

## ÉVALUATION DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES DE LA POPULATION DES TRAVAILLEURS EN FRANCE : DES OUTILS ET DES MÉTHODES

// OCCUPATIONAL EXPOSURES ASSESSMENT OF WORKERS IN FRANCE: TOOLS AND METHODS

Mounia El Yamani (mounia.elyamani@santepubliquefrance.fr), Nadine Fréry, Corinne Pilorget

Santé publique France, Saint-Maurice, France

Soumis le 17.01.2018 // Date of submission: 01.17.2018

### Résumé // Abstract

L'évaluation des expositions professionnelles et de leur évolution au cours du temps est une activité essentielle dans tout système de santé publique de surveillance des risques professionnels. Elle consiste à examiner, non pas la survenue des maladies, mais la fréquence et la répartition des expositions à des facteurs potentiellement pathogènes dans la population des travailleurs. Cet article s'attache à faire une brève description des principales méthodes d'évaluation des expositions professionnelles chez l'ensemble des travailleurs en France, dans une vision populationnelle. Il décrit la grande variété des outils disponibles et montre comment une collecte régulière d'information structurée permet la production de divers indicateurs utiles pour orienter et prioriser les actions de prévention. Ainsi, pour approcher l'exposition professionnelle, seront décrites successivement l'enquête par questionnaire – et notamment *via* des tests et scores – pour appréhender des expositions particulières, puis les cohortes, les bases de données de mesures atmosphériques, la biométrie, les matrices emplois-expositions, les matrices cultures-expositions, et enfin la modélisation de l'exposition.

Par définition, l'exposition professionnelle à des nuisances chimiques, physiques, biologiques ou à des contraintes organisationnelles, se situe préalablement à la survenue de toute pathologie liée au travail. Agir sur ce déterminant constitue un levier essentiel à la prévention et la préservation de l'état de santé des travailleurs, quelle que soit leur activité.

*Assessing occupational exposures and monitoring change over time is a key activity in any public health system for occupational risk surveillance. It consists in studying, not the occurrence of diseases, but the frequency and distribution of exposures to potentially pathogen factors in the working population. This paper aims to provide a brief description of the main assessment methods of occupational exposures among all workers in France, in a population-based view. It describes the wide variety of available tools and shows how a regular collection of structured information allows the production of various useful indicators to guide and prioritize prevention actions.*

*In this paper, we will describe how occupational exposure can be assessed by using questionnaire-based survey including some tests or scores to identify specific exposures, then we will present cohorts, databases of atmospheric measurements, biometry, job exposure matrices and crop exposure matrices and finally exposure modeling.*

*By definition, occupational exposure to chemical, physical, biological, or organizational constraints occurs prior to the onset of any work-related pathology. Acting on this determinant is a key driver for the prevention and preservation of the health status of workers independently of their different occupations.*

**Mots-clés :** Exposition professionnelle, Méthodes d'évaluation, Surveillance des expositions, Prévention des risques professionnels

// **Keywords:** Occupational exposure, Assessment methods, Exposure surveillance, Occupational risks prevention

### Introduction

La connaissance et la prise en compte des risques sanitaires chez l'ensemble des travailleurs en France, dans une vision populationnelle, est une mission de santé publique. Elle s'appuie sur des systèmes de surveillance, qui reposent sur la collecte régulière d'information structurée permettant la production de divers indicateurs. Par définition, l'exposition professionnelle à des nuisances chimiques, physiques,

biologiques ou à des contraintes organisationnelles se situe préalablement à la survenue de toute pathologie liée au travail et nécessite donc une évaluation de qualité. Agir sur ce déterminant constitue un levier essentiel à la prévention et la préservation de l'état de santé des travailleurs.

Une grande variété de dispositifs et de méthodes a été réfléchi et conçue pour évaluer les expositions professionnelles dans un objectif de surveillance

des risques professionnels. Ils permettent d'examiner non pas la survenue des maladies, mais la fréquence et la répartition des expositions à des facteurs potentiellement pathogènes dans la population des travailleurs. Cet article présente une description de certains des outils sur lesquels est basée une telle surveillance en France.

