mg,  $d= 1.1$ ,  $l= 3.7 \text{ } \mu\text{m}$ ), au 14ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de micas et d'argiles (350 f/mg,  $d= 0.8 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 3.8 \text{ } \mu\text{m}$ ) et au second rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (280 f/mg,  $d= 1.2 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 6.0 \text{ } \mu\text{m}$ , pyroxène, vermiculite et minéraux de métamorphisme). Les éléments Cr, Ni figure E-16-A), Mn (Figure E-16-B) et Pb furent décelés en EDAXR. Les éléments Fe, Ni, Zn, Pb, Cr furent détectés en LAMMA sous forme de comple-

A-IV-47-

xes tels Fe-Ni-Cu-Zn-Pb (Figure L-15-A), Cr-Fe (figure L-15-B) et etc. L'état de valence VI du Cr (figure L-15-C) a également été mis en évidence. La charge pulmonaire en métaux laissait supposer que ce travailleur avait fort probablement été exposé à des aérosols métalliques durant sa vie professionnelle; de plus, il avait probablement été exposé à de la fibre d'amiante.

RVH-30909

Cet homme de 56 ans a oeuvré comme (1) journalier dans une industrie de transformation de l'amiante (1952-1971) et (2) plombier (1972-1981) dans la même industrie. Il fumait de 3 à 4 cigarettes par jour, les fins de semaine. Il est décédé d'un cancer du système digestif.

Note: ses activités professionnelles avant 1952 étaient imprécises.

RVH-30909

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. Il était au 1er rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (41 580 f/mg; amosite,  $d = 0.3$ ,  $l = 9.1$ ). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au premier rang pour les autres types de silicates (198, 100 p/mg,  $d = 2.5$  um, pyroxène). Par contre la stratification des métaux a permis de le classer au premier rang pour la charge pulmonaire en Cr (182 400 p/mg) et au second rang pour la charge pulmonaire en Mn; toutefois, Mn était toujours en association avec la fi-

A-IV-48-

(1)

amiante(chr)	1	3	3	3
amiante(amp)	1	2	3	3
silice	1	3	2	2
ciment	1	3	3	3

(2)

abrasifs	1	1	2	3
p.métaux	1	1	2	3
amiante(chr)	1	2	3	3
amiante(amp)	1	2	3	2
ciment	1	2	3	3
cuivre	1	1	2	2
acier doux	1	1	2	2
zinc	1	1	2	2
fum.bras.	1	1	2	2
fum.oxy.mét.	1	1	2	2
fum.Sn	1	1	2	2
fum.Pb	1	1	2	2
fum.pyrolyse	1	1	2	2

bre d'amiante amosite et n'était pas d'origine métallique. Il était au 5ième rang pour la concentration de particules riches en phosphore (36 480 p/mg). Les éléments Ti, Cr (concentration substantielle; Figure E-17), Ni, Mn, Co et Zn furent décelés en EDAXR. Les éléments Ti, Fe, Sr, Ba, Cr, Zn, furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Ti-Fe-Sr-Ba, Ti-Cr-Fe-Sr-Ba, Fe-Zn, Ti-Fe, Cr-Fe (figure L-16-A), Ti-Fe-Zn, etc. Les valences III (figure L-16-B) et VI (figure L-16-C) de Cr ont nettement été mises en évidence. A noter que plusieurs corps ferrugineux ont été observés dans cet échantillon.

RVH-31026

Cet homme de 44 ans a oeuvré comme (1) agent de bureau dans une compagnie d'assurance (1956-1958), (2) publicis-

RVH-31026

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder la 13ième position pour la charge

A-IV-49-

te pour 4 compagnies (1962-1978), (3) gérant de vente (1976-1978) et président (1978-1981) d'une compagnie de promotion publicitaire. Il n'a jamais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport de pathologie rapportait qu'il avait des métastases aux poumons.

Note: Son histoire professionnelle était imprécise entre 1958-1962.

(1,2,3) nil

pulmonaire en feldspaths compacts (41 200 p/mg,  $d=1.6 \mu\text{m}$ ). La charge pulmonaire en fibres d'amiante était seulement 70 f/mg (chrysotile,  $d=0.1 \mu\text{m}$ ,  $l=3.0 \mu\text{m}$ ). La charge pulmonaire en particules prismatiques de silice a permis de lui accorder le 10ième rang (559 f/mg,  $d=1.0 \mu\text{m}$ ,  $l=4.1 \mu\text{m}$ ), la charge pulmonaire en micas et argiles prismatiques, le 12ième rang (420 f/mg,  $d=1.0 \mu\text{m}$ ,  $l=4.1 \mu\text{m}$ ) et la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc, le 22ième rang (140 f/mg,  $d=0.8 \mu\text{m}$ ,  $l=3.0 \mu\text{m}$ ). La stratification des métaux a permis de lui accorder la 15ième position pour la charge pulmonaire en Pb (19 200 p/mg) et la 13ième position pour la charge pulmonaire en Ni (22 000 p/mg). Il occupait la 9ième position pour la charge pulmonaire en particules exclusivement métalliques (30 200 p/mg) et la 5ième position pour la charge pulmonaire en rutile (16 490 p/mg,  $d=1.2 \mu\text{m}$ ). Les éléments Ti, Cr, Ni, Zn (signaux très intenses) et Pb (signaux très intenses) furent détectés en

A-IV-50-

EDAX. Les éléments Fe, Ti, Cu, Zn, Cr, Pb et Ba furent détectés en Lamma sous forme de complexes tels Cu-Zn, Fe-Cu-Zn-Pb (Figure L-17), Ti-Fe-Cu, Cr-Fe-Pb et Fe-Cu-Zn-Ba. Malgré son classement dans le groupe des non-exposés, les complexes métalliques décelés en LAMMA permettaient de se questionner sur les possibilités d'exposition à des aérosols métalliques.

RVH-31036

Cet homme de 64 ans a oeuvré (1) dans les forces armées comme camionneur (1939-1945), et (2) fut également camionneur pour différentes compagnies de transport (1945-1980) tout en étant officier syndical (1965-1980). Il a consommé un paquet de cigarettes par jour pendant 58 ans. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal. Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait des métastases aux poumons.

RVH-31036

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder une 17ième position pour la charge pulmonaire en talc (12 800 p/mg,  $d= 2.4$  um). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer 20ième pour la charge pulmonaire en silice prismatique (349 f/mg,  $d= 0.5$  um,  $l= 7.4$  um), 14ième pour la charge pulmonaire en feldspaths prismatiques (140 f/mg,  $d= 1.3$  um,  $l= 5.5$  um) et 24ième pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (70 f/mg; amosite,  $d= 0.2$  um,  $l= 22.0$  um). La stratification des métaux permet-

A-IV-51-

Note: il aurait commencé à fumer à l'âge de 6 ans?

(1)

Pb-x            1    1    3    3

(2)

Pb-x            1    1    3    3

tait de lui accorder une 18ième position pour la charge pulmonaire en Pb (16 000 p/mg) et la 12ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (3 200 p/mg). Il était au 7ième rang pour la concentration de particules riches en phosphore (25 530 p/mg). Les éléments Zn, Cr, Pb et Mn furent décelés en EDAXR. Les éléments Fe, Cu et des traces de Sr et Ba furent détectés en LAMMA. Les fibres fines et longues de silicium laissaient supposer que ce travailleur avait été exposé à de la fibre de synthèse; à noter qu'il fut impossible de mettre en évidence un réseau cohérent de diffraction des électrons sur ces fibres. La présence de Sr demeurait inexpliquée.

RVH-31409

Cet homme de 50 ans a oeuvré comme (1) gérant d'un fumoir à viande dans un pays européen (1942-1952); (2) par la suite, il a oeuvré dans le même type d'industrie mais au Canada (1953-1982). Il n'a ja-

RVH-31409

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, non-fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder le 14ième rang pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (26 600 p/mg,  $d = 1.9 \mu m$ ) et la 20ième position pour la charge pulmonaire en talc com-



mais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1,2)

p.comb.bois	1	2	2	2
H.P.A.	1	1	2	2

fact (10 600 p/mg,  $d= 5.0 \text{ um}$ ). La stratification des silicates prismatiques a permis de lui accorder une 24ième position pour la charge pulmonaire en talc prismatique (140 f/mg,  $d= 1.2 \text{ um}$ ,  $l= 5.5 \text{ um}$ ). La stratification des métaux a permis de lui accorder une 11ième position pour la charge pulmonaire en nickel (23 900 p/mg) et une 14ième position pour la charge pulmonaire en Mn (2 700 p/mg). Il occupait le 12ième rang pour la charge pulmonaire en métaux purs (18 700p/mg) et le 8ième rang pour les complexes Fe-Si-Al (31 900 p/mg). Les éléments Ti, Zn, Cr, Ni, Ce, Mn et Sn furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Ba, Ce, Cr, La, et Pb furent détectés sous forme de complexes tels Fe-Ba, Fe-Ti-Ce, Ti-Fe-Cu-Zn-Ba, Fe-Cu-Pb, Cr-Fe-(CrO) (Figure L-18-A). La première interprétation des spectres nous faisait croire que les  $m/e = 88$  et  $m/e = 89$  étaient les éléments Sr et Y. Après réflexion, nous croyons qu'il s'agirait plutôt des clusters de recombinaison de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{OH}_2$  et  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{OH}_3$  (Figure 18-B); les

A-IV-53-

clusters de recombinaison  $C_2OH_2$  et  $C_2OH_3$  permettent d'avancer cette hypothèse (Figure 18-C). A noter qu'il y avait un nombre substantiel de recombinaisons ioniques qui n'ont pas été identifiées. De plus, les éléments tels Sr et Y n'ont pas été décelés positivement en EDAXR. Des diatomées furent observés lors des déplacements aléatoires du réticule.

RVH-31471

Cet homme de 54 ans a oeuvré comme (1) journalier dans une industrie de transformation de l'amiante (1947), (2) journalier dans l'industrie du chemin de fer (1948-1949), (3) soudeur (1950-1960), (4) conducteur d'autobus (1960-1979) et (5) opérateur de rame de métro (1980-1983). Il fumait 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 15 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire. Le rapport d'autopsie

RVH-31471

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au second rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (1 817 f/mg; crocidolite,  $d = 0.2 \mu m$ ,  $l = 6.5 \mu m$ ). Il fut classé au 22ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (44 500 p/mg,  $d = 2.3 \mu m$ ). La stratification des métaux a permis de le classer au 5ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (83 500 p/mg), au 13ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (2 800 p/mg) et au 5ième rang pour la charge pulmo-

A-IV-54-

rapportait qu'il avait des plaques pleurales fibreuses, une fibrose interstitielle et des corps ferrugineux.

(1)

amiante(chr)	1	3	1	3
amiante(amp)	1	2	1	2
silice	1	2	2	3
ciment	1	2	2	3
CaSO <sub>4</sub>	1	2	2	3

(2)

p.métaux	1	2	3	3
p.zinc	1	1	3	3
p.de bois	1	1	2	2

(3)

p.métaux	1	2	3	3
amiante(chr)	1	1	2	2
ox.fer	1	2	2	3
fum.soud.gaz	1	3	3	3
fum.oxy.mét.	1	3	3	3
p.chrome	1	2	1	3
p.manganèse	1	1	3	3
p.nickel	1	2	1	3
p.zinc	1	2	1	3

naire en Zn (236 600 p/mg). Il était au 3ième rang pour la charge pulmonaire en métaux purs compacts (91 900 p/mg). Les éléments Zn (signaux intenses), Pb, Ti et Mn (Figure E-18) furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Cu, Zn, furent détectés sous forme de complexes tels Ti-(TiO)-Fe, Fe-Cu-Pb, Cu-Zn, Cu, Fe-Cu et Fe-Cu-Zn-Pb (Figure L-19). L'analyse en LAMMA permettait de supposer que les particules montrant le signal Zn-K-alpha en EDAXR étaient fort probablement amalgamées à du cuivre. La concentration en fibres amiantiformes laissait supposer que ce travailleur avait non seulement été exposé à de la fibre d'amiante crocidolite, mais également à du laiton comme pour le cas CHT-84-8.

p.plomb	1	2	1	2
fum.pyrolyse	1	2	2	3
chromates	1	2	1	3

(4)

Pb-x	1	1	2	3
------	---	---	---	---

(5) nil

RVH-31630

Cet homme de 71 ans a oeuvré (1) dans la construction (1927-1929) (2) les forces armées (1939-1945), (3) la construction (1945-1957) puis comme (4) gardien (1957-1966). Il a fumé en moyenne 20 cigarettes par jour pendant 55 ans. Il aurait également consommé des cigares pendant 3 ans. Il est décédé d'un cancer du système urinaire. Par contre, il avait eu une lobectomie pulmonaire pour un carcinome au poumon. Il avait des effusions pleurales.

RVH-31630

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante. La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 3ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (1 188 f/mg; chrysotile,  $d=0.1 \mu m$ ,  $l=5.0 \mu m$ ; amosite,  $d=0.2 \mu m$ ,  $l=18.0 \mu m$ ; trémolite,  $d=1.0 \mu m$ ,  $l=4.2 \mu m$ ), au 8ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (280 f/mg,  $d=1.0 \mu m$ ,  $l=3.6 \mu m$ ), au 3ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (839 f/mg,  $d=1.3$ ,  $l=8.2$ ), au 3ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (908 f/mg,  $d=1.0$ ,  $l=4.4 \mu m$ ) et au 6ième rang pour la

A-IV-56-

(1)

m.isolant	1	2	2	3
amiante(chr)	1	1	1	2
silice	1	2	2	3
ciment	1	2	2	3
brique	1	2	2	3
ox.calcium	1	2	2	3

(2) nil

(3)

p.isolant	1	1	1	3
amiante(chr)	1	1	1	2
silice	1	1	1	3
ciment	1	1	1	3
brique	1	1	1	3
ox.calcium	1	1	1	3
Pb-x	1	1	1	3

(4) nil

charge pulmonaire en particules prismatiques autres types de silicates (140 f/mg  $d= 0.8 \mu m$ ,  $l= 3.1 \mu m$ ; pyroxène et silicates inconnus). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 4ième rang pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (73 900 p/mg,  $d= 1.5 \mu m$ ), au 6ième rang pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (219 700 p/mg,  $d= 1.6 \mu m$ ), au 4ième rang pour la charge pulmonaire en talc compact (61 000 p/mg,  $d= 3.0 \mu m$ ) et au 10ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicate (30 500 p/mg,  $d= 4.1 \mu m$ ; zircon, vermiculite, et minéraux de métamorphisme). La stratification des métaux a permis de le classer au 14ième rang pour la charge pulmonaire en Ti (61 000 p/mg) et au 18ième rang pour la charge pulmonaire en Zn (48 800 p/mg). Il était classé au 13ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (6 100 p/mg,  $d= 1.3 \mu m$ ) et au 4ième rang pour les particules riches en phosphore (61 030 p/mg). Les éléments Zn, Ti, Ni,

A-IV-57-

Cr, Pb et Zr furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Ba et Cr furent détectés sous forme de complexes tels Ti-Fe, Ti-Fe-(TiO)-Ba et Cr-Fe. La concentration de fibres amiantiformes laissait supposer que ce travailleur avait probablement été exposé à de la fibre d'amiante lorsqu'il oeuvrait en milieu de travail.

RVH-31798

Cet homme de 60 ans a oeuvré comme (1) fermier dans un pays européen (1937-1941), (2) dans les forces armées (1942-1945), de nouveau comme (3) fermier (1946-1947), puis comme (4) mineur dans les mines de charbon situées en pays européens (1948-1951), (5) activités indéterminées, (6) fondeur (1954-1956), (7) journalier dans le domaine de la construction (1954-1961), (8) camionneur dans le domaine de la construction (1962-1964) et (9) journalier pour

RVH-31798

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 4ième rang pour la charge pulmonaire en silice compacte (144 300 p/mg,  $d = 1.3$  um), 2ième pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (96 200 p/mg,  $d = 1.9$  um), 1er pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (634 900 p/mg,  $d = 1.8$  um), 7ième pour la charge pulmonaire en talc compact (38 500 p/mg,  $d = 2.0$  um) et 15ième pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (19 200 p/mg,  $d = 1.3$  um; pyroxène, vermiculite et silicates inconnus). La stratification des silicates prismatiques a per-

la voirie municipale (1965-1973). Il consommait 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 18 ans et cessa de fumer à 59 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1,3)

ox.calcium	3	2	1	1
p.de grain	1	3	1	2
p.comb.bois	1	2	1	2
H.P.A	1	2	1	2

(2) nil

(4)

charbon	1	3	3	3
---------	---	---	---	---

(5)activités indéterminées

(6)

silice	1	3	3	3
talc	1	1	2	1
argile	1	2	3	2
fum.oxy.mét	1	3	3	3

mis de le classer 24ième pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (70 f/mg; amosite,  $d= 0.1 \text{ um}$ ,  $l= 10 \text{ um}$ ), 6ième pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (839 f/mg,  $d= 1.4$ ,  $l= 5.2 \text{ um}$ ), 4ième pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (489 f/mg,  $d= 0.8 \text{ um}$ ,  $l= 3.3 \text{ um}$ ), premier pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (1 747 p/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 4.4 \text{ um}$ ) et 16ième pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (280 f/mg,  $d= 0.8$ ,  $l= 4.0 \text{ um}$ ). Par contre, la stratification des métaux a permis de le classer 6ième pour la charge pulmonaire en Ti (144 300 p/mg), 3ième pour la charge pulmonaire en Pb (115 400 p/mg) et 4ième pour la charge pulmonaire en Ni (105 800 p/mg). Il occupait le 8ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (9 620 p/mg), le 5ième rang pour les complexes Fer-silicates (67 340 p/mg) et le 3ième rang pour les complexes Fe-Si-Al (96 200 p/mg). Les éléments

A-IV-59-

fum. Mn 1 2 2 2

p.comb.char 1 1 2 2

(7)

p.béton 1 2 2 3

CaSO<sub>4</sub> 1 2 2 2

p.de bois 1 2 2 3

silice 1 1 2 3

(8)

Pb-x 1 1 2 3

(9)

p.excavation 1 2 3 3

silice 1 2 2 3

ciment 1 2 2 3

béton 1 3 2 3

Pb-x 3 1 3 3

RVH-31839

Cet homme de 53 ans a oeuvré comme (1) entrepreneur électricien (1953-1973), (2) estimateur électricien à son compte (1973-1980) et (3) agent de voyage (1980-1983). Il con-

Ti, Zn, Ni et Pb furent décelés en EDAXR. Il n'y pas eu d'analyse en LAMMA. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la silice.

RVH-31839

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de le classer au 9ième rang pour la charge pulmonaire en Ti (127 600 p/mg), au 11ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (39 900 p/mg), au premier



A-IV-60-

sommait en moyenne 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 25 ans. Il cessa toute consommation de tabac à 40 ans. Il est décédé du syndrome de Se-zary. Le rapport d'autopsie rapportait qu'il avait des éruptions cutanées.

(1)

m.isolant	1	2	1	3
amiante(chr)	1	1	1	2
silice	1	2	2	3
béton	1	2	2	3
CaSO <sub>4</sub>	1	2	2	3
p.de bois	1	2	2	2

(2)

CaSO <sub>4</sub>	1	1	2	2
p.de bois	1	1	2	2

Note: aucune possibilité d'exposition aux métaux ne fut rapportée.

rang pour la charge pulmonaire en Ni (654 200 p/mg) et au 13ième rang pour la charge pulmonaire en Zn (87 800p/mg). Il occupait la 23ième position pour la charge pulmonaire en métaux purs (8 000 p/mg), la première position pour la concentration des particules riches en phosphore (167 530 p/mg), la 3ième position pour les complexes Fer-silicates (103 710 p/mg) et la 6ième position pour les complexes Fe-Si-Al (39 900 p/mg). La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder la 18ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (63 800 p/mg, d= 1.6 um), la 8ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (63 800 p/mg, d= 1.3 um), la 11ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (135 600 p/mg, d= 2.3 um), la 3ième position pour la charge pulmonaire en talc compact (80 000 p/mg, d= 1.6 um) et la 3ième position pour la charge pulmonaire en autres types de silicates (55 800 p/mg, d= 2.0 um; vermiculite et mé-

A-IV-61-

taux de métamorphisme). La stratification des silicates prismatiques lui accordait la 5ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (769 f/mg; chrysotile,  $d= 0.3 \text{ um}$ ,  $l= 5.7 \text{ um}$ ; trémolite,  $d= 0.6 \text{ um}$ ,  $l= 7.1 \text{ um}$ ), la 20ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de silice (349 f/mg,  $d= 0.9$ ,  $l= 4.0 \text{ um}$ ), la 8ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (280 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 4.4 \text{ um}$ ), la 11ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (489 f/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ,  $l= 4.5 \text{ um}$ ) et la 5ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (699 f/mg,  $d= 0.8 \text{ um}$ ,  $l= 5.2 \text{ um}$ ). Les éléments Zn, Ti, Ni (Figure E-19), Sr, Cr et Pb furent décelés en EDAXR. Les éléments Fe, Ba, Ti, Cr, Ni, Cu, Zn furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Fe-Ba, Fe-Ni, Cr-(CrO-), Fe-Cu, Ti-Fe-Ni-Cu-Zn (Figure L-20-A), Ni-Cu (probablement le monel,

A-IV-62-

Figure L-20-B), Ti-Mn-Fe-Ni-Cu (Figure L-20-C), etc. La concentration de métaux lourds laissait supposer que ce travailleur avait été exposé à des aérosols métalliques (alliages de type Ni-Cu), et probablement à de la fibre d'amiante.

RVH-31940

Cet homme de 67 ans a oeuvré (1) comme manutentionnaire pendant 45 ans (1935- 1981) sur un quai de déchargement. Il fumait en moyenne 50 cigarettes par jour depuis l'âge de 13 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)

p.métaux	1	2	2	2
amiante(chr)	1	2	2	3
amiante(amp)	1	2	2	3
ciment	1	2	2	3
cuivre	1	2	2	2
p.farine	1	2	2	3
Pb-x	1	1	3	3

RVH-31940

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante au deuxième classement. La stratification des silicates prismatiques a permis de lui accorder la 18ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (169 f/mg; amosite,  $d= 0.1 \mu m$ ,  $l= 4.0 \mu m$ ; crocidolite,  $d = 0.1 \mu m$ ,  $l = 4.8 \mu m$ ), la 2ième position pour la charge pulmonaire en fibres prismatiques de silice (2 832 f/mg;  $d= 1.4 \mu m$ ,  $l= 6.7 \mu m$ ) sans diffraction cohérente des électrons et la 10ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (349 f/mg,  $d= 0.9 \mu m$ ,  $l= 4.3 \mu m$ ). La stratification des silicates compacts a permis de lui accorder la 19ième position pour la charge pulmonaire en talc compact (12 300 p/mg,

A-IV-63-

d= 3.4 um). La stratification des métaux permettait de lui accorder une 12ième position pour la charge pulmonaire en Zn (94 500 p/mg). Il était en 12ième position pour la concentration de particules riches en phosphore (12 330 p/mg). Les éléments Zn et Ti furent décelés en EDAXR. Les émissions Cl-K-alpha (signaux intenses) et Mg-K-alpha furent décelées sur un nombre substantiel de particules en association avec d'autres éléments (Figure E-20-A et E-20-B). Les éléments Fe, Ba, Cu furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Fe-Ba et Fe-Cu. Ce travailleur a probablement été exposé à des matériaux isolants qui contenaient de la fibre d'amiante et de la terre diatomée (elle est souvent mélangée à la fibre d'amiante dans les matériaux isolants). Un nombre substantiel des particules prismatiques de silice avaient la morphologie ainsi que la composition chimique de la terre diatomée. De façon similaire, plusieurs particules compactes de silice avaient

A-IV-64-

la morphologie de la terre diatomée. Des granules agglomérés étaient observés à chaque déplacement du réticule.

RVH-32444

Cet homme de 63 ans a oeuvré comme (1) commis (1941-1943), (2) opérateur de radio pour la Royal Air Force (1943-1945), (3) opérateur de radio pour les forces armées (1945-1946), (4) commis (1946), (5) technicien en radio télécommunication (1948-1953) puis de nouveau technicien en radio télécommunication pour une autre compagnie (1953-1981). A titre de technicien, il réparait les systèmes de télécommunication. Il n'a jamais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

RVH-32444

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de le classer au 17ième rang pour la charge pulmonaire en Pb (16 500 p/mg), au 12ième rang pour la charge pulmonaire en Cr (8 300 p/mg), au 3ième rang pour la charge pulmonaire en Ni (227 400 p/mg), au 7ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (8 300 p/mg) et au 6ième rang pour la charge pulmonaire en Zn (215 000 p/mg). La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 9ième rang pour la charge pulmonaire en talc isométrique (33 100 p/mg,  $d = 3.6 \mu m$ ) et au 19ième rang pour la charge pulmonaire en autres silicates (16 500 p/mg,  $d = 1.1 \mu m$ ; minéraux de métamorphisme). Par contre la stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 8ième rang pour la char-

A-IV-65-

Note: son histoire professionnelle entre 1947-1948 est imprécise.

(1,2,3,4) nil

(5)

p.métaux	1	1	1	2
fum.braz.	1	3	2	2
fum.oxy.mét.	1	1	2	2
Pb-x	3	2	2	1
Sn-x	1	2	2	2

(6)

p.métaux	1	1	1	2
fum.braz.ten	1	2	2	2
fum.oxy.mét.	1	1	2	2
Sn-x	1	1	2	2
Pb-x	3	1	2	3
fum.pyrolyse	1	2	2	2

RVH-79-6979

Cet homme de 67 ans a oeuvré comme (1) usinier de pièces métalliques dans une industrie dont la nature n'était

ge pulmonaire en fibres d'amiante (419 f/mg, chrysotile,  $d= 0.3 \mu m$ ,  $l= 3.9 \mu m$ , trémolite,  $d= 0.3$ ,  $l= 15.3 \mu m$ , crocidolite,  $d= 0.2$ ,  $l= 7.5 \mu m$ ) et au 13ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (349 f/mg,  $d= 0.7 \mu m$ ,  $l= 3.9 \mu m$ ). Il était en 16ième position pour la concentration de particules riches en phosphore. Les éléments Zn, Ti, Ni, Cr, Mn et Pb furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Cu, Zn, Cr, Pb et Ba furent décelés sous forme de complexes tels Fe-Cu, Cu-Zn, Cu-Zn-Pb, Fe-Ba et Cr-Fe et Ti-Fe-Ni-Cu-Zn. L'ensemble de ces informations permettait de suggérer que ce travailleur avait été exposé à des aérosols métalliques (entre autres du laiton) et probablement à de la fibre d'amiante.

RVH-79-6979

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. Il y avait peu de silicates compacts. La stratification des silicates prismatiques a permis de le clas-

pas précisée (1930-1932), (2) usinier de pièces métalliques dans une boulangerie (1932-1934), (3) usinier dans une seconde industrie dont la nature n'était pas précisée (1935-1938), (4) usinier pour une industrie qui fabriquait des matériaux de guerre (1939-1940), (5) usinier pour une usine qui fabriquait des valves (1941-1973) et concier-ge (1973-1976). Il fumait de 40 à 50 cigarettes par jour depuis l'âge de 14 ans et cessa de fumer à 65 ans. Il est décédé d'un cancer pulmo-naire.

(1,3)

p.métaux	1	2	3	3
abrasifs	1	3	2	3
silice	1	2	2	2
laiton	1	2	2	3
acier doux	1	2	2	3

ser au 24ième rang pour la charge pulmo-naire en fibres d'amiante (70 f/mg, tré-molite,  $d= 0.2 \text{ um}$ ,  $l= 4.9 \text{ um}$ ) et au 19ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de feldspath (79 p/mg,  $d= 0.2 \text{ um}$ ,  $l= 3.0 \text{ um}$ ). La stratifi-cation des métaux a permis de lui accor-der une 18ième position pour la charge pulmonaire en Ti (53 000 p/mg) et une 17ième position pour la charge pulmonai-re en Zn (50 100 p/mg). Il était en 15ième position pour la charge pulmonai-re en métaux compacts purs (14 700 p/mg) et en 19ième pour la charge pulmonaire en rutile (2 950 p/mg,  $d= 1.3 \text{ um}$ ). Il é-tait en 4ième position pour les comple-xes Fe-Si (212 100 p/mg). Les éléments Zn (Figure E-21-A) ], Ni (figure E-21-B) , Ti, Cr et Pb furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Ba (signaux intenses), Pb, Cu, furent détectés sous forme de complexes tels Fe-Ba-Pb, Ti-(TiO)-Fe- Ba-Pb (Figure L-22), Ti-Fe-Cu-Ba et Cu-Zn-Pb. Il fut classé dans le groupe des non-exposés par défaut.

