

Santé travail

Matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de ciment

Éléments techniques sur l'exposition
professionnelle aux poussières de ciment

1. Définitions	2
2. Production et utilisations	3
2.1. Production	3
2.2. Utilisations	4
2.2.1. Béton prêt à l'emploi	4
2.2.2. Éléments préfabriqués en béton	4
2.2.3. Bétons et mortiers sur chantier	4
2.2.4. Les différentes sortes de ciment et leurs utilisations	5
2.3. Les secteurs d'activité	6
2.4. Les professions	6
3. Effets sur la santé	6
4. Réglementation	6
5. Matrice emplois/expositions aux poussières alvéolaires de ciment	7
5.1 Structure de la matrice	7
5.1.1 Périodes d'exposition	7
5.1.2 Indices d'évaluation de l'exposition	8
5.1.3 Classifications utilisées	10
5.2 Spécificité de la matrice	10
5.2.1 Version CITPxNAF	10
5.2.2 Version CITPxCiti	11
5.2.3 Version PCSxNAF	11
Références bibliographiques	12

Matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de ciment

Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux poussières de ciment

Document rédigé par Laurène Delabre¹, Anne Thuret¹, Corinne Pilorget^{1,2}, Joëlle Févotte^{1,2}.

Groupe de travail Matgéné

1/Département santé travail, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice

2/Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport, travail et environnement Inrets/UCBL/InVS, Lyon

Ce guide a pour but de présenter la matrice emplois-expositions spécifique des poussières alvéolaires de ciment développé par le Département santé travail (DST) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Umrestte (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en Transport Travail Environnement, Inrets/UCBL/InVS) et de donner des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à cette nuisance en France. La matrice est disponible sur le site internet de l'InVS dans trois versions de nomenclatures (CITP1968xCiti1975, PCS1994xNAF2000, CITP1968xNAF2000) ainsi qu'une plaquette synthétique de présentation.

1. Définitions

LE CIMENT [1,2]

« Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire un matériau minéral finement moulu qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réaction et de processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. » (Norme NF EN 197-1).

Le ciment Portland classique (N° CAS : 65977-15-1) est composé :

- d'oxyde de calcium : 60 à 70 % ;
- de silice totale (y compris 5% au maximum de silice libre) : 19 à 24 % ;
- d'oxyde d'aluminium : 4 à 7 % ;
- d'oxyde ferrique : 2 à 6 % ;
- d'oxyde de magnésium : <5 % ;
- de traces de chrome hexavalent, de cobalt, de nickel.

Son procédé de fabrication est détaillé dans le chapitre suivant.

Le ciment est un constituant de base du **béton** et du **mortier** (dont les définitions sont données ci-après), auxquels il donne en partie leurs propriétés (béton à prise rapide, à usages spéciaux...).

Traduction anglaise : cement

CLINKER

Le clinker est un matériau obtenu par calcination à 1450°C d'un mélange de calcaire et d'argile constituant la base du ciment. La fabrication est détaillée dans le chapitre suivant.

BÉTON

Il s'agit d'un matériau de construction obtenu par agrégation de granulats, de sable au moyen d'un liant (ciment) et d'eau pour hydrater ce liant. La proportion de ciment varie selon le résultat voulu (plus le béton doit être résistant, plus il y a de ciment). Différents adjuvants peuvent être ajoutés selon les contraintes : antigel, retardateur ou accélérateur de prise, fluidifiant, hydrofuge...

Lorsqu'il est humide, le béton est très basique.

Traduction anglaise : concrete

MORTIER

A la différence du béton, le mortier ne contient pas de granulats mais seulement du sable, ce qui donne un résultat plus fin. Il est donc utilisé pour des travaux pour lesquels l'état de surface est important.

Traduction anglaise : mortar

Par la suite dans ce document, le terme 'béton' sera utilisé indifféremment pour le béton ou pour le mortier.

2. Production et utilisations

Les chaux hydrauliques obtenues par calcination à une température supérieure à 900°C ont été utilisées depuis l'Antiquité. Ce n'est qu'en 1817 que cette propriété d'hydraulicité du mélange calciné constitué de calcaire et d'argile est expliquée par les travaux de Louis Vicat. En 1824, l'anglais Joseph Aspdin fait breveter le « ciment portland » et marque le début de l'ère industrielle de la production du ciment.

2.1. PRODUCTION

Le ciment est fabriqué dans une cimenterie.

Le processus de fabrication du ciment Portland (le plus utilisé) est donné ci-dessous [3,4].

1^{ère} étape : extraction de la matière première dans une carrière et préparation du cru

Les matières premières entrant dans la fabrication du ciment sont essentiellement du calcaire (80 %) et de l'argile (20 %). Elles sont extraites des carrières puis amenées jusqu'à l'usine où elles sont concassées. De la silice, de l'alumine et de l'oxyde de fer peuvent être ajoutés pour assurer une même qualité du mélange indépendamment de la qualité de la matière première. La matière première est homogénéisée et séchée : c'est l'étape du broyage à la fin de laquelle on obtient de la farine crue, également appelée 'le cru'.