## Méthodes pour appréhender les expositions professionnelles

### L'enquête par questionnaire

Le questionnaire permet de recueillir, sur les expositions professionnelles, des informations qui peuvent ensuite être traitées et analysées de façon collective. Son avantage est de pouvoir embrasser de nombreuses expositions ; le repérage simultané d'un ensemble d'expositions permet notamment d'aborder la question des cumuls d'expositions à des facteurs de risque en milieu professionnel. La qualité et la validité des informations obtenues à partir d'enquêtes par questionnaire reposent sur des éléments tels que l'effectif de l'étude, la représentativité de l'échantillon par rapport à la population visée, le mode d'administration du questionnaire, la qualité du questionnaire (adéquation des questions posées par rapport aux expositions ciblées) etc. Le questionnaire peut être administré (le sujet est interrogé par un enquêteur spécialement formé) ou auto-administré (le sujet répond seul au questionnaire). Le questionnaire sur les expositions professionnelles présente des particularités, car les travailleurs n'ont pas toujours connaissance des produits et nuisances auxquels ils ont été exposés et il leur est difficile, voire impossible, d'en estimer l'intensité. C'est pourquoi il est parfois administré directement par des médecins du travail ou auto-administré à l'aide de questions indirectes sur les expositions, assorties ensuite d'une évaluation des expositions réalisée par des experts spécialement formés, notamment en hygiène industrielle.

En France, les enquêtes Conditions de travail<sup>1</sup> et Sumer (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels)<sup>2</sup> mesurent des pénibilités et des risques physiques, chimiques et biologiques : la première en donne un panorama global, tandis que la seconde s'appuie sur l'expertise des médecins du travail pour fournir des informations précises sur un champ plus restreint mais néanmoins assez large. Leurs résultats montrent que nombre de ces risques ne sont nullement en déclin et que leur suivi demeure indispensable. L'enquête Sumer, réalisée par le ministère du Travail – Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) et Direction des relations au travail (DRT) – jusqu'ici tous les sept ans *via* un questionnaire standardisé, permet de caractériser un large éventail d'expositions professionnelles des salariés à un moment donné ; elle fournit aussi une indication sur l'évolution des expositions professionnelles des salariés au cours du temps. Sa force repose à la fois sur l'expertise du médecin du travail,

qui administre un questionnaire assez technique, et sur le grand nombre de salariés enquêtés (environ 48 000), ce qui permet une bonne quantification au niveau national des expositions professionnelles. Les enquêtes Conditions de travail, adossées aux enquêtes emplois<sup>3</sup> organisées et exploitées depuis 1978 tous les sept ans par la Dares et l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), permettent à environ 20 000 personnes en emploi de décrire l'ensemble de leurs conditions de travail telles qu'elles les perçoivent : temps de travail et rythmes, contraintes physiques, organisation du travail, entraide et conflits, etc.

### Des tests, des scores pour appréhender des expositions particulières

Certaines expositions professionnelles ne sont pas aisément identifiables *via* une mesure ou une évaluation par expertise, si bien que des tests ou des scores ont été mis au point pour mieux les appréhender. Nous l'illustrons ici par quelques exemples pour les risques psychosociaux (RPS) et les troubles musculo-squelettiques (TMS), qui sont actuellement les problématiques les plus fréquentes en milieu du travail.

Les facteurs de RPS sont généralement abordés par des questionnaires à partir desquels des scores sont construits, selon des modèles tels que ceux de Karasek<sup>4</sup> ou de Siegrist<sup>5</sup> parmi les plus connus. Le modèle de Karasek s'appuie sur un questionnaire qui permet d'évaluer pour chaque salarié, à l'aide de scores calculés à partir de 26 questions, l'intensité de la demande psychologique à laquelle il est soumis, la latitude décisionnelle dont il dispose et le soutien social qu'il reçoit sur son lieu de travail. Le modèle de Siegrist du déséquilibre effort-récompense porte sur le fait que les travailleurs se trouvent dans un état de déséquilibre préjudiciable quand des efforts élevés sont accompagnés d'une faible récompense, et sont ainsi davantage susceptibles de problèmes de santé. La version courte du questionnaire comprend 23 questions réparties en trois volets : la récompense, les efforts, le surinvestissement.

Les facteurs de risque des TMS peuvent être abordés au moyen de questionnaires spécifiques, tels que des batteries de tests<sup>6</sup> type Saltza ou Osha au niveau européen, ou des questionnaires Sumer de la Dares ou TMS de l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). La *check-list* Osha vise à repérer des facteurs de risque présents aux postes de travail, tels que la répétitivité, l'effort, les amplitudes articulaires, les vibrations, etc. Le questionnaire de l'INRS recueille des données subjectives sur des plaintes de TMS, des symptômes de stress, les facteurs psychosociaux, le vécu du travail et il aborde également la répétitivité des gestes.

En ergonomie, il existe des techniques d'évaluation des situations de travail par observation directe ou enregistrement biomécanique. Cette dimension n'est pas abordée ici car ce type d'approche ne peut

être mis en œuvre dans le cadre d'études épidémiologiques de grande ampleur comme Sumer ou le programme Coset (Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail).

### Les cohortes

Les cohortes de travailleurs avec recueil de données pendant le suivi longitudinal permettent d'évaluer les liens entre des facteurs d'exposition d'une part et la survenue d'évènements de santé d'autre part. Elles permettent aussi de suivre l'exposition à des facteurs de risque. Ces cohortes incluent, et suivent souvent pendant des décennies, des échantillons parfois très vastes de personnes, pour lesquelles sont recueillies de façon prospective des données personnelles d'ordre médical et environnemental (mode de vie, expositions extraprofessionnelles et professionnelles).

En France, le programme Coset<sup>7</sup> est un dispositif national visant à la surveillance des risques professionnels. Il est décliné pour suivre les trois principaux types de travailleurs actifs : salariés, travailleurs du monde agricole et travailleurs indépendants. Il repose sur deux cohortes (Coset-MSA et Coset-Indépendants) mises en œuvre par Santé publique France en collaboration avec les régimes concernés, et l'utilisation de données d'une cohorte (Constances), mise en œuvre par l'Inserm en collaboration avec la CNAM-TS. Le programme Coset devra permettre de produire des indicateurs de risques professionnels, aussi bien pour la santé que pour des expositions quelle que soit leur nature : chimique, physique ou organisationnelle. D'autres cohortes existent également pour des sous-ensembles populationnels (par exemple : Cosali<sup>8</sup> pour les TMS chez les travailleurs salariés des Pays de la Loire et Gazel<sup>9</sup> pour les travailleurs des industries électrique et gazière).

### Les bases de données de mesures atmosphériques

Les professionnels de la métrologie et du contrôle restent des partenaires indispensables pour bâtir un dispositif efficace de prévention. La connaissance des expositions archivées dans des bases de données permet de cibler les dangers, les secteurs d'activité, les métiers, les tâches à traiter en priorité. En effet, le risque chimique en entreprise doit être évalué réglementairement et régulièrement *via* la mesure des polluants dans l'atmosphère et la comparaison avec les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP). Les valeurs mesurées peuvent être rassemblées pour une vue globale de l'exposition dans un métier ou un secteur d'activité particulier. Les bases de données (BDD) d'exposition professionnelle (métrologiques) se sont développées ces dernières années en France et à l'étranger. Ainsi, depuis une trentaine d'années, plusieurs pays d'Europe<sup>10,11</sup> et d'Amérique du Nord<sup>12,13</sup> ont essayé de collecter les mesures d'exposition des travailleurs en entreprise. Elles représentent actuellement une source majeure de documentation permettant de suivre des expositions professionnelles pour diverses nuisances chimiques et dans

de multiples secteurs. En France, on peut citer les BDD Colchic, Scola et Ev@lutil. Colchic<sup>14</sup> a été créée en 1986 et rassemble les mesures d'analyse de l'air des lieux de travail. Elle est gérée par l'INRS et alimentée par les mesures de concentration ou d'exposition aux agents chimiques effectuées par les Carsat-Cram (Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail – Caisse régionale d'assurance maladie) et l'INRS. Scola est plus récente. Créée et gérée par l'INRS à la demande du ministère du Travail, elle vise à fournir une description exhaustive de l'exposition aux agents chimiques ayant une VLEP réglementaire pour lesquels les organismes accrédités ont une obligation de saisie depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010. Le programme Ev@lutil<sup>15</sup> de Santé publique France propose des BