

- Alimentation animale
- Exposition professionnelle
- Mesure
- Poussière
- Composé minéral
- Cobalt
- Manganèse

► A. PELTIER, J.-M. ELCABACHE,  
INRS, Département Métrologie des polluants

#### OCCUPATIONAL EXPOSURE TO METAL DUSTS IN THE FRENCH ANIMAL FEED INDUSTRY

A mapping survey was conducted at twelve companies involved in manufacturing animal feeds, selected from manufacturers of both mineral feeds and premixes which, among other ingredients, contain trace elements, vitamins, antibiotics, enzymes mixed with cereals, fats and plants. This study was conducted in cooperation with CRAM (French regional health insurance fund) prevention departments, occupational practitioners and trade associations (AFCA-CIAL group).

The purpose of the survey was to assess the occupational exposure of 165 company employees to trace elements such as cobalt, which has recently been classed a category C2 carcinogenic by the National Toxicology Program (1997) and inorganic manganese, which is considered a neurotoxin by the ACGIH who lowered its TLV from 1 mg/m<sup>3</sup> to 0.2 mg/m<sup>3</sup> in 1995.

Six of the twelve plants were running at reduced capacity on the day on which investigations were conducted at mixing and weighing stations and at granule pressing and bagging stations. Cobalt and manganese ambient contents exceeded half the TLVs for these elements in more than a quarter of the measurements taken (205 samples).

Half the results of the measurements taken at employee respiratory tracts exceeded the ACGIH TLVs for these same elements. Many results exceed the French EAV of 1 mg/m<sup>3</sup>.

- Animal feed
- Occupational exposure
- Measurement
- Dust
- Mineral compound
- Cobalt
- Manganese

# EXPOSITION AUX POLLUANTS MINÉRAUX DANS LES ENTREPRISES DE FABRICATION D'ALIMENTS POUR ANIMAUX

Une enquête de cartographie a été réalisée dans douze entreprises concernées par la fabrication d'aliments pour animaux d'élevage, sélectionnées parmi les fabricants d'aliments minéraux et parmi les fabricants de prémélanges ou premix qui contiennent, entre autres, des oligo-éléments, des vitamines, des antibiotiques, des enzymes, mélangés à des céréales, des matières grasses et des végétaux. Cette étude a été menée en collaboration avec des services prévention des CRAM, des médecins du travail et les syndicats professionnels (groupe AFCA-CIAL).

Le but de l'enquête était d'évaluer l'exposition professionnelle des 165 salariés de ces entreprises à des oligo-éléments tels que le cobalt, récemment classé cancérigène catégorie C2 par le National Toxicology Program (1997), et le manganèse inorganique, considéré comme un neurotoxique par l'ACGIH qui a abaissé sa TLV de 1 mg/m<sup>3</sup> à 0,2 mg/m<sup>3</sup> en 1995.

Sur douze usines, six étaient en activité réduite le jour des investigations menées aux postes de pesée et de mélange, aux postes des presses à granulés et à l'ensachage : les teneurs ambiantes en cobalt et manganèse mesurées étaient très inférieures aux valeurs seuils. Dans les six entreprises en activité normale, les concentrations ambiantes en cobalt et manganèse dépassent la moitié des TLV de ces éléments pour plus du quart des mesurages effectués (205 prélèvements).

Parmi les résultats des mesures réalisées au niveau des voies respiratoires des salariés, la moitié d'entre eux dépassent les TLV de l'ACGIH pour ces mêmes éléments. Nombre de résultats dépassent la VME française de 1 mg/m<sup>3</sup>.

L'étude des risques liés aux expositions professionnelles au cobalt et à ses composés fait partie des préoccupations de l'INRS depuis les années 1980. Une étude épidémiologique conduite en France de 1995 à 1998 dans l'industrie de production des métaux durs confirme le risque de cancers broncho-pulmonaires dans ce type d'activité [1] [2]. Le tableau 70 ter des Maladies Professionnelles a été élaboré pour indemniser les sujets atteints. En

raison du faible nombre d'études, l'épidémiologie n'apporte pas d'informations sur les risques éventuels liés aux autres circonstances d'exposition au cobalt.

Le National Toxicology Program (NTP) a réalisé une étude de toxicologie expérimentale par inhalation de sulfate de cobalt qui montre l'existence d'un effet cancérigène sur le poumon des animaux [3]. Il en est résulté la classification, dans une directive européenne, de ce sel

et du chlorure de cobalt dans la catégorie C<sub>2</sub> des agents cancérigènes [4]. En fait l'étude du NTP pose la question du pouvoir cancérigène de l'ion Co<sup>++</sup> (l'ion SO<sub>4</sub><sup>-</sup> n'étant pas connu comme cancérigène). La demande d'information sur la toxicité du cobalt et de ses composés minéraux concerne surtout les métaux durs et l'utilisation du cobalt en métallurgie ; ces sujets sont à présent bien documentés. Parmi les secteurs en émergence, peu explorés à ce jour, il en est un très fortement implanté dans notre pays qui est celui de l'alimentation animale. Ces industries utilisent le chlorure, le sulfate, le carbonate ou l'acétate de cobalt comme oligo-éléments favorisant la synthèse de la vitamine B<sub>12</sub>. Parmi les autres oligo-éléments, on retrouve également le fer, le manganèse, le cuivre, le sélénium, l'iode et le zinc.

## LA PROBLÉMATIQUE

Avec une production totale de 23,5 millions de tonnes d'aliments composés pour animaux de ferme en 2000, la France occupe une position de leader européen. Plus de trois cents entreprises dans ce secteur emploient 16 000 salariés.

Les granulés, farines, blocs à lécher destinés à l'alimentation des animaux d'élevage sont des mélanges très complexes, qui contiennent en majorité de la matière végétale (luzerne, soja, céréales, oléagineux...) et de la matière minérale (macro-éléments tels que magnésium, phosphore, calcium...), mais aussi des additifs tels que :

- vitamines (A, D<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, K, C) ;
- antibiotiques (à titre préventif ou curatif) ;
- enzymes, acides aminés ;
- anti-parasitaires ;
- oligo-éléments sous forme d'oxyde ou de sels.

Des mélanges spécifiques existent pour chaque espèce animale, adaptés à chaque âge de leur développement :

- croissance (volailles, porcelets, veaux, agneaux) ;
- production de viande (bœuf, poulet) ;
- production de lait (vaches, chèvres, brebis) ;
- reproduction (porcs, poules pondeuses).

Plusieurs centaines de formulations différentes répondent aux demandes des éleveurs. Les additifs peuvent être intro-

duits séparément dans les préparations (blocs à lécher) ou dosés dans des pré-mélanges, ou *premix*, destinés à être "dilués" dans les composants majeurs végétaux et minéraux.