Composition du cru :

- carbonate de calcium (CaCO_3): 77 à 83 % ;
- silice totale (SiO_2) : 13 à 14 % ;
- alumine (Al_2O_3) : 2 à 4 % ;
- oxyde ferrique (Fe_2O_3) : 1,5 à 3 %.

2^{ème} étape : cuisson pour obtention du clinker

Cette farine doit ensuite être cuite dans un four. Trois méthodes sont possibles, de la plus ancienne à la plus récente :

- 1- **La voie humide** qui est amenée à disparaître car elle consomme de 30 à 40 % d'énergie en plus par rapport à la voie sèche. La farine crue est transformée en *pâte liquide* par ajout d'eau puis broyage et malaxage avant d'être introduite directement dans un four qui sera alors plus long (jusqu'à 200 m contre 80 m pour les autres méthodes). Ce procédé consomme beaucoup de combustible pour évaporer l'eau excédentaire : c'est pourquoi avec le 1^{er} choc pétrolier de 1973, les procédés par voie sèche et semi-sèche lui sont préférés car ils sont plus économiques en besoin énergétique.
- 2- Pour **la voie semi-sèche (ou semi-humide)**, la farine est agglomérée en *granules* de 10 à 20 mm de diamètre par humidification. Ces granules passent d'abord un échangeur à grille (tour de préchauffage où les granules sont mises en couche et chauffées par un gaz chaud) puis dans un four.
- 3- La farine peut être introduite dans le four sous *forme pulvérulente* : il s'agit de **la voie sèche**. Dans ce cas, elle passera d'abord dans un échangeur à cyclone (tour de préchauffage où les particules en suspension sont chauffées à 800°C grâce à un gaz chaud) puis dans un four rotatif à 1450°C. C'est le procédé le plus récent et le plus répandu car il consomme moins d'eau et moins d'énergie que les deux autres. Le surplus de poussières qu'il génère a été limité grâce aux avancées technologiques en matière de sécurité (électrofiltres...). Des filtres cyclones, puis des filtres multicyclones et enfin de puissants dépoussiéreurs électrostatiques, mis au point depuis quelques années, sont généralement installés à la base des cheminées d'évacuation des gaz, tandis que d'autres sont édifiés aux points critiques de l'usine.

A la sortie du four, la farine crue a été transformée en clinker (par décarbonatation du carbonate de calcium qui donne la chaux vive qui elle-même se combine à la silice et à l'alumine par clinkérisation). Le clinker est donc un mélange de différents silicates et ferro-aluminate de calcium. Le clinker est alors refroidi très rapidement.

Les fours peuvent être approvisionnés de différentes manières : coke de pétrole (50 %), charbon (9 %), fuel (2 %), gaz (0,5 %), combustibles de substitution (28 %), brais et divers (10,5 %) [5].

Le passage de la voie humide à la voie sèche s'est opéré en France dès la fin des années 70. Selon une communication personnelle, 55 % des usines françaises de fabrication du ciment employaient en 2004 la voie sèche, les autres usines utilisaient la voie semi-sèche et il ne resterait qu'une seule usine utilisant toujours la voie humide.

3^{ème} étape : broyage du clinker et ajout d'additifs pour obtenir le ciment

Le clinker se présente alors sous forme de blocs qui doivent être broyés. Du gypse et des constituants secondaires (pigments, résines, laitiers des hauts fourneaux, pouzzolanes) peuvent être ajoutés pour donner au ciment des propriétés spécifiques. Il est ensuite broyé très finement (grains inférieurs à 40 microns) à l'aide d'un broyeur à boulets.

4^{ème} étape : conditionnement et expédition

Le ciment est ensuite conditionné pour être expédié sur le lieu d'utilisation.

En 2005, 75 % du ciment étaient envoyés en vrac, le reste en sac de 25, 35 ou 50kg. Le transport se fait principalement par voie routière (88 %), la voie ferroviaire ou fluviale et maritime ne représentant que 7 % et 5 % respectivement [5].

Sur les 20 millions de tonnes de ciment consommées chaque année en France depuis la seconde moitié des années 90, 10 % sont issus de l'importation. Dans les années 70, la production de ciment atteignait les 30 millions de tonnes. Cette production a chuté à environ 22 millions de tonnes en 1986 et a augmenté à la fin des années 80 (au-delà des 25 millions de tonnes) pour diminuer de nouveau au début des années 90. Il existe aujourd'hui quatre grands fabricants de ciment : Calcia, Holcim, Lafarge et Vicat. Ces entreprises comptaient en 2005 près de 5 100 salariés répartis dans les 33 cimenteries et les 6 centres de broyage.

En 2003, la proportion des ouvriers de l'industrie cimentière avait diminué (26 % des effectifs) au profit des ETAM (employés, techniciens, dessinateurs, agents de maîtrise) qui représentaient 53 % des effectifs. Les ingénieurs et les cadres (un peu moins de 19 %) étaient en proportion stable. La répartition des effectifs était la suivante : 78 % en usine, 21 % aux sièges sociaux et 1 % en laboratoires centraux.

2.2. UTILISATIONS

Le ciment est utilisé dans le bâtiment, les travaux publics (routes, ponts, tunnels) ainsi que pour la fabrication d'éléments préfabriqués (poteaux, dalles, éléments d'ouvrage d'art...). Les deux-tiers du ciment sont utilisés dans le secteur du bâtiment et le dernier tiers dans les travaux publics.