A-IV-67-

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	2	2	3
SiC	1	2	1	2
ox.fer	1	1	1	2
fum.pyrolyse	1	2	2	3
Sn-x	1	1	2	3
Pb-x	1	1	2	3

(2)

abrasifs	1	1	2	2
p.métaux	1	1	2	2
p.farine	1	1	3	3
fum.soud.gaz	1	1	2	2
fum.cuisson	1	1	3	3

(4) comme (1,3) et

p.plomb	1	2	1	1
---------	---	---	---	---

(5) comme (1,3)

(6)

prod.nettoy.	3	2	2	3
--------------	---	---	---	---

RVH-79-7991

RVH-79-7991

Cet homme de 66 ans a oeuvré  
(1) dans le domaine de la  
construction comme briqueteur

Il fut classé dans le groupe exposition  
aux silicates. La stratification des si-  
licates compacts a permis de le classer



A-IV-68-

pendant 35 ans (1932-1967).  
 Il fumait 20 cigarettes par  
 jour depuis l'âge de 15 ans  
 et cessa de fumer à 53 ans.  
 Il est décédé d'un cancer pul-  
 monaire.

Note: son histoire profession-  
 nelle est inconnue après  
 1967.

(1)

silice	1	2	2	3
ciment	1	2	2	3
brique	1	2	2	3
ox.calcium	1	2	2	3

au 17ième rang pour la charge pulmonaire  
 en silice (65 700 p/mg,  $d= 1.8 \text{ um}$ ),  
 3ième pour la charge pulmonaire en felds-  
 paths compacts (80 900 p/mg,  $d=1.6 \text{ um}$ ),  
 3ième pour la charge pulmonaire en micas  
 et argiles compacts (242 600 p/mg,  $d=$   
 $1.7 \text{ um}$ ), 13ième pour la charge pulmonai-  
 re en talc compact (15 200 p/mg,  $d= 1.4$   
 $\text{um}$ ) et 4ième pour la charge pulmonaire  
 en autres types de silicates (55 600  
 p/mg,  $d= 1.4 \text{ um}$ ; essentiellement des  
 minéraux de métamorphisme). La strati-  
 fication des silicates prismatiques a  
 permis de le classer 12ième pour la  
 charge pulmonaire en fibres d'amiante  
 (349 f/mg; chrysotile,  $d= 0.1 \text{ um}$ ,  $l= 7.0$   
 $\text{um}$ , amosite,  $d= 0.1 \text{ um}$ ,  $l= 5.0 \text{ um}$ , croci-  
 dolite,  $d= 0.3 \text{ um}$ ,  $l =4.8 \text{ um}$ ), 5ième  
 pour la charge pulmonaire en particules  
 prismatiques de feldspath (419 f/mg,  $d$   
 $=1.3 \text{ um}$ ,  $l= 4.7 \text{ um}$ ), 4ième pour la char-  
 ge pulmonaire en particules prismatiques  
 micacées et argileuses (769 f/mg,  $d= 0.8$   
 $\text{um}$ ,  $l= 3.6 \text{ um}$ ), 13ième pour la charge

A-IV-69-

pulmonaire en particules prismatiques de talc (349 f/mg,  $d= 0.8 \text{ um}$ ,  $l= 4.8 \text{ um}$ ) et 2ième pour les autres types de silicates prismatiques [280 f/mg,  $d= 0.4 \text{ um}$ ,  $l= 4.1 \text{ um}$ ; chlorite, pyroxène, minéraux de métamorphisme]. La stratification des métaux a permis de le classer au 8ième rang pour la charge pulmonaire en Ti (131 400 p/mg), 5ième pour la charge pulmonaire en Cr (15 200 p/mg), 10ième pour la charge pulmonaire en Ni (35 400 p/mg) et 8ième pour la charge pulmonaire en Mn (5 100 p/mg). Il était au 8ième rang pour la concentration de particules exclusivement métalliques (30 300 p/mg), au 15ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (5 050 p/mg,  $d= 1.0 \text{ um}$ ) et au 10ième rang pour les complexes Fe-Si-Al (30 300 p/mg). Zn, Ti, Cr, Ni, Pb et Mn furent décelés en EDAXR; des complexes Cr-Fe-Ni (Figure E-22) qui sont probablement de l'acier inoxydable, furent aussi détectés. L'analyse en IAMMA fut restreinte; elle a permis de mettre en évidence Pb, Fe et Ti. La variété des sili-

A-IV-70-

cates laissait supposer que ce travailleur avait été exposé dans un environnement à feldspaths plagioclases, minéral que certains granites contiennent en concentration substantielle. Il a possiblement été exposé à des aérosols métalliques et à de la fibre d'amiante.

RVH-84-3255

Cet homme de 67 ans a oeuvré (1) dans les forces armées (1939-1945), comme (2) chimiste dans une usine de produits chimiques, mais dans un pays européen (1945-1950), (3) chimiste professionnel à son compte (1951- 1970) et (4) professeur (1967-1982). Il n'a jamais consommé de tabac. Il est mort d'un cancer pulmonaire.

(1) nil

(2)

pigment.org. 3 3 3 3

RVH-84-3255

Il fut classé dans le groupe exposition aux métaux. La stratification des métaux a permis de le classer au premier rang pour la charge pulmonaire en Pb (197 500 p/mg), au 6ième rang pour la charge pulmonaire en Cr (12 000 p/mg) et au 2ième rang pour la charge pulmonaire en Zn (323 300 p/mg). Il fut classé au premier rang pour la charge pulmonaire en particules exclusivement métalliques (215 500 p/mg) et au 2ième rang pour la concentration de particules riches en phosphore (137 680 p/mg). La stratification des silicates compacts a permis de le classer en première position pour la charge pulmonaire en talc compact (107 800 p/mg,  $d = 2.8 \text{ um}$ ), en 16ième position pour la

A-IV-71-

Hg-x	1	1	2	3	charge pulmonaire en feldspaths compacts
(3)					(29 900 p/mg, $d= 1.6 \text{ um}$ ) et 12ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (131 700 p/mg, $d= 1.8 \text{ um}$ ). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer en
Hg-x	1	1	2	3	8ième position pour la charge pulmonaire
(4)					en fibres d'amiante (419 f/mg; chrysotile, $d= 0.1 \text{ um}$ , $l= 7.4 \text{ um}$ ; amosite, $d= 0.9 \text{ um}$ , $l= 9.7 \text{ um}$ ), en première position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (1 677 f/mg, $d= 1.1 \text{ um}$ , $l= 6.2 \text{ um}$ ) et en 6ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques autres types de silicate (140 f/mg, $d= 1.3 \text{ um}$ , $l= 6.2 \text{ um}$ ; hornblende, chlorite). Ti, Zn, Ni, Pb, Co, Cr, Mn et Sn furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Fe, Cu, Ti, Pb, et I (en mode négatif) furent décelés sous forme de complexes tels Fe-Cu-Pb (Figure L-23-A), Ti-Fe-Cu-Pb, $\text{Pb-I}_3\text{-PO}_2\text{-PO}_3$ (Figure L-23-B), etc. La charge pulmonaire en métaux lourds laissait présumer que ce travailleur avait été exposé à des aéro-
CaCO <sub>3</sub>	1	1	2	3	

A-IV-72-

sols métalliques; mais il fut probablement exposé à de la fibre d'amiante.

RVH-85-6447

Cet homme de 63 ans a œuvré comme (1) concierge (1953-1957) et (2) peintre décorateur (1957-1980). Il fumait 20 cigarettes par jour depuis l'âge de 16 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

Note: son histoire professionnelle était imprécise avant 1953.

(1)	nil			
(2)				
abrasifs	1	2	2	3
talc	2	1	2	3
pigment.ino.	2	1	3	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	2	2
CaSO <sub>4</sub>	1	2	2	3
CaCO <sub>3</sub>	2	1	3	3
TiO <sub>2</sub>	2	1	3	3
ox.fer	2	1	2	3

RVH-85-6447

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 6ième rang pour la charge pulmonaire en talc compact (39 700 p/mg, d= 3.1 um), au 11ième rang pour les autres types de silicates (26 500 p/mg, d= 2.8 um; pyroxène, vermiculite, minéraux de métamorphisme et inconnus), au 15ième rang pour la concentration de feldspaths compacts (33 100 p/mg, d= 3.5 um) et au 17ième rang pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (92 600 p/mg, d= 2.5 um). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 6ième rang pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (559 f/mg, d= 1.0 um, l= 8.2 um), au 12ième rang pour la charge pulmonaire de particules prismatiques de feldspath (210 p/mg, d= 1.5 um, l= 5.7 um) et au 14ième rang pour les particules prisma-

A-IV-73-

ox.zinc	2	1	2	3
PbCO <sub>3</sub>	2	1	1	3
PbCrO <sub>4</sub>	2	1	2	2
pigment.org.	2	1	3	2
noir/carbone	2	1	2	3

tiques argileuses et micacées (349 f/mg, d= 0.9 um, l= 3.8 um). La stratification des métaux a permis de le classer au premier rang pour la charge pulmonaire en Ti (350 600 p/mg), au 3ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (13 200 p/mg) et 11ième rang pour la charge pulmonaire en Zn (99 200 p/mg). Il était au 6ième rang pour la charge pulmonaire en rutile (13 230 p/mg, d= 1.1 um), premier pour les complexes Fer-silicates (138 920 p/mg) et 13ième pour les complexes Fe-Si-Al (26 500 p/mg). Les éléments Zn, Ti (signaux intenses), Ni, Mn, Zr et Pb furent décelés en EDAXR. Ti, Fe, Sr, Ba, Pb, furent décelés en LAMMA sous forme de complexes Ti-Fe-Ba, Ti-(TiO)-Fe-Sr-Ba (Figure L-24) et Ti-(TiO). La concentration de métaux lourds laissait présumer que ce travailleur avait possiblement été exposé à des aérosols métalliques. Le trait caractéristique de ce cas était le calibre des particules généralement plus grosses que tous les autres sujets intégrés dans cette étude.

A-IV-74-

RVH-86-37

Cet homme de 76 ans a œuvré (1) comme ministre du culte pendant 34 ans (1946-1980). Il n'a jamais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer du système urinaire.

Note: Son occupation avant l'âge de 36 ans est inconnue. Il est natif de la Lituanie. Il a vécu dans ce pays de 1910-1933, en Allemagne de 1933-1937, de nouveau en Lituanie de 1937-1939, à Lyon de 1939-1946, puis à Montréal en 1946.

(1) nil

RVH-86-37

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. La stratification des silicates compacts a permis de le classer au 8ième rang pour la charge pulmonaire en autres types de silicates compacts (43 000 p/mg,  $d= 2.3 \text{ um}$ ; vermiculite mais aussi chlorite, pyroxène et silicates inconnus), au 12ième rang pour la charge pulmonaire en talc compact (17 200 p/mg,  $d= 3.7 \text{ um}$ ) et au 19ième rang pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (90 200 p/mg,  $d= 2.2 \text{ um}$ ). La stratification des silicates prismatiques a permis de le classer au 14ième rang pour la charge pulmonaire en feldspaths prismatiques (140 f/mg,  $d= 1.5 \text{ um}$ ,  $l= 6.5 \text{ um}$ ), au 14ième rang pour la charge pulmonaire en micas et argiles prismatiques (349 f/mg,  $d= 1.1 \text{ um}$ ,  $l= 4.1 \text{ um}$ ) et au 6ième rang pour la charge pulmonaire en autres silicates prismatiques (140 f/mg,  $d= 1.5 \text{ um}$ ,  $l= 6.5 \text{ um}$ ; vermiculite). La stratification des métaux a permis de le classer au 3ième rang pour la

A-IV-75-

charge pulmonaire en Zn (313 700 p/mg), au 10ième rang pour la charge pulmonaire en Mn (4 300 p/mg) et en 16ième position pour la charge pulmonaire en Pb (17 200 p/mg). Il était en 6ième position pour la charge pulmonaire en métaux purs (43 000 p/mg) et en 15ième position pour la concentration des particules riches en phosphore (8 600 p/mg). Les éléments Zn, Ti, Pb, Mn et Sn (Figure E-23) furent décelés en EDAXR. Les éléments Fe, Cu, Zn, Ba, Pb Cr, et I furent décelés en LAMMA sous forme de complexes tels Fe-Cu-Zn-Rb-Sr- Ba-Pb (Figure L-27), Cr-Fe, Pb, Fe-Cu, Cu-Zn-Pb, Fe-Ba, Fe-Ba-Pb et  $PO_2-PO_3-I$ . La diversité des complexes métalliques en LAMMA laissait supposer que ce travailleur avait possiblement été exposé à des aérosols métalliques.

SMH-83-20

Cet homme de 70 ans a oeuvré comme (1) fermier dans un pays européen (1933-1942), (2) soldat dans les forces

SMH-83-20

Il fut classé dans le groupe exposition à la fibre d'amiante au deuxième classement. La stratification des silicates prismatiques permettait de lui accorder



A-IV-76-

armées (1942-1945), (3) puis de nouveau comme fermier (1945-1950), (4) cordonnier dans un pays européen (1950-1952), (5) cordonnier au Canada (1952-1953), (6) journalier dans le domaine de la construction (1953-1959), (7) journalier dans une industrie de transport ferroviaire (1959-1967), (8) opérateur de chaudière (1967-1979) et simultanément aux emplois 7 et 8, il occupait (9) un poste de concierge (1963-1975). Il fumait en moyenne 25 cigarettes par jour depuis l'âge de 40 ans et cessa à 65 ans. Il est décédé d'un cancer du système digestif. Il a vécu en Roumanie jusqu'en 1952.

la 21ième position pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (129 f/mg; chrysotile,  $d=0.7 \mu m$ ,  $l=4.1 \mu m$ ; amosite,  $d=0.2 \mu m$ ,  $l=3.6 \mu m$ ) et la 20ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques micacées et argileuses (25 700 p/mg,  $d=1.1 \mu m$ ,  $l=5.2 \mu m$ ). Les charges pulmonaires en silicates compacts et métaux étaient marginales. Les éléments Zn, Ti, Cr et Ni furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Fe, Ba, Ti, Mn, Cu et Cr furent observés sous forme de complexes métalliques tels Fe-Ba, Cr-Fe, Fe-Cu et Ti-Mn-Fe-Cu (Figure L-26). La charge pulmonaire en fibres d'amiante était relativement peu élevée et ne permettait pas de suggérer une exposition à la fibre d'amiante. Les granules agglomérés étaient substantiels à chaque déplacement du réticule. Quelques particules dont la morphologie était celle de la terre diatomée ont été décelées.

## A-IV-77-

(1,3)

ox.calcium	3	2	1	1
p.de grain	1	2	2	2

(2) nil

(4,5)

Pb-x	3	2	2	2
p.cuir	1	2	3	3

(6)

m.isolant	1	2	2	1
ciment	1	2	2	1
brique	1	2	2	1
CaSO <sub>4</sub>	1	2	2	1
p.de bois	1	2	2	2

(7)

p.métaux	1	2	3	2
acier doux	1	2	3	2
fum.soud.gaz	1	2	3	1
fum.soud.arc	1	2	3	1
fum.oxy.mét.	2	2	3	1

(8)m.isolant 1 1 2 2

A-IV-78-

amiante(chr)	1	1	2	2
amiante(amp)	1	1	2	2
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	1	1	2
ox.calcium	1	1	1	2
p.suie	3	3	2	2
p.comb.liq.	1	1	3	3
(9)	nil			

SMH-84-1

Cet homme de 65 ans a oeuvré comme (1) garçon de table dans un club de nuit (1937-1955), (2) garçon de table dans un restaurant (1955-1962) et (3) gérant dans deux restaurants (1963-1981). Il n'a jamais consommé de tabac. Il est décédé d'un cancer du système gastro-intestinal.

(1,2)

prod.nettoy.	3	2	2	3
--------------	---	---	---	---

SMH-84-1

Il fut classé dans le groupe exposition aux silicates. La stratification des silicates compacts permettait de lui accorder la 5ième position pour la charge pulmonaire en silice compacte (135 800 p/mg, d= 1.9 um), la 10ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths compacts (53 100 p/mg, d=1.9 um), la 5ième position pour la charge pulmonaire en micas et argiles compacts (224 400 p/mg, d= 1.5 um), la 5ième position pour la charge pulmonaire en talc (41 300 p/mg, d= 2.1 um) et la 18ième position pour la charge pulmonaire en autres silicates (17 700 p/mg, d= 1.4 um; vermiculite et minéraux de métamorphisme). La stratification des silicates prismati-

A-IV-79-

ques permettait de lui accorder le 13ième rang pour la charge pulmonaire en fibres d'amiante (280 f/mg, trémolite,  $d= 1.4 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 5.3 \text{ } \mu\text{m}$ ), la 7ième position pour la charge pulmonaire en silice prismatique (699 f/mg,  $d= 0.9 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 3.9 \text{ } \mu\text{m}$ ), la 8ième position pour la charge pulmonaire en feldspaths prismatiques (280 f/mg,  $d= 1.2 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 4.4 \text{ } \mu\text{m}$ ), la 12ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques argileuses et micacées (419 f/mg,  $d= 1.0 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 4.0 \text{ } \mu\text{m}$ ), la 13ième position pour la charge pulmonaire en particules prismatiques de talc (349 f/mg,  $d= 1.1 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 6.8 \text{ } \mu\text{m}$ ) et la 2ième position pour les autres types de silicates prismatiques (280 f/mg,  $d= 0.5 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $l= 3.5 \text{ } \mu\text{m}$ ; essentiellement minéraux de métamorphisme). La stratification des métaux permettait de lui accorder une 7ième position pour la charge pulmonaire en Ni (59 000 p/mg), une 4ième position pour la charge pulmonaire en Mn (11 800 p/mg) et une 17ième position pour la charge pulmonaire en Cr (5 900 p/mg). Il était en 14ième position

A-IV-80-

pour la charge pulmonaire en rutile (5 910 p/mg,  $d = 1.0 \mu\text{m}$ ) et en 16ième position pour les complexes Fer-silicates (29 520 p/mg). Les éléments Zn, Ti, Cr, Ni, Mn, Pb et Sn furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Ti, Fe, Ce, Sn, Pb, Cu, Cr, Ba, Mn, Pr et Tb furent détectés sous la forme de particules exclusivement métalliques ou de complexes tels Ti-Fe-(Pr- Tb) (Figure L-27-A), Sn, Fe- Cu-Pb, Cr-Fe, Fe-Cu, Fe-Ba-Pb, Cr-Fe-Ni (Figure L-27-B), Mn-Ba (Figure L-27-C), Ti-(TiO), Cr-Fe-Cu, Fe-Ce, Fe-Ce-La, etc. La diversité des silicates laissait supposer que ce travailleur avait eu une histoire professionnelle d'exposition à la silice. Toutefois, la diversité des complexes métalliques laissait aussi supposer qu'il avait été exposé à des aérosols métalliques. Plusieurs sphères plus petites que  $0.5 \mu\text{m}$  apparaissaient à chaque déplacement du réticule.

SMH-85-78

Cet homme de 57 ans a oeuvré comme (1) fermier (1943-

SMH-85-78

Il fut classé dans le groupe des non-exposés, fumeur. La stratification des

A-IV-81-

1952), ingénieur opérateur de chaudière (1952-1974) et de nouveau comme ingénieur opérateur de chaudière (1974-1983). Il fumait 15 cigarettes par jour depuis l'âge de 16 ans. Il est décédé d'un cancer pulmonaire.

(1)

ox.calcium	3	2	1	1
p.de bois	1	3	2	3
p.de grain	1	3	2	3

(2)

m.isolant	1	1	2	2
amiante(chr)	1	1	2	2
amiante(amp)	1	1	2	2
cendre	1	3	2	3
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	2	1	2
ox.calcium	1	2	1	2
p.charbon	3	3	3	3
p.suie	3	3	2	3
p.comb.char.	1	2	3	3
p.comb.liq.	1	1	3	2

silicates compacts a permis de le classer en 16ième position pour la charge pulmonaire en talc compact (13 300 p/mg,  $d = 1.1 \mu m$ ). Les silicates prismatiques et les métaux étaient virtuellement absents. Il était classé au 10ième rang pour les complexes Fe-Si (119 800 p/mg). Les éléments Zn, Ti, Pb, Sb, Sn et Ni furent décelés en EDAXR. En LAMMA, Fe, Ba, Pb, Cu, Zn, V, Cr furent décelés sous forme de complexes tels Cr-Fe, Fe-Cu, Fe-Ba, Fe-Cu-Zn-Ba-Pb et V-Fe (Figure L-28). La diversité des complexes métalliques détectés en LAMMA laissait présumer que ce travailleur avait été exposé à des aérosols métalliques.

SPECTRES DISPERSIFS EN ENERGIES DE RAYONS-X  
DE PARTICULES EXTRAITES DU PARENCHYME PULMONAIRE

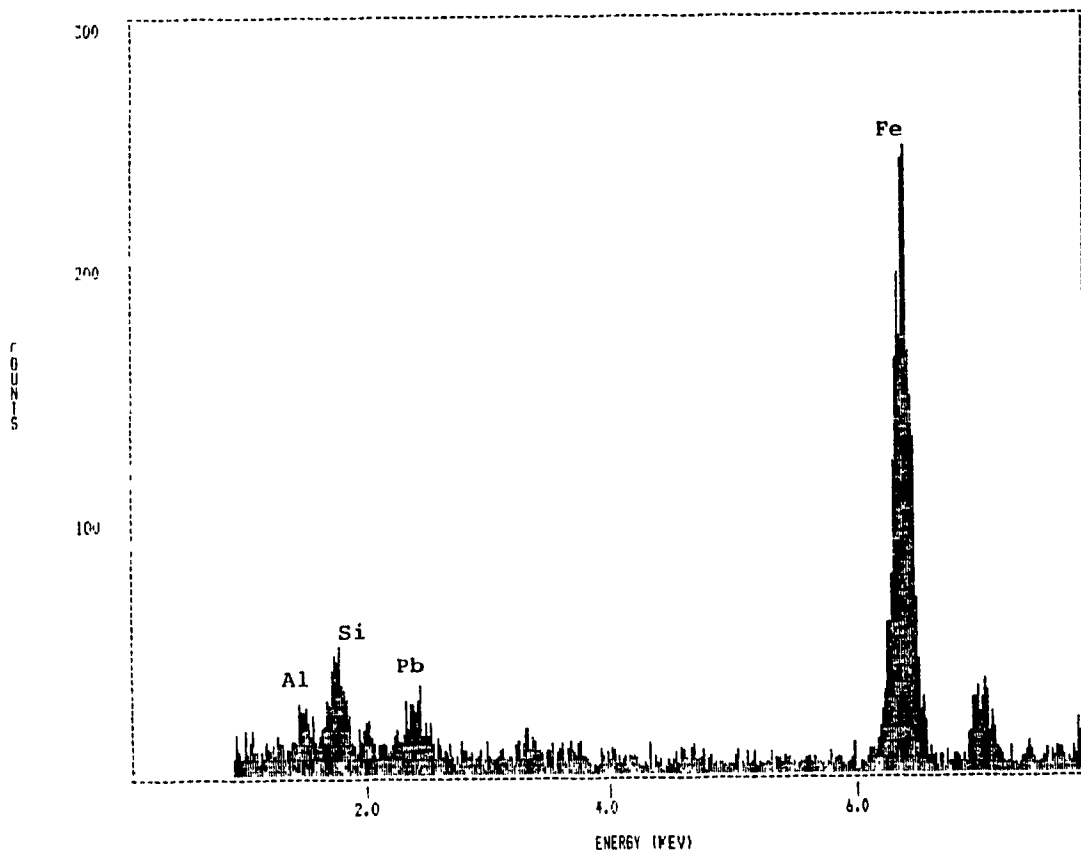


Figure E-1  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet CMT-80-28)



SPECTRUM LABEL  
POMM CHT 80-58

SPECTRUM FILE NAME  
0122 123

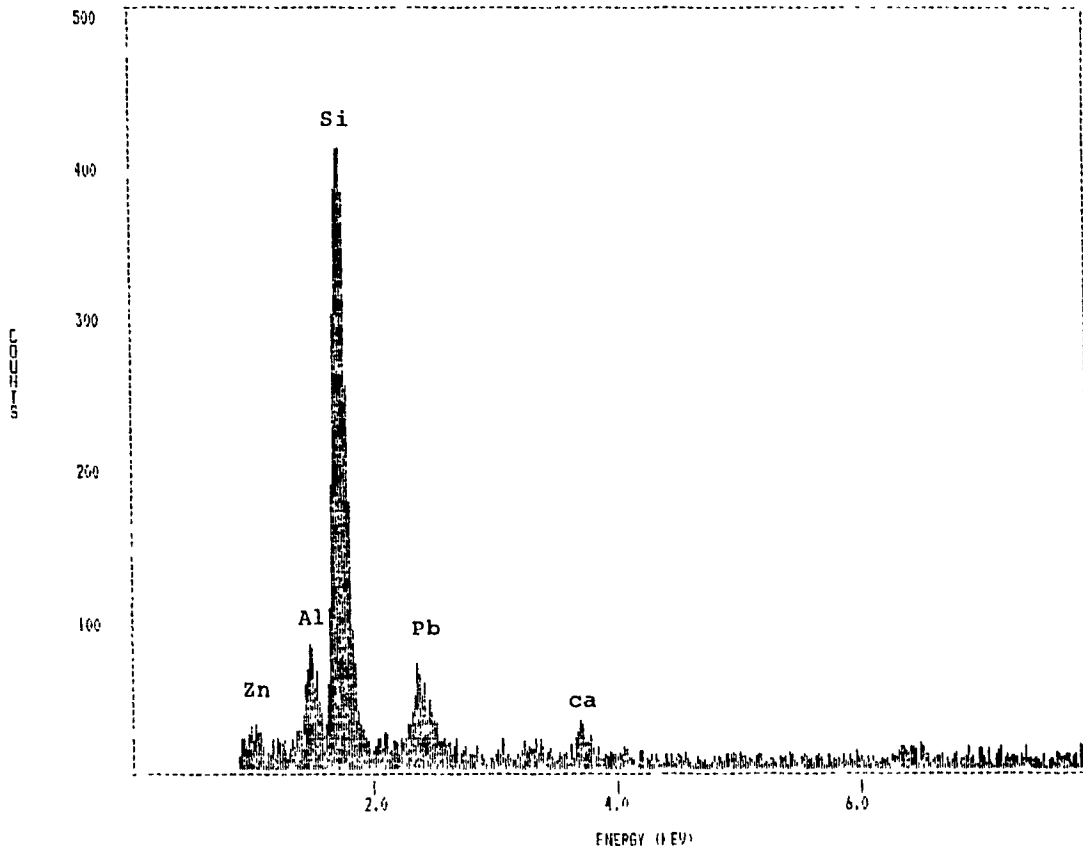


Figure R-2-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet CHT-80-58)

SPECTRUM LABEL  
CHT-80-58

SPECTRUM FILE NAME  
112

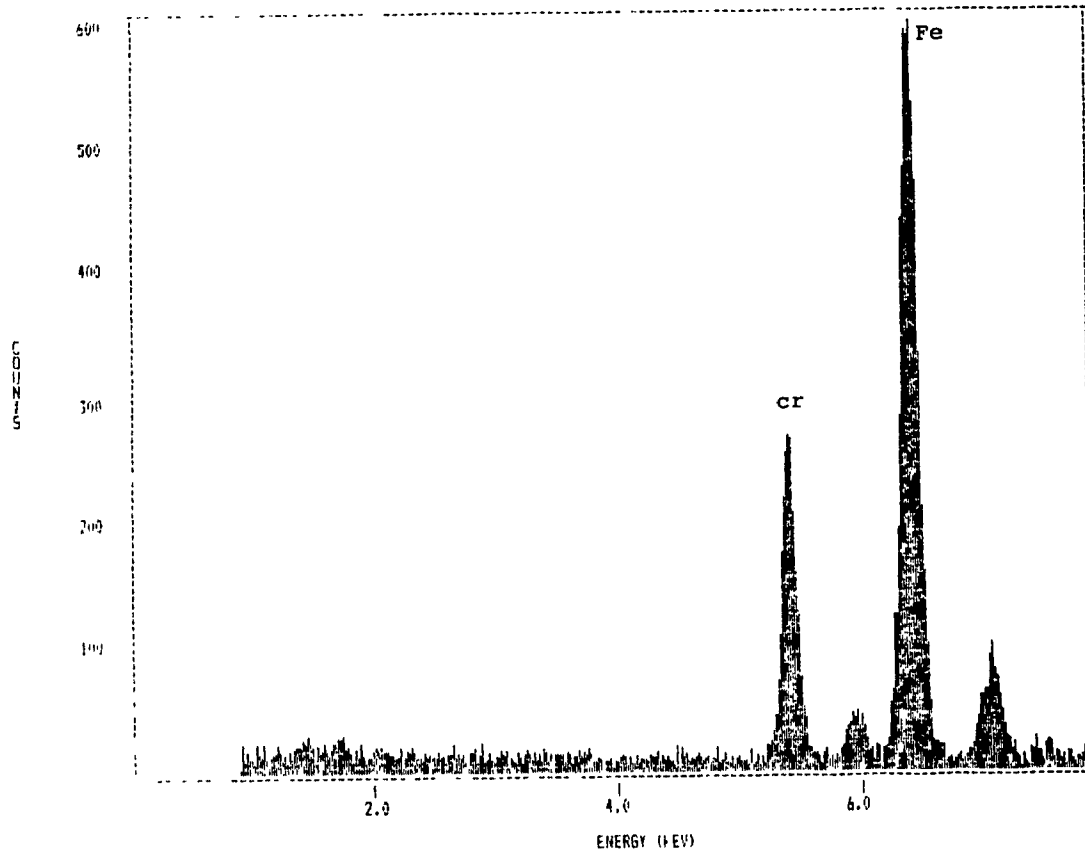


Figure E-2-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet CHT-80-58)

