

# BATIMEX : Évaluation des expositions et élaboration d'une matrice pour les salariés du BTP

Anne Thuret, L Delabre, M Goldberg, E Imbernon

## Résumé

*Ce travail a pour objectif d'évaluer l'exposition des salariés par l'intermédiaire d'un questionnaire professionnel présenté à des travailleurs volontaires. Il contribuera à l'élaboration d'une matrice emplois-tâches-expositions (METE), intitulée batimex, spécifique au secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) renseignant sur l'exposition à des substances potentiellement cancérigènes et élaborée par expertise. Une enquête transversale de faisabilité, menée sur Paris et sa région, a porté sur un échantillon de salariés, appartenant aux secteurs du BTP. Le recrutement a été réalisé de février 2003 à février 2005 sur les salariés se rendant en visite annuelle en service de santé au travail spécialisé dans le BTP, l'APST-BTP-RP. L'investigation portait sur leur dernière semaine de travail à l'aide d'un questionnaire semi-ouvert adapté. À ce jour, 399 questionnaires ont été recueillis. Parmi les salariés interrogés sur leur exposition au ciment, 21% ont déclaré avoir manipulé du ciment et seulement 2% ont déclaré avoir préparé eux-même le béton ou le mortier. Ce travail a permis d'établir une première description des tâches et des expositions relatives aux poussières de ciment dans cette population. L'évaluation de l'exposition par expertise des questionnaires permettra de valider la matrice « poussières de ciment » de batimex qui a été construite a priori en parallèle.*

## Contexte

Un excès de mortalité et de morbidité au sein des travailleurs du secteur du BTP a été décrit dans la littérature. Aux États-Unis, Robinson et al. ont observé un taux de mortalité en excès, notamment par cancer, parmi les travailleurs du secteur de la construction âgés de moins de 65 ans, et des taux élevés de mortalité par cancer ont été observés

pour certaines professions [1]. En France, une étude récente révèle un excès de mortalité par cancer toutes localisations confondues et par certaines causes (voies aéro-digestives, respiratoire et urinaire) dans le secteur de la construction [2].

Les travailleurs du BTP peuvent être soumis à diverses substances chimiques dont certaines sont des cancérigènes avérés selon la classification de CIRC (silice cristalline, poussières de bois, amiante, chrome VI, notamment). Les mêmes substances peuvent être retrouvées pour plusieurs professions des différents secteurs d'activité du BTP. Les principaux chiffres disponibles sur l'exposition aux cancérigènes dans le BTP en France sont issus des résultats de l'enquête sumer réalisée en 1994 auprès de médecins du travail où près d'une cinquantaine de nuisances cancérigènes avérées ou soupçonnées ont été recensées dans le secteur du BTP [3].

Le secteur français de la construction comporte près d'1,66 million de personnes [4]. Plusieurs paramètres concernant la main d'œuvre ou l'environnement de travail doivent être considérés pour élaborer une stratégie appropriée d'évaluation des expositions dans ce secteur d'activité. En effet, le BTP se caractérise par des spécificités qui rendent difficile la mise en place et le suivi des actions de prévention contre les cancérigènes : la mobilité importante des hommes au fil des chantiers et leur dispersion, la composition des équipes, la diversité des techniques, des matériaux et des outillages, la multiplicité des produits chimiques induisent des expositions variées, qui peuvent de plus être très différentes d'une situation à une autre [5,6].

## Adresse de correspondance et demande de tirés-à-part

Dr. Anne Thuret  
Département Santé Travail, Institut de Veille Sanitaire  
12 rue du Val d'Osne  
94415 Saint-Maurice cedex.  
Téléphone : +33 (0)1 41 79 69 38 - Fax +33 (0)1 41 79 67 88  
E-mail <a.thuret@invs.sante.fr>

Le secteur du BTP se caractérise aussi par une nombreuse main d'œuvre peu qualifiée, souvent étrangère. Le développement du travail intérimaire, important dans le BTP, ne favorise pas la formation et l'information sur les risques cancérigènes ; la pénibilité et la présence permanente de risques visibles, importants et immédiats, d'accident du travail, occultant d'autant plus le risque différé des maladies cancéreuses.