Le ciment peut arriver en l'état sur le chantier ou être transformé en béton prêt à l'emploi avant d'y parvenir ou encore être transformé en élément préfabriqué en béton avant d'être utilisé sur les chantiers.

2.2.1. Béton prêt à l'emploi

L'appellation « béton prêt à l'emploi » (BPE) est réservée au béton préparé en usine dans des installations fixes (centrale à béton) et transporté jusqu'au lieu d'utilisation dans des camions malaxeurs (camions toupie). Le ciment arrive en vrac dans l'usine, où il est mélangé à différents constituants standards ou adaptés aux spécifications de l'ouvrage.

En 2005, la filière de BPE comptait 542 entreprises pour un effectif total de 7 914 personnes [6].

2.2.2. Éléments préfabriqués en béton

Dans les usines d'éléments préfabriqués en béton (EPB), le ciment peut arriver en vrac ou sous forme de BPE pour être mélangé à des gravillons de différentes granulométries ou des fibres avant ou pendant la phase d'humidification. Le mélange est alors coulé mécaniquement dans des moules pour obtenir les formes voulues puis soumis à une presse ou réparti et taloché manuellement sur des tables vibrantes. Après démoulage, les EPB sont séchés en étuve puis stockés avant d'être expédiés en palette sur les chantiers ou les commerces de gros [7].

En 2004, les usines d'EPB comptaient 713 entreprises sur 952 sites de production. L'effectif total était de 19 400 personnes dans ce secteur et l'effectif moyen par entreprise était de 18 salariés ; 80 % des entreprises ont un effectif de moins de 10 salariés [8].

2.2.3. Bétons et mortiers sur chantier

Pour le secteur du BTP, le ciment peut arriver en vrac ou en sac. Il peut être utilisé :

- dans une bétonnière ou une centrale mobile à béton si la fabrication est mécanique ;
- dans une auge, dans un contenant de plus grande capacité (brouette), voire directement sur le sol selon la quantité nécessaire si la préparation est manuelle.

Pour les chantiers de grandes dimensions, d'accès difficiles ou exigus, il peut être utilisé du BPE, issu directement d'usine de fabrication de BPE, auquel peuvent être ajoutés sur place des additifs.

Actuellement, les ciments courants sont employés principalement sous forme de :

- bétons prêts à l'emploi fabriqués en usine (47 %) ;
- bétons et mortiers réalisés sur chantier (32 %) ;
- éléments préfabriqués (18 %) ;
- mortiers industriels ou produits en fibres ciment (3 %) [9].

2.2.4. Les différentes sortes de ciment et leurs utilisations

Il existe plusieurs sortes de ciments :

- **Les ciments courants ou ciments CEM (conformes à la norme EN 197-1) : en 2000, ils représentent 92 % de la production nationale [10]**

Le ciment Portland CEM I : 95 % de clinker + 5 % de constituants secondaires

Utilisation : tous travaux en béton armé ou précontraint, coulés sur place ou en préfabriqués. Ils permettent un décoffrage et une mise en service rapide. Il représente 33 % de la consommation totale de ciment.

Le ciment Portland composé CEM II : 65 % min de clinker

Utilisation : bétons d'ouvrages courants en élévation, dallages, maçonneries, stabilisation des sols. Il représente 53 % de la consommation totale de ciment.

Le ciment des hauts-fourneaux CEM III : 5 à 64 % de clinker. Les autres constituants sont entre autres le laitier granulé de haut fourneau qui provient de la partie supérieure de la fusion de minerai de fer.

Utilisation : ouvrages situés en milieux agressifs, travaux souterrains, ouvrages pour eaux usées ou industrielles, travaux à la mer.

Le ciment pouzzolanique CEM IV : 45 à 89 % de clinker. La pouzzolane naturelle (roche extraite de la ville de Pouzzoles, située à proximité de Naples) ou calcinée qui est ajoutée au clinker est une substance siliceuse ou silico-alumineuse d'origine volcanique ou de roches sédimentaires composés de SiO_2 et de Al_2O_3 .

Utilisation : idem CEM III.

Le ciment au laitier et aux cendres CEM V : 20 à 64 % de clinker + 18 à 50 % de cendres volantes ou de laitier provenant des fumées des chaudières au charbon pulvérisé.

Utilisation : idem CEM III.

- **Les ciments spéciaux**

Le ciment blanc : caractéristiques analogues aux ciments CEM I et CEM II.

Il s'agit d'un ciment fait à base de calcaire très pur (par exemple, il ne contient pas d'oxyde de fer). De plus, son refroidissement après cuisson se fait par trempage dans l'eau puis séchage pour éviter qu'il ne perde sa couleur.

Utilisation : réalisations architecturales en béton caractérisées par des finitions de surface uniformes, blanches ou aux couleurs chaudes ou claires.

Le ciment à maçonner : mélange de ciments Portland, de gypse, de calcaire, adjuvants divers.

Utilisation : confection des mortiers, des chapes et des enduits.

Le ciment prompt : riche en hydroxyde de calcium.

Utilisation : mortier de scellement à prise ultra rapide.