SPECTRUM LABEL  
PROGRAM CHT 84-8

SPECTRUM FILE NAME  
MSM 95

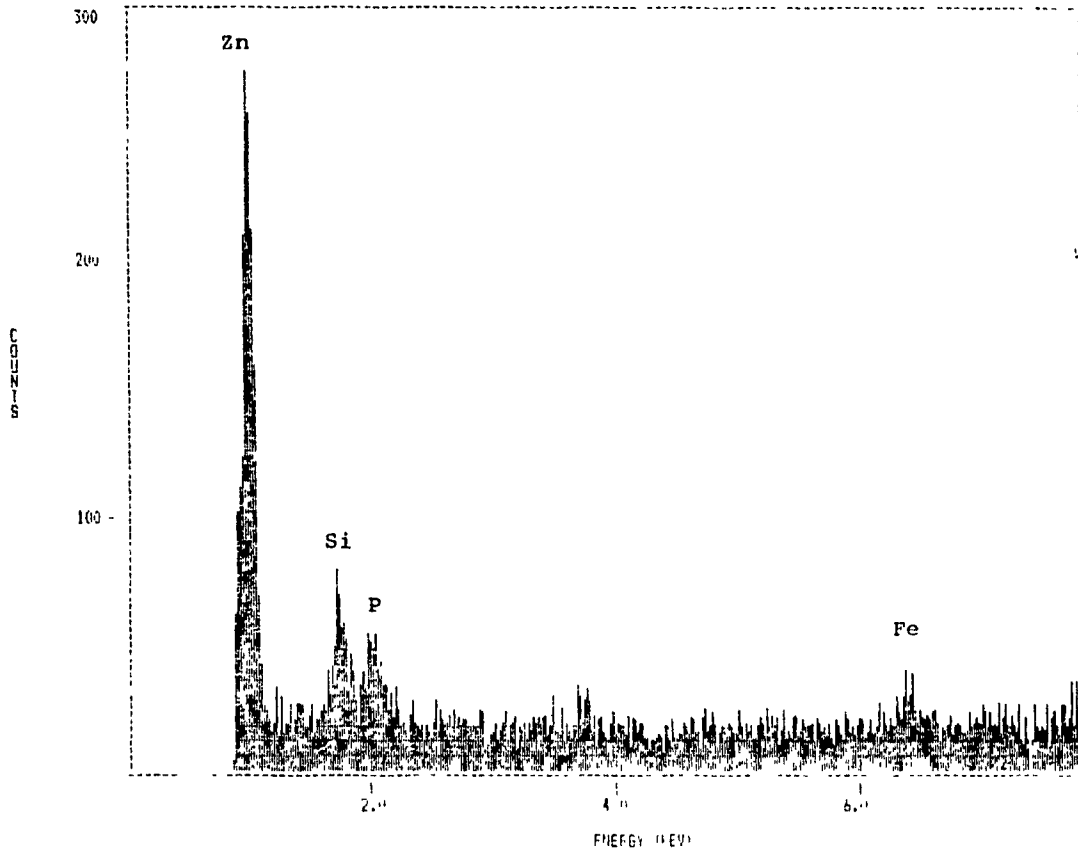


Figure B-3  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet CHT-84-8)

SPECTRUM LABEL  
JGH-81-84

SPECTRUM FILE NAME  
B70P 43

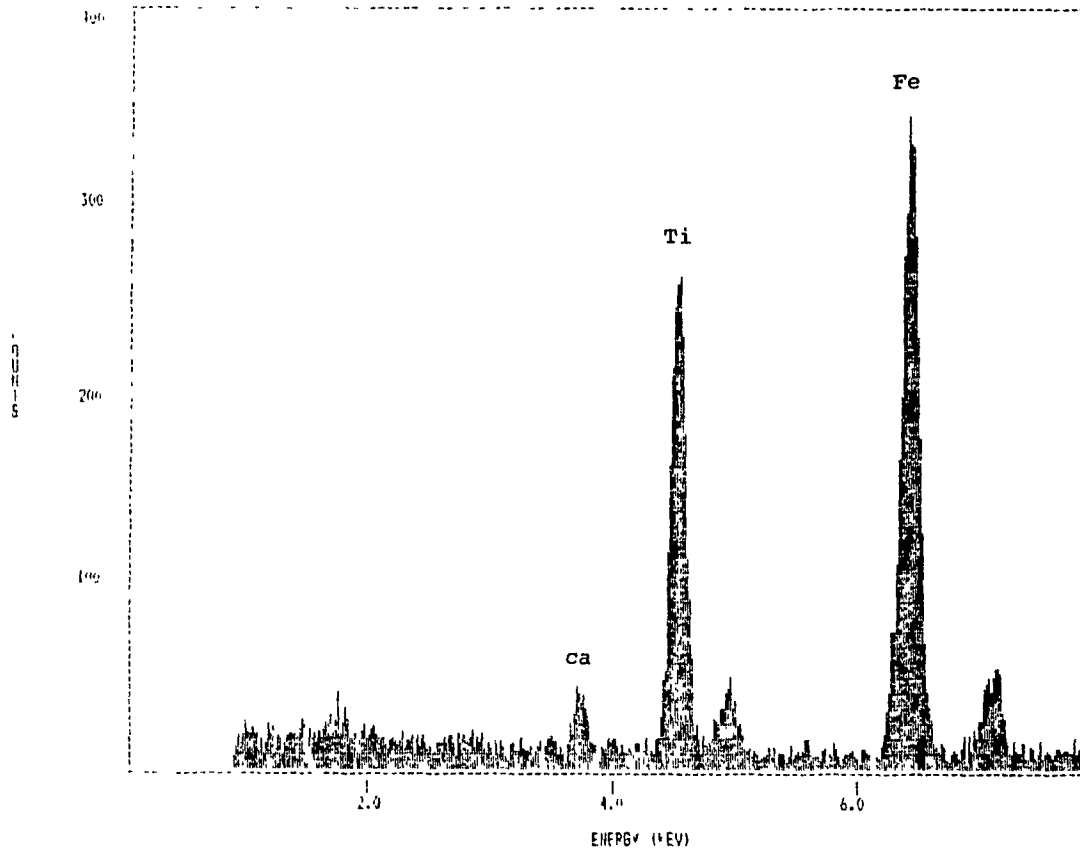


Figure E-4-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-81-84)

SPECTRUM LABEL  
JGH-81-84

SPECTRUM FILE NAME  
41

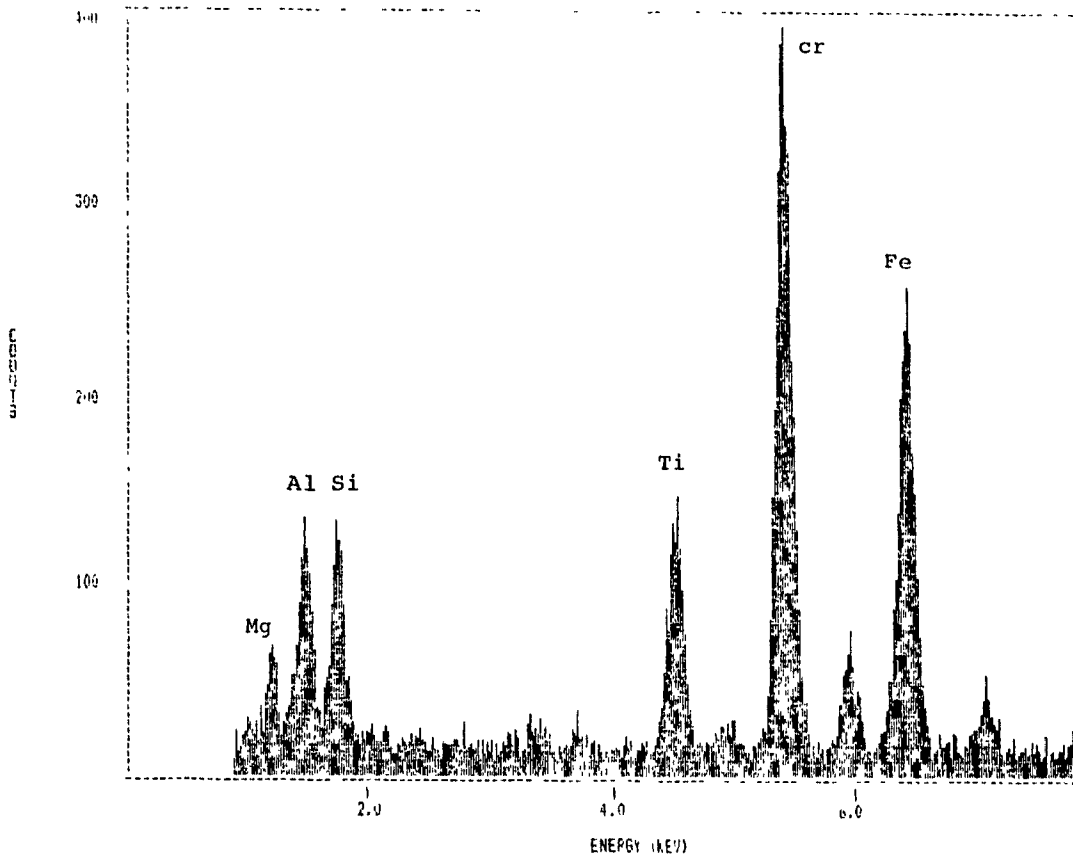


Figure E-4-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-81-84)

SPECTRUM LABEL  
JGH-79-207

SPECTRUM FILE NAME  
86

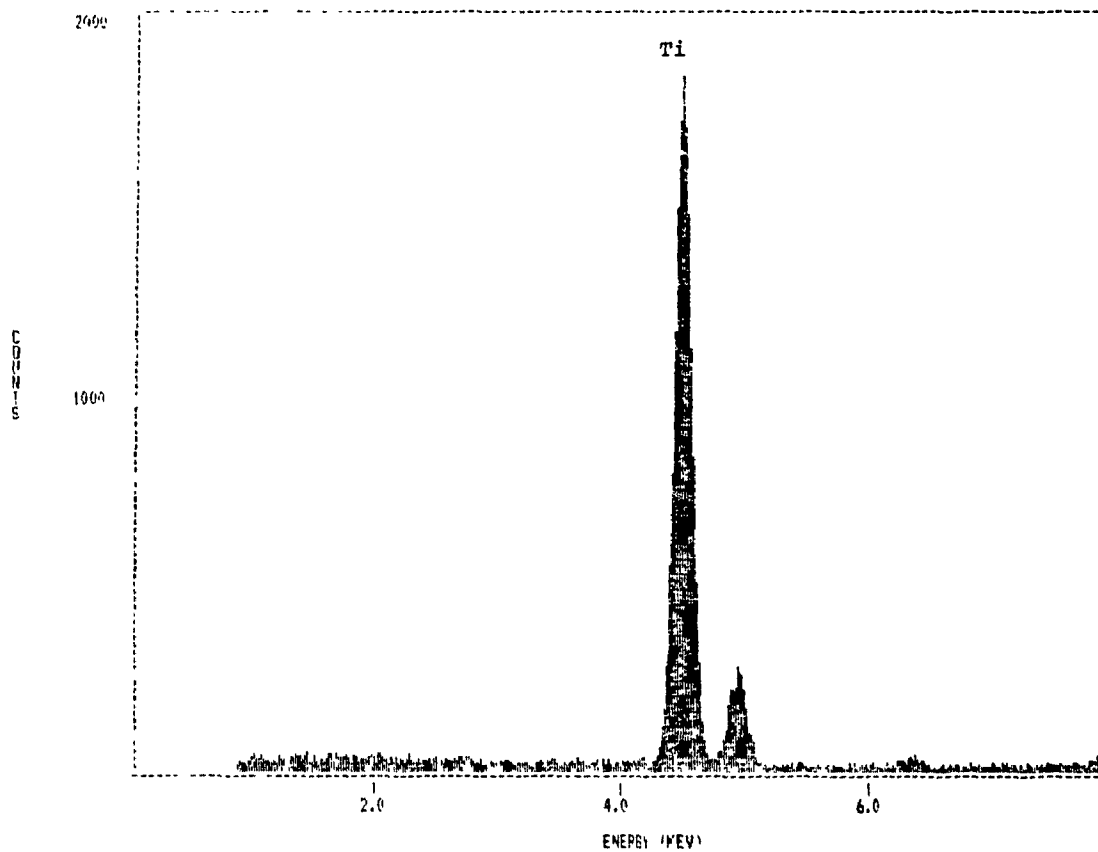


Figure R-5  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-79-207)

SPECTRUM LAP-1  
ID: JGH-81-123

SPECTRUM FILE NAME  
NUM 86

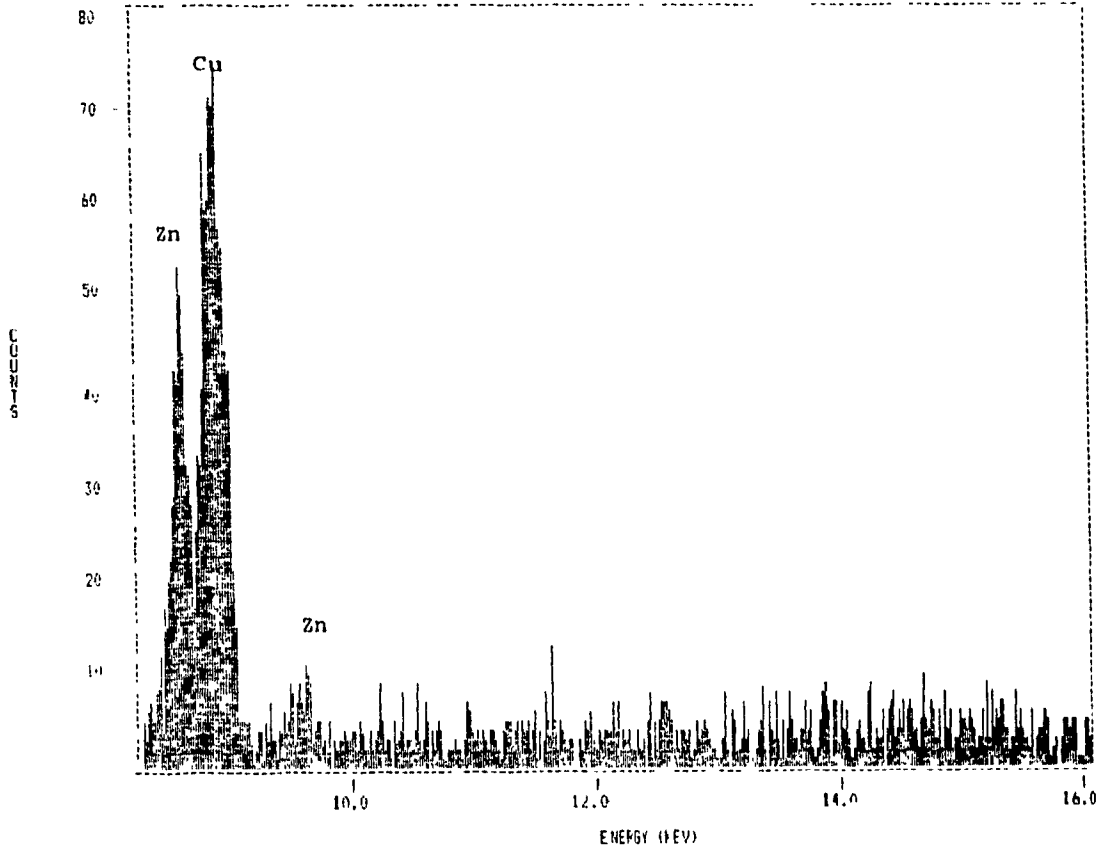


Figure E-6-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-81-123)

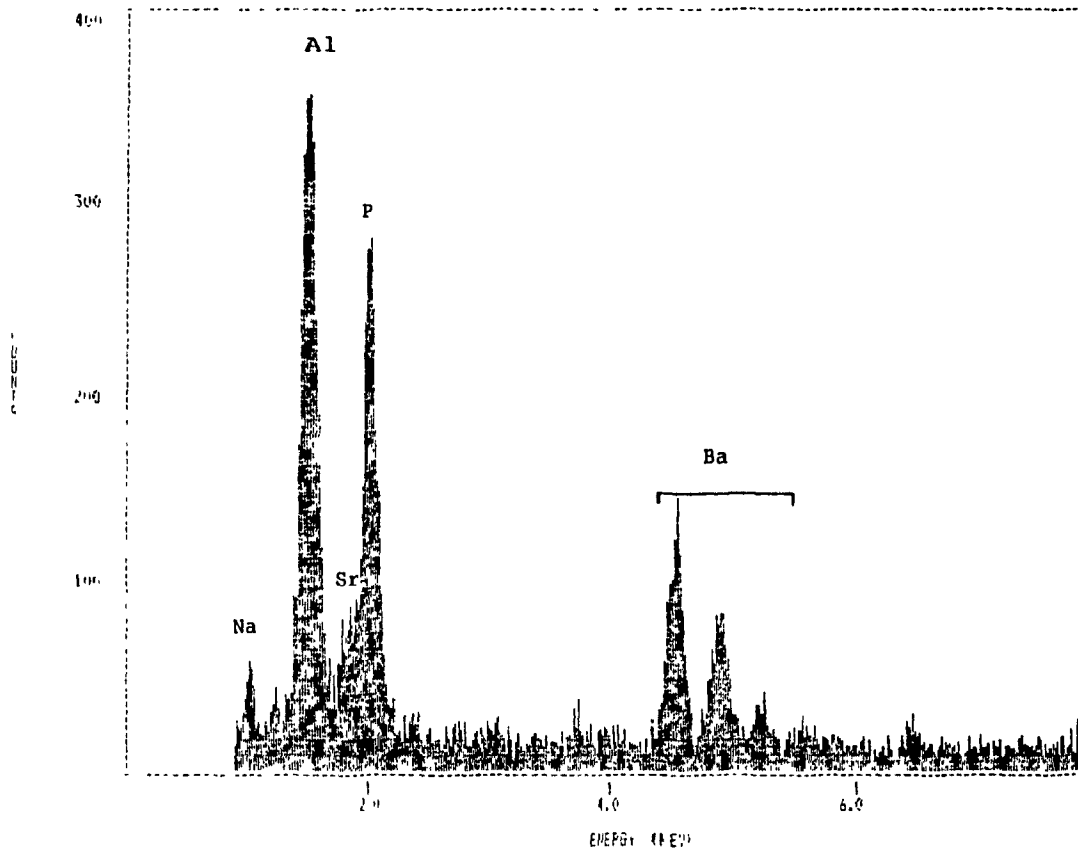


Figure R-6-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-81-123)



SPECTRUM LABEL  
DEB MGH-79-272

SPECTRUM FILE NAME  
79 10

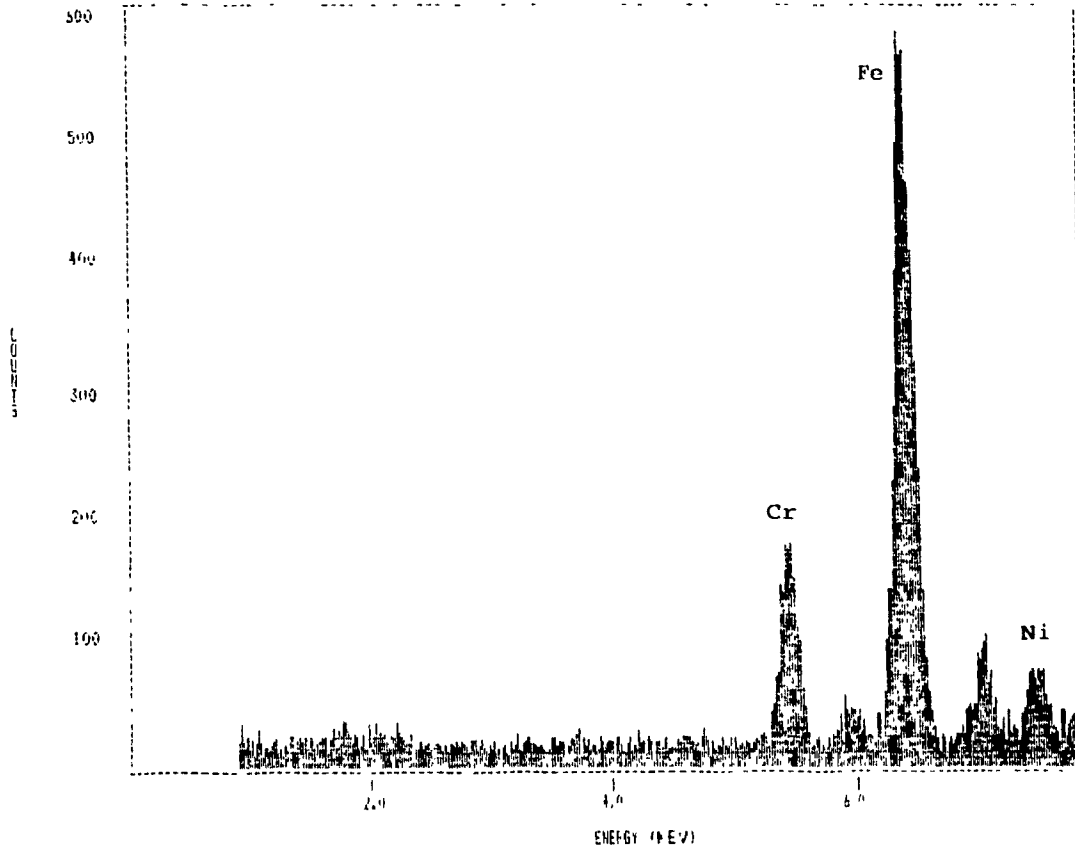


Figure E-7  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-79-272)

SPECTRUM LABEL  
MGH-79-275

SPECTRUM FILE NAME  
51

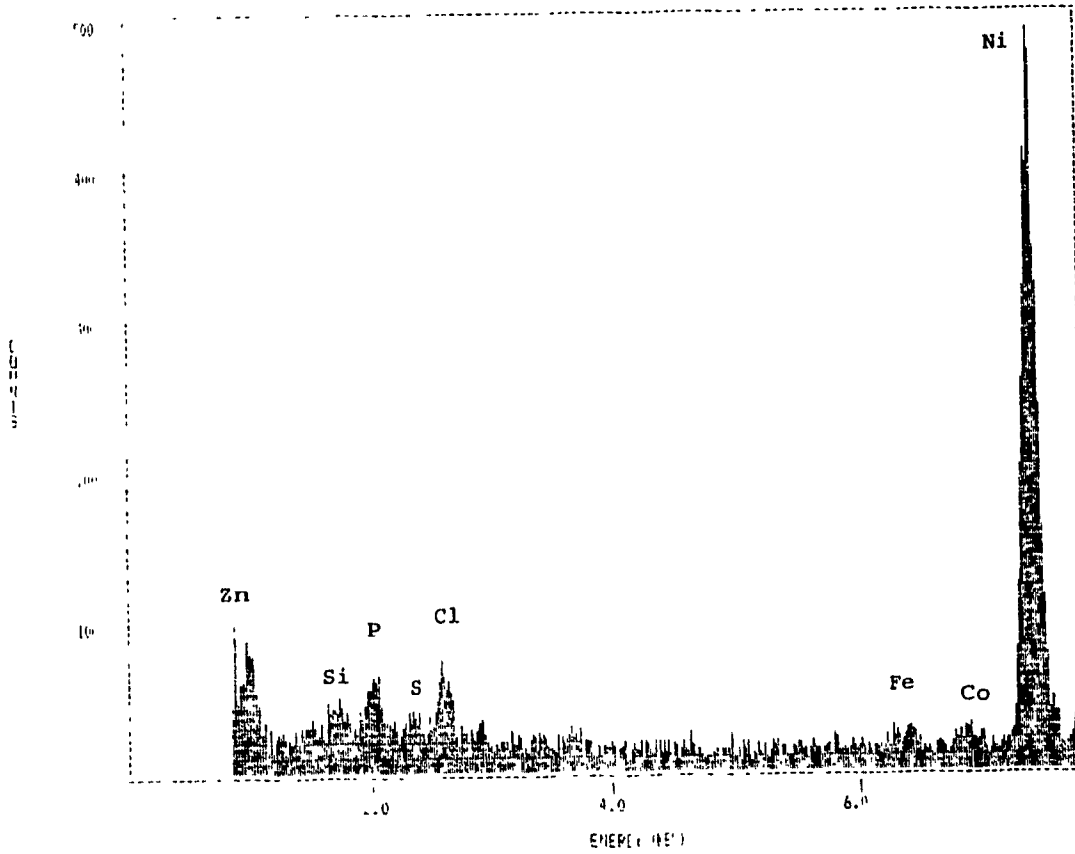


Figure E-8  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-79-275)

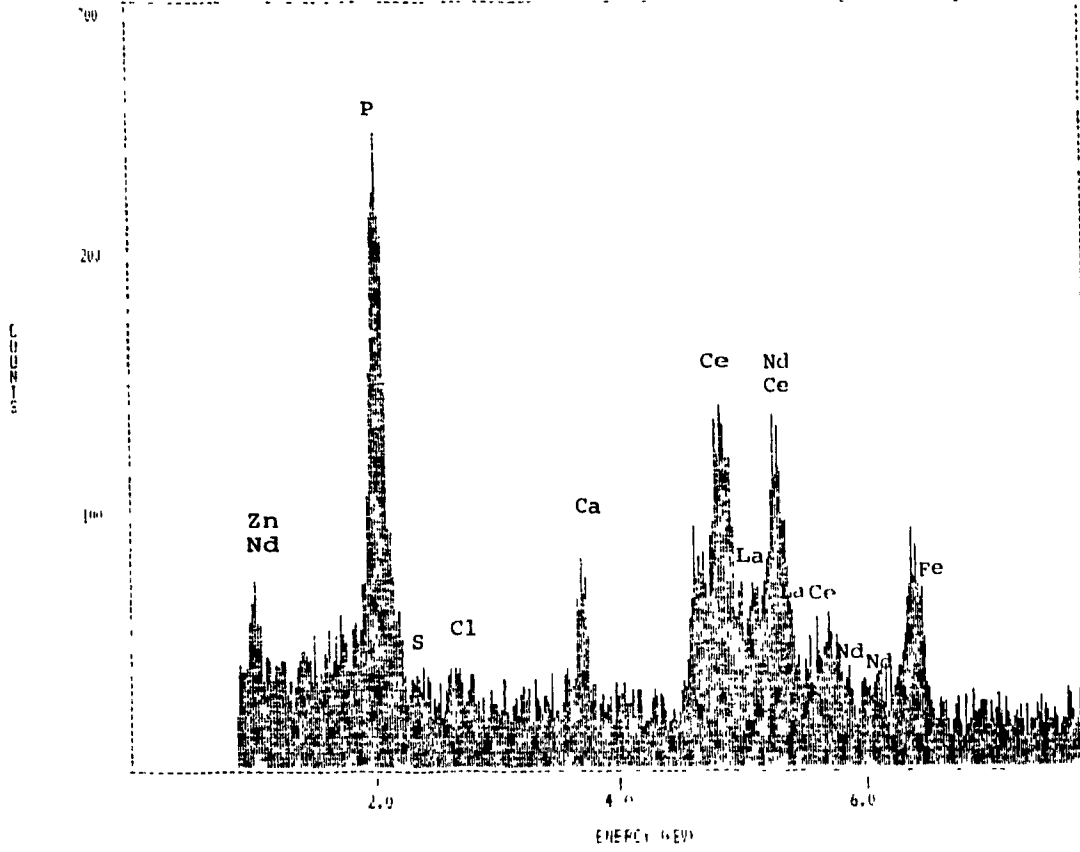


Figure E-9  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAX) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-79-300)