La mise en œuvre de ces produits peut provoquer la formation d'aérosols contenant des mélanges de vitamines, d'antibiotiques, d'enzymes biologiquement actifs même à des concentrations très faibles, facteurs de risque d'exposition pour les personnels. On ne dispose pas encore à l'heure actuelle de méthodes adaptées pour évaluer l'exposition professionnelle à ces agents chimiques susceptibles d'avoir un effet sur la santé. En revanche, l'évaluation est possible pour les éléments minéraux : le cobalt, dont certains composés sont classés cancérigènes [4], et le manganèse, dont les composés minéraux sont considérés comme des neurotoxiques [5], justifient à eux seuls un suivi des concentrations atmosphériques dans les ateliers concernés.

Le laboratoire de Chimie analytique minérale (département Métrologie des polluants) de l'INRS a donc réalisé, en collaboration avec les services Prévention des Caisses régionales d'assurance maladie, les médecins du travail et les syndicats professionnels pressentis (AFCA-CIAL), une enquête de cartographie dans douze entreprises sélectionnées.

Le présent document fait un point partiel sur les problèmes liés à l'exposition aux produits minéraux utilisés, l'exposition à des mélanges complexes de substances biologiquement actives n'étant pas encore possible à ce jour.

## GÉNÉRALITÉS ET PARTICULARITÉS DE LA FABRICATION DES ALIMENTS POUR ANIMAUX

### ÉLÉMENTS MINÉRAUX INTRODUITS DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

Les entreprises produisant des aliments pour animaux d'élevage y intègrent de nombreux éléments minéraux. Parmi elles, on distingue :

1. Les entreprises qui fabriquent des aliments minéraux solides (granulés,

blocs, liquides) contenant essentiellement des macro-éléments (magnésium, phosphore, calcium) des oligo-éléments (zinc, manganèse, cobalt, fer, iode, sélénium), mélangés à des sous-produits de meunerie et à de la mélasse sucrière, ainsi qu'aux vitamines A, D<sub>3</sub> et E.

2. Les entreprises qui préparent des mélanges, ou *premix*, qui sont des préparations concentrées en oligo-éléments, vitamines, minéraux, enzymes destinées à être diluées (à raison de 0,5 à 1 %) dans les aliments d'origine végétale (céréales, luzerne, soja, oléagineux, matières grasses, mélasses sucrières, protéines végétales).

3. Enfin celles qui préparent les aliments composés qui seront directement vendus aux éleveurs (cf *Tableau II*). On peut estimer à 300 le nombre total d'entreprises impliquées dans ces productions et, parmi elles, une trentaine spécialisées dans la production de mélanges minéraux et de *premix*.

Trois tableaux rendent compte de la complexité et de la variété des compositions qui entrent dans l'alimentation animale :

- Le *Tableau I* donne les concentrations en oligo-éléments dans les *premix* et les aliments composés (chiffres fournis par la profession).
- Le *Tableau II* donne les compositions moyennes de ces aliments pour différentes espèces animales.
- Le *Tableau III* dresse l'inventaire de plus de 200 produits, répartis en 19 familles, mis en œuvre dans une entreprise de fabrication de *premix*.

## ÇAÇ PARTICULIER DES ÉLÉMENTS COBAL ET MANGANÈSE

Depuis la mise en place de la directive européenne en décembre 1998, le chlorure et le sulfate de cobalt sont classés parmi les substances cancérigènes catégorie C<sub>2</sub>, avec phrase de risque R<sub>49</sub> : « peut provoquer le cancer par inhalation » [4]. Depuis lors, l'industrie de l'alimentation animale emploie essentiellement le cobalt sous forme de carbonate de cobalt « enrobé », insoluble dans l'eau mais soluble dans les acides. Il est classé catégorie C<sub>2</sub>B par le CIRC<sup>1</sup> (suspecté d'être cancérigène chez l'homme). Quelques dizaines de tonnes de carbonate de cobalt, enrobé ou non,

<sup>1</sup> CIRC : Centre international de recherche sur le cancer.

TABLEAU I

Concentrations des oligo-éléments dans les pré-mélanges et les aliments pour animaux (données fournies par la profession)

Trace element concentrations in animal feed premixes (trade-based data)

| Oligo-éléments             | Concentration rapportée au kilogramme de "prémix" (en mg) | Concentration rapportée au kilogramme d'aliment (dilution à 1 %) (en mg) |
|----------------------------|---|--|
| Cobalt (carbone)           | 0 à 100   | 0 à 1  |
| Cuivre (sulfate)           | 300 à 75 000  | 3 à 750  |
| Fer (sulfate)              | 1 000 à 50 000  | 1 à 500  |
| Iode (iodate de la)        | 40 à 150  | 0,4 à 1,5  |
| Magnésium (oxyde)          | 2 000 à 12 000  | 20 à 120   |
| Sélénium (séléénite du Na) | 10 à 200  | 0,1 à 2  |
| Zinc (sulfate)             | 2 500 à 50 000  | 25 à 500   |

À cette liste, on peut ajouter les éléments phosphore, calcium et magnésium qui ne sont pas des oligo-éléments et qui sont apportés à des concentrations beaucoup plus élevées.

TABLEAU II

Proportion des éléments entrant dans la composition des aliments pour différentes espèces animales (données fournies par la profession)

Proportion of elements entering feed composition for different animal species (trade-based data)

| Composants                    | Proportion dans l'alimentation (en %) |            |                  |               |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|------------------|---------------|
|                               | Volailles                             | Porc       | Vaches laitières | Bovins viande |
| Toutes céréales               | 52                                    | 38         | 14               | 23            |
| Co-produits des céréales      | 8                                     | 13         | 24               | 17            |
| Pulpes déshydratées           | 0                                     | 0          | 12               | 10            |
| Mélasses sucrières            | 0                                     | 3          | 3                | 3             |
| Matières grasses              | 2                                     | 2          | 1                | 1             |
| Tourteaux de soja             | 15                                    | 10         | 22               | 17            |
| Tourteaux de colza, tournesol | 3                                     | 8          | 15               | 20            |
| Graines oléagineuses          | 5                                     | 1          | 1                | 1             |
| Pois                          | 5                                     | 20         | 2                | 2             |
| Luzerne                       | 2                                     | 0          | 6                | 3             |
| Protéines animales            | 3                                     | 1          | 0                | 0             |
| Minéraux                      | 5                                     | 4          | 3                | 3             |
| <b>Total</b>                  | <b>100</b>                            | <b>100</b> | <b>100</b>       | <b>100</b>    |

sont ainsi utilisées dans les entreprises françaises.

Le manganèse quant à lui est utilisé sous forme d'oxydes (MnO, MnO<sub>2</sub>) et de sulfate. En 1995, l'ACGIH<sup>2</sup> a reconnu le caractère neurotoxique du manganèse inorganique et de ses composés (atteintes évolutives de type maladie de Parkinson) [5]. C'est pourquoi, avec le cobalt, il a été retenu comme deuxième traceur représentatif d'un risque d'atteinte à la santé. Les tonnages entrant annuellement dans la production d'aliments pour animaux sont de l'ordre de quelques milliers.