Le ciment fondu : fusion de calcaire et de bauxite.

Utilisation : ouvrage exigeant une résistance élevée à court terme, devant subir des chocs thermiques (barbecue, âtres et conduits de cheminées), bétonnage par temps froid.

- **Les ciments hors normes**

Les alumineux constituent des mortiers ou bétons de très grande résistance initiale. Ils sont formés d'un mélange de pierre à chaux + argile à haute teneur en oxyde d'aluminium, sans adjuvants d'expansion. Ils sont cuits à 1400°C.

La majorité de la production (70% environ) des ciments spéciaux et hors normes est livrée en vrac à destination des gros utilisateurs (BTP, usine de fabrication de béton prêt à l'emploi et usine d'éléments préfabriqués), le reste est mis en sacs (de 25 ou 35 kg) pour le négoce professionnel ou particulier (grandes surfaces de bricolage).

2.3. LES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Les secteurs d'activité concernés par l'utilisation de ciment et l'exposition aux poussières de ciment sont :

- la fabrication de ciment et d'éléments préfabriqués en béton ;
- le secteur du bâtiment et des travaux publics ;
- le commerce en gros de matériaux de construction.

2.4. LES PROFESSIONS

Les principales professions concernées par l'utilisation du ciment et l'exposition aux poussières de ciment sont :

- les ouvriers des cimenteries et de fabrication d'éléments préfabriqués en béton ;
- les ouvriers du BTP ;
- les architectes, ingénieurs civils...

3. Effets sur la santé

Les principaux risques liés à l'utilisation des ciments sont les effets sur la peau, dont il existe deux types : les phénomènes irritatifs liés au caractère basique, abrasif et hygroscopique du ciment et les phénomènes allergiques en raison de la présence de chrome¹, nickel ou cobalt.

Le ciment est d'ailleurs reconnu comme étant à l'origine de maladies professionnelles qui sont classées sous les tableaux n°14 du régime agricole (RA) et n°8 du régime général (RG).

- RA14 : « affections causées par les ciments » : ulcérations, dermites primitives, pyodermite, blépharite, conjonctivite, lésions eczématiformes.
- RG8 : « affections causées par les ciments » : ulcérations, pyodermite, dermites eczématiformes, blépharite, conjonctivite.

D'autres effets pourraient également être liés à la manipulation du ciment : affections de l'appareil respiratoire (bronchite chronique, pneumoconiose, silicose), troubles digestifs (ulcères gastro-duodénaux), atteintes rhumatismales et nerveuses (arthrite, rhumatisme), risque cancérigène dû à la manipulation des produits secondaires contenus dans le ciment (silice, chrome...).

Le ciment (aussi bien son utilisation que sa fabrication) n'a pas été évalué par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ), ni classé par la communauté européenne.

4. Réglementation

Le ciment n'étant pas considéré comme une pollution spécifique, c'est l'article R232-5-5 du code du travail qui s'applique. Les valeurs moyennes d'exposition (8 heures d'exposition par jour) sont donc de :

- 10 mg/m³ pour les poussières totales
- 5 mg/m³ pour les poussières alvéolaires ;

Ces valeurs sont les mêmes au Canada et aux Etats-Unis (NIOSH).

¹ Cette allergie au chrome VI a été réduite par l'adjonction de sulfate de fer dans le ciment.

5. Matrice emplois/expositions aux poussières alvéolaires de ciment

La matrice emplois-expositions aux poussières de ciment concerne l'exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de tout type de ciment. Cette matrice recense tous les emplois exposés à une période donnée aux poussières alvéolaires de ciment et leur attribue des indices d'exposition (probabilité, fréquence, intensité et pic) qui seront décrits dans le paragraphe 5.1.2. Un emploi est défini comme une profession exercée dans un secteur d'activité. Les codes et intitulés des professions et des activités sont issus des nomenclatures nationales et internationales décrites dans le paragraphe 5.1.3.

Plusieurs cas se présentent :

- les croisements spécifiques : une évaluation est faite pour une profession donnée dans un secteur donné car l'exposition est spécifique de ce cas (certaines tâches dans une certaine ambiance) ;
- les algorithmes professions : ils permettent d'attribuer automatiquement des indices d'exposition pour des professions exposées quel que soit le secteur d'activité. Cela permet de ne pas faire un croisement spécifique pour chaque secteur d'activité, cela donne une meilleure clarté. Ces algorithmes sont utilisés quand le secteur d'activité n'a pas d'influence sur l'exposition ;
- les algorithmes activités : ils permettent d'attribuer automatiquement des indices d'exposition pour toutes les professions d'un secteur qui n'ont pas fait l'objet d'un croisement spécifique ni d'un algorithme profession car ils n'ont pas de tâches directement exposantes mais ils peuvent être exposés de façon indirecte (travail à proximité d'opérations exposantes).

Lors de l'attribution de l'exposition à un emploi, l'évaluation prioritaire est celle du croisement particulier puis des algorithmes professions et en dernier des algorithmes activité.

La matrice prend en compte l'exposition par voie respiratoire aux poussières alvéolaires de ciment ($\varnothing < 5 \mu\text{m}$). L'exposition cutanée n'est pas évaluée.