SPECTRUM LABEL  
MGH-79-406

SPECTRUM FILE NAME  
107

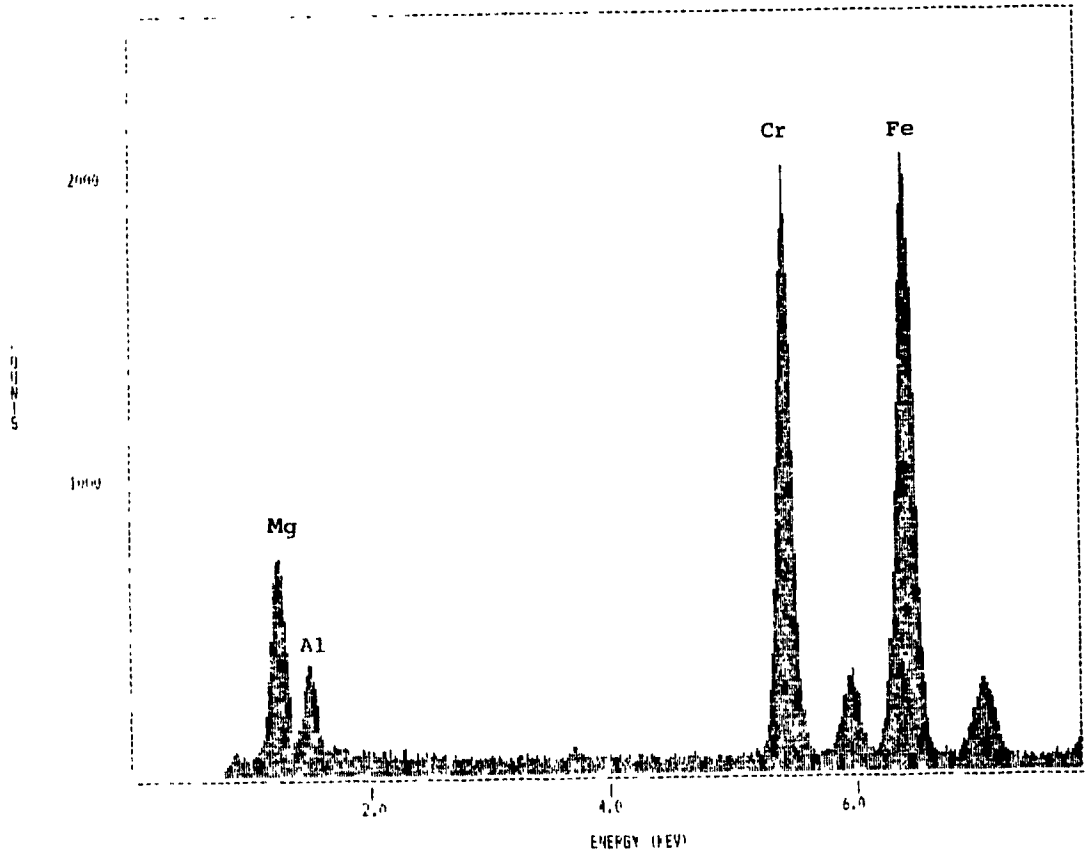


Figure E-10  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-79-406)

SPECTRUM LABEL  
MGH-80-295

SPECTRUM FILE NAME  
20

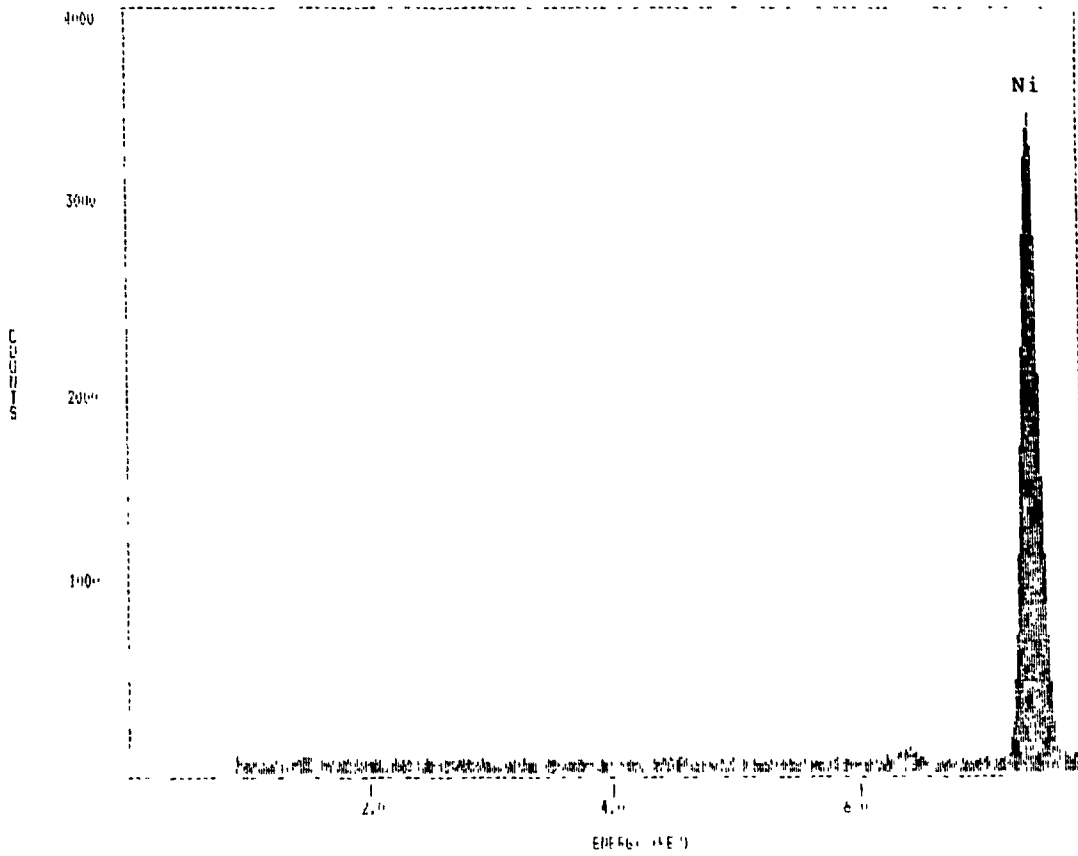


Figure E-11  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-80-295)

SPECTRUM LABEL  
MGH 82-264

SPECTRUM FILE NAME  
MGH 125

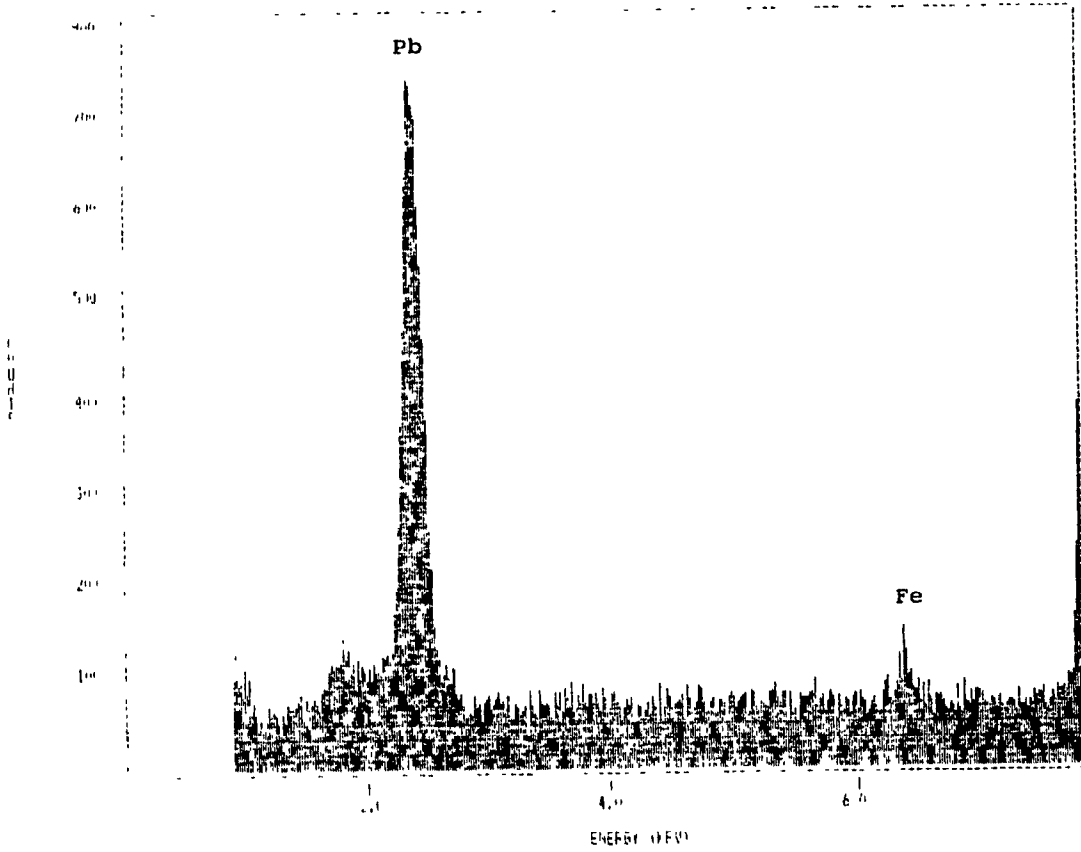


Figure E-12  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-82-264)

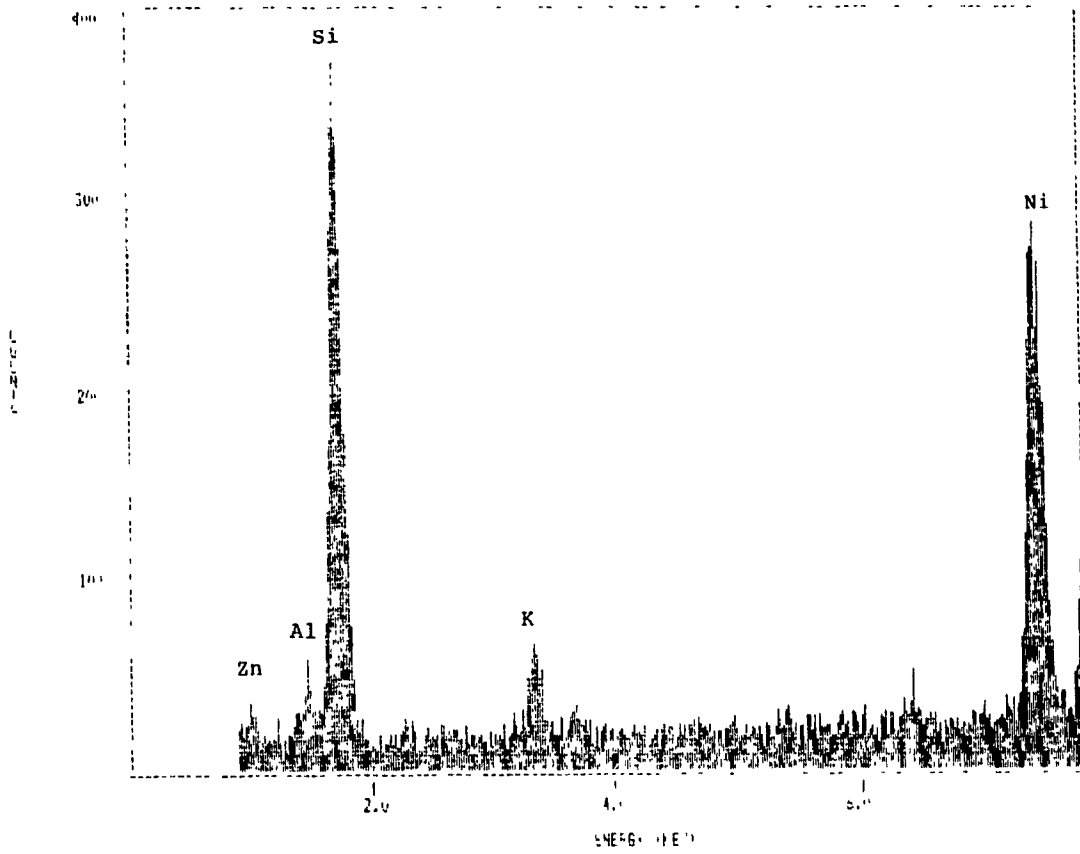


Figure R-13  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-82-308)

SPECTRUM LABEL

MGH-84-72

SPECTRUM FILE NAME

196

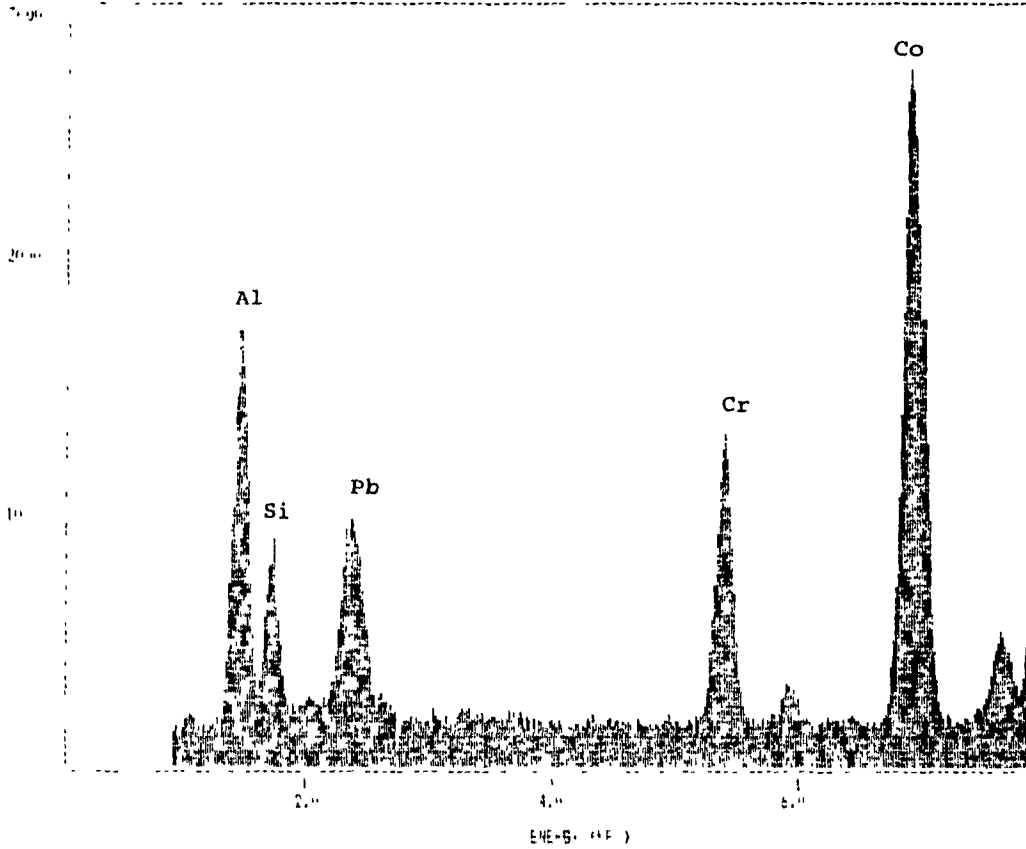


Figure E-14-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-84-72)



SPECTRUM LABEL  
MGH 84 72

SPECTRUM FILE NAME  
10

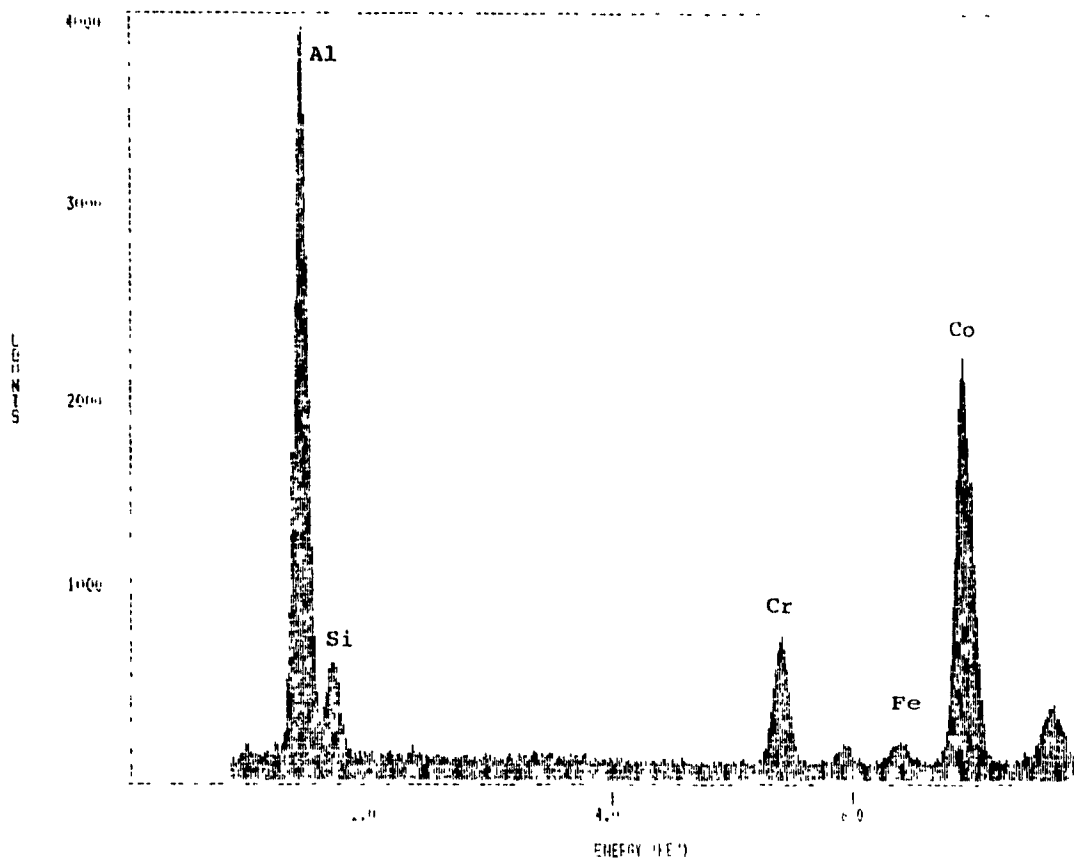


Figure E-14-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-84-72)

SPECTRUM LABEL  
SUBJ MGH-85-47

SPECTRUM FILE NAME  
172

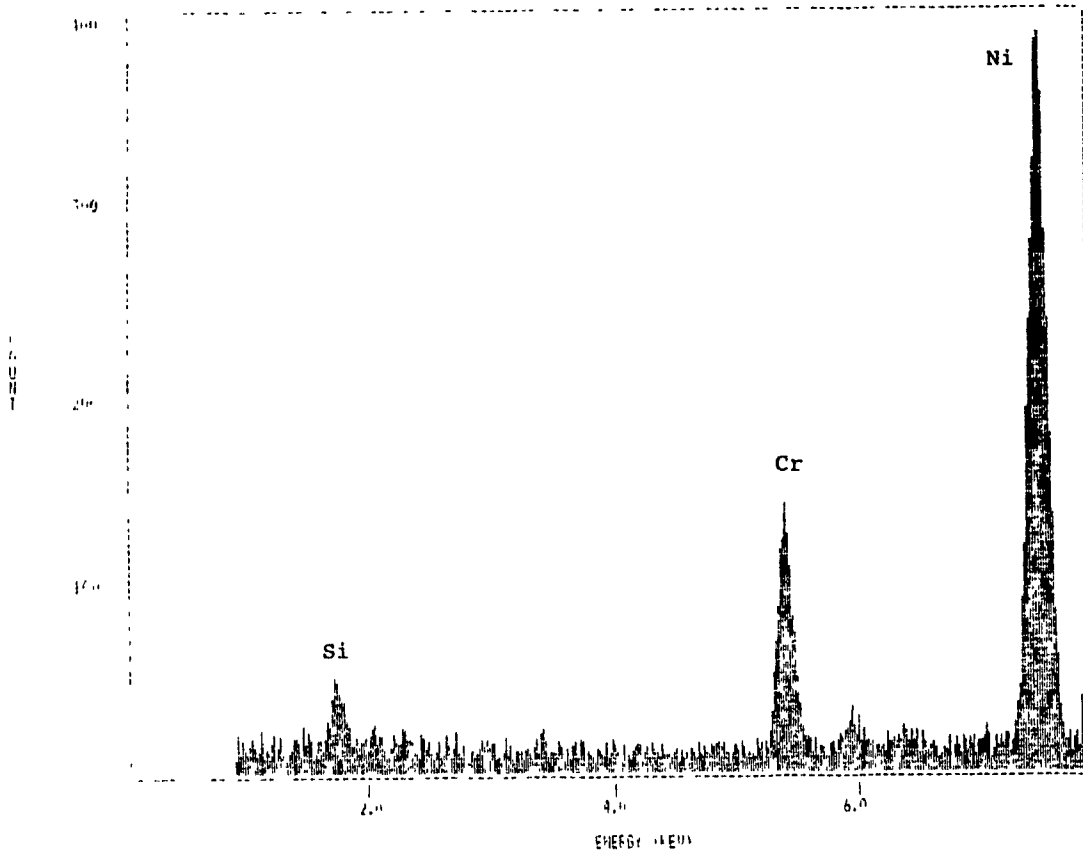


Figure E-15-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-85-47)

SPECTRUM LABEL

MGH-85-47

SPECTRUM FILE NAME

16.

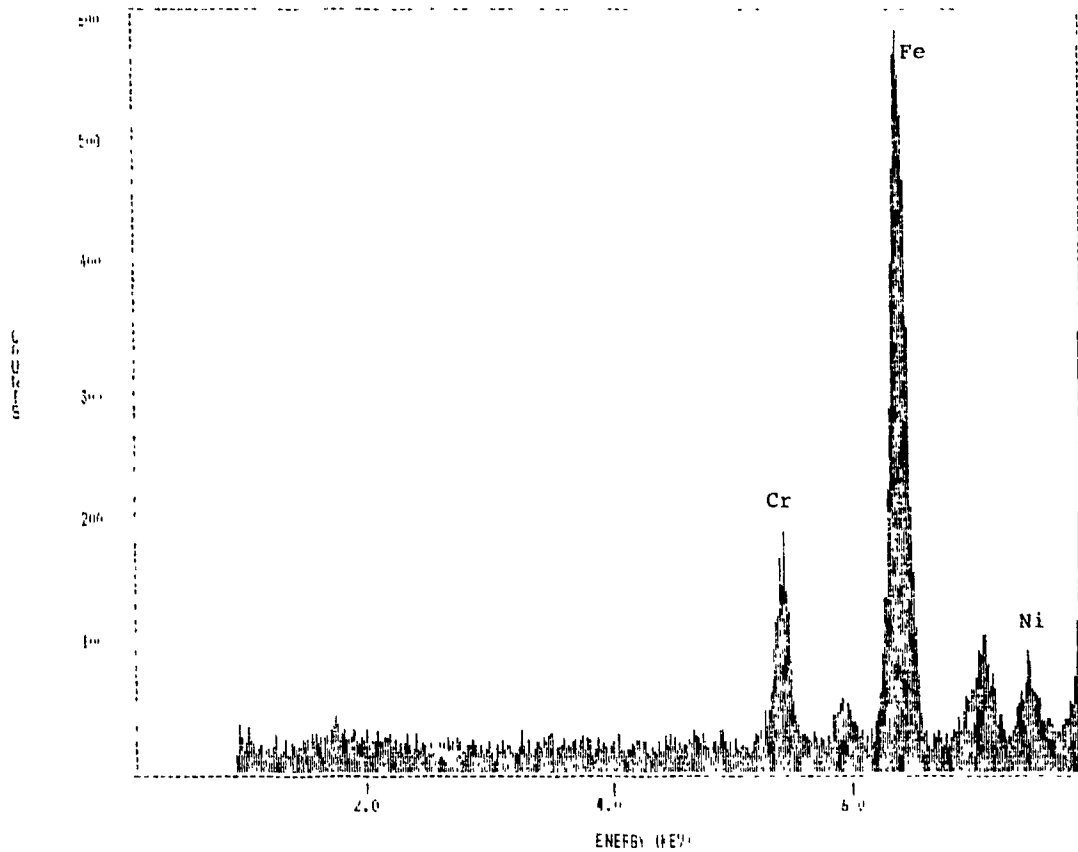


Figure E-15-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-85-47)

SPECTRUM LABEL

RVH-30639

SPECTRUM FILE NAME

27

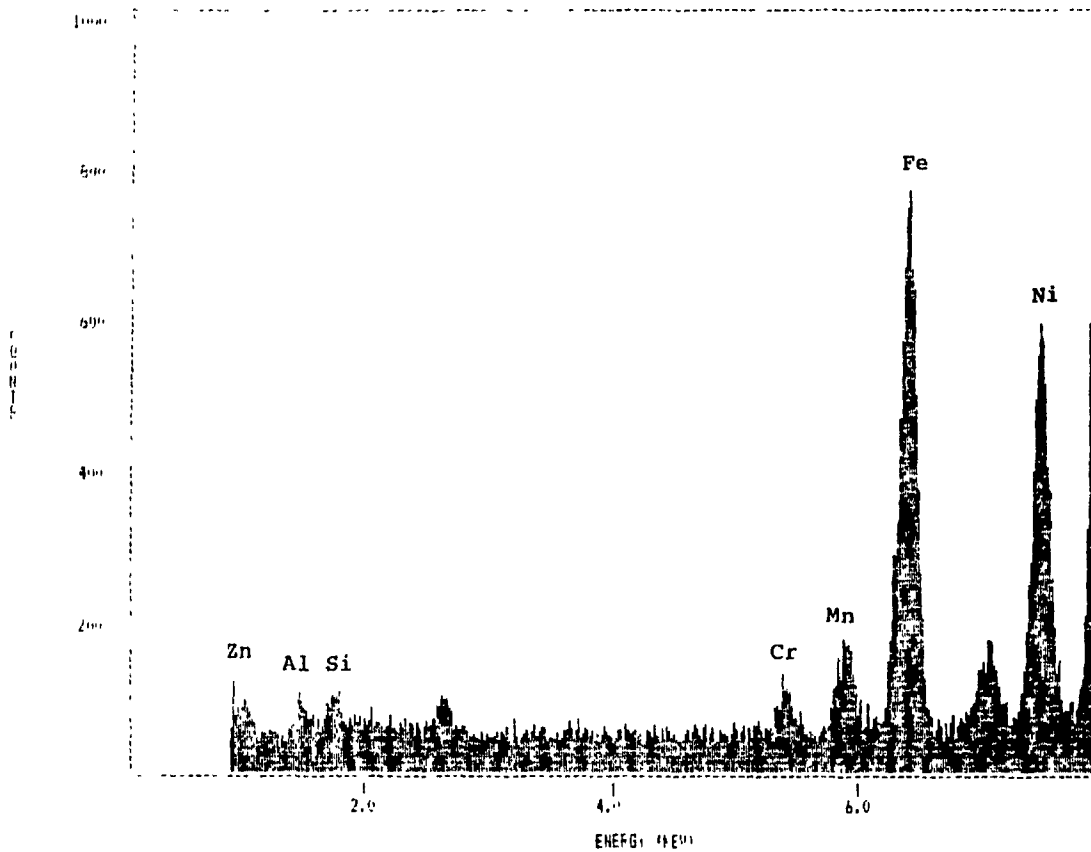


Figure E-16-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30639)

SPECTRUM LABEL

RVH-30639

SPECTRUM FILE NAME

168

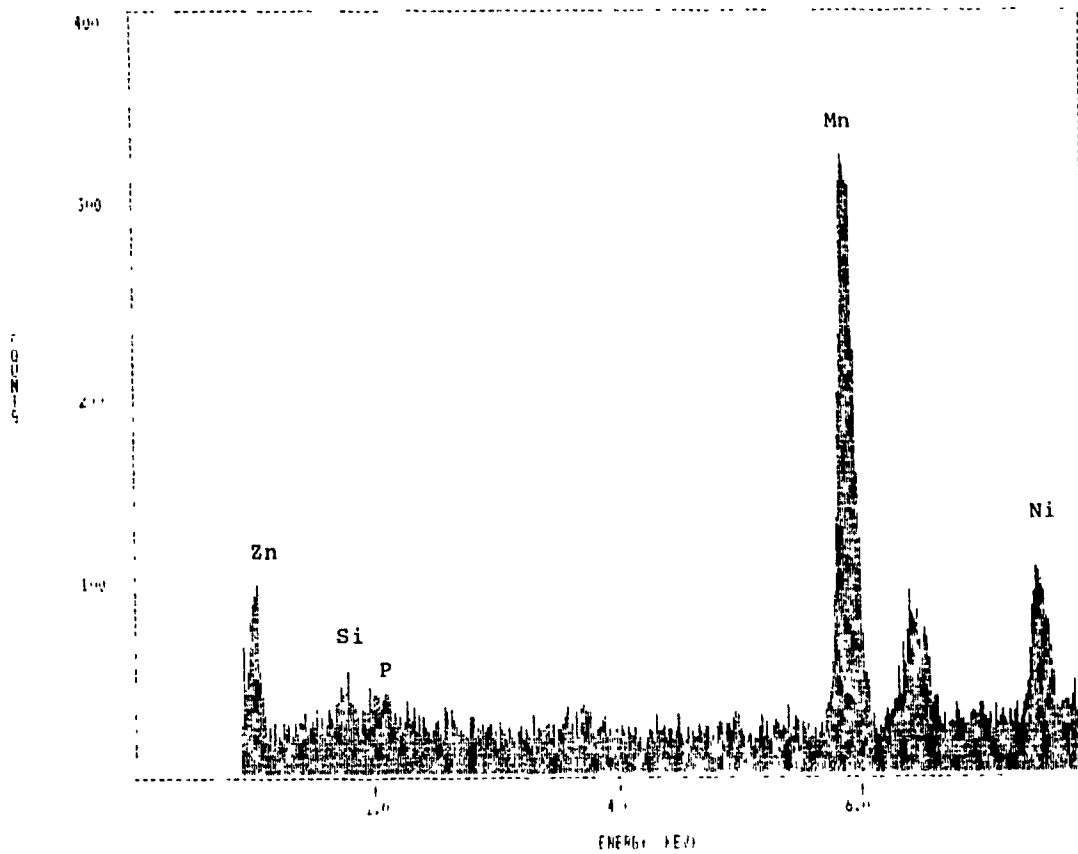


Figure E-16-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAX) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30639)