L'évaluation de l'exposition doit par conséquent utiliser des méthodes permettant de recueillir de façon systématique tous les éléments ayant un impact significatif sur les indices d'exposition (intensité, durée, fréquence et probabilité). Ceci requiert de collecter des données parmi de nombreuses professions au sein de différents types d'entreprises, de toute taille, spécialisées ou non.

### **Les matrices emplois-expositions**

L'emploi des matrices emplois-expositions (MEE) [7, 8] a été proposé comme une méthode de caractérisation de l'exposition professionnelle lorsque les mesures d'hygiène industrielle ou les données de surveillance biologique ne sont pas disponibles ou sont imprécises. Elles facilitent les études épidémiologiques concernant les effets sur la santé des facteurs de l'environnement professionnel en constituant une aide pour la réalisation d'enquêtes spécifiques.

Le croisement de données individuelles de carrière professionnelle avec une MEE, permet d'attribuer "automatiquement" des expositions à des sujets, ce qui autorise à réaliser des études descriptives, des cartographies d'exposition (par métiers, secteurs), une surveillance épidémiologique des risques professionnels et des évaluations de risque en population.

Une MEE se présente sous la forme d'un tableau dont un axe correspond aux emplois (combinaison de la profession avec le secteur d'activité), l'autre axe aux nuisances et les cellules du tableau comprenant un ou plusieurs indices d'exposition. Dans les premières MEE, l'exposition était exprimée comme une variable dichotomique ou ordinale. Cependant, des études plus récentes ont suggéré l'usage de la probabilité d'exposition afin d'obtenir une meilleure caractérisation du risque [9]. Différentes méthodes pour perfectionner les MEE ont été développées [10, 11]. Certaines MEE sont spécifiques d'une nuisance d'intérêt particulier et d'autres incluent de nombreuses nuisances et ne concernent pas seulement les nuisances

potentiellement cancérigènes [12, 13]. Il existe aujourd'hui des MEE applicables en population générale ou dans des entreprises ou secteurs spécifiques [5]. Afin de limiter les erreurs de classement générées [14] en raison de la variabilité élevée en terme d'exposition au sein d'un même emploi, le développement des matrices d'exposition basées sur des tâches, plutôt que sur des emplois a été fortement encouragé [15], notamment dans le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) [16-18].

En raison de la diversité des métiers rencontrés et des nuisances à surveiller, les services de médecine du travail sont conduits à développer des outils d'aide à la détection et de prévention qui rassemblent des données concernant les postes de travail. Une matrice emploi-tâches-expositions (METE) permettrait aux médecins du travail, à partir d'un poste de travail, de relier les expositions avec les tâches habituelles et occasionnelles que les salariés réalisent et fournirait aussi une évaluation de l'exposition à différentes nuisances en termes de fréquence, d'intensité et de durée pour chacune des tâches effectuées. Une METE pourrait répondre à cette attente et son utilisation permettrait de l'actualiser en fonction des nouvelles technologies utilisées et de la modification des modes opératoires.

### **Objectifs**

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'une matrice emplois-expositions applicable en population générale et permettant de connaître la prévalence des expositions professionnelles à diverses nuisances (chimiques, physiques, biologiques, organisationnelles) dans les différents secteurs d'activité ainsi que son évolution dans le temps : le projet matgéné de l'InVS.

L'objectif principal du projet présenté était de recueillir des données d'exposition aux substances chimiques et potentiellement cancérigènes concernant plus spécifiquement les travailleurs du BTP lors d'une enquête transversale de faisabilité. Ce travail devait permettre ainsi d'établir une première typologie : 1. des tâches relatives aux emplois de cette branche d'activité ; 2. des expositions liées à ces tâches ; 3. des circonstances les plus couramment rencontrées afin de valider une METE élaborée par expertise, intitulée BATIMEX.