Les poussières de ciment se rencontrent lors de la fabrication du ciment ou lors de l'utilisation de celui-ci pour en faire du béton.

Le ciment n'apparaît qu'à partir du moment où la matière première est calcinée, c'est-à-dire transformée en clinker (fin de l'étape n°2). L'exposition aux poussières de ciment ne commence donc qu'à partir de cette étape ou si quelqu'un travaille dans un atelier où se trouve du ciment ou du clinker.

L'exposition se termine lorsque le ciment est transformé en béton. Ainsi, lors de la démolition d'un mur en béton, les personnes ne seront pas exposées à la poussière de ciment mais de béton. Elles ne sont exposées à la poussière de ciment que lorsqu'elles sont amenées à manipuler le ciment.

5.1 STRUCTURE DE LA MATRICE

5.1.1 Périodes d'exposition

La matrice retrace les expositions entre 1945 et 2005 et tient compte des avancées technologiques. Ainsi, la date de 1985 a été retenue pour la modification des procédés en cimenterie.

En effet, comme cela a été expliqué dans le paragraphe sur la fabrication du ciment, plusieurs procédés existent. Les entreprises utilisant initialement la voie humide ont été amenées à la remplacer par la voie sèche suite aux chocs pétroliers de 1973. Cette dernière génère beaucoup plus de poussière et des poussières plus fines, mais elle est couplée à des systèmes de filtration au niveau des points critiques de plus en plus performants. Le niveau d'empoussièrement pour les employés travaillant directement sur la chaîne de fabrication a par conséquent été divisé par 100 en 30 ans. Comme cela a été dit précédemment, le passage de la voie humide à la voie sèche a été opéré en France dès la fin des années 70. Il a été choisi de définir arbitrairement la période de transition entre les procédés par voie humide et par voie sèche en 1985 car l'évolution s'est faite lentement.

La date de 1970 a également été retenue car elle correspond à une amélioration des conditions de travail suite aux mouvements sociaux de 1968 et à la prise de conscience des risques liés au travail. On a considéré qu'après 1970, les niveaux ambiants d'exposition avaient diminué, bien que l'évolution se soit faite progressivement.

Cependant, dans le secteur du BTP, aucune période n'a été retenue pour l'évolution des expositions aux poussières de ciment. En effet, il a été considéré que les tâches exposant à ces poussières n'avaient pas été influencées par ces progrès techniques, ni par les mesures de prévention (par exemple, faire du béton est resté la même tâche). L'utilisation de béton prêt à l'emploi ou d'éléments préfabriqués en béton a plus joué sur la fréquence d'exposition mais les classes de fréquence ne sont pas assez sensibles pour faire ressortir ces différences.

5.1.2 Indices d'évaluation de l'exposition

Quatre indices ont été utilisés pour évaluer l'exposition aux poussières de ciment : la probabilité, la fréquence, l'intensité et la présence de pic.

• **La probabilité** : c'est la proportion de travailleurs de l'emploi concerné exposés aux poussières de ciment. Cette probabilité est découpée en quatre classes :

- entre 1 et 10 % ;
- entre 10 et 50 % ;
- entre 50 et 90 % ;
- >90 %.

• **La fréquence** : elle donne une indication du temps que l'opérateur passe à effectuer les tâches exposantes sur l'ensemble de son temps de travail. Ces tâches peuvent être :

- occasionnelles (entre 1 et 5 % du temps de travail) ;
- intermittentes (entre 5 et 30 %) ;
- fréquentes (entre 30 et 70 %) ;
- permanentes (>70 % du temps de travail).

• **L'intensité** : elle évalue le niveau d'exposition auquel est soumis l'opérateur pendant les tâches exposantes, en fonction de la nature de ces tâches et de son environnement de travail.

Une base de données reprenant les résultats de prélèvements de poussières alvéolaires de ciment a été constituée à partir de la littérature [11-34]. Ces métrologies ont permis de définir cinq niveaux d'exposition intégrant les spécificités de l'exposition par emploi ainsi que les évolutions technologiques.

Le niveau minimum d'exposition a été défini comme le niveau associé à la préparation manuelle en petite quantité (une auge qui correspond à l'utilisation d'1kg de ciment) de béton.

- | | |
|---|---|
| - Niveau 1 : de 0,1 à 0,3 mg/m ³ ; | - Niveau 4 : de 2,5 à 5 mg/m ³ ; |
| - Niveau 2 : de 0,3 à 1 mg/m ³ ; | - Niveau 5 : > 5 mg/m ³ . |
| - Niveau 3 : de 1 à 2,5 mg/m ³ ; | |

Les exemples de tâches associées aux cinq niveaux d'exposition aux poussières alvéolaires de ciment sont donnés dans le tableau suivant :