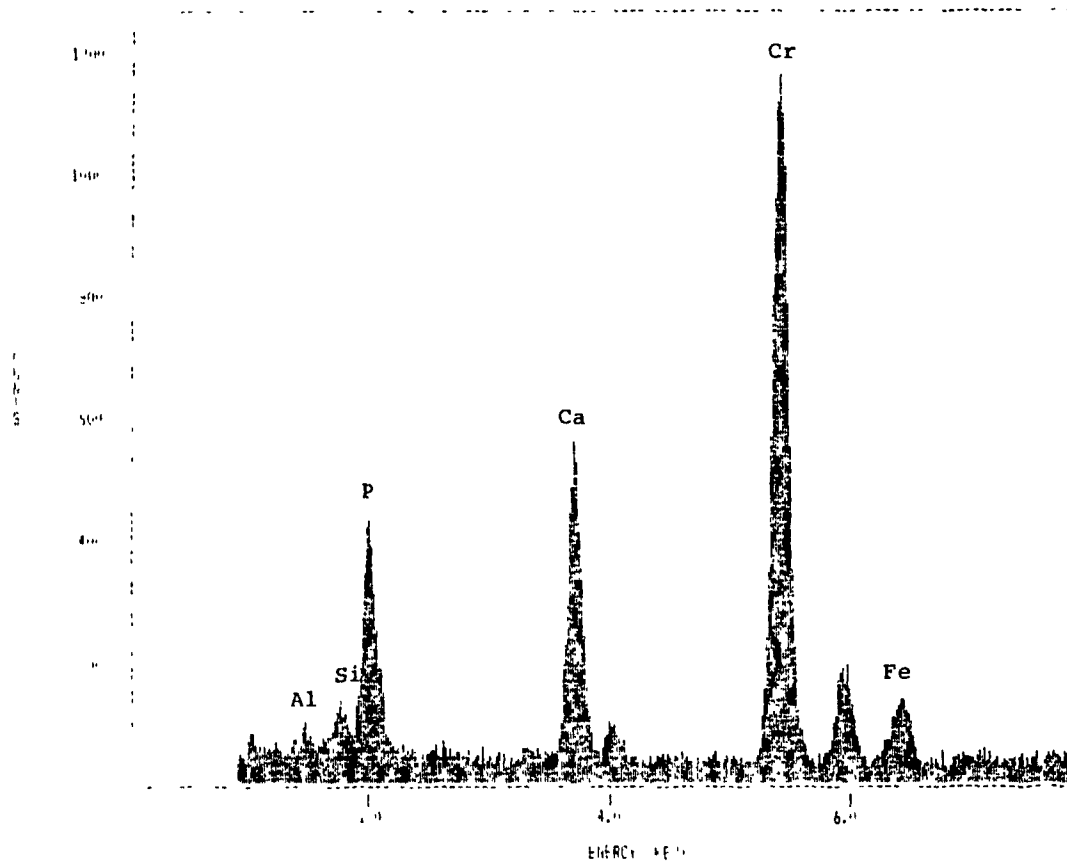


Figure R-17  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30909)

SPECTRUM LABEL  
RVH-31471

SPECTRUM FILE NAME  
13

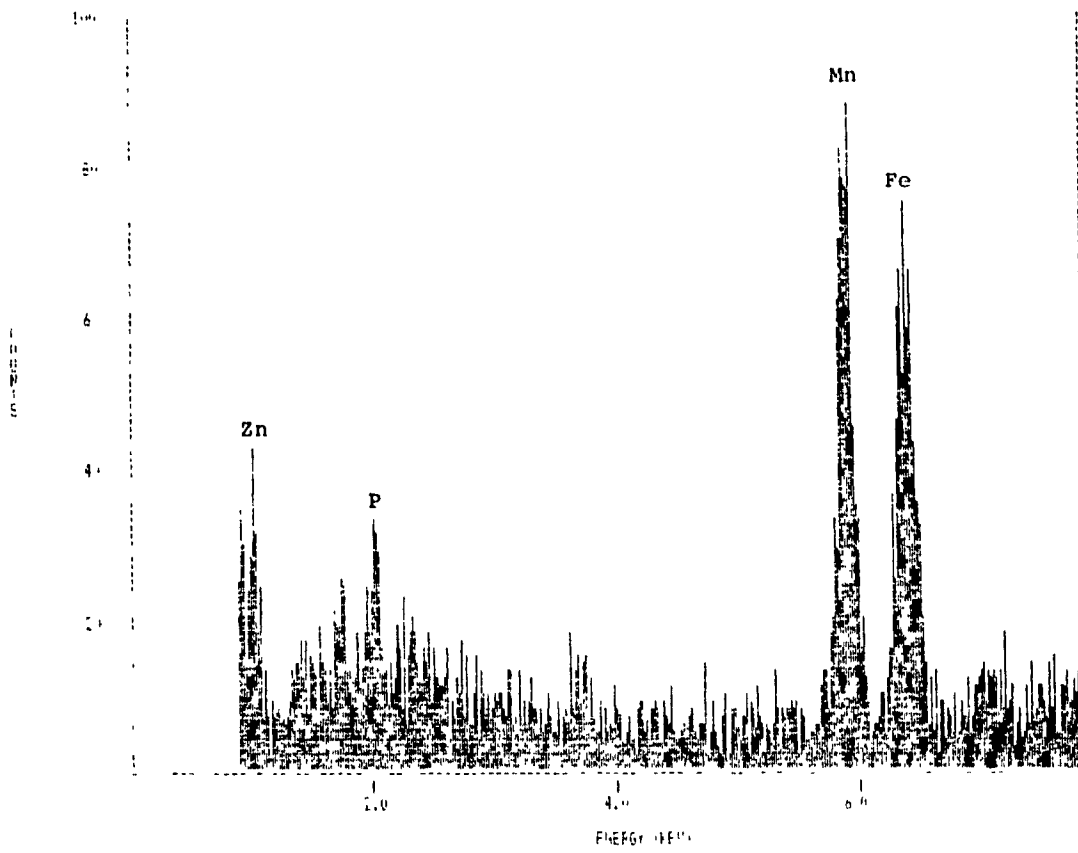


Figure E-18  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-31471)

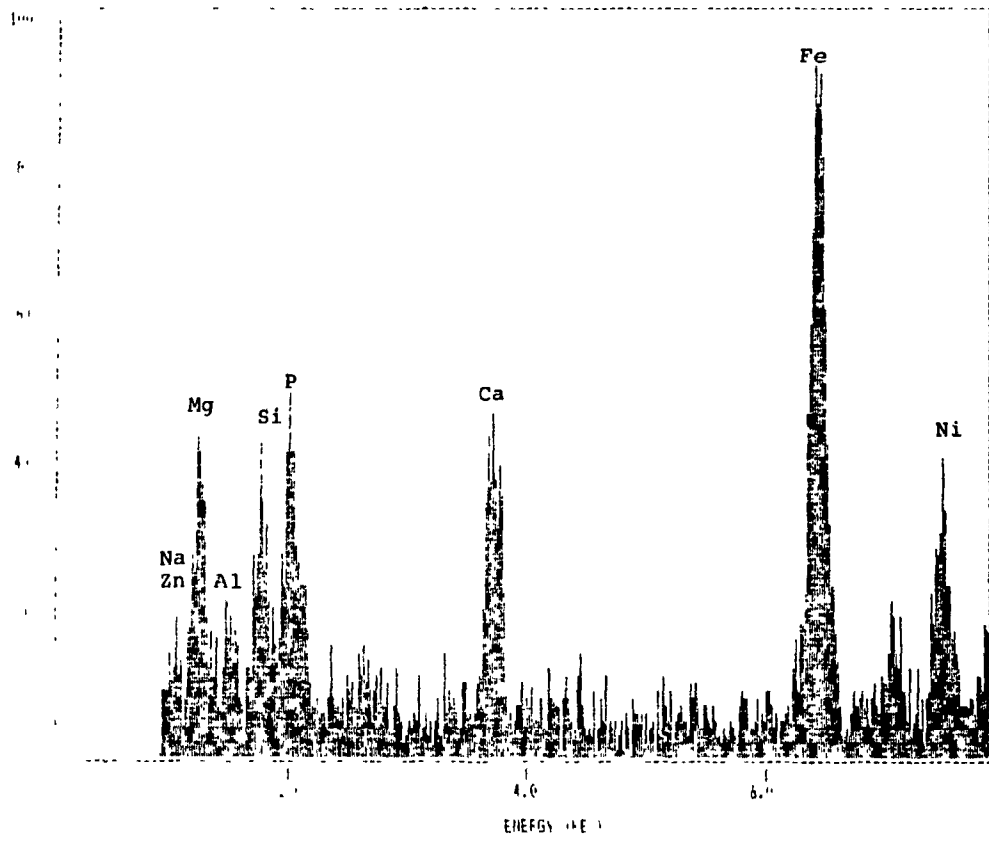


Figure E-19  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-31839)



SPECTRUM LABEL  
RVH 31940

SPECTRUM FILE NAME  
9A

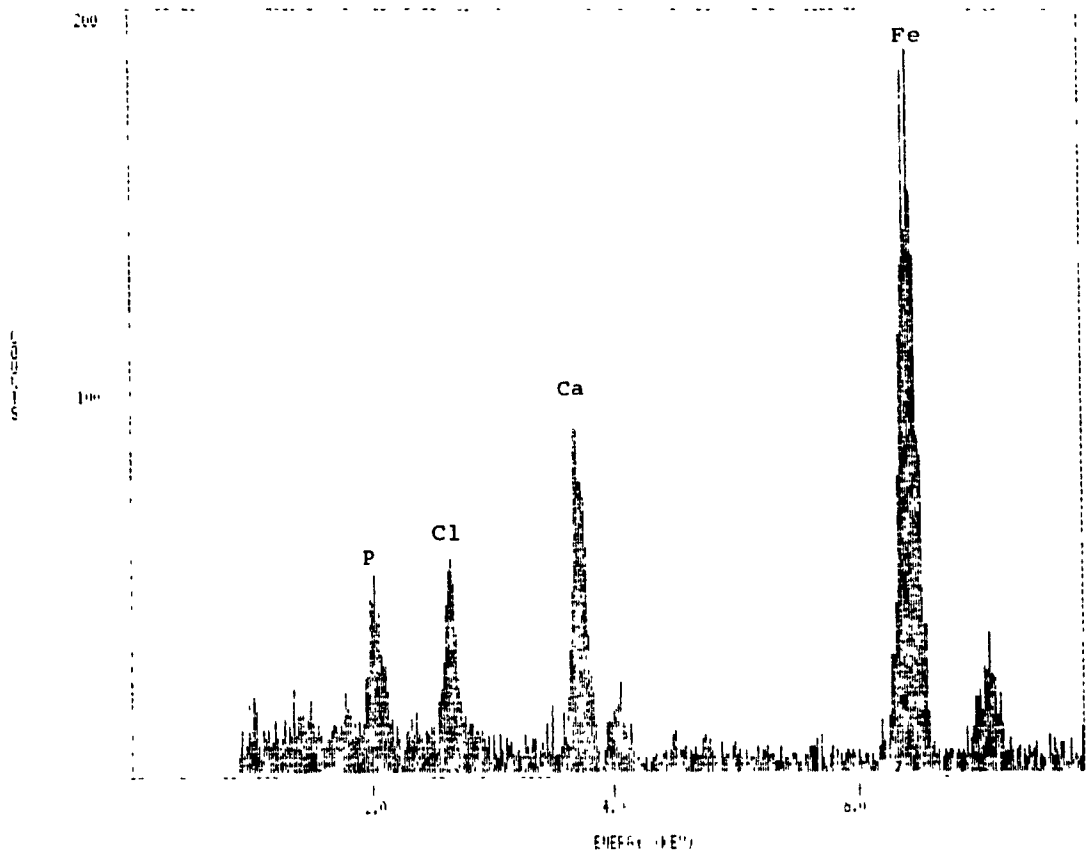


Figure E-20-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-31940)

SPECTRUM LABEL  
9991 RVH-3194

SPECTRUM FILE NAME  
9992 24

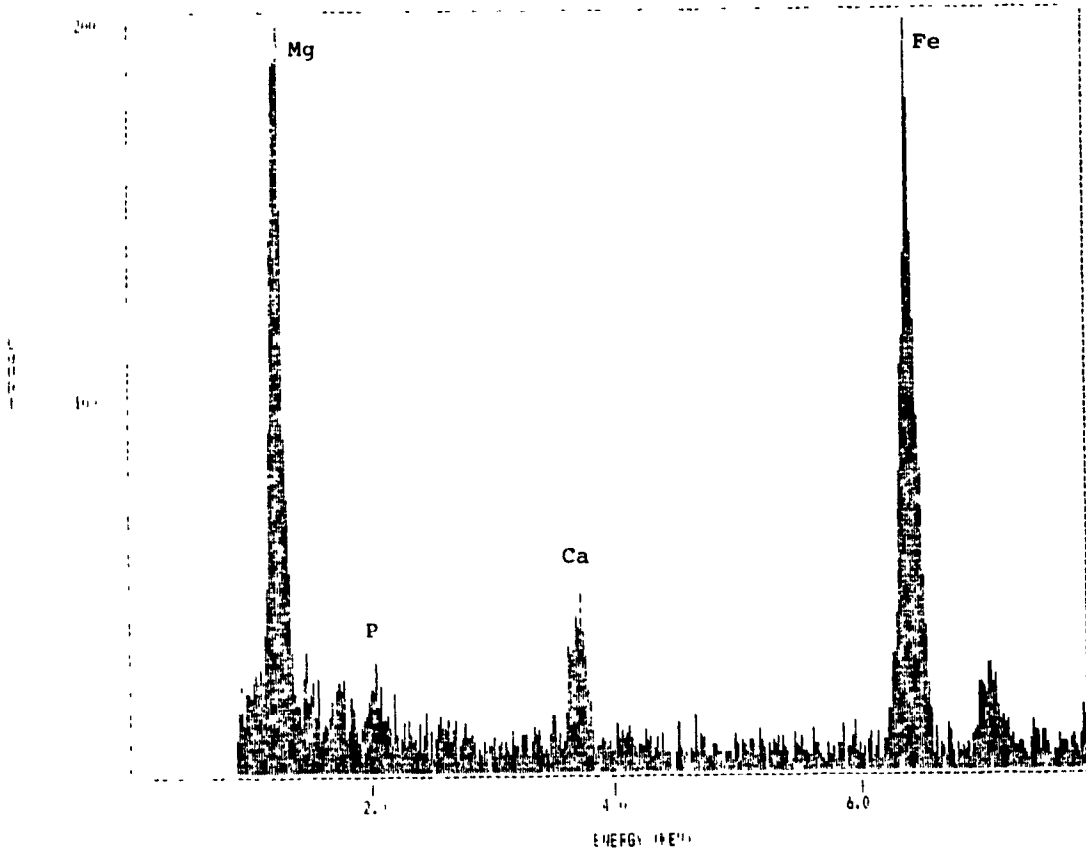


Figure E-20-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-3194)

SPECTRUM LABEL  
RVH-79-6979

SPECTRUM FILE NAME  
145

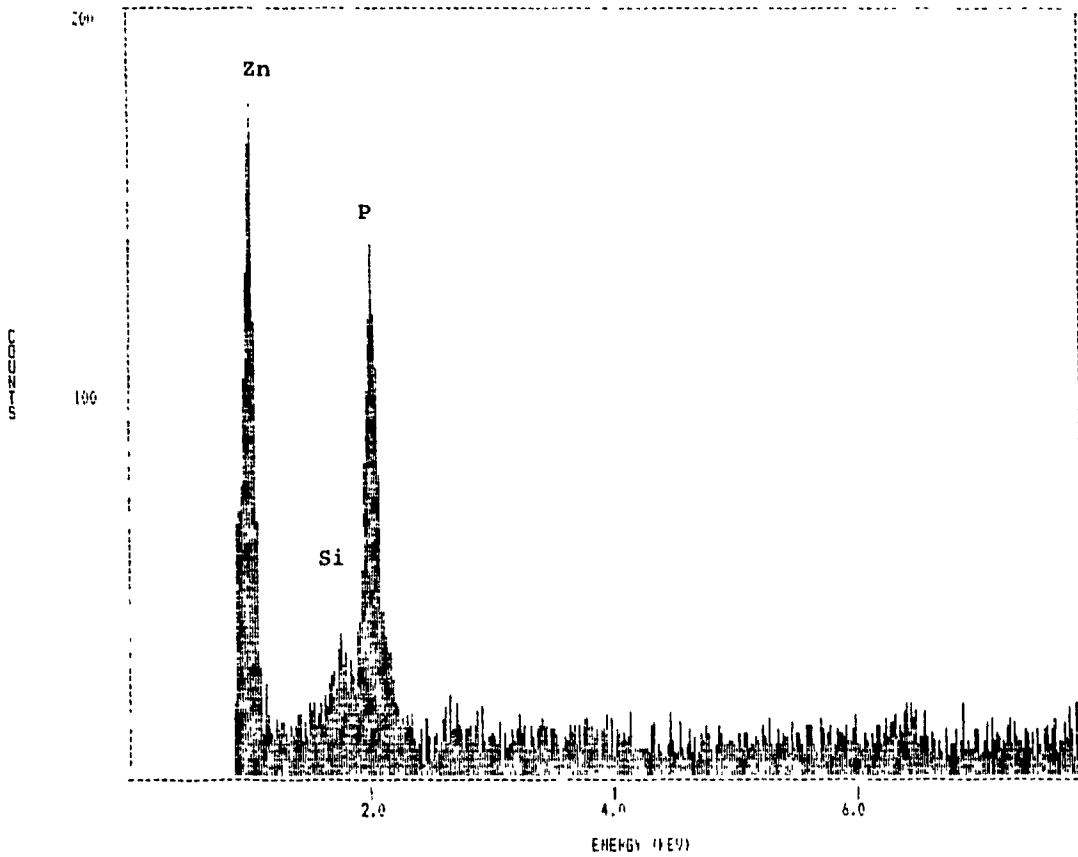


Figure E-21-A  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-79-6979)

SPECTRUM LABEL  
RVH-79-6979

SPECTRUM FILE NAME  
149

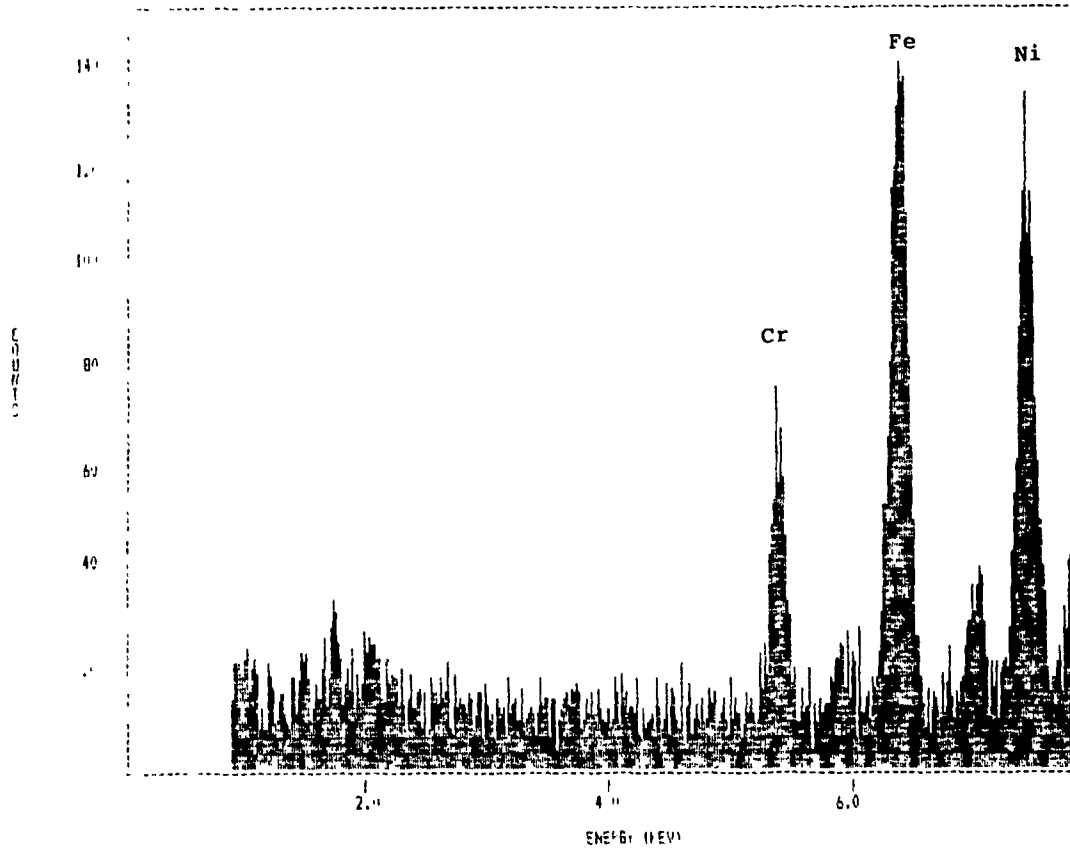


Figure E-21-B  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-79-6979)

SPECTRUM LABEL  
RVH-79-7991

SPECTRUM FILE NAME  
RVH 5A

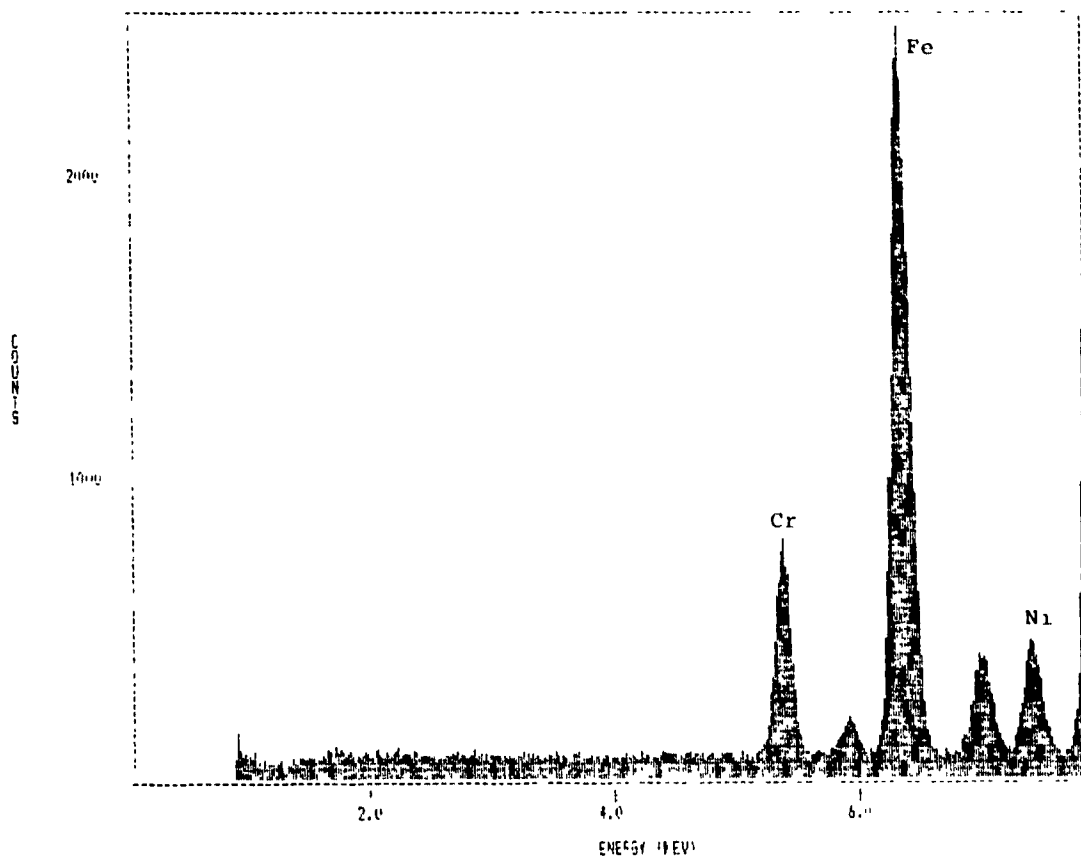


Figure E-22  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-79-7991)

SPECTRUM LABEL

RVH-86-37

SPECTRUM FILE NAME

132

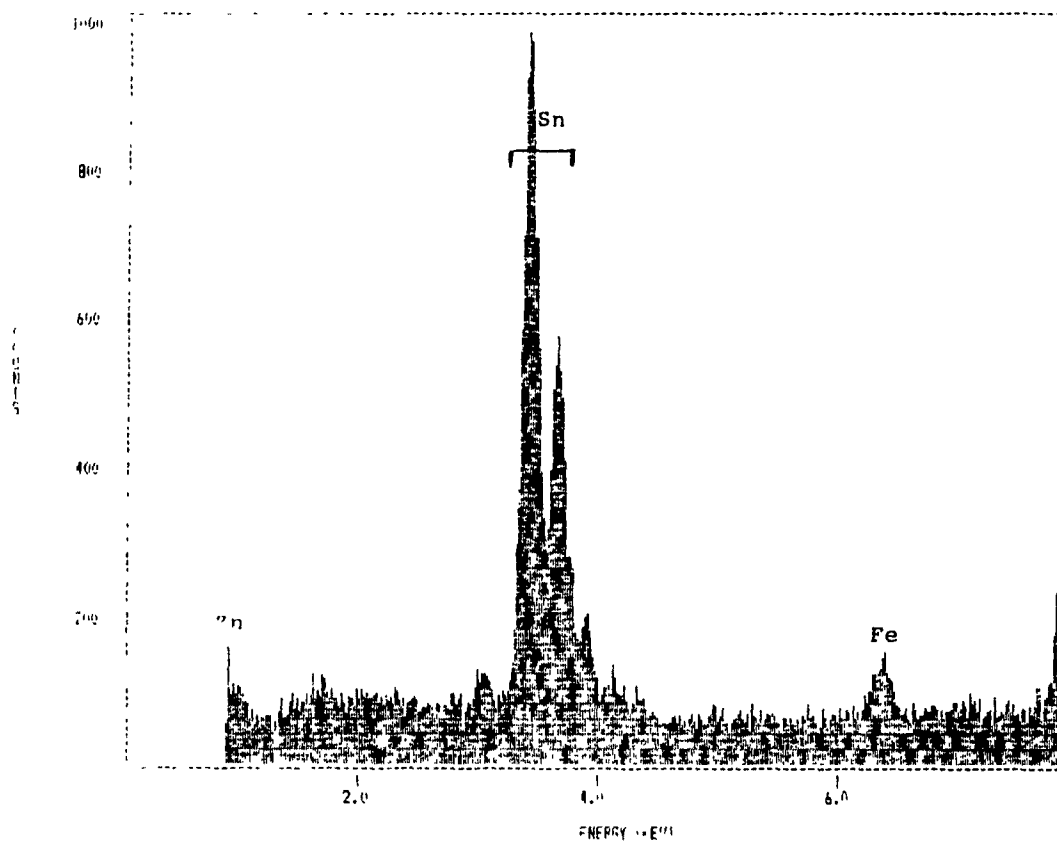


Figure E-23  
Spectre dispersif en énergies de rayons-X (EDAXR) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-86-37)