<sup>2</sup> ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienist.

## PROCÉDÉ DE FABRICATION DES ALIMENTS

De manière très schématique, le procédé de fabrication comprend trois étapes :

- le dosage des matières premières ;
- le mélange des ingrédients de la formulation ;
- le conditionnement.

### Dosage des matières premières

Sur les lignes de production de grande capacité, les matières premières en vrac sont dosées par un système de pesage associé aux mélangeurs. De ce fait, ces matières premières transitent dans un système que l'on peut considérer comme clos et ne sont pas *a priori* une source d'exposition pour les salariés.

TABLEAU III

Répartition par famille des produits utilisés dans une entreprise de fabrication de prémix

Family-based distribution of products used in a premix manufacturing company

| Famille de produits     | Nombre de produits |
|-------------------------|--------------------|
| Matières premières Vrac | 6                  |
| Oligo-éléments          | 43                 |
| Vitamines               | 29                 |
| Extraits végétaux       | 14                 |
| Enzymes                 | 10                 |
| Anticoccidiens          | 18                 |
| Acides aminés           | 10                 |
| Huiles essentielles     | 19                 |
| Acidifiants             | 5                  |
| Matières minérales      | 8                  |
| Levures                 | 12                 |
| Matières grasses        | 2                  |
| Pigments                | 7                  |
| Arômes                  | 9                  |
| Divers                  | 8                  |
| Antioxydants            | 1                  |
| Facteurs de croissance  | 2                  |
| Sucres                  | 2                  |
| Antifongiques           | 1                  |
| <b>Total</b>            | <b>206</b>         |

Il n'en est pas de même pour les matières livrées en « big-bags » ou en sacs. Les big-bags sont vidés par les opérateurs dans des cellules intermédiaires qui alimenteront ensuite les mélangeurs par l'intermédiaire du circuit de pesage automatique.

Les matières premières en sacs sont pesées et introduites manuellement dans le circuit de mélange par le biais d'une trémie généralement équipée d'un dispositif de captage des poussières.

Lors des opérations de dosage, effectuées manuellement, ainsi que lors des vidages de big-bags, les salariés de l'atelier sont potentiellement fortement exposés.

### Mélange

Les mélanges sont réalisés en système clos ce qui limite l'exposition aux poussières en fonctionnement normal. En revanche, lors d'incidents de fabrication ou d'interventions de maintenance, l'exposition des salariés est probablement non négligeable.

## Conditionnement

Les lots fabriqués sont immédiatement conditionnés : il n'y a pas de stockage intermédiaire sauf pour les premix livrés en vrac.

Le conditionnement est effectué en sacs, en big-bags et en vrac. Les opérations de conditionnement en big-bags sont probablement celles où les salariés sont le plus exposés.

## L'ENQUÊTE DE L'INRS

### MODALITÉS

#### Choix des entreprises retenues pour l'enquête

Une pré-étude a été effectuée sur un échantillon de trois entreprises : la première préparant des aliments minéraux (type 1), la deuxième fabricant des pré-mélanges d'additifs ou premix (type 2) et la troisième utilisant ces premix pour les incorporer dans des aliments végétaux (type 3).

Dans l'entreprise de type 3, en raison des « dilutions » en premix, les mesures atmosphériques donnent des résultats à la limite de la détection analytique.

L'enquête de cartographie a donc été conduite sur un échantillon de douze usines dont trois du type 1 et neuf du type 2, choisies parmi la trentaine d'entreprises françaises recensées.

#### Effectifs exposés

Pour l'ensemble des entreprises ayant donné lieu à des investigations, la production est assurée par 165 salariés. Les effectifs sont compris entre 6 et 30 ouvriers par site, la plupart polyvalents sur les trois types de poste de travail (mélange, presse, ensachage).

## NATURE DES INVESTIGATIONS MATÉRIEL ET MÉTHODES

La qualité de l'air inhalé par les travailleurs sur leur lieu de travail a été évaluée par des prélèvements d'atmosphère à poste fixe ainsi que des prélèvements d'air individuels (au niveau des voies respiratoires) durant un poste de travail complet.

Les émissions sont essentiellement des poussières végétales et des additifs.

Le but des mesures d'empoussiérement était d'évaluer les concentrations atmosphériques en cobalt, manganèse et autres oligo-éléments.

Généralement, les salariés ont à leur disposition des protections respiratoires telles que des demi-masques papier de type P2.

#### Valeurs limites

Le ministère de l'Emploi et de la Solidarité a établi des valeurs limites pour la concentration des substances dangereuses dans les atmosphères de travail et celles signalées comme cancérigènes dans les circulaires du 19/07/1982 et du 14/05/1985, et suivantes.

Ces valeurs sont indicatives dans le cas général et réglementaires pour quelques substances (amiante, benzène, plomb, chlorure de vinyle, entre autres).

Parmi elles, on distingue des valeurs limites d'exposition (VLE) pour des temps d'exposition brefs (moins de 15 minutes) et des valeurs de moyenne d'exposition (VME) mesurées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures.

Aux États-Unis, l'ACGIH a défini des valeurs limites, ou *Threshold Limit Values* (TLV), destinées à servir de guide ou de recommandation technique.

L'analyse qualitative par spectrométrie d'émission à plasma des échantillons prélevés dans l'atelier a mis en évidence les éléments manganèse, zinc, cobalt, magnésium, calcium, fer, cuivre, silicium (traces) et soufre (traces). Les éléments iode et sélénium n'ont pas été décelés.

Le *Tableau IV* présente un comparatif des valeurs limites d'exposition des composés inorganiques de ces éléments en France et aux États-Unis [5] [6].

TABLEAU IV

#### Valeurs limites d'exposition françaises et américaines French and American exposure limiting values

| Composés                        | Valeurs limites d'exposition (en mg/m <sup>3</sup> ) |     |     |
|---------------------------------|--|-----|-----|
|                                 | TLV  | VME | VLE |
| Manganèse composés inorganiques | 0,2  | 1   | -   |
| Zinc oxyde de poussières        | 10   | 10  | -   |
| Cobalt composés inorganiques    | 0,02   | -   | -   |
| Magnésium carbonate             | 10   | 10  | -   |
| Calcium carbonate sulfate       | 10   | 10  | -   |
| Fer sels solubles               | 1  | -   | -   |
| Fer oxydes                      | 5  | 5   | -   |
| Cuivre poussières               | 1  | 1   | 2   |

### COMMENTAIRES

- Le sulfate de cobalt et le chlorure de cobalt ont été classés "cancérigènes" catégorie C2 par la France, sur la base de données américaines obtenues en 1997 par le National Toxicology Program. Les préparations contenant ces substances doivent mentionner explicitement : « Peut provoquer le cancer par inhalation ».
- En 1958, les maladies professionnelles provoquées par le bioxyde de manganèse sont reconnues dans le tableau n° 39 des Maladies Professionnelles (Annexe 2).
- Aux USA, l'ACGIH a abaissé la TLV du manganèse et de ses composés minéraux de 1 à 0,2 mg/m<sup>3</sup> compte tenu des risques d'atteintes neurologiques liées à l'inhalation de poussières de ces produits (atteintes évolutives de type maladie de Parkinson).
- En France, la circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 préconise des concentrations en poussières totales et alvéolaires, inhalées par une personne, évaluées sur une période de 8 heures, qui ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m<sup>3</sup> pour des poussières réputées sans effet spécifique (poussières inertes).