Niveau	Secteur	Emploi
niveau 1 : 0,1 – 0,3 mg/m ³	Cimenterie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance bureaux (1945-1984) ▪ Ambiance production (1970-2005) : postes techniques hors production
	Production EPB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance production (1970-1984) : postes techniques hors production
	Bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance chantier de construction <ul style="list-style-type: none"> - professions intervenant sur chantier sans utilisation de ciment
niveau 2 : 0,3 – 1 mg/m ³	Cimenterie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance production (1945-1969) : postes techniques hors production ▪ Ambiance magasin ou cour (1970-2005) <ul style="list-style-type: none"> - conducteurs engins
	Production EPB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance production (1945-1969) : postes techniques hors production ▪ Ambiance magasin (1970-2005) <ul style="list-style-type: none"> - conducteur engins de transport - chargement / déchargement ▪ Ambiance production (1970-2005) <ul style="list-style-type: none"> - mécaniciens machine - agents de maîtrise - manœuvres - nettoyeurs
	Bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation de ciment pour préparation béton <ul style="list-style-type: none"> - maçons - briqueteurs - conducteurs bétonnière
niveau 3 : 1 – 2,5 mg/m ³	Cimenterie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance magasin (1945-1969) <ul style="list-style-type: none"> - conducteur engins de transport ▪ Ambiance production (1985-2005) <ul style="list-style-type: none"> - mécaniciens machine - agents de maîtrise - manœuvres - chargement / déchargement - conducteurs d'engins de terrassement
	Production EPB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance magasin (1945-1969) <ul style="list-style-type: none"> - conducteurs engins de transport - chargement / déchargement ▪ Postes de mélange ciment (1970-2005) ▪ Ambiance production (1945-1969) <ul style="list-style-type: none"> - autres postes de production - mécaniciens machine - agents de maîtrise - nettoyeurs
niveau 4 : 2,5 – 5 mg/m ³	Cimenterie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance production (1970-1984) <ul style="list-style-type: none"> - mécaniciens machine - agents de maîtrise - manœuvres - chargement/déchargement - conducteurs d'engins de terrassement ▪ Postes production (1985-2005) ▪ Nettoyeurs (1985-2005) ▪ Emballeurs ciment (1985-2005)
	Production EPB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Postes de mélange ciment (1945-1969)
niveau 5 : >5 mg/m ³	Cimenterie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ambiance production (1945-1969) <ul style="list-style-type: none"> - tous postes en production - chargement/déchargement ▪ Postes production (1970-1984) ▪ Nettoyeurs (1970-1984) ▪ Emballeurs ciment (1970-1984)

- **L'existence de pics d'exposition** : on considère qu'il y a un pic d'exposition lorsque la tâche entraîne une forte augmentation subite de l'intensité d'exposition (dépassant 15 mg/m³). Cet indice est codé en oui/non.

5.1.3 Classifications utilisées

Les évaluations de l'exposition aux poussières de ciment ont été réalisées pour des couples de professions et d'activité codés suivant la classification nationale française (PCS 1994² pour les professions et NAF 2000³ pour les activités) et la classification internationale (CITP 1968⁴ pour les professions et Citi 1975⁵ pour les activités).

La matrice a été construite sous trois versions :

- CITP x NAF ;
- CITP x Citi ;
- PCS x NAF.

La matrice a été élaborée dans un premier temps en CITPxNAF puis déclinée en CITPxCiti et en PCSxNAF.

5.2 SPÉCIFICITÉ DE LA MATRICE

Seuls les couples de professions et secteurs d'activité considérés exposés à la substance sont indiqués dans la matrice (lorsque la probabilité d'exposition est inférieure à 1 %, l'emploi est considéré comme non exposé) ; les professions ou secteurs d'activité non présentés sont considérés comme non exposés.

5.2.1 Version CITPxNAF

Les secteurs pour lesquels un niveau d'ambiance a été défini sont le secteur de la fabrication de ciment (NAF = 26.5A) et les secteurs de la fabrication d'éléments d'ouvrages en béton (NAF=26.6A-L).

Secteur de la fabrication du ciment et d'éléments préfabriqués en béton (industries)

Compte tenu de la grande capacité de mise en suspension des poussières de ciment, des algorithmes d'exposition ont été définis pour le secteur de la fabrication de ciment et celui de la fabrication d'éléments préfabriqués, prenant en compte une exposition ambiante indépendamment de la profession exercée.

Pour le secteur de la fabrication de ciment (NAF=26.5A), deux algorithmes différents ont été définis faisant la distinction entre les personnels présents dans les ateliers de fabrication et les personnels non présents dans ces ateliers :

- les personnels non présents dans les ateliers (qui n'ont pas été croisés par ailleurs), représentés par les codes CITP compris entre 01xxx et 6xxxx, ont été considérés exposés avant 1985 ;
- pour les personnels présents dans les ateliers (qui n'ont pas été croisés par ailleurs), représentés par les codes CITP compris entre 7xxxx à 9xxxx, il a été considéré deux périodes d'exposition (avant 1970 et après 1970) prenant en compte l'exposition ambiante.

Pour le secteur de la fabrication d'éléments préfabriqués en béton, seuls les personnels susceptibles d'être présents dans les ateliers de fabrication (qui n'ont pas été traités par ailleurs) ont été évalués dans l'algorithme.

Secteur de la construction

Pour ce secteur, la profession a été considérée comme prioritaire et ce, quelle que soit l'activité du secteur de la construction dans lequel cette profession était rencontrée. C'est pourquoi, il n'a pas été défini d'algorithmes sur ce secteur d'activité car on a considéré qu'une proportion trop importante de personnes réellement non exposées seraient considérées exposées (beaucoup de personnes travaillent dans le secteur de la construction mais ne sont pas présents sur les chantiers).

² Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles PCS. 2nde ed: Insee; 1994.

³ Nomenclature d'activités et de produits françaises NAF-CPF. Paris: Insee; 1999.

⁴ Classification internationale type des professions. édition révisée ed. Genève: Bureau international du travail; 1968.

⁵ Index de la classification internationale, type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique. New York: Nations Unies; 1975.

Professions non spécifiques de l'exposition aux poussières de ciment

Pour ces professions dites « non spécifiques » (e.g., les conducteurs de camion à benne basculante) exerçant des tâches le long de la chaîne de fabrication ou d'utilisation du ciment libre, une évaluation a été réalisée pour chacun des secteurs de la fabrication et pour les secteurs de la construction.

Par exemple :

- les électriciens (855xx) employés dans les secteurs de la fabrication du ciment ou des éléments préfabriqués réalisent des installations ou des réparations des installations électriques dans les différents bâtiments ; on leur a donc attribué un niveau d'ambiance d'une cimenterie ou d'une usine de préfabriqués ;
- les électriciens de bâtiment sont eux aussi exposés aux poussières de ciment à un niveau d'ambiance de chantier de construction mais à une fréquence moindre.

Professions spécifiques

- les conducteurs de machine à faire des routes en béton (CITP=97455) ont été considérés comme non exposés aux poussières de ciment libre. En effet, il est supposé qu'ils ne sont pas amenés à préparer le béton et qu'ils utilisent du béton prêt à l'emploi ;
- les ouvriers en béton armé (CITP=952xx) ont leurs indices d'exposition calqués sur les maçons/briqueurs/carreleurs (CITP=951xx) avec une probabilité inférieure en raison de la forte utilisation de béton prêt à l'emploi.

5.2.2 Version CITPxCiti

En raison du niveau de détail inférieur des secteurs d'activité dans la nomenclature Citi, les indicateurs de probabilité, voire de la fréquence, ont été moyennés dans la version CITPxCiti pour les CITP se retrouvant regroupées par Citi moins précise, par rapport à la version CITPxNAF.

Il a été recherché les codes Citi correspondant aux codes NAF sélectionnés pour la matrice ciment et pour chacun de ces codes Citi, la liste des codes NAF correspondant (indépendamment de l'activité ciment) a été définie. Cette liste de codes NAF a été croisée avec les données du recensement de 1999 de l'Insee, afin d'obtenir la répartition des travailleurs entre ces codes NAF.

Ainsi, certaines probabilités ont été révisées en raison de la proportion des salariés dans les différents secteurs Citi qui peuvent parfois correspondre à plusieurs secteurs de la NAF, dont certains n'ont pas été sélectionnés pour la matrice ciment. Par exemple, la fabrication du ciment correspond à un code unique dans la NAF alors qu'elle est regroupée avec la fabrication de la chaux et du plâtre dans la Citi. Or, d'après les données du recensement, la fabrication de ciment représente 71 % de l'ensemble de la fabrication de ciment, de chaux et de plâtre. Par conséquent, lors du passage en CITPxCiti, les probabilités d'exposition attribuées pour la version CITPxNAF ont été modifiées en intégrant cette information.

5.2.3 Version PCSxNAF

Les codes CITP ont été traduits en code PCS correspondants. En raison d'une imparfaite concordance entre les deux nomenclatures, les codes PCS regroupent souvent plusieurs CITP et l'évaluation attribuée au code PCS correspond à une moyenne sur la probabilité, voire sur la fréquence, des différentes CITP regroupées pour une PCS.

Les agents de maîtrise

Pour la nomenclature PCS, il existe deux niveaux pour les agents de maîtrise (AM). Le niveau supérieur (dit AM de 2nd niveau, AM2) assure l'encadrement de techniciens ou d'autres AM. Les AM2 interviennent dans la programmation de la production, la répartition du travail, la coordination avec les autres services, la gestion comptable et l'administration du personnel. Les AM de 1^{er} niveau (AM1) encadrent uniquement des ouvriers et assurent la mise en route de la production, conseillent sur les modes opératoires et éventuellement interviennent directement dans la production.

La CITP classe les AM1 de la PCS comme des travailleurs expérimentés qui exécutent quelques-uns des travaux les plus difficiles et qui assument en plus la distribution, la coordination, le contrôle du travail du groupe. Les AM2 de la PCS correspondent aux AM de la CITP. Cependant, cette distinction n'a pas été prise en compte et les deux niveaux d'agents de maîtrise de la PCS ont été rapprochés des agents de maîtrise de la CITP.

Les artisans

La PCS fait la distinction entre les artisans et les ouvriers salariés, ce que ne fait pas la CITP qui classe ces deux catégories socio-professionnelles ensemble, suivant les tâches qu'elles exercent. Les artisans de la PCS ont donc été évalués de la même façon que les ouvriers suivant les spécificités de leur emploi, en diminuant la fréquence d'exposition, car il a été considéré que les artisans étaient susceptibles de réaliser également des tâches administratives.