SPECTRES DE MASSE PAR IMPACT LASER (LAMMA)  
DE PARTICULES EXTRAITES DU PARENCHYME PULMONAIRE

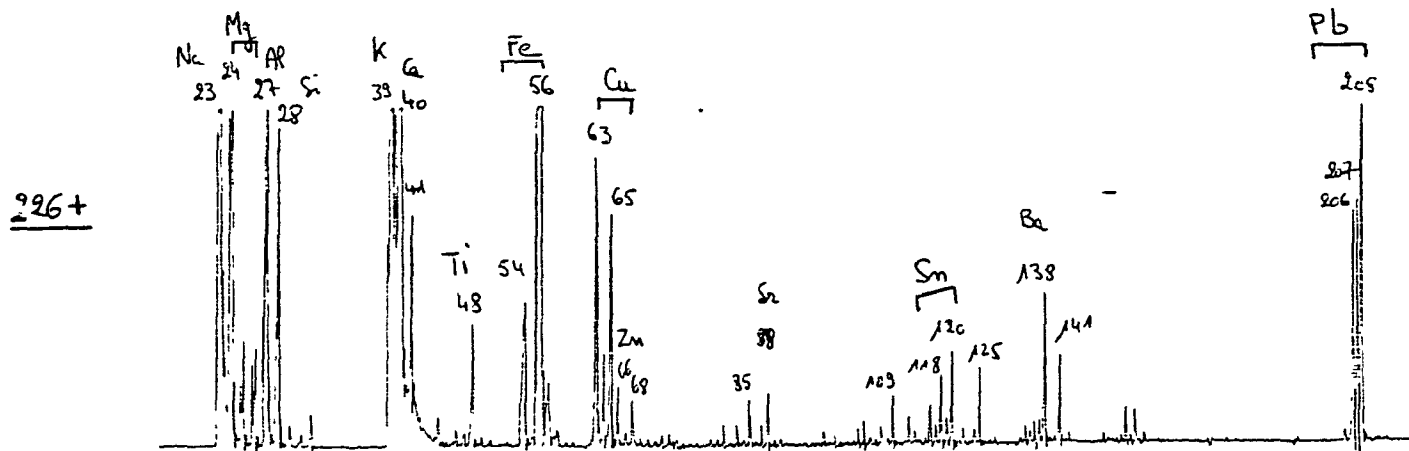


Figure L-1  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet CHT-80-28)



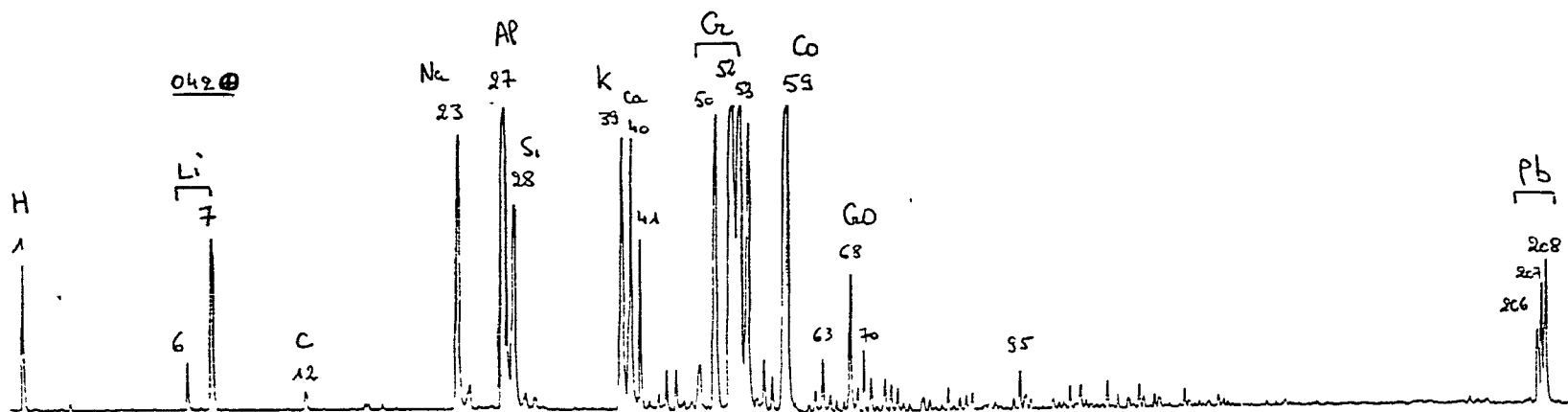
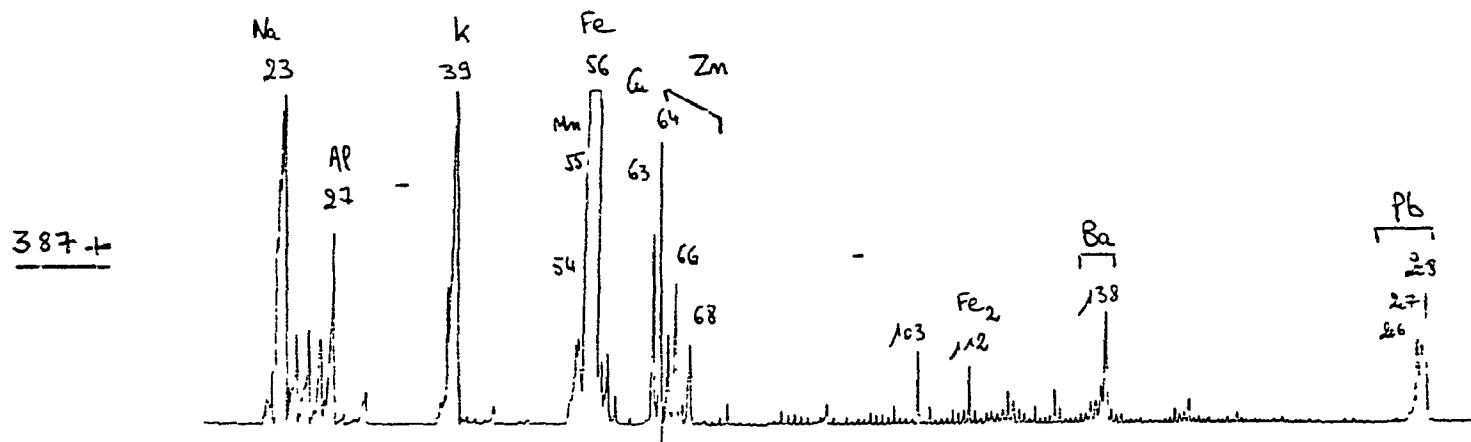


Figure I-2  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet CHT-80-58)



**Figure L-3**  
**Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de**  
**particules extraites du parenchyme pulmonaire.**  
**(sujet CHT-84-8)**

449+

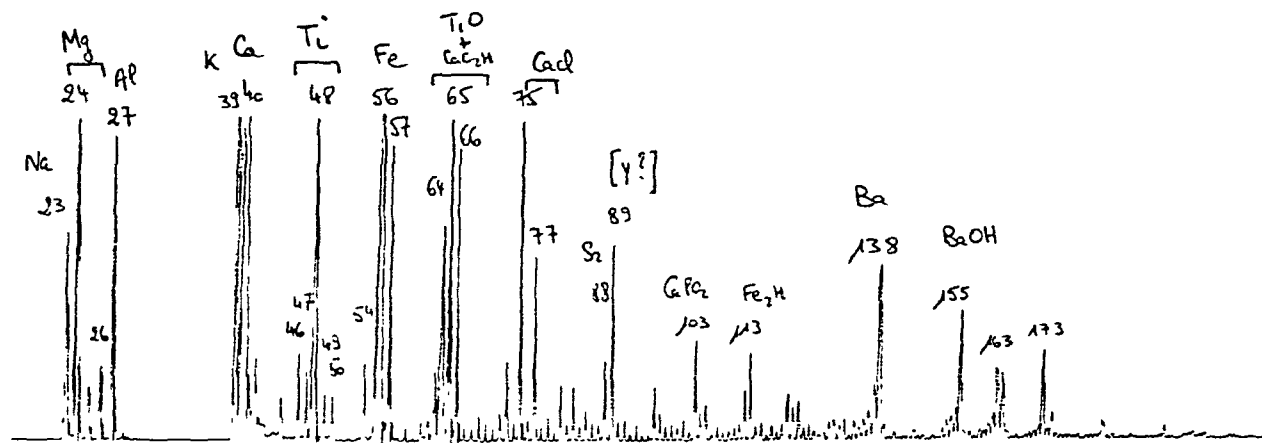


Figure L-4  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet JGH-81-84)

518+

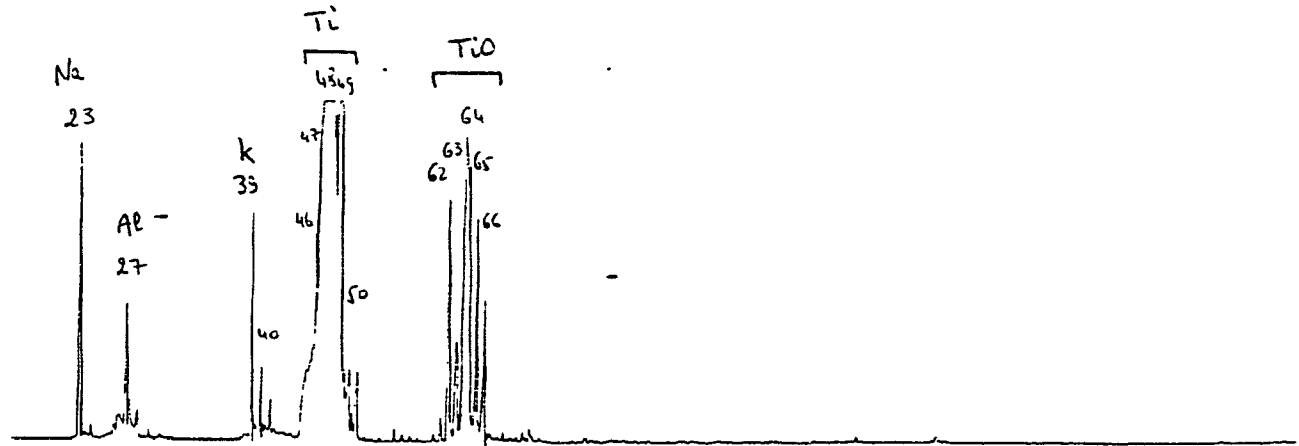


Figure L-5  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-79-207)

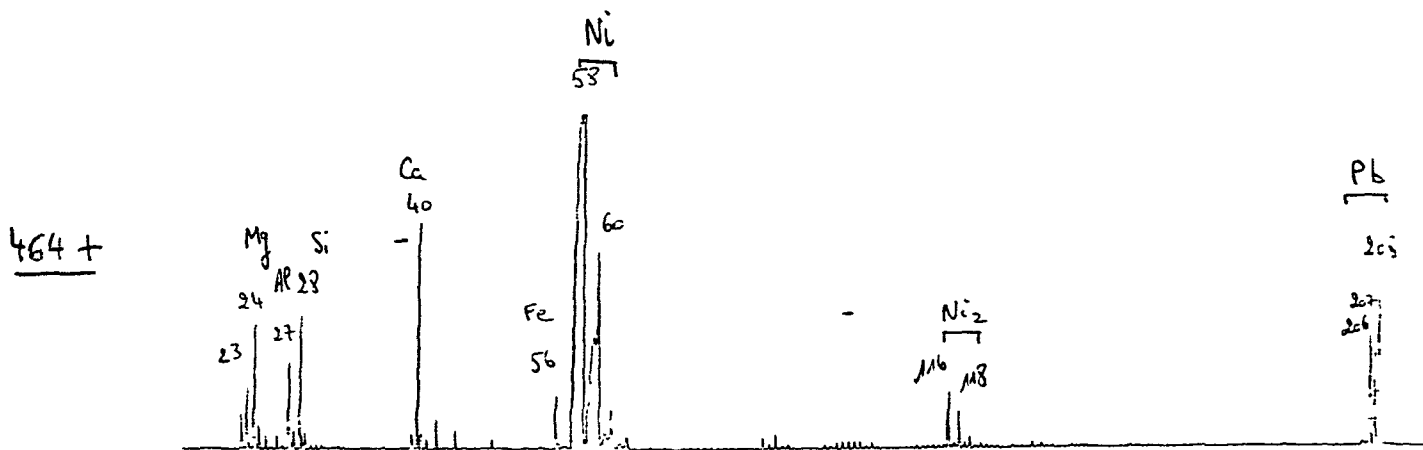


Figure L-6-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet JGH-84-190)

469 -

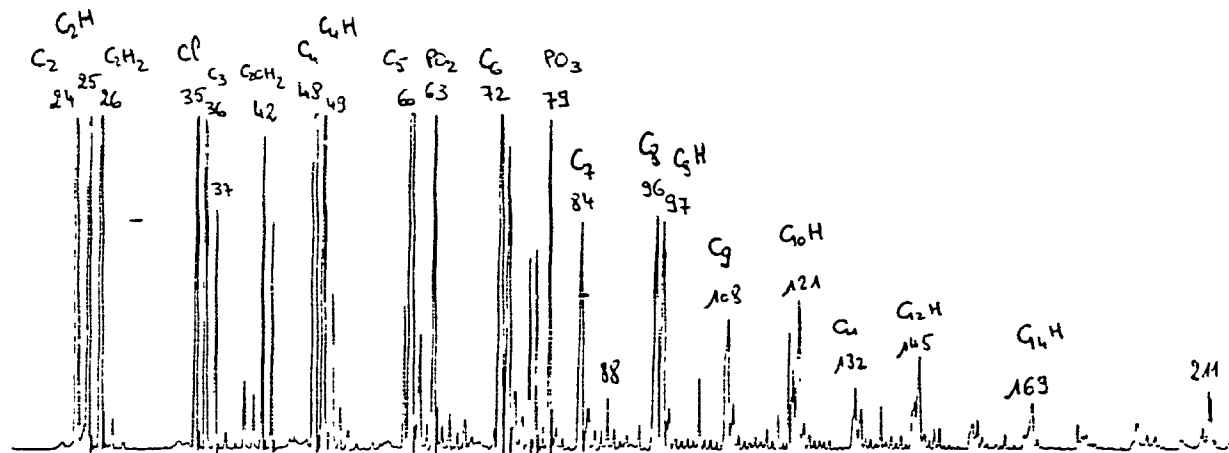


Figure L-6-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet JGH-84-190)

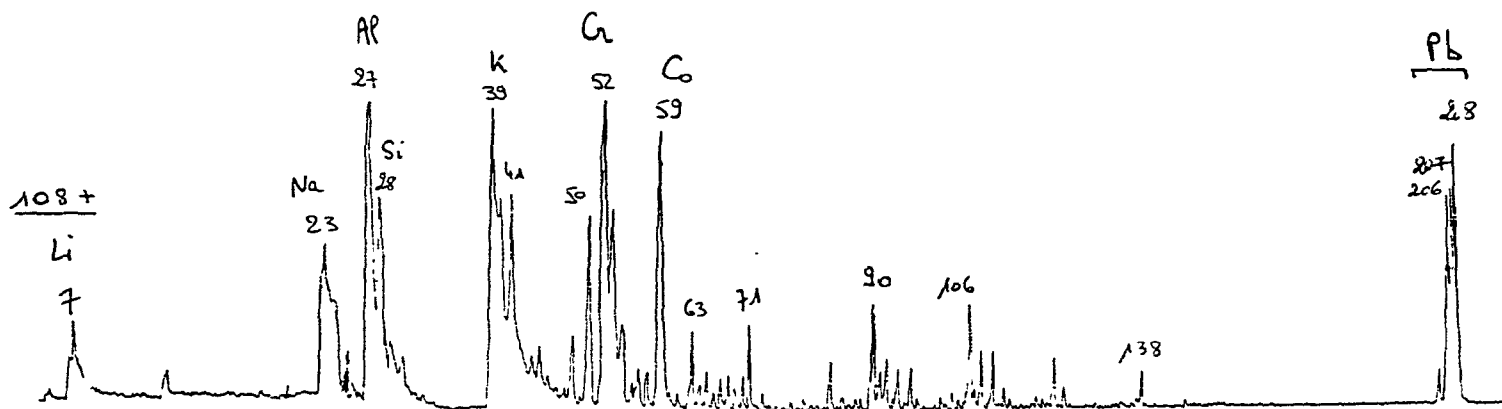


Figure L-7  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-79-272)

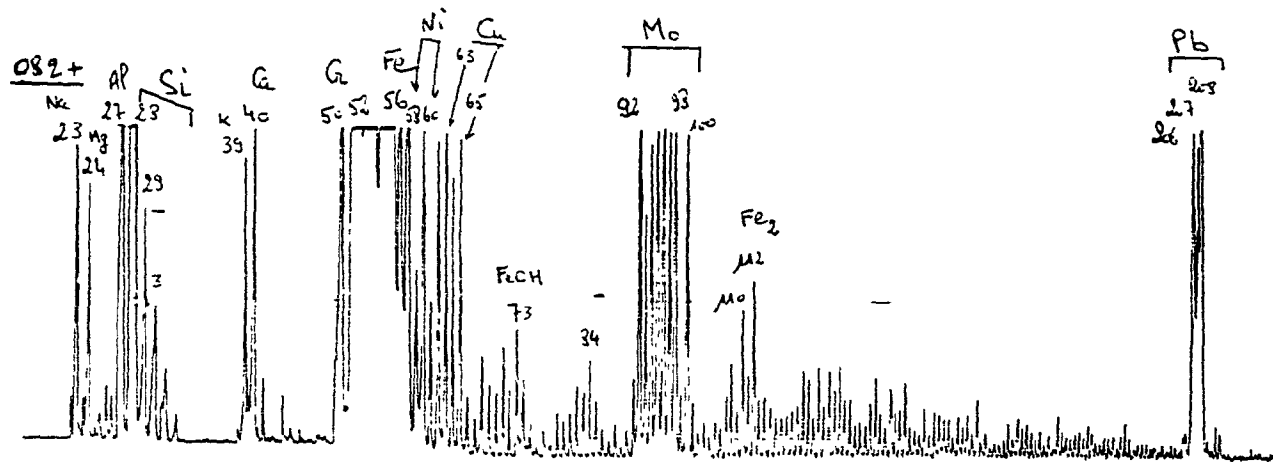


Figure L-8-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-79-275)



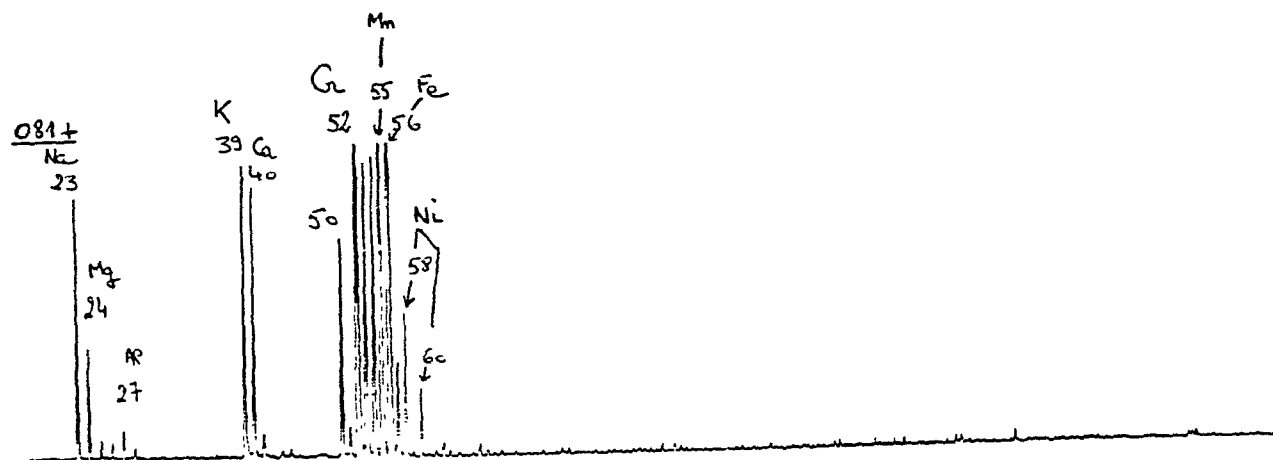


Figure L-8-B  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-79-275)

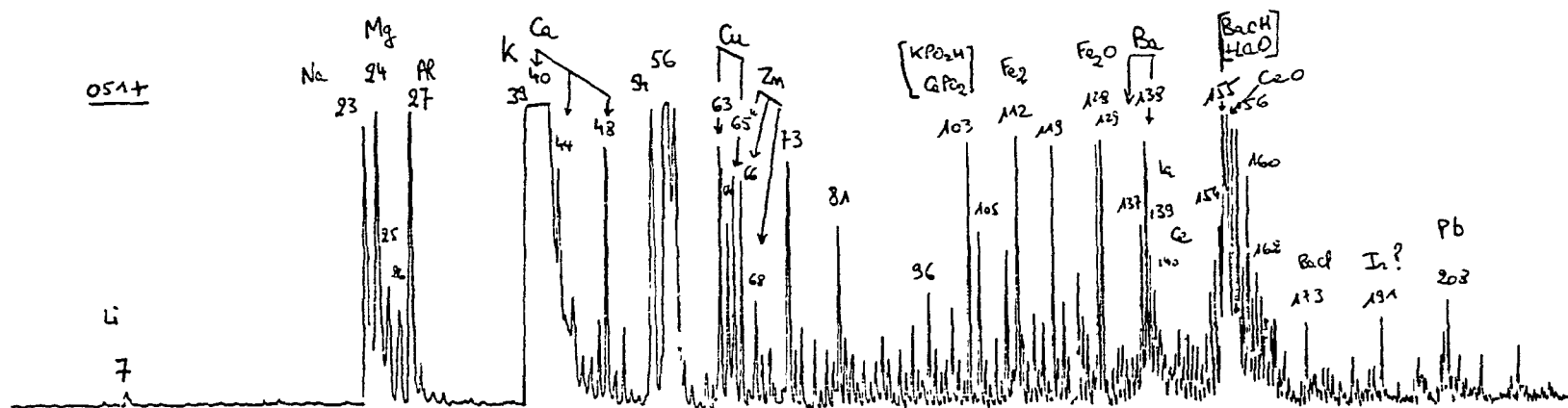


Figure L-9-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-79-300)

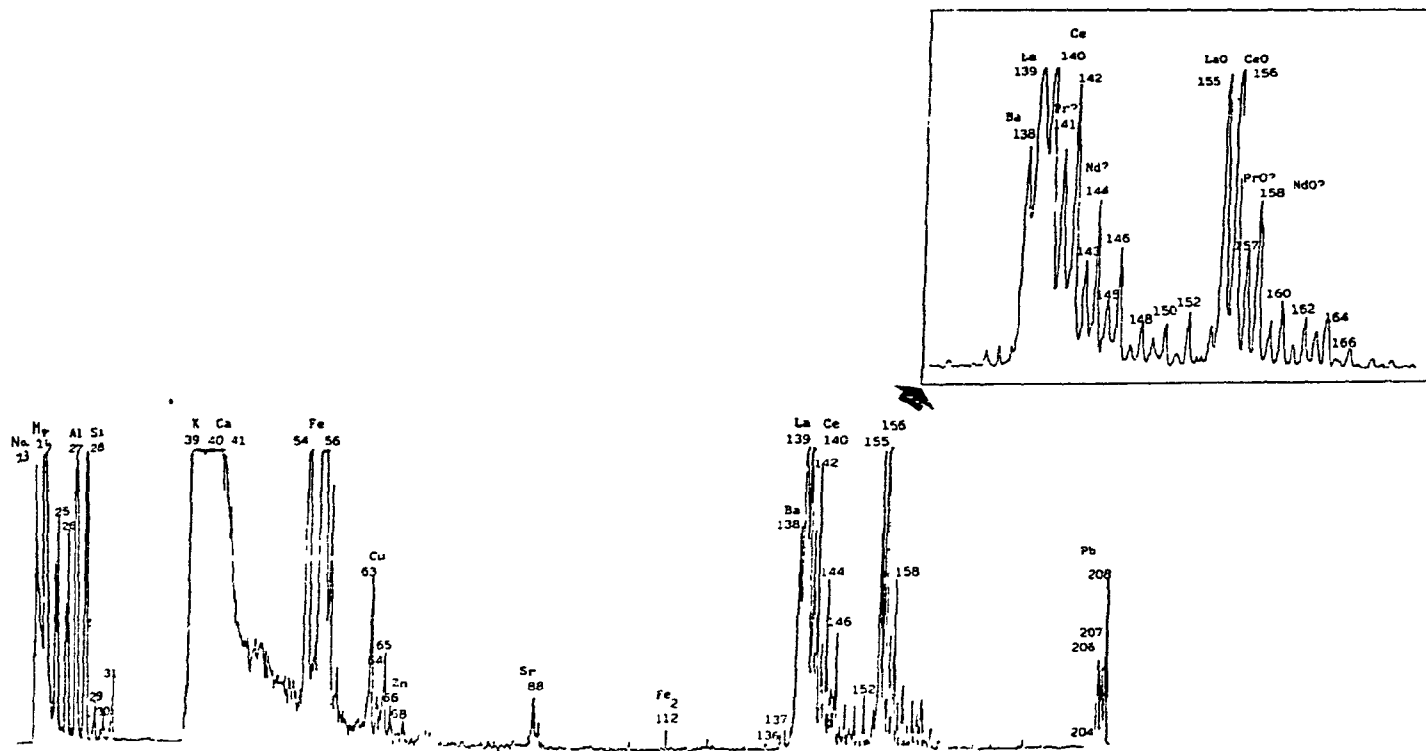


Figure L-9-B  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-79-300)

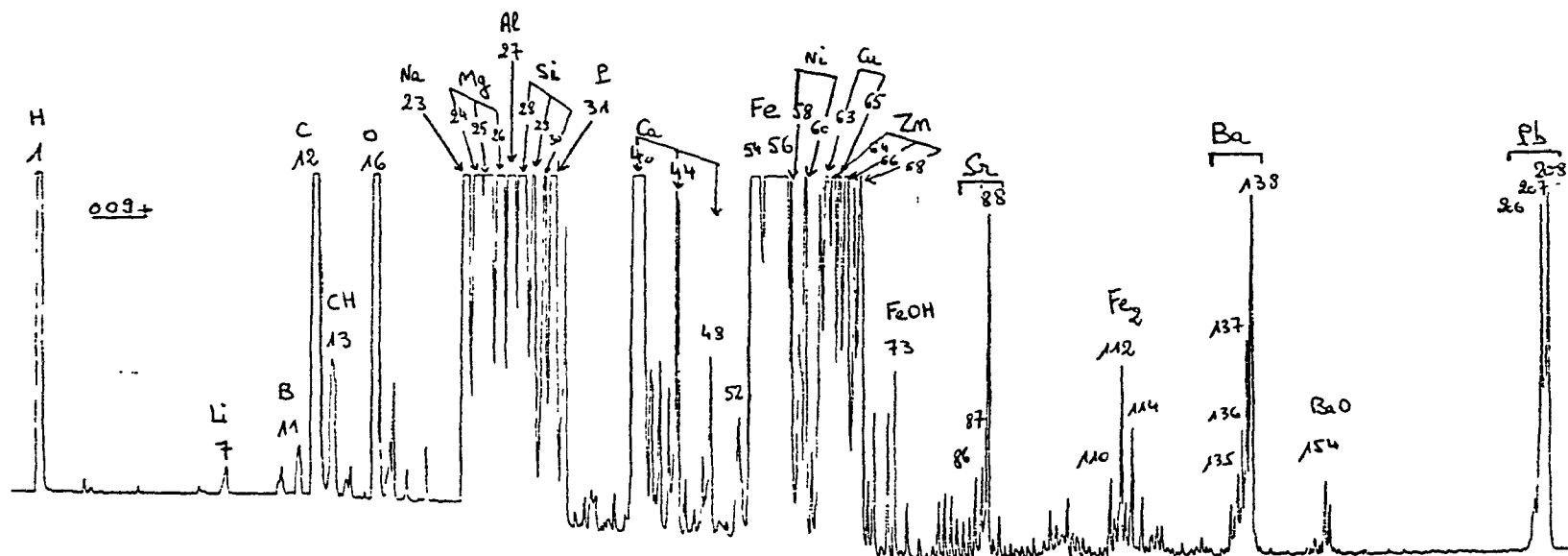


Figure L-10  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-80-295)

34 +

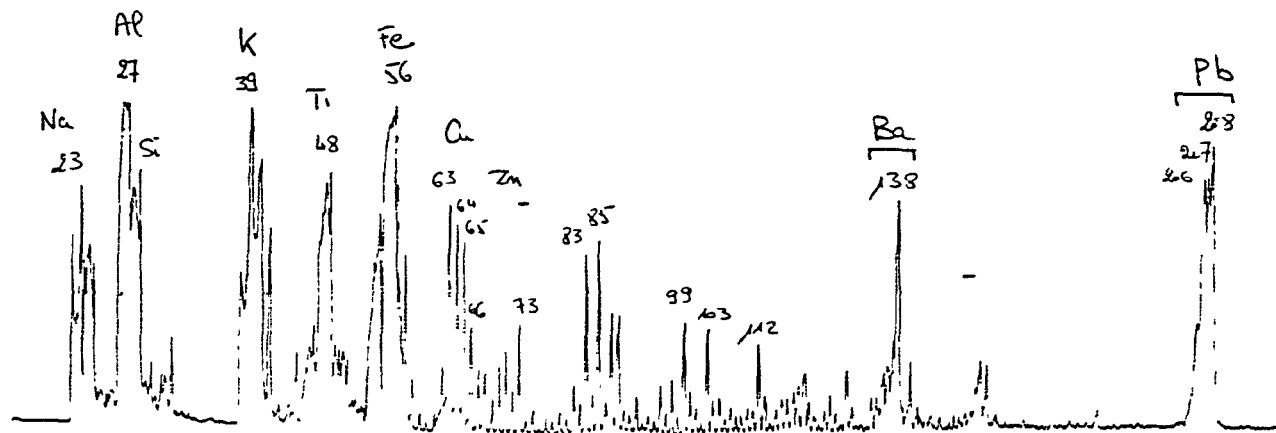


Figure L-11  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-82-264)

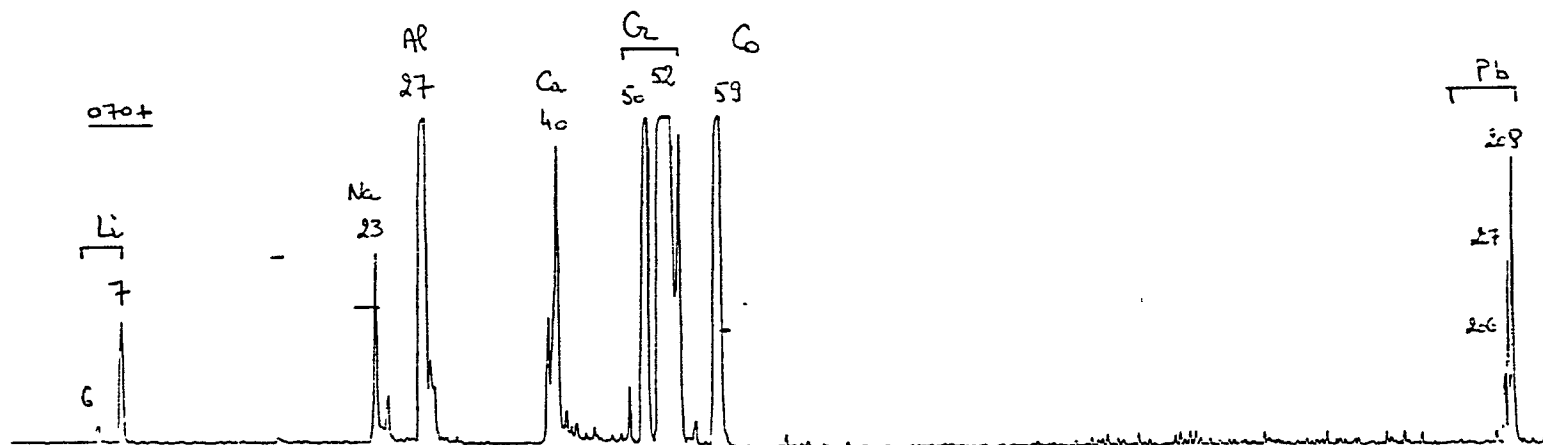


Figure L-12-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet MGH-84-72)

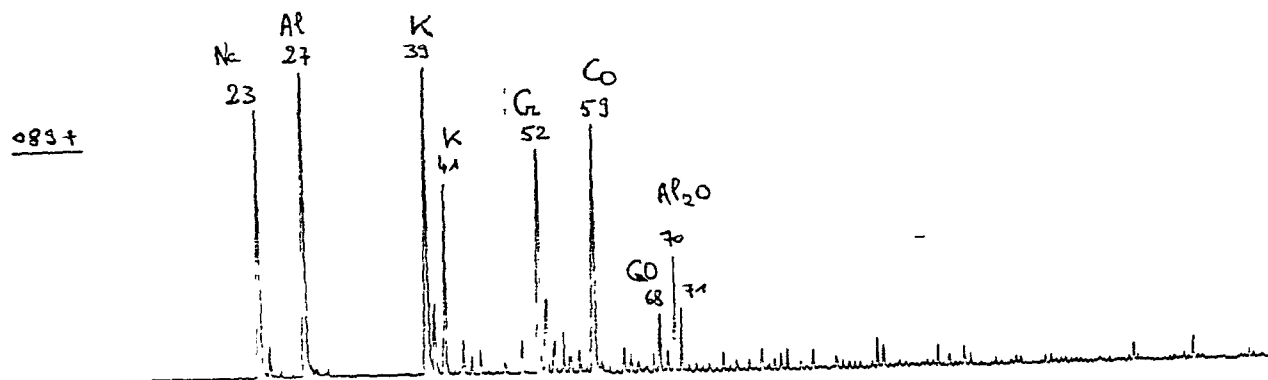


Figure L-12-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet MGH-84-72)

503+

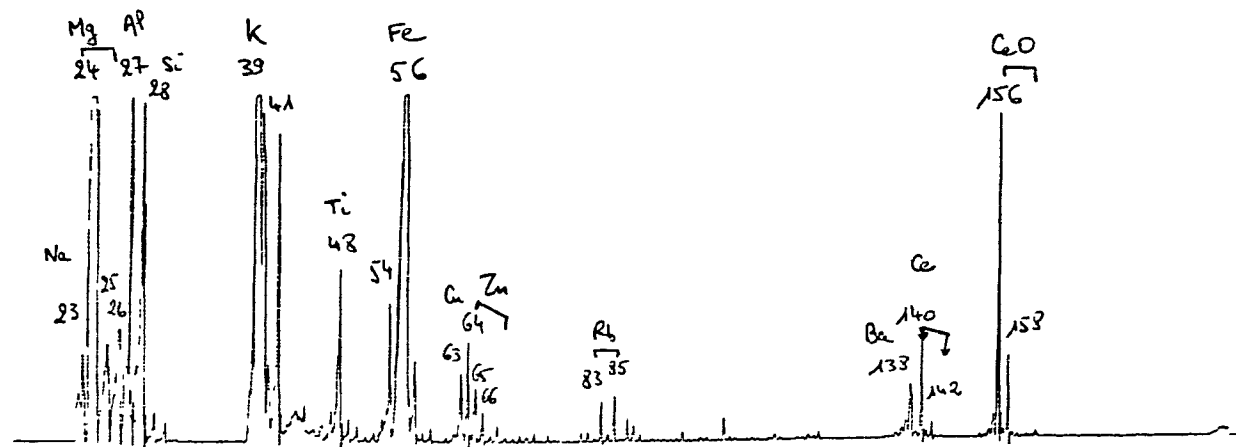
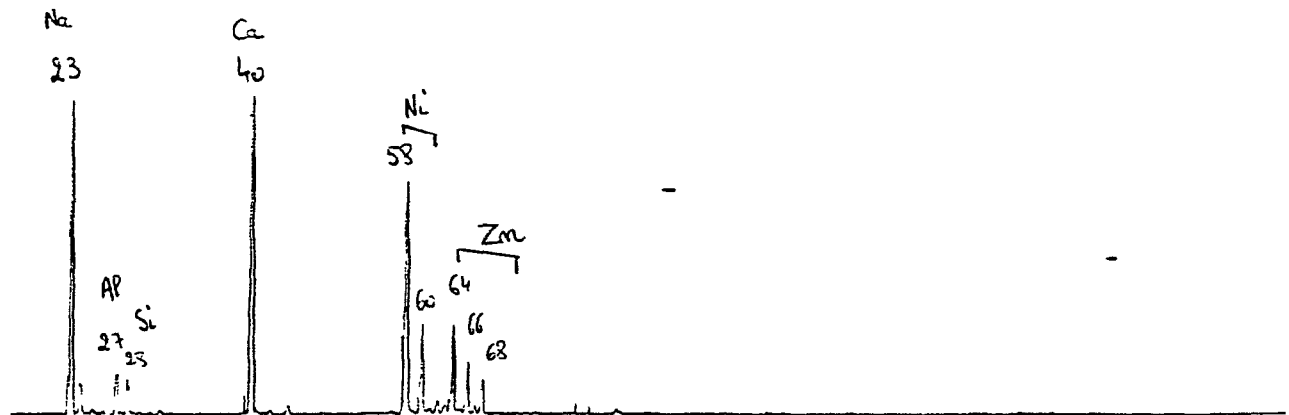


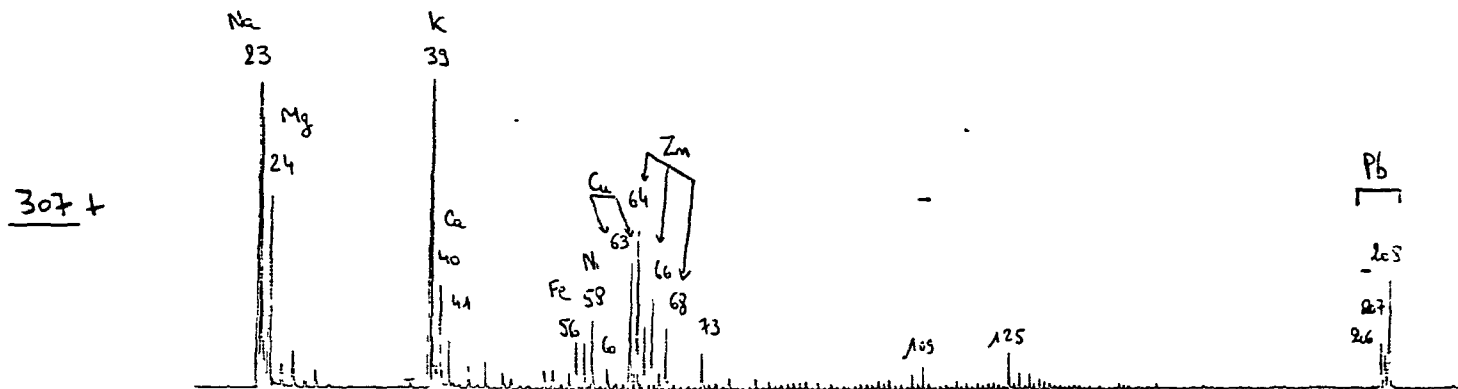
Figure L-13  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30343)



359+



**Figure L-14**  
**Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de**  
**particules extraites du parenchyme pulmonaire.**  
**(sujet RVH-30458)**



**Figure L-15-A**  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-30639)

312 +

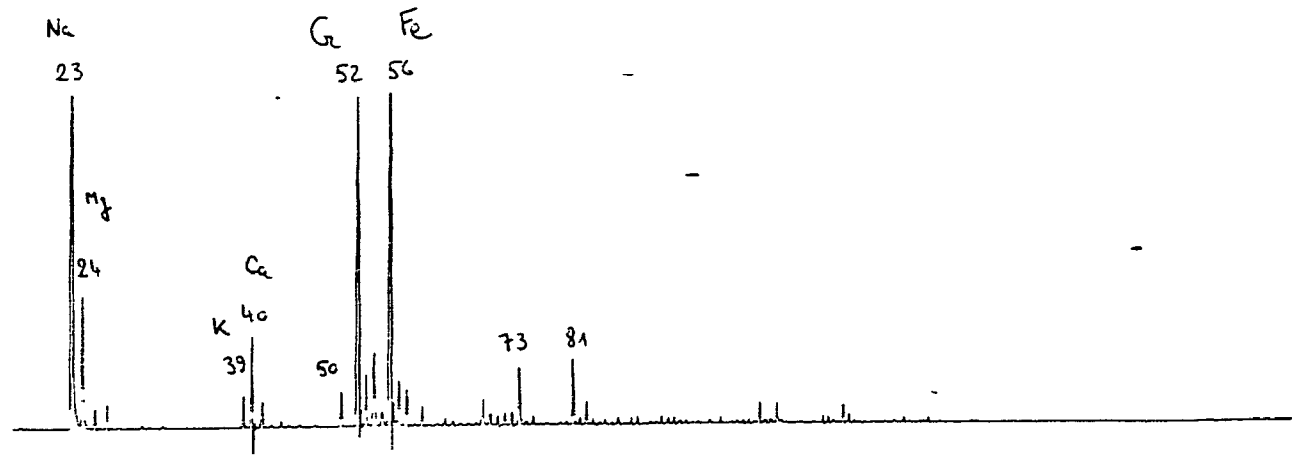


Figure L-15-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30639)

311-

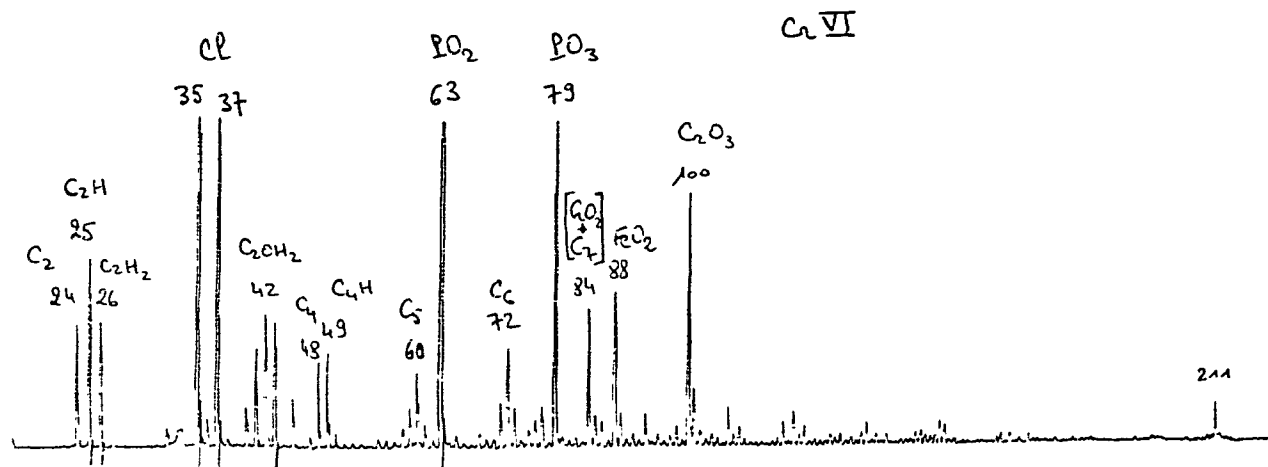


Figure L-15-C  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30639)

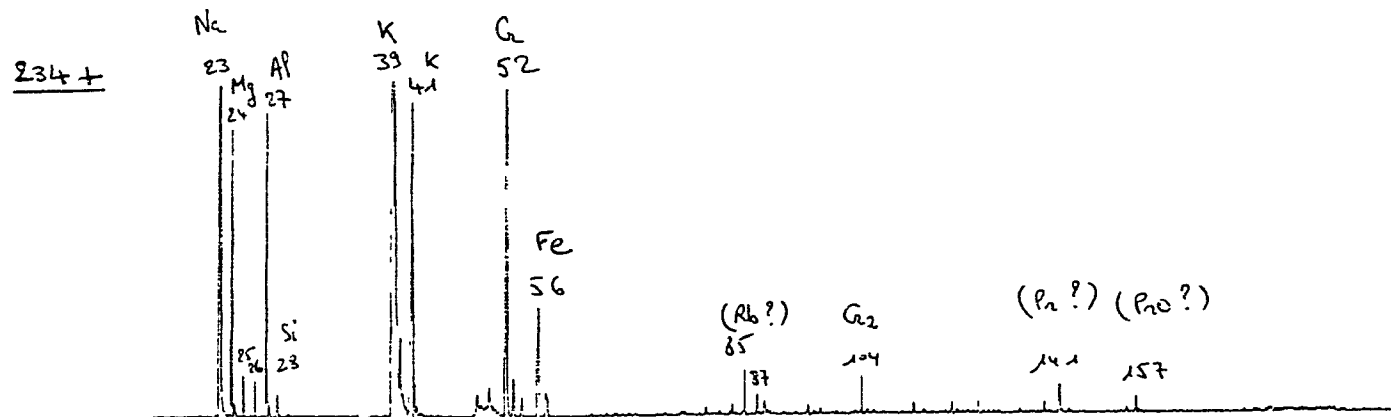


Figure L-16-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-30909)

236-

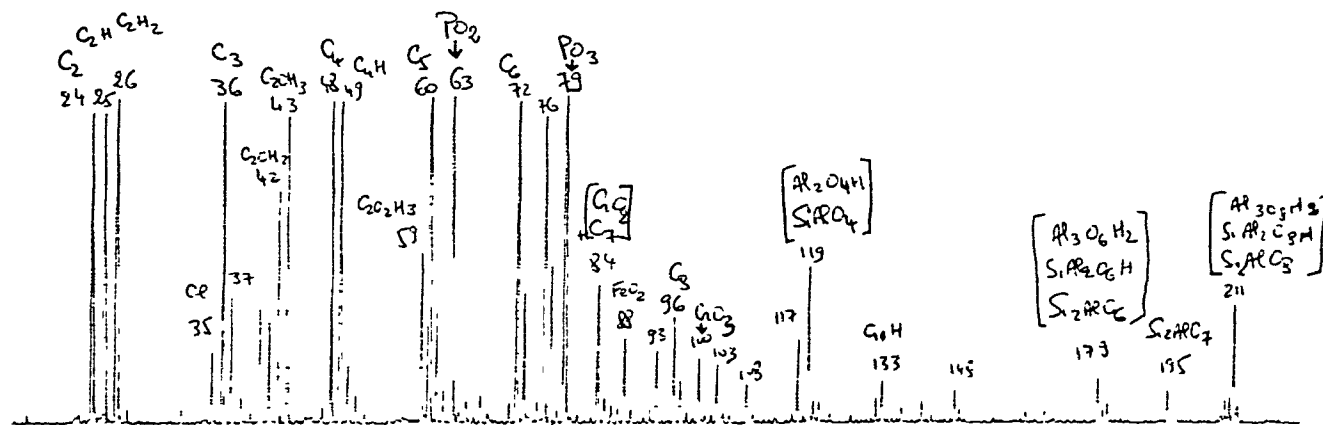


Figure L-16-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-30909)

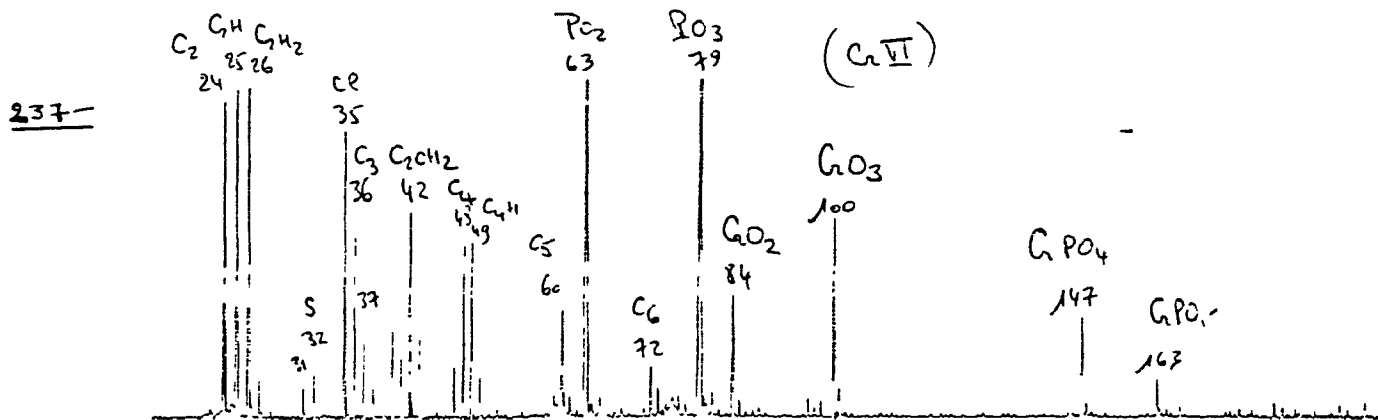
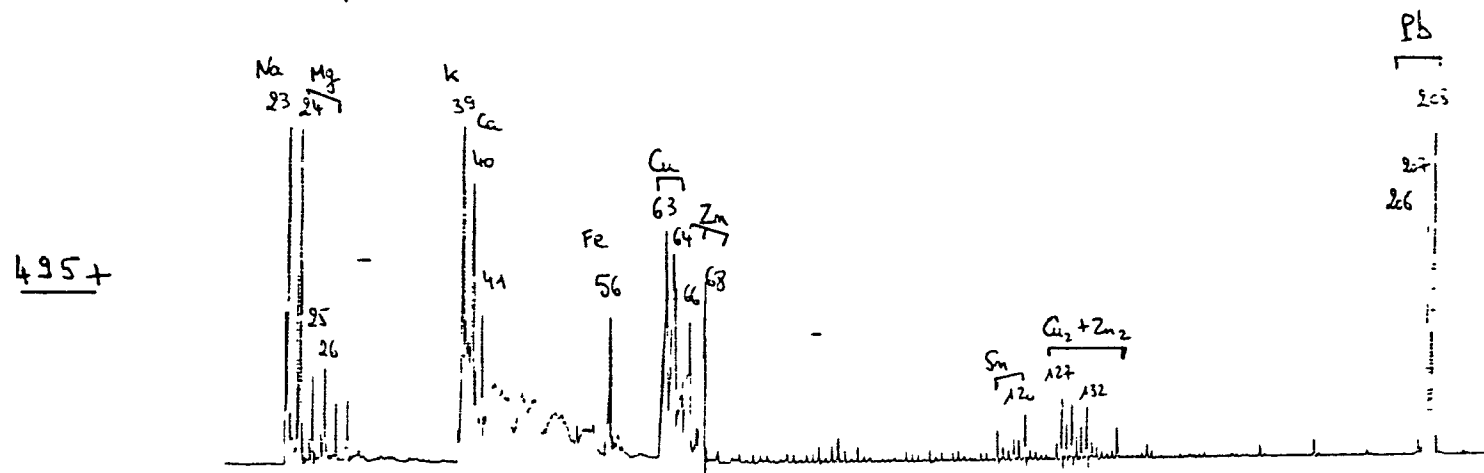


Figure L-16-C  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-30909)



**Figure L-17**  
**Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de**  
**particules extraites du parenchyme pulmonaire.**  
**(sujet RVH-31026)**



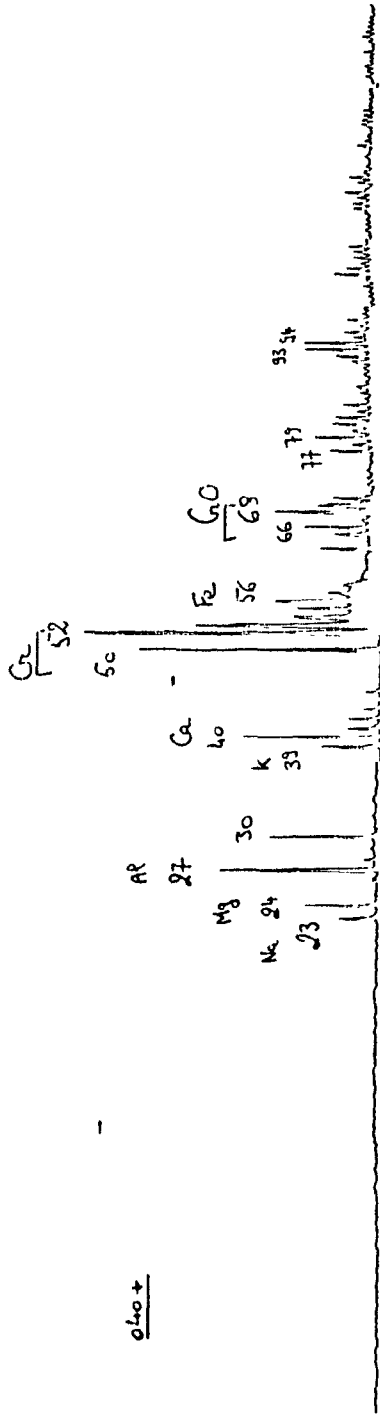


Figure L-18-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31409)

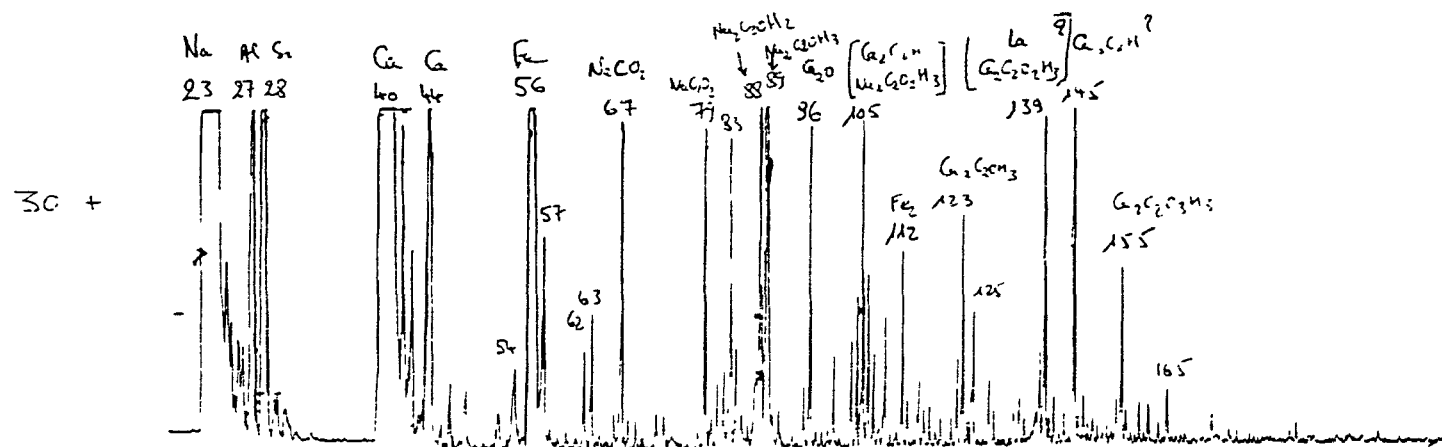


Figure L-18-B  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31409)

451 -

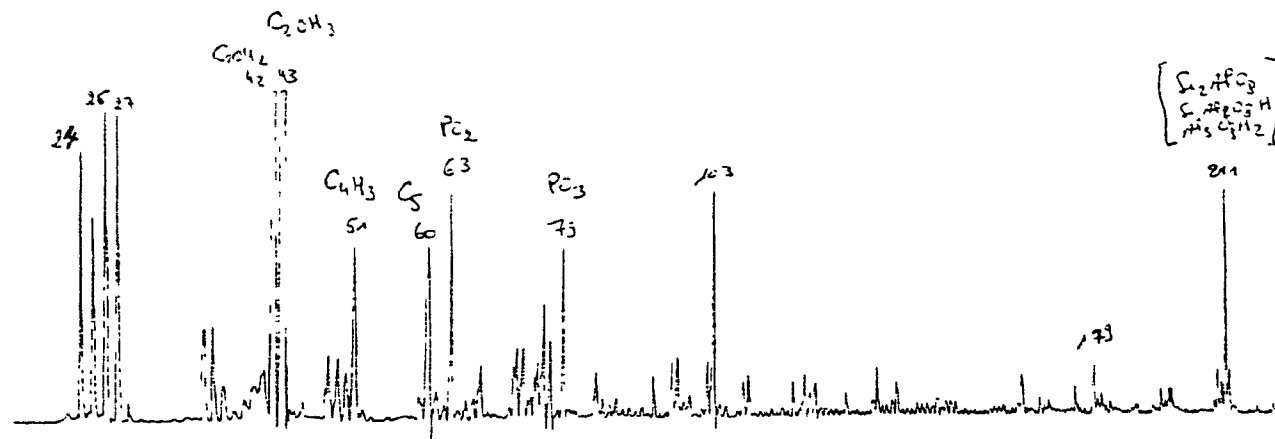


Figure L-18-C  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-31409)

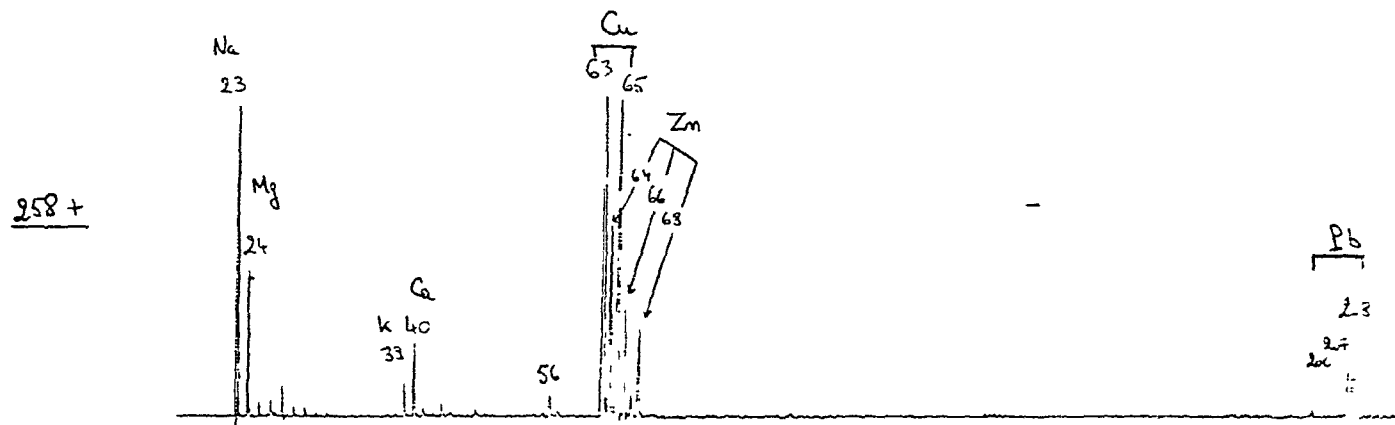


Figure L-19  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31471)

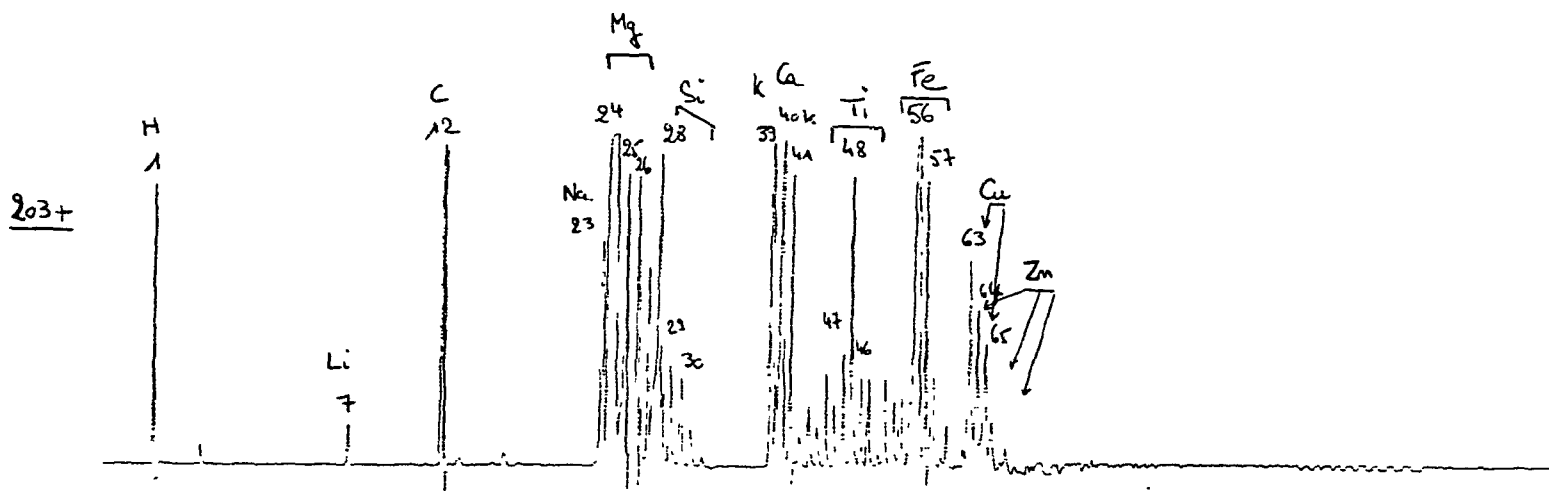


Figure L-20-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31839)

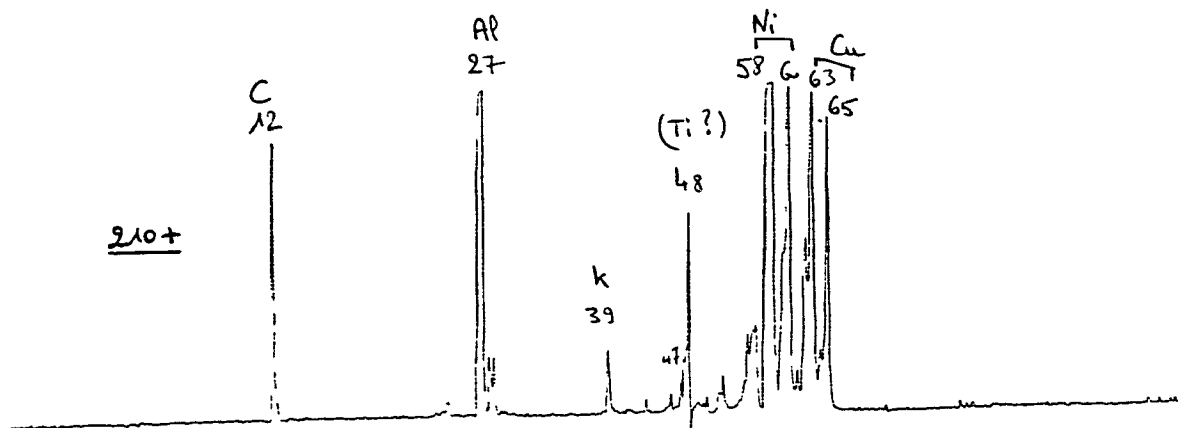


Figure L-20-B  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31839)

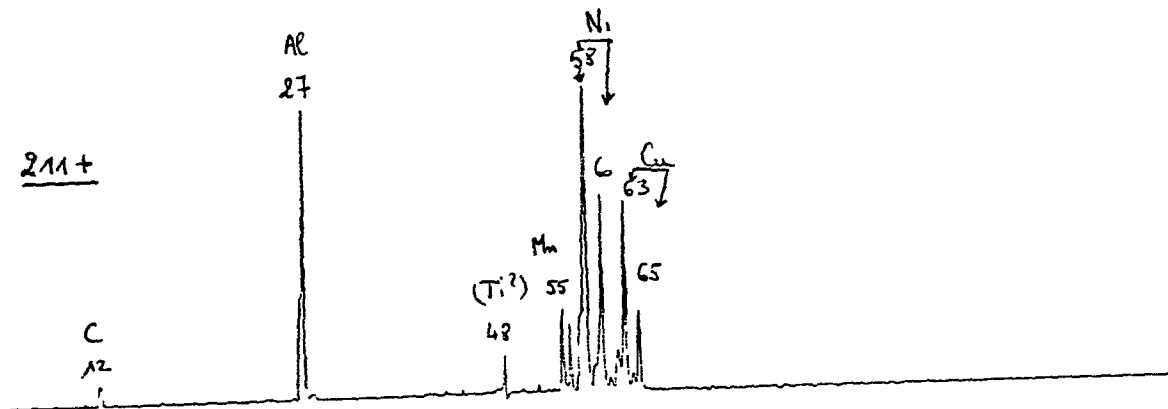


Figure L-20-C  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31839)

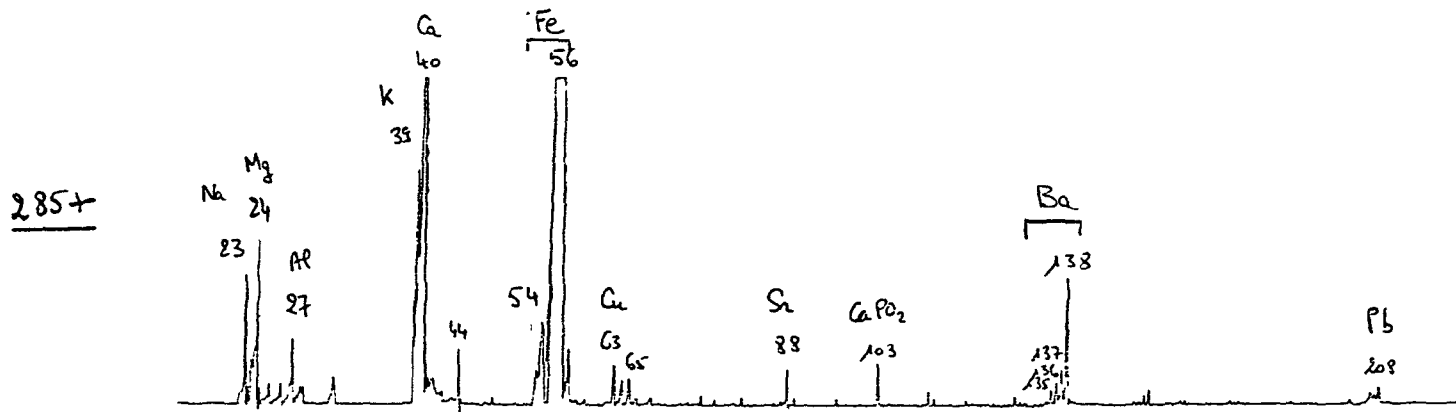


Figure L-21  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-31940)



272+

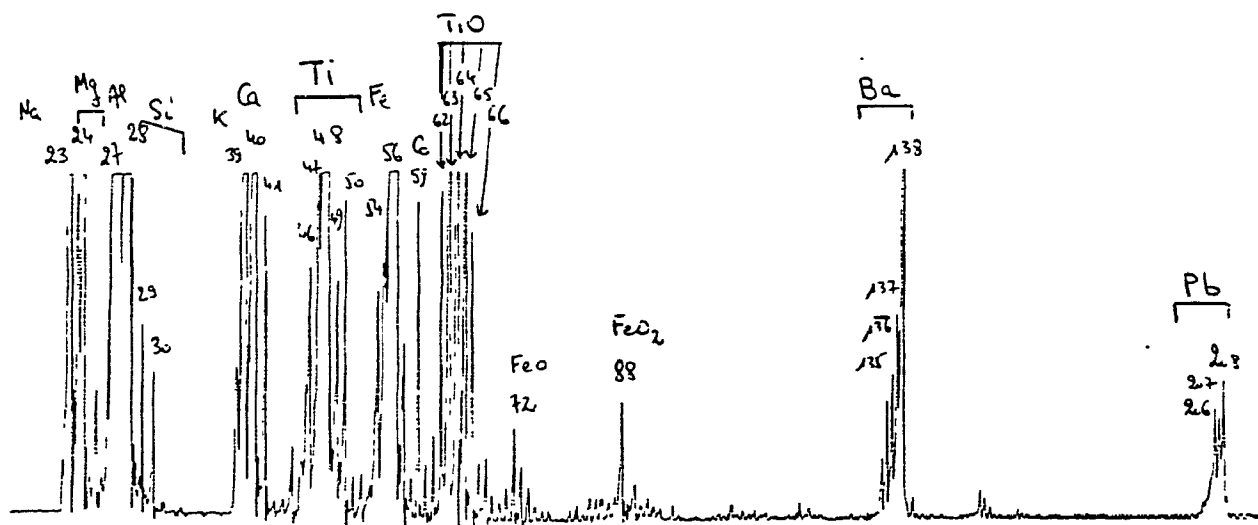


Figure L-22  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-79-6979)

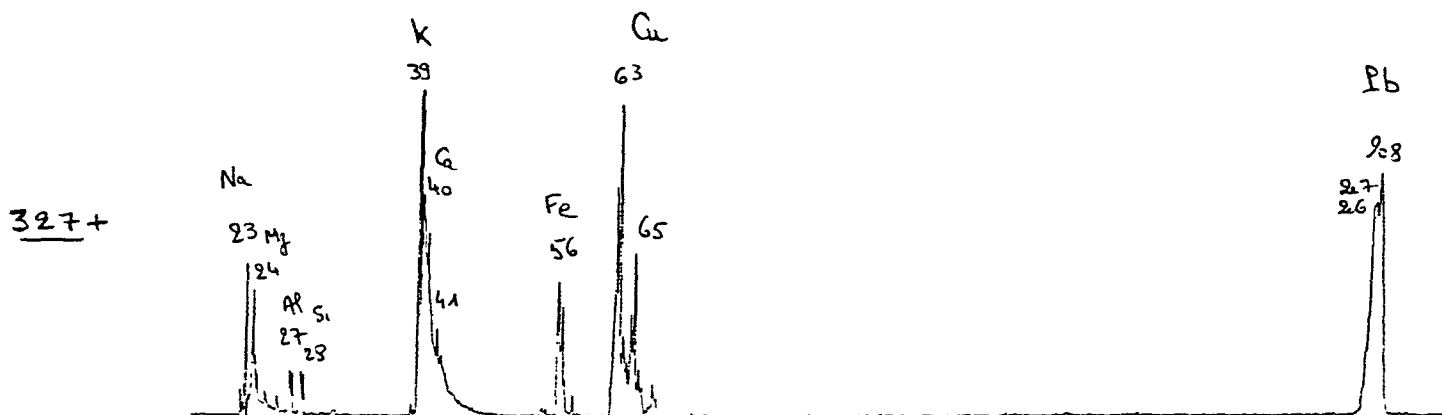


Figure L-23-A  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet RVH-84-3255)

332 -

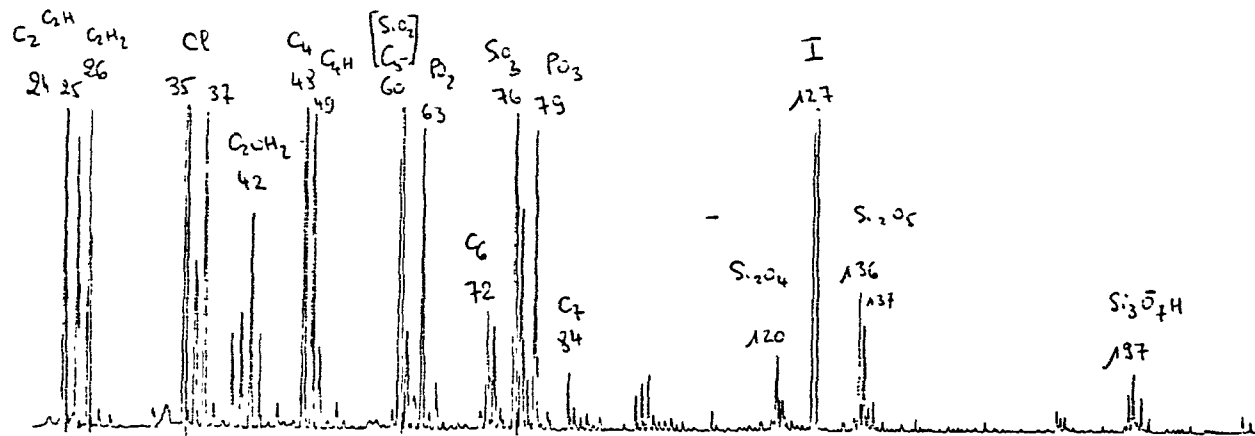


Figure L-23-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-84-3255)

429+

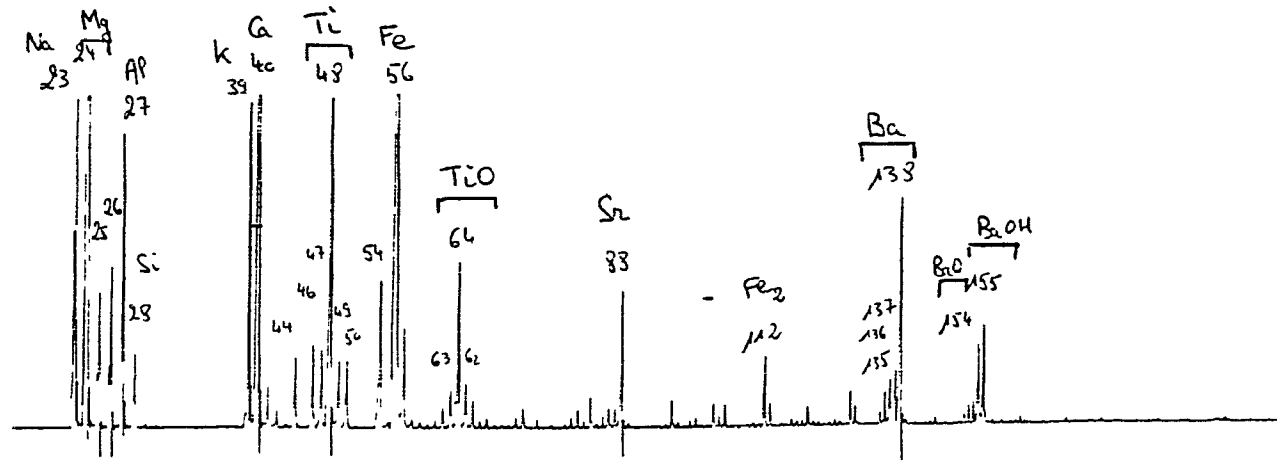


Figure L-24  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-85-6447)

392 +

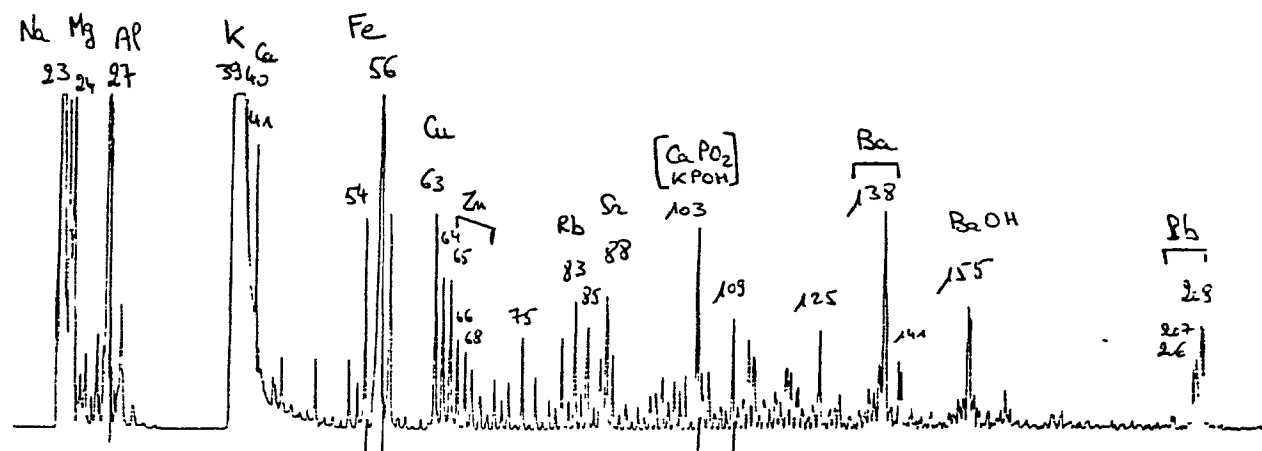


Figure L-25  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet RVH-86-37)

345+

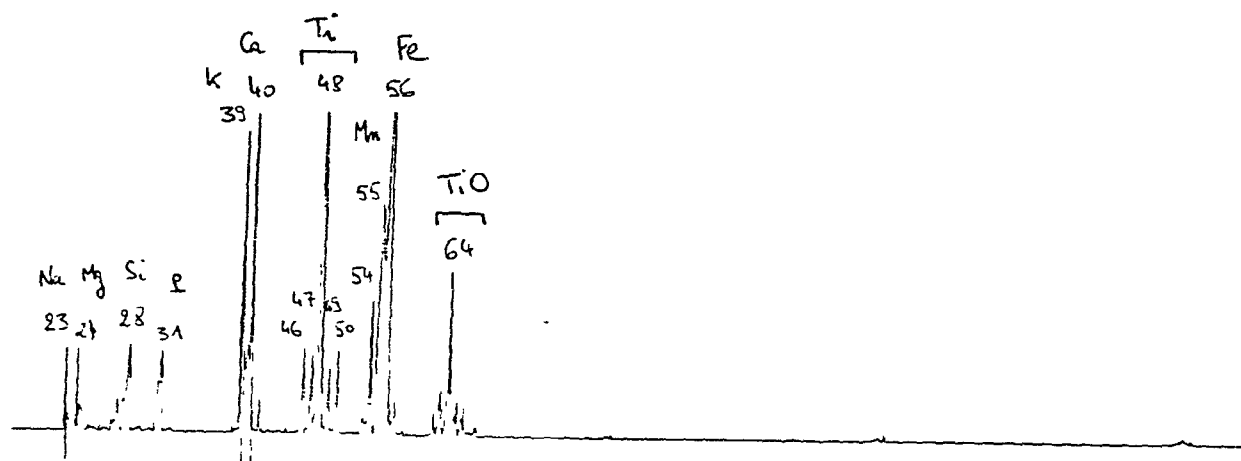


Figure L-26  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet SMH-83-20)

472+

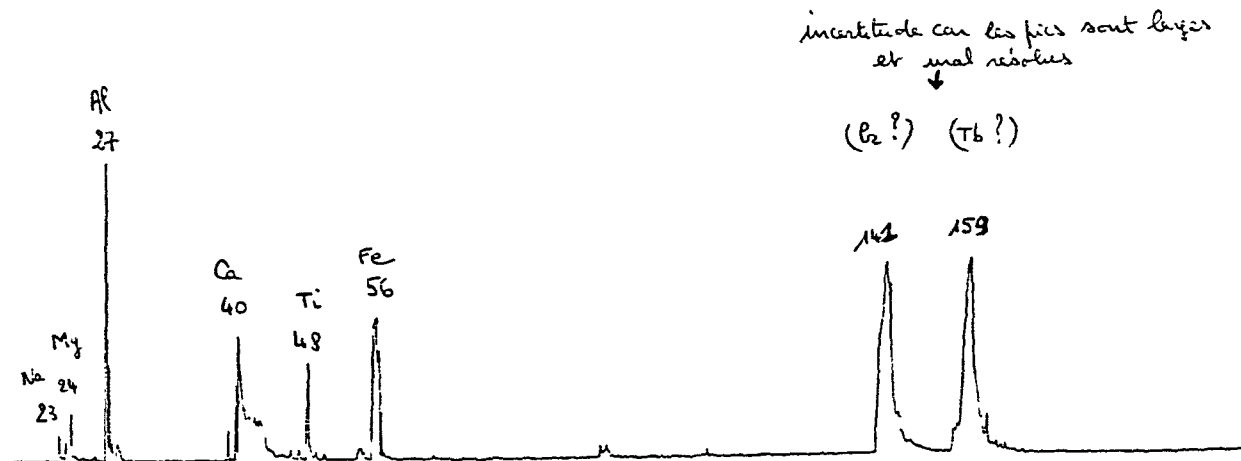


Figure L-27-A  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet SMH-84-1)

485+

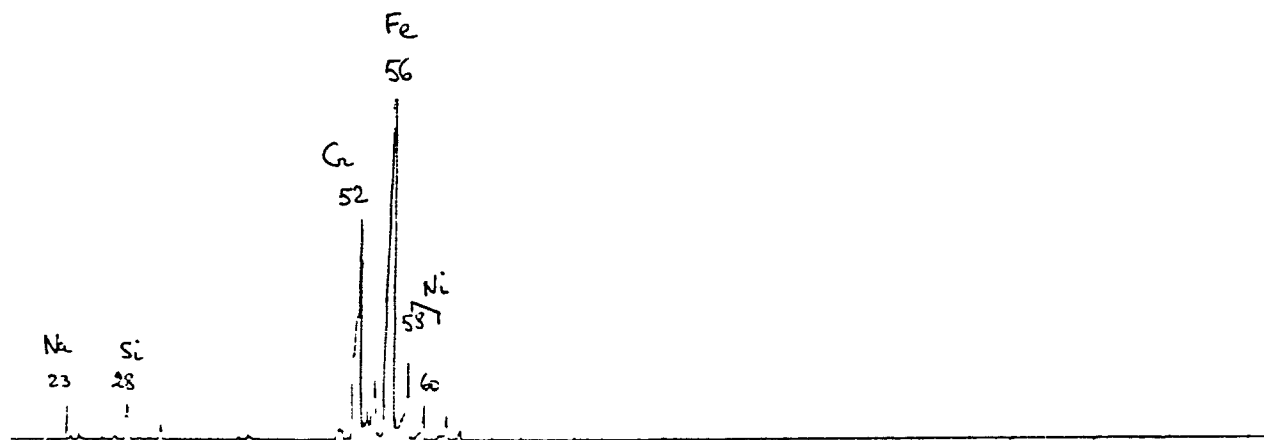


Figure L-27-B  
Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet SMH-84-1)



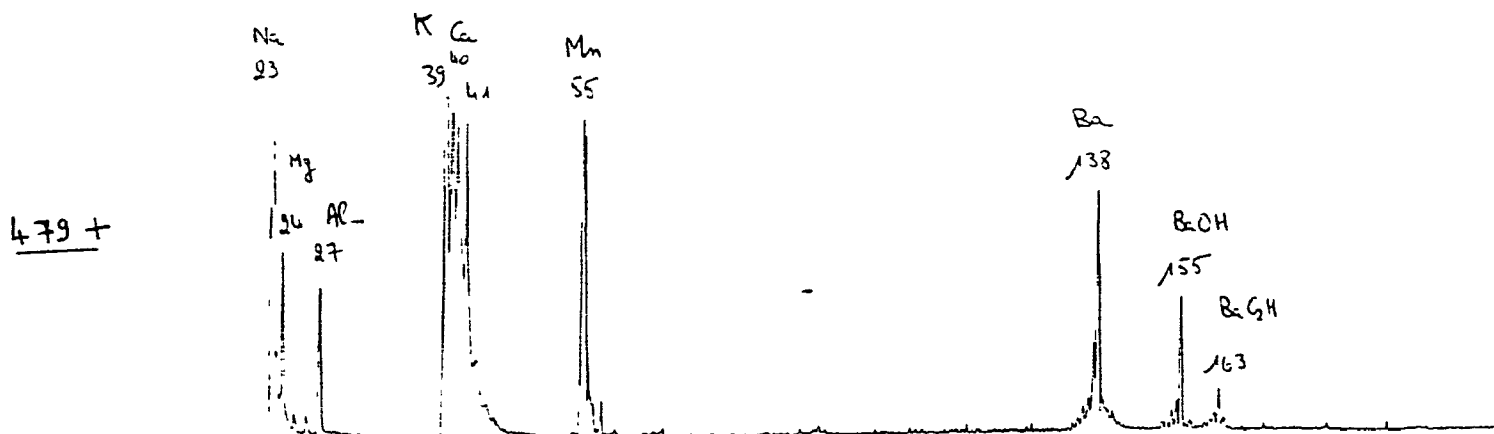


Figure L-27-C  
 Spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
 particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
 (sujet SMH-84-1)

371 +

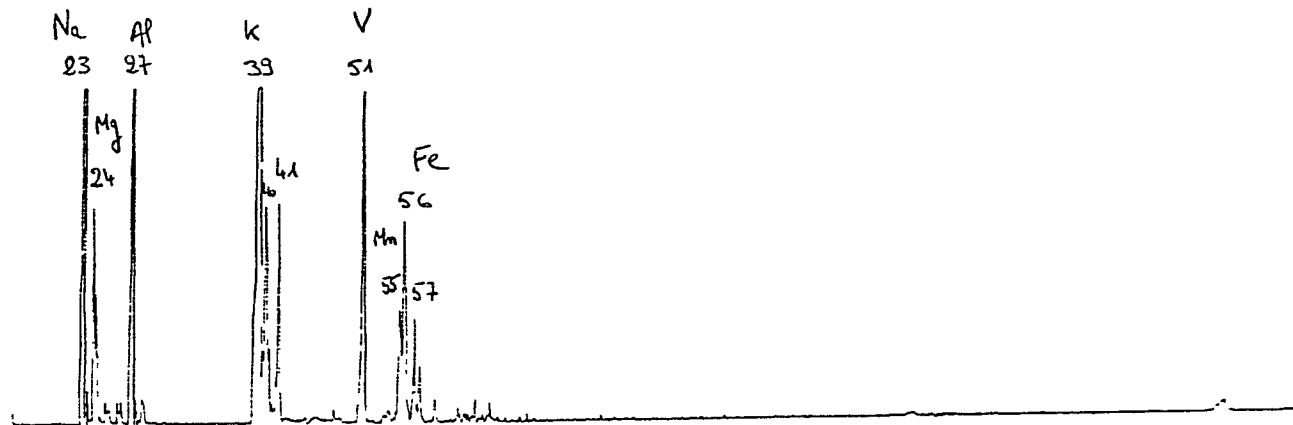


Figure L-28  
spectre de masse par impact laser (LAMMA) de  
particules extraites du parenchyme pulmonaire.  
(sujet SMH-85-78)