Il s'agissait aussi de collaborer avec un service de santé au travail interentreprises, spécialisée dans

la surveillance médicale du personnel du secteur du BTP, l'association paritaire de santé au travail du BTP de la région parisienne (APST-BTP-RP).

### **Déroulement de l'étude**

Une enquête transversale portant sur la dernière semaine travaillée par le salarié interrogé a été réalisée de février 2003 à février 2005 avec la collaboration de 50 médecins de l'APST-BTP-RP volontaires pour cette étude. Afin d'obtenir des situations de travail très diverses, le recrutement a eu lieu autant dans les centres fixes, les centres mobiles que les infirmeries d'entreprise.

Recherchant les expositions chimiques, la population d'étude a été ciblée sur les salariés effectuant des tâches manuelles, les ouvriers qualifiés ou non ainsi que les employés, plutôt que ceux exerçant des missions d'encadrement ou de tertiaire.

Afin de réaliser une première description des expositions, nous souhaitons interroger près de 500 salariés en deux vagues. La première a permis de questionner 150 sujets répartis dans la plupart des professions identifiées. La seconde a permis de compléter par des professions exerçant des tâches très diverses ou manipulant une grande variété de produits qui n'avaient pas été intégrées lors de la première vague.

Pour être inclus dans cette enquête, les salariés effectuant des tâches manuelles dans le BTP devaient se présenter lors d'une visite annuelle et exercer une profession manuelle et technique du secteur du BTP. Les centres de santé au travail ont été retenus sur la base du volontariat des médecins du travail. Les salariés éligibles étaient sélectionnés en fonction du secteur d'activité de leur entreprise et du signalement par les médecins du travail sur l'existence des professions recherchées dans cette entreprise. Les objectifs et le déroulement de l'enquête étaient expliqués aux salariés ainsi que les règles éthiques (anonymat). Après acceptation par le salarié, la passation du questionnaire se déroulait en vis-à-vis dans une pièce allouée à cet effet.

Étaient exclus les salariés vus à l'occasion d'une visite de reprise ou de pré-reprise d'activité, d'une visite spontanée ou d'une visite d'embauche non différée. De même, ceux n'ayant pas travaillé la semaine qui précédait la visite systématique ou ne relevant pas des catégories ouvriers ou employés étaient écartés.

Le questionnaire a été construit de façon à décrire l'environnement du salarié ainsi qu'à relever précisément les opérations réalisées au cours d'une semaine de travail et les modes opératoires employés. Pour cela, les tâches pour chacune des professions de ce secteur d'activité ont été identifiées à partir de différents documents d'explication technique des procédés et des situations de travail. Pour chacune d'elles, les expositions potentielles aux agents cancérigènes ont été recherchées, et chacune des tâches pouvant être à l'origine d'une exposition à un agent cancérigène sélectionné faisait l'objet d'un questionnaire spécifique. Les tâches communes à différentes professions ont été regroupées dans un même questionnaire spécifique.

Le questionnaire se décomposait en trois parties. La première partie comportait des questions portant sur la description de l'entreprise, du site de chantier, du poste de travail, des tâches effectuées durant la semaine étudiée. La seconde permettait une recherche succincte des matériaux, des préparations et des outils manipulés, ainsi qu'une recherche des dispositifs de protection, individuels ou collectifs, à disposition sur le lieu de travail. Ensuite, les questionnaires spécifiques correspondant aux tâches réalisées étaient soumis au salarié interrogé. Cette combinaison de questions permettait de retrouver d'une part directement les nuisances clairement identifiées par le salarié et d'autre part, indirectement les expositions qui ne sont pas toujours connues par le salarié.

### **Construction de la matrice**

Batimex a été construite par expertise. Les lignes de la matrice sont constituées par les emplois qui correspondent dans ce cas précis au croisement d'une profession et d'un secteur d'activité avec les tâches potentiellement exposantes. Les colonnes comprennent les nuisances potentiellement cancérigènes préalablement définies. Dans un premier temps, les poussières de ciment, la silice cristalline et les bitumes ont été retenus.

Par ailleurs, des périodes ont parfois aussi été prises en considération, en raison de l'évolution des techniques des modes opératoires, de l'emploi des produits et de la réglementation quant à leur utilisation, et de l'introduction de moyens de protections individuels ou collectifs. À l'intersection des lignes et des colonnes, les cellules contiennent plusieurs indices choisis afin

de caractériser au mieux l'exposition pour une tâche donnée :

- la fréquence d'exécution de la tâche déterminée ;
- la probabilité d'exécution de cette tâche ; et,
- l'intensité, évaluant le niveau d'exposition auquel est soumis l'opérateur pour la tâche exécutée et de son environnement de travail.

Ces indices reposent sur une approche mixte, s'appuyant à la fois sur des données de la littérature et sur un jugement par expert.

### Résultats

Les premiers résultats portent sur l'exposition au ciment. Cette nuisance a été sélectionnée en raison de la forte prévalence d'exposition au ciment dans le secteur du BTP qui a été retrouvée lors de l'enquête SUMER de 1994.

### Enquête transversale

Près de 400 questionnaires ont été recueillis. Certaines professions n'ont pu être rencontrées, soit en raison de leur rareté ou de leur disparition dans ce secteur (e.g., chaudronnier), soit qu'elles ne figuraient pas dans l'effectif suivi par le service de santé au travail (e.g., tubistes).

La moyenne d'âge de la population était de  $41,3 \pm 1,2$  ans. Les sujets étaient principalement des ouvriers qualifiés (65,9%), suivis des ouvriers non qualifiés et des apprentis (31,6%) ; les techniciens et les chefs d'équipe représentaient 2,5% de l'effectif recruté. Les professions les plus fréquentes ont été les maçons et les carreleurs (13,8%), les ouvriers en béton armé (11,5%), les autres travailleurs de la construction (11,3%), les charpentiers et les menuisiers et parqueteurs (10,5%). Les autres professions représentaient moins de 10% (les peintres, les plombiers, les électriciens ou d'autres professions telles que les conducteurs d'engins).

Le volume horaire de travail hebdomadaire était en moyenne de  $36,6 \pm 0,5$  heures. Une première analyse de la question ouverte sur les tâches exécutées par les salariés, 21% ont déclaré avoir manipulé du ciment et 14% avoir manipulé du béton ou du mortier. Seulement 2% d'entre eux ont déclaré avoir préparé eux-mêmes le béton ou le mortier. Pour ce qui était des tâches déclarées au cours de la semaine de travail étudiée, 1,5% déclarait explicitement avoir fait de la maçonnerie et 16,5% déclarait avoir fait des activités de maçonnerie (pose de parpaings, faire des joints de bordure de route).

### Matrice Batimex "poussières de ciment"

Parallèlement à l'enquête présentée ci-dessus, la colonne de la matrice correspondant aux poussières de ciment a été construite à partir de données de la littérature et par expertise sur les emplois actuels du BTP.

Les poussières de ciment ont été définies comme la poudre issue d'un broyage très fin du clinker et des additifs afin d'obtenir une granulométrie inférieure à  $5 \mu\text{m}$ . Dès que le ciment était mélangé avec de l'eau, il a été estimé que le sujet n'était plus exposé aux poussières de ciment comme nous l'avons défini, mais au béton ou mortier selon le mélange réalisé, les travaux réalisés avec du béton ou du mortier n'entraînant pas une exposition aux poussières de ciment.

Les tâches susceptibles de générer une exposition au ciment ont été listées : la charge ou la décharge de ciment en vrac ou en sac et la préparation du mortier ou du béton manuellement ou mécaniquement.

Quatre indices ont été utilisés pour évaluer l'exposition respiratoire aux poussières de ciment sur la base des poussières alvéolaires ( $\text{Ø} < 5 \mu\text{m}$ ) :

- l'intensité : elle évalue le niveau d'exposition auquel est soumis l'opérateur pour chacune des tâches effectuées. On distingue 2 niveaux dans le secteur du bâtiment : 1. faible (de 0,1 à 0,3  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) qui correspond au niveau d'ambiance sur un chantier de construction et la manipulation de ciment en sac, et 2. moyen (de 0,3 à 1  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) qui correspond à l'utilisation de ciment pour la préparation du béton ou du mortier et la décharge de ciment vrac ;

- l'existence de pic 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 ( $> 20 \text{mg}/\text{m}^3$ ) ; cet indice est codé en oui/non. Un pic d'exposition a été notifié lors de la décharge de ciment en vrac.

- la fréquence a été définie selon quatre modalités (occasionnelle  $< 5\%$  du temps de travail-, intermittente -entre 5 et 30%- , fréquente -entre 30 et 70%- et permanente  $> 70\%$  du temps de travail) ; elle donne idée du temps que l'opérateur passe à effectuer les tâches exposantes sur l'ensemble de son temps de travail. Un maçon-briqueteur a été évalué comme devant être amené à préparer le béton de façon fréquente et un aide-maçon de façon permanente.

- la probabilité : c'est la probabilité qu'une personne appartenant à la profession étudiée exécute la tâche considérée. Cette probabilité a été définie en 4 classes :  $< 10\%$ , entre 10 et 50%, entre 50 et 90%,  $> 90\%$ .

## Discussion

L'analyse des questionnaires a permis de réaliser une première description des expositions pour le ciment. Au vue des déclarations faites par les salariés, les résultats indiquerait que les salariés auraient tendance à confondre les tâches de préparation du béton ou du mortier avec les tâches d'utilisation. En effet, certains types de travaux ne nécessiteraient pas la réception de grande quantité de béton ou de mortier au vue du type de chantier réalisé (pose de bordure, de barrière de sécurité ou de potelet); de plus, l'emploi de béton prêt à l'emploi ne représenterait que 47% des utilisations du ciment [19].

Par ailleurs, une matrice pour les poussières de ciment a été construite. Elle sera historisée pour évaluer les expositions depuis les années 1950 à nos jours en tenant compte des avancées technologiques et de l'évolution de la réglementation quant aux niveaux d'empoussièrément sur les lieux de travail.

Afin de pouvoir utiliser cette matrice avec des données nationales et internationales, deux versions de Batimex seront à réaliser : une version française utilisant les nomenclatures PCS de 1994 et NAF de 1999, et une version utilisant des nomenclatures codes internationales (code du Bureau International du Travail de 1968 pour les professions, code des Nations Unis de 2003 pour les secteurs d'activité).

Les prochaines étapes prévues concernent la validation de la matrice construite a priori, par une évaluation individuelle de l'exposition à partir des questionnaires, en confrontant les résultats de la matrice et de l'évaluation individuelle de l'exposition sur la période actuelle et les professions rencontrées au cours de l'enquête. Ceci permettra notamment de valider les informations concernant la fréquence et la probabilité d'exécution des tâches. Cette méthodologie de confrontation entre l'évaluation de l'exposition par expertise des questionnaires et une matrice élaborée a priori sera utilisée pour d'autres nuisances cancérigènes comme la silice. Par ailleurs, il est également prévu de comparer les résultats à la matrice SUMEX construite à partir des données de l'enquête SUMER 1994 [20].

## Remerciements

Ce travail a été conduit en collaboration avec l'APST-BTP-RP. Nous sommes particulièrement reconnaissant aux docteurs Catherine Bonnin, Claudie Lebaupain, Dominique Leuxe et Jean-

François Boulat. Nous remercions les médecins du travail ainsi que les équipes des centres de santé au travail qui nous ont généreusement accordé du temps et leur effort pour le recueil des données d'exposition.

Au sein même du DST, plusieurs personnes ont contribué au développement de Batimex dans le cadre de la réalisation du projet Matgéné. Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Joëlle Févotte et Corinne Pilorget.

## Références bibliographiques

1. Robinson C, Stern F, Halperin W et al. Assessment of mortality in the construction industry in the United States, 1984-1986. *Am J Ind Med* 1995; 28: 49-70
2. Geoffroy-Perez B, Imbernon E, Goldberg M. Projet COSMOP : cohorte pour la surveillance de la mortalité par profession. St-Maurice : Institut de Veille Sanitaire, 2005, 6p. [en cours de publication]
3. Yahou N et Sandret N. Expositions aux contraintes et nuisances dans la construction. *Premières Informations*. N°49.3, DARES, Paris, 1999
4. Ministère de l'équipement. L'industrie de la construction. Les données économiques. L'emploi. Les niveaux 2002. La structure de l'emploi dans la construction, début 2002. [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.construction.equipement.gouv.fr>> (consulté le 12/04/2005)
5. Goldberg M, Kromhout H, Guénel P et al. Job-exposure matrices in industry (review). *Int J Epidemiol* 1993 22: S10-S25
6. Ringen K et Stafford EJ. Intervention research in occupational safety and health: examples from construction. *Am J Ind Med* 1996; 29: 314-320
7. Hoar SK, Morrison AS, Cole P et al. An occupational and exposure linkage system for the study of occupational carcinogenesis. *J Occup Med*. 1980; 22: 722-725
8. Pannet B, Coggon D, Acheson ED. A job-exposure matrix for use in population based studies in England and Wales. *Br J Ind Med* 1985; 42: 777-783
9. Bouyer, J. et Hémon, D. Les matrices emplois-expositions. *Rev Epid Santé Publ* 1994; 42: 235-245
10. Kromhout H, Heederik D, Dalderup LM et al. Performance of two general job-exposure matrices in a study of lung cancer morbidity in the Zutphen cohort. *Am J Epidemiol* 1992; 136: 698-711
11. Kauppinen TP, Mutanen PO, Seitsamo JT. Magnitude of misclassification bias when using a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 105-112

12. Hoar S. Job exposure matrix methodology. *J Toxicol Clin Toxicol* 1983-84; 21(142): 9-26
13. Johnson JV, Stewart WF. Measuring work organization exposure over the life course with a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health* 1993; 19: 21-28
14. Miligi L et Masala G. Methods of exposure assessment for community-based studies: Aspects inherent to validation of questionnaires. *Appl Occup Environ Hyge* 1991; 6: 502-507
15. Benke G, Sim M, Fritschi L et Aldred G. Beyond the job exposure matrix (JEM): the task exposure matrix (TEM). *Ann. Occup. Hyg* 2000; 44 (6): 475-482
16. Susi P et Schneider S. Database needs for a task-based exposure assessment model for construction. *Appl Occup Environ Hyg* 1995; 10(4): 394-399
17. Greespan CA, Moure-Eraso R, Wegman DH et al. Occupational hygiene characterization of a highway construction project: a pilot study. *Appl Occup Environ Hyg* 1995; 10(1): 50-58
18. Goldberg M, Levin SM, Doucette JT et al. A task-based approach to assessing lead exposure among iron workers engaged in bridge rehabilitation. *Am J Ind Med* 1997; 31: 310-318
19. Courtois B, Lafon D et Moineau JP et al. *Les Ciments*. Paris : INRS, 2002. Disponible sur <<http://www.inrs.fr/>> consulté le 04/08/2004.
20. Guéguen A, Goldberg M, Bonenfant S et al. Using a representative sample of workers for constructing the SUMEX French general population-based job-exposure matrix. The SUMEX project. *Occup Environ Med*,2004,61:586-593