Références bibliographiques

- [1] BIT. Ciment. Médecine, hygiène et sécurité au travail 1. 1973.
- [2] Trilhe P. Fiche de risque Bossons Futés n° 8 :Ciments (mortier, béton). Internet 2007Available from: URL: <http://www.bossons-fute.com/Risques/risque0008.php>
- [3] Ciment. Internet 2007Available from: URL: <http://www.sfc.fr/donnees/mater/ciments/texcim.htm>
- [4] Ciments Calcia. La fabrication du ciment. Internet 2007Available from: URL: http://www.ciments-calcia.fr/fr/ciment/pdf/Fabrication_ciment.pdf
- [5] Le site de l'industrie cimentière française. Statistiques relatives à l'industrie cimentière. Année 2005. Internet 2007:1-38. Available from: URL: <http://www.infociments.fr/INOCIM/index.asp>
- [6] Syndicat national du béton prêt à l'emploi. Statistiques: Principales données annuelles de l'industrie du Béton Prêt à l'Emploi en France. Internet 2007.
- [7] Ravalec C. Fabrication de produits en béton : Une approche participative pour améliorer la sécurité au quotidien. Travail & Sécurité 2005;(648):17-30.
- [8] Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton. Présentation du secteur de la fabrication d'éléments préfabriqués en béton. Internet 2005Available from: URL: <http://www.cerib.com/presentation/index1024.html> puis rubriques "Secteur industriel concerné"
- [9] Courtois B, Lafon D, Moineau JP. Les ciments. Le point des connaissances sur , 1-4. 2002. Travail et Sécurité.
- [10] Les ciments. Affaires de professionnels 26. 2004.
- [11] Lumens ME, Spee T. Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction industry. Ann Occup Hyg 2001 Oct;45(7):585-95.
- [12] Fell AK, Thomassen TR, Kristensen P, Egeland T, Kongerud J. Respiratory symptoms and ventilatory function in workers exposed to portland cement dust. J Occup Environ Med 2003 Sep;45(9):1008-14.
- [13] Blute NA, Woskie SR, Greenspan CA. Exposure characterization for highway construction. Part I: Cut and cover and tunnel finish stages. Appl Occup Environ Hyg 1999 Sep;14(9):632-41.
- [14] Methner MM, McKernan JL, Dennison JL. Task-based exposure assessment of hazards associated with new residential construction. Appl Occup Environ Hyg 2000 Nov;15(11):811-9.
- [15] Verma DK, Kurtz LA, Sahai D, Finkelstein MM. Current Chemical Exposures Among Ontario Construction Workers. Applied Occupational Environmental Hygiene 2003;18(12):1031-47.
- [16] Abrons HL, Petersen MR, Sanderson WT, Engelberg AL, Harber P. Symptoms, ventilatory function, and environmental exposures in Portland cement workers. Br J Ind Med 1988 Jun;45(6):368-75.
- [17] Flanagan ME, Seixas N, Majar M, Camp J, Morgan M. Silica dust exposures during selected construction activities. AIHA J (Fairfax , Va) 2003 May;64(3):319-28.
- [18] Ali BA, Ballal SG, Albar AA, Ahmed HO. Post-shift changes in pulmonary function in a cement factory in eastern Saudi Arabia. Occup Med (Lond) 1998 Nov;48(8):519-22.
- [19] AbuDhaise BA, Rabi AZ, al Zwairy MA, el Hader AF, el Qaderi S. Pulmonary manifestations in cement workers in Jordan. Int J Occup Med Environ Health 1997;10(4):417-28.
- [20] Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA, Albar AA, Alhasan AY. Pulmonary effects of occupational exposure to Portland cement: a study from eastern Saudi Arabia. Int J Occup Environ Health 2004 Jul;10(3):272-7.

- [21] Sanderson WT, Davidson C. Health hazard evaluation report no. Heta 82-113-1374, Mainstreet enterprises, Lebanon, Indiana. NIOSH; 1982 Aug.
- [22] Sanderson WT. Health hazard evaluation determination report HHE 82-000-004, ideal cement company, Florence, Colorado. NIOSH; 1992 Nov.
- [23] Sanderson WT. Industrial hygiene survey of ideal cement co.; Okay, Arkansas. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Nov.
- [24] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of lone star cement co.; Nazareth, Pennsylvania. Cement Workers morbidity study. NIOSH; 1982 Sep.
- [25] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of coplay cement co.; Nazareth, Pennsylvania. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Aug.
- [26] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of dundee cement Co.; Dundee, Michigan. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Aug.
- [27] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of flintkote cement co.; San Andreas, California. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Aug.
- [28] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of Lehigh cement co. Mitchell, Indiana cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Sep.
- [29] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of California cement co.; Colton, California. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Sep.
- [30] Anonyme. Industrial hygiene survey of atlantic cement company Revena, New York. NIOSH; 1981 Apr.
- [31] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of general cement co.; Fredonia, Kansas, cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Sep.
- [32] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of marquette cement co., Rockmart, Georgia. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Aug.
- [33] Sanderson WT, Davidson C. Industrial hygiene survey of Northwestern States cement, Mason City, Iowa. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1982 Aug.
- [34] Sanderson WT, Hearl FJ. Industrial hygiene survey of Lehigh cement co.; Cementon, New York. Cement workers morbidity study. NIOSH; 1981 Apr.