TABLEAU V

Résultats en mg/m<sup>3</sup> des mesures d'empoussièrement total à poste fixe (PA) et individuelles (PI)  
Results in mg/m<sup>3</sup> of total dust accumulation measurements at fixed stations (PA) and individual measurements (PI)

| Entreprise | Poste de travail          |                      |                           |                                  |                      |                            |                                  |                      |                           |
|------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------|
|            | Pesée – Dosage<br>Mélange |                      |                           | Presse à granulés<br>et/ou blocs |                      |                            | Ensachage sacs<br>et/ou big-bags |                      |                           |
|            | Prélèvement               | Nombre<br>de mesures | Valeurs                   | Prélèvement                      | Nombre<br>de mesures | Valeurs                    | Prélèvement                      | Nombre<br>de mesures | Valeurs                   |
| A          | PA                        | 10                   | 0,49 - <b>0,79</b> - 1,05 |                                  |                      |                            | PA                               | 6                    | 1,36 - <b>1,82</b> - 8,75 |
| B          | PA                        | 5                    | 1,62 - <b>2,08</b> - 4,3  |                                  |                      |                            | PA                               | 4                    | 1,93 - 2,74               |
| C          | PA                        | 12                   | 0,78 - <b>1,07</b> - 2,09 |                                  |                      |                            | PA                               | 4                    | 1,17 - 1,80               |
|            | PI                        | 1                    | 4,55                      |                                  |                      |                            |                                  |                      |                           |
| D          | PA                        | 10                   | 0,21 - <b>0,58</b> - 1,0  |                                  |                      |                            | PA                               | 10                   | 0,51 - <b>1,20</b> - 18,1 |
|            | PI                        | 1                    | 2,02                      |                                  |                      |                            | PI                               | 2                    | 4,87 - 7,22               |
| E          | PA                        | 4                    | 0,81 - 3,43               |                                  |                      |                            | PA                               | 6                    | 0,04 - <b>0,84</b> - 2,8  |
|            | PI                        | 2                    | 5,17 - 5,64               |                                  |                      |                            | PI                               | 3                    | 1,13 - <b>4,6</b> - 14,53 |
| F          | PA                        | 16                   | 0,84 - <b>3,37</b> - 8,26 |                                  |                      |                            | PA                               | 4                    | 4,83 - <b>6,47</b>        |
|            | PI                        | 2                    | 6,26 - 6,74               |                                  |                      |                            | PI                               | 2                    | 4,31 - 19,25              |
| 3          | PA                        | 8                    | 0,25 - 8,56               |                                  |                      |                            | PA                               | 2                    | 1,28 - 1,31               |
| 3 bis      | PA                        | 10                   | 0,15 - <b>3,83</b> - 5,18 |                                  |                      |                            | PA                               | 4                    | 0,51 - <b>0,53</b> - 0,61 |
|            |                           |                      |                           |                                  |                      |                            | PI                               | 2                    | 1,76 - 3,68               |
| 5          | PA                        | 10                   | 1,3 - <b>6,7</b> - 11,30  |                                  |                      |                            | PA                               | 3                    | 0,87 - 1,40               |
|            | PI                        | 2                    | 9,3 - 25,50               |                                  |                      |                            |                                  |                      |                           |
| 6          | PA                        | 8                    | 2,36 - <b>2,83</b> - 5,10 | PA                               | 8                    | 5,33 - <b>8,67</b> - 60,54 | PA                               | 8                    | 2,49 - <b>3,10</b> - 5,70 |

### Méthode de prélèvement des poussières inhalables

Les poussières inhalables ont été prélevées à un débit de 1 l/min sur un filtre en fibre de quartz préalablement pesé CQT, de 37 mm de diamètre, placé dans une cassette de type Millipore, en configuration fermée pour prélever sélectivement la fraction inhalable de l'aérosol à poste fixe ou au niveau des voies respiratoires selon la norme AFNOR X43 257.

En vue d'établir une comparaison, des prélèvements ont été effectués simultanément avec un système ACCU-CAP disposé en cassette Millipore permettant de prendre en compte les poussières déposées sur les parois lors de la détermination pondérale de l'empoussièrement (filtres ACC dans les tableaux de résultats).

Ce dispositif, qui permet également la détermination quantitative des éléments minéraux par analyse chimique, est récemment apparu sur le marché. Quelques prélèvements en cassettes ouvertes à un débit de 2 l/min, sur filtres Nucléopore EN 25, ont été effectués pour observation en microscopie électronique.

### Méthode d'analyse

Après détermination de la concentration pondérale des poussières par pesée des filtres, ceux-ci sont minéralisés directement dans la cassette avec un mélange d'acides. Les solutions obtenues sont analysées par spectrométrie d'émission à plasma (matériel CIROS SPECTRO – méthode 0003 du guide Métropol de l'INRS [7]).

Ce mode opératoire permet de prendre en compte les particules déposées sur les parois de la cassette. On notera qu'une détermination de la concentration pondérale de l'aérosol total par pesée du seul filtre CQT fait abstraction des éventuels dépôts sur les parois et peut apporter une information minorée sur les concentrations mesurées.

## RÉSULTATS DES MESURES

Près de 300 mesures à poste fixe et près de 50 prélèvements individuels au niveau des voies respiratoires ont été effectués.

### EMPOUSSIÈREMENT TOTAL (MÉTHODE PONDÉRALE)

Le *Tableau V* rassemble les résultats des mesures conjointes sur filtres CQT et ACC à poste fixe (PA) et au niveau des voies respiratoires (PI) ; il mentionne le nombre de mesures ainsi que les valeurs extrêmes et la médiane (**soulignée**), obtenues par poste de travail dans neuf usines.

Le *Tableau V bis* donne les résultats des mesures conjointes effectuées dans trois entreprises (D, F et 6) où les deux types de support ont été utilisés ; il précise les valeurs obtenues par type de filtres (ACC ou CQT).

### CONCENTRATIONS AMBIANTES EN COBALT ET MANGANÈSE EFFECTUÉES À POSTE FIXE ET AU NIVEAU INDIVIDUEL

Ces résultats sont rassemblés dans les *Tableaux VI et VI bis*. Il sont répartis par entreprise, poste de travail en précisant s'il s'agit de mesures à poste fixe (PA) ou individuelles (PI) et en indiquant le nombre de mesures, les valeurs extrêmes et la médiane (**chiffre en gras**) et regroupés selon que les entreprises étaient en activité réduite (*Tableau VI*) ou en activité normale (*Tableau VI bis*).

TABLEAU V BIS

Résultats en mg/m<sup>3</sup> des mesures d'empoussièrement total à poste fixe (PA) par type de support ACC ou CQT dans trois entreprises  
Results in mg/m<sup>3</sup> of total dust accumulation measurements at fixed station (PA) w.r.t. type of ACC or CQT support at three companies

| Entreprise | Poste de travail          |                |                   |                           |                                  |                |                   |                             |                                  |                |                   |                           |
|------------|---------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|
|            | Pesée – Dosage<br>Mélange |                |                   |                           | Presse à granulés<br>et/ou blocs |                |                   |                             | Ensachage sacs<br>et/ou big-bags |                |                   |                           |
|            | Prélèvement               | Type de filtre | Nombre de mesures | Valeurs                   | Prélèvement                      | Type de filtre | Nombre de mesures | Valeurs                     | Prélèvement                      | Type de filtre | Nombre de mesures | Valeurs                   |
| D          | PA                        | CQT            | 4                 | 0,21 - 1,0                |                                  |                |                   |                             |                                  | CQT            | 4                 | 0,51 - 18,1               |
|            | PA                        | ACC            | 6                 | 0,23 - <b>0,87</b> - 0,90 |                                  |                |                   |                             |                                  | ACC            | 6                 | 0,60 - <b>1,20</b> - 15,7 |
| F          | PA                        | CQT            | 8                 | 0,84 - <b>1,76</b> - 6,86 |                                  |                |                   |                             |                                  | CQT            | 2                 | 4,83 - 5,75               |
|            | PA                        | ACC            | 8                 | 1,37 - <b>4,66</b> - 8,26 |                                  |                |                   |                             |                                  | ACC            | 2                 | 6,40 - 6,47               |
| 6          | PA                        | CQT            | 4                 | 2,20 - 2,83               | PA                               | CQT            | 2                 | 5,36 - 5,33                 |                                  | CQT            | 4                 | 2,49 - 3,10               |
|            | PA                        | ACC            | 4                 | 4,27 - <b>4,66</b> - 5,10 | PA                               | ACC            | 6                 | 8,67 - <b>48,90</b> - 60,54 |                                  | ACC            | 4                 | 4,53 - <b>4,94</b> - 5,70 |

TABLEAU VI

Concentrations ambiantes en cobalt et manganèse - Résultats en mg/m<sup>3</sup> des mesures à poste fixe (PA) et des mesures individuelles (PI) dans les entreprises en activité restreinte  
Cobalt and manganese ambient concentrations – Results in mg/m<sup>3</sup> of measurements at fixed stations (PA) and individual measurements (PI) at companies operating at reduced capacity

| Entreprise | Poste de travail          |         |                 |                                |                                  |         |                 |         |                                  |         |                 |                              |
|------------|---------------------------|---------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------------------|---------|-----------------|------------------------------|
|            | Pesée – Dosage<br>Mélange |         |                 |                                | Presse à granulés<br>et/ou blocs |         |                 |         | Ensachage sacs<br>et/ou big-bags |         |                 |                              |
|            | Prélèvement               | Élément | Nbre de mesures | Valeurs                        | Prélèvement                      | Élément | Nbre de mesures | Valeurs | Prélèvement                      | Élément | Nbre de mesures | Valeurs                      |
| A          | PA                        | Co      | 12              | < 0,001                        |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 8               | < 0,001                      |
|            |                           | Mn      | 12              | 0,004 - <b>0,009</b> - 0,037   |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 8               | 0,007 - <b>0,015</b> - 0,062 |
| B          | PA                        | Co      | 12              | 0,001 - <b>0,005</b> - 0,007   |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 8               | 0,003 - 0,004                |
|            |                           | Mn      | 12              | 0,037 - <b>0,070</b> - 0,145   |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 8               | 0,070 - 0,085                |
| B          | PI                        | Co      | 2               | < 0,001 - 0,004                |                                  |         |                 |         | PI                               | Co      |                 |                              |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,059 - 0,095                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      |                 |                              |
| C          | PA                        | Co      | 16              | < 0,001 - <b>0,003</b> - 0,005 |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 4               | < 0,001                      |
|            |                           | Mn      | 16              | 0,014 - <b>0,044</b> - 0,119   |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 4               | 0,028 - 0,031                |
| C          | PI                        | Co      | 1               | 0,004                          |                                  |         |                 |         | PI                               | Co      |                 |                              |
|            |                           | Mn      | 1               | 0,435                          |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      |                 |                              |
| D          | PA                        | Co      | 12              | 0,002 - 0,045                  |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 12              | < 0,001 - 0,001              |
|            |                           | Mn      | 12              | 0,002 - 0,003                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 12              | 0,002 - 0,014                |
| D          | PI                        | Co      | 2               | 0,005 - 0,075                  |                                  |         |                 |         | PI                               | Co      | 2               | 0,0055 - 0,0085              |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,011 - 0,016                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 2               | 0,179 - 0,209                |
| E          | PA                        | Co      | 8               | 0,001 - 0,002                  |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 12              | < 0,001 - 0,006              |
|            |                           | Mn      | 8               | 0,010 - 0,017                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 12              | < 0,001 - 0,014              |
| E          | PI                        | Co      | 3               | 0,003 - 0,0073                 |                                  |         |                 |         | PI                               | Co      | 2               | 0,002 - 0,005                |
|            |                           | Mn      | 3               | 0,010 - 0,049                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 2               | 0,119 - 0,101                |
| F          | PA                        | Co      | 16              | < 0,001 - 0,0015               |                                  |         |                 |         | PA                               | Co      | 4               | 0,001                        |
|            |                           | Mn      | 16              | 0,003 - 0,003                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 4               | 0,54 - 0,078                 |
| F          | PI                        | Co      | 2               | 0,001 - 0,0015                 |                                  |         |                 |         | PI                               | Co      | 2               | 0,001 - 0,005                |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,017 - 0,098                  |                                  |         |                 |         |                                  | Mn      | 2               | 0,063 - 0,140                |

## DISCUSSION

Parmi les douze entreprises concernées, six d'entre elles avaient une activité réduite (lettres A à F dans les tableaux de résultats). Les entreprises en activité normale correspondent aux numéros 1 à 6 dans les tableaux de résultats.

Les procédés mis en œuvre sont comparables dans toutes ces usines. Les postes de travail sont de trois types :

- poste de pesée et mélange ;
- poste des presses à granulés et/ou blocs ;
- poste de conditionnement en sacs ou big-bag.

## EMPOUSSÈREMENT TOTAL À POSTE FIXE ET AU NIVEAU DES VOIES RESPIRATOIRES

Les mesures de la concentration en poussières totales concernent neuf entreprises. Compte tenu du risque de sous-évaluation par simple pesée du filtre, ne prenant pas en compte les dépôts sur

TABLEAU VI BIS

Concentrations ambiantes en cobalt et manganèse - Résultats en mg/m<sup>3</sup> des mesures à poste fixe (PA) et des mesures individuelles (PI) dans les entreprises en activité normale  
 Cobalt and manganese ambient concentrations – Results in mg/m<sup>3</sup> of measurements at fixed stations (PA) and individual measurements (PI) at companies operating at full capacity

| Entreprise | Poste de travail          |         |                 |                                |                                  |         |                 |                              |                                  |         |                 |                              |
|------------|---------------------------|---------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|------------------------------|
|            | Pesée – Dosage<br>Mélange |         |                 |                                | Presse à granulés<br>et/ou blocs |         |                 |                              | Ensachage sacs<br>et/ou big-bags |         |                 |                              |
|            | Prélèvement               | Élément | Nbre de mesures | Valeurs                        | Prélèvement                      | Élément | Nbre de mesures | Valeurs                      | Prélèvement                      | Élément | Nbre de mesures | Valeurs                      |
| 1          | PA                        | Co      | 12              | 0,002 - <b>0,009</b> - 0,018   | PA                               | Co      | 14              | 0,004 - <b>0,013</b> - 0,015 | PA                               | Co      | 2               | 0,002 - 0,002                |
|            |                           | Mn      | 12              | 0,131 - <b>0,248</b> - 0,313   |                                  | Mn      | 14              | 0,228 - <b>1,063</b> - 1,535 |                                  | Mn      | 2               | 0,151 - 0,14                 |
| 1          | PI                        | Co      | 2               | 0,033 - 0,0381                 | PI                               | Co      | 2               | 0,009 - 0,012                | PI                               | Co      |                 |                              |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,960 - 2,21                   |                                  | Mn      | 2               | 0,662 - 1,122                |                                  | Mn      |                 |                              |
| 2          | PA                        | Co      | 8               | < 0,002                        | PA                               | Co      | 6               | < 0,002                      | PA                               | Co      | 4               | < 0,002                      |
|            |                           | Mn      | 8               | 0,017 - <b>0,043</b> - 0,053   |                                  | Mn      | 6               | < 0,001                      |                                  | Mn      | 4               | < 0,001                      |
| 2          | PI                        | Co      | 2               | < 0,002                        | PI                               | Co      | 2               | < 0,002                      | PI                               | Co      | 2               | < 0,002                      |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,011 - 0,072                  |                                  | Mn      | 2               | < 0,001 - 0,001              |                                  | Mn      | 2               | < 0,001 - 0,040              |
| 3          | PA                        | Co      | 38              | < 0,001 - <b>0,009</b> - 0,109 | PA                               | Co      |                 |                              | PA                               | Co      | 12              | < 0,001 - 0,001              |
|            |                           | Mn      | 38              | 0,010 - <b>1,006</b> - 2,920   |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      | 12              | 0,019 - <b>0,070</b> - 0,092 |
| 3 bis      | PA                        | Co      | 10              | < 0,002                        | PA                               | Co      |                 |                              | PA                               | Co      | 4               | < 0,002                      |
|            |                           | Mn      | 10              | 0,008 - <b>0,039</b> - 0,074   |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      | 4               | 0,037 - <b>0,051</b> - 0,055 |
| 3 bis      | PI                        | Co      |                 |                                | PI                               | Co      |                 |                              | PI                               | Co      | 1               | < 0,001                      |
|            |                           | Mn      |                 |                                |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      | 1               | 0,131                        |
| 4          | PA                        | Co      | 7               | < 0,001                        | PA                               | Co      | 2               | < 0,001                      | PA                               | Co      | 10              | < 0,001                      |
|            |                           | Mn      | 7               | 0,005 - <b>0,007</b> - 0,015   |                                  | Mn      | 2               | 0,003 - 0,003                |                                  | Mn      | 10              | 0,006 - <b>0,013</b> - 0,016 |
| 4          | PI                        | Co      | 2               | < 0,001-0,002                  | PI                               | Co      |                 |                              | PI                               | Co      |                 |                              |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,22 - 0,29                    |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      |                 |                              |
| 5          | PA                        | Co      | 13              | 0,001 - <b>0,010</b> - 0,012   | PA                               | Co      |                 |                              | PA                               | Co      | 3               | 0,001 - 0,002                |
|            |                           | Mn      | 13              | 0,026 - <b>0,084</b> - 0,244   |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      | 3               | 0,018 - 0,025                |
| 5          | PI                        | Co      | 2               | 0,011 - 0,057                  | PI                               | Co      |                 |                              | PI                               | Co      |                 |                              |
|            |                           | Mn      |                 | 0,194 - 0,570                  |                                  | Mn      |                 |                              |                                  | Mn      |                 |                              |
| 6          | PA                        | Co      | 8               | 0,002 - <b>0,035</b> - 0,058   | PA                               | Co      | 8               | 0,003 - 0,004                | PA                               | Co      | 8               | 0,001 - 0,002                |
|            |                           | Mn      | 8               | 0,056 - <b>0,174</b> - 0,188   |                                  | Mn      | 8               | 0,058 - <b>0,185</b> - 0,231 |                                  | Mn      | 8               | 0,017 - <b>0,027</b> - 0,033 |
| 6          | PI                        | Co      | 2               | 0,012 - 0,026                  | PI                               | Co      | 3               | 0,002 - 0,006                | PI                               | Co      | 7               | 0,001 - 0,005                |
|            |                           | Mn      | 2               | 0,129 - 0,154                  |                                  | Mn      | 3               | 0,036 - 0,095                |                                  | Mn      | 7               | 0,010 - <b>0,069</b> - 0,120 |

les parois des cassettes, ces mesures n'ont qu'une valeur indicative (résultats par défaut – tableau V). On note que, dans cinq entreprises, des dépassements de la valeur de 10 mg/m<sup>3</sup> préconisée par le ministère du Travail sont observés à poste fixe et au niveau des voies respiratoires des salariés notamment :

| Poste de mélange             |  |
|------------------------------|--|
| usine 5                      | 1 mesure ambiante sur 10 (11,3 mg/m <sup>3</sup> )<br>1 mesure individuelle sur 2 (25,5 mg/m <sup>3</sup> )                    |
| Poste d'ensachage            |  |
| usine D                      | 4 mesures ambiantes sur 10 (de 10 à 18 mg/m <sup>3</sup> )   |
| usine E                      | 1 mesure individuelle sur 3 (14,53 mg/m <sup>3</sup> )   |
| Poste d'ensachage            |  |
| usine F                      | 1 mesure individuelle sur 2 (19,25 mg/m <sup>3</sup> )   |
| usine 6                      | 3 mesures individuelles sur 7 (10,11 à 15,8 mg/m <sup>3</sup> )  |
| Poste des presses à granulés |  |
| usine 6                      | 2 mesures individuelles sur 3 (12,12 et 13,56 mg/m <sup>3</sup> )<br>5 mesures ambiantes sur 8 (10 à 60,54 mg/m <sup>3</sup> ) |

Dans toutes ces unités de production, la réduction de l'empoussièrement général suppose une modification du matériel existant ou la mise en place d'un matériel d'aspiration neuf.

### COMMENTAIRES

On notera que les mesures d'empoussièrement total, réalisées dans des usines en activité réduite, et celles réalisées en activité normale sont du même ordre de grandeur. Les prélèvements de poussières ont été réalisés aux postes de travail sur des durées plus courtes, avec mise en œuvre de moindres quantités d'oligo-éléments.

| Poste de travail : vrac |    |    |   |                 |
|-------------------------|----|----|---|-----------------|
| 2                       | PA | Co | 7 | < 0,002         |
|                         |    | Mn | 7 | < 0,001         |
| 2                       | PI | Co | 3 | < 0,002         |
|                         |    | Mn | 3 | < 0,001 - 0,003 |

### CONCENTRATIONS AMBIANTES EN COBALT ET MANGANÈSE

Pour le cobalt, il n'existe pas de valeur de moyenne d'exposition (VME) française correspondant aux composés inorganiques du cobalt. La valeur limite de l'ACGIH de 0,020 mg/m<sup>3</sup> est donc la valeur seuil de référence, utilisée à titre indicatif pour discuter les résultats.

Pour le manganèse, il existe une valeur limite française (VME) de 1 mg/m<sup>3</sup> qui n'a pas évolué de longue date. Aux États-Unis, cette valeur limite de 1 mg/m<sup>3</sup> a été abaissée à 0,2 mg/m<sup>3</sup>

(TLV) compte tenu de la prise en compte par l'ACGIH des atteintes neurologiques attribuées aux composés inorganiques du manganèse. Cette valeur a été retenue comme référence et est utilisée à titre indicatif pour discuter les résultats.

#### Dans les entreprises en activité réduite (usines A à F – Tableau VI)

En ce qui concerne les résultats obtenus dans les entreprises en activité réduite, il faut distinguer les concentrations en cobalt et manganèse obtenues à poste fixe et par prélèvement individuel.

##### Mesures à poste fixe

Sur les 124 mesures effectuées à poste fixe dans les six entreprises en activité réduite, les concentrations ambiantes en cobalt et manganèse sont toutes très inférieures aux valeurs limites d'exposition (TLV de l'ACGIH). Toutefois, dans les entreprises B et C, on relève respectivement un et quatre résultats qui dépassent la moitié de la TLV du manganèse, dans les activités de mélange et d'ensachage.

##### Mesures au niveau des voies respiratoires

Les mesures individuelles d'exposition au cobalt (seize mesures réalisées) donnent des résultats inférieurs à la moitié de la TLV américaine de 0,020 mg/m<sup>3</sup>, sauf dans l'entreprise D où un résultat de 0,075 mg/m<sup>3</sup> a été relevé (ce dernier est probablement dû à une projection de poussières dans l'échantillonneur pendant la mesure).

Les mesures correspondantes de la concentration en manganèse atteignent ou dépassent la moitié de la TLV de l'ACGIH à raison de huit mesures sur seize (usines B, C, D, E, F). Parmi elles, deux dépassent la TLV américaine de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Ces résultats sont d'autant plus significatifs qu'ils ont été obtenus dans des ateliers en activité réduite, aux postes de mélange et aux postes d'ensachage.

#### Dans les entreprises en activité normale (usines n° 1 à 6 – Tableau VI bis)

De même que pour les résultats obtenus dans les entreprises en activité réduite, il faut distinguer les concentrations en cobalt et manganèse observées à poste fixe et par prélèvement individuel.

##### Mesures à poste fixe

En ce qui concerne le cobalt, sur l'ensemble des 174 mesures effectuées à poste fixe, 33 (18 %) atteignent ou dépassent la moitié de la TLV américaine de

0,020 mg/m<sup>3</sup>. Parmi elles, une seule dépasse la valeur seuil de 0,020 mg/m<sup>3</sup>.

En ce qui concerne le manganèse, sur l'ensemble des 174 mesures effectuées, 47 (27 %) atteignent ou dépassent la moitié de la TLV américaine de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Dans ce groupe, 38 mesures (21 %) dépassent la TLV américaine de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. On relève huit dépassements de la VME française de 1 mg/m<sup>3</sup>.

##### Mesures au niveau des voies respiratoires

En ce qui concerne le cobalt, sur les 32 mesures effectuées, on relève huit dépassements de la moitié de la TLV américaine de 0,020 mg/m<sup>3</sup> ; quatre d'entre elles dépassent cette même valeur seuil de 0,020 mg/m<sup>3</sup>.

En ce qui concerne le manganèse, on observe que quatorze résultats dépassent la moitié de la TLV américaine de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Parmi eux, sept résultats dépassent la VME française de 1 mg/m<sup>3</sup>.

### COMMENTAIRES

Dans les entreprises en activité réduite (usines A à F), aucun risque avéré lié aux poussières de cobalt n'a été mis en évidence. Cependant, compte tenu de la fréquence des dépassements de la moitié de la valeur limite américaine du manganèse (une mesure individuelle sur deux), il existe un risque potentiel au plan neurotoxique lié au contact avec les sels et oxydes de cet élément. Pour confirmer ces résultats dans les entreprises concernées, des prélèvements d'atmosphère en activité normale doivent être effectués.

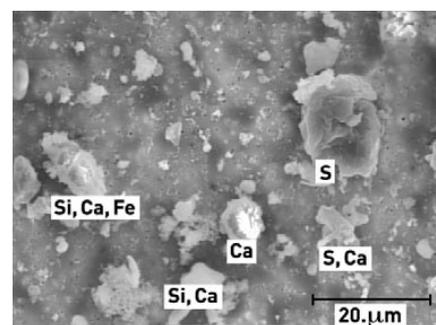
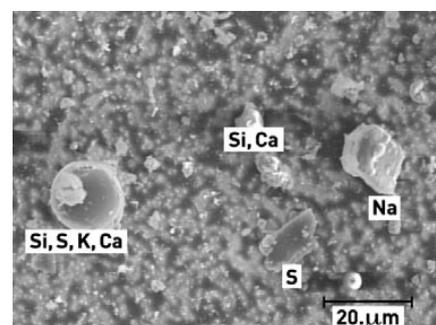
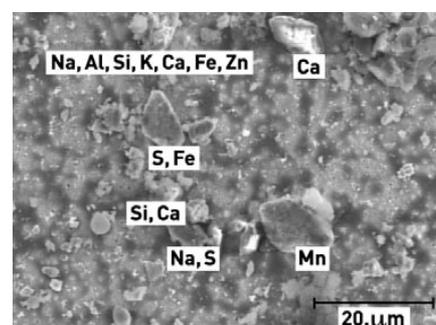
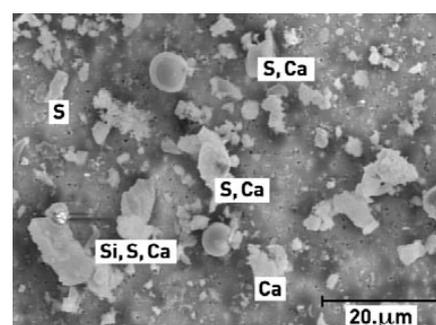
Dans les entreprises en activité normale (usines 1 à 6), on note que 18 à 25 % des résultats des mesures à poste fixe et/ou individuelles dépassent la moitié de la valeur limite américaine du cobalt. On note que cinq résultats dépassent la TLV de 0,020 mg/m<sup>3</sup>. Parallèlement, plus du quart des résultats des mesures à poste fixe dépassent la moitié de la TLV du manganèse, avec un net dépassement du seuil de 0,2 mg/m<sup>3</sup> pour un poste fixe sur cinq. La fréquence des dépassements de la moitié de la TLV et de la TLV du manganèse est encore plus élevée pour les prélèvements individuels (respectivement 40 et 20 %), ce qui confirme un risque toxique lié à la présence de composés minéraux du manganèse dans les aérosols présents dans l'air des usines n° 1 à 6.

## OBSERVATIONS EN MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE DE POUSSIÈRES PRÉLEVÉES SUR FILTRE NUCLÉPORE

### Dans les entreprises en activité réduite

Trois usines (D, E et F) ont donné lieu à ce type d'investigations.

Les clichés montrent des particules appartenant à la fraction inhalable de l'aérosol, les plus grosses étant constituées d'amas. L'identification des métaux met en évidence les éléments silicium, potassium, calcium, magnésium, aluminium et, parmi les oligo-éléments, le fer et le manganèse.



### Dans les entreprises en activité normale

Trois usines (n° 3, 4, 5) ont donné lieu à des prélèvements sur filtre Nucléopore pour observation en microscopie électronique. Les résultats de ces observations ressemblent à ceux obtenus dans des entreprises en activité réduite : les particules prélevées appartiennent à la fraction inhalable. Les métaux identifiés sont les macro éléments : silicium, potassium, calcium, magnésium, aluminium, zinc, et les oligo-éléments : fer et manganèse.

### CONCLUSION

Cette enquête, menée au sein de douze usines spécialisées dans la fabrication d'aliments pour animaux, a mis en évidence, dans six d'entre elles en activité normale, un risque toxique potentiel lié aux sels de cobalt et de manganèse, substances ajoutées comme oligo-éléments aux aliments minéraux et végétaux. Plus du quart des mesures effectuées aux postes de mélange, presse et ensachage mettent en évidence des

dépassements des valeurs seuils préconisées par l'ACGIH pour les composés minéraux du cobalt et du manganèse. L'amélioration des moyens de prévention technique existants (aspirations, captage à la source) apparaît donc nécessaire. De plus, en abaissant les niveaux d'empoussièrement général, on diminuera à la fois le risque d'exposition potentiel aux composés du cobalt et du manganèse et le risque d'exposition aux autres additifs tels que vitamines, antibiotiques, enzymes, etc., pour lesquels on ne dispose pas encore de méthodes de contrôle.

Reçu le : 23/01/2004

Accepté le : 23/03/2004

## ANNEXES

| 70 ter  |  | RÉGIME GÉNÉRAL  |
|---|--|---|
| Affections cancéreuses broncho-pulmonaires primitives causées par l'inhalation de poussières de cobalt associées au carbure de tungstène avant frittage |  |   |
| Date de création : 9 mars 2000<br>(décret du 7 mars 2000)   |  | Dernière mise à jour : .....  |
| Désignation des maladies  | Délai de prise en charge   | Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies  |
| Cancer broncho-pulmonaire primitif  | 35 ans<br>(sous réserve<br>d'une exposition<br>de 5 ans minimum) | Travaux exposant à l'inhalation associée de poussières de cobalt et de carbure de tungstène dans la fabrication des carbures métalliques à un stade avant le frittage (mélange de poudres, compression, rectification et usinage du préfritté). |

| 39  |                          | RÉGIME GÉNÉRAL   |
|---|--------------------------|--|
| Maladies professionnelles engendrées par le bioxyde de manganèse  |                          |  |
| Date de création : 9 janvier 1958<br>(décret du 26 décembre 1957) |                          | Dernière mise à jour : .....   |
| Désignation des maladies  | Délai de prise en charge | Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies   |
| Syndrome neurologique du type parkinsonien                        | 1 an                     | Extraction, concassage, broyage, tamisage, ensachage et mélange à l'état sec du bioxyde de manganèse, notamment dans la fabrication des piles électriques.<br>Emploi du bioxyde de manganèse pour le vieillissement des tuiles.<br>Emploi du bioxyde de manganèse pour la fabrication du verre.<br>Broyage et ensachage des scories Thomas renfermant du bioxyde de manganèse. |

## BIBLIOGRAPHIE

[1] MOULIN J.-J., PERDRIX A., LASFARGUES G., ROMAZINI S., BOZEC C., DEGUERRY P., PELLET F., PELTIER A., WILD P. – Étude épidémiologique de mortalité dans l'industrie protectrice de métaux durs en France. INRS, *Cahiers de Notes Documentaires*, 1997, **168**, ND 2057, p. 411-428.

[2] PELTIER A., GUILLEMIN C., ELCABACHE J.-M. – Bilan des mesures effectuées dans neuf usines productrices de métaux durs – Contribution à une étude épidémiologique. INRS, *Cahiers de Notes Documentaires*, 1997, **168**, ND 2058, p. 429-440.

[3] NTP Technical Report on the toxicology and carcinogenesis studies of cobalt sulfate hepta hydrate in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation studies). NTP, TR471, NIH Publication n°96-3961, US Department of health and human services Public Health Service - National Institutes of Health.

[4] Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction – classification réglementaire. INRS, *Cahiers de Notes Documentaires*, 2002, **187**, ND 2168, p. 5-59.

[5] Documentation of TLVs and BEIs – 7th Edition ACGIH 2001 – Manganese and inorganic Compounds.

[6] Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS, *Cahiers de Notes Documentaires*, mise à jour janvier 2004, **174**, ND 2098, p. 1-19.

[7] MétroPol – Métrologie des Polluants. Recueil de méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques, INRS. <http://www.inrs.fr> - édition 2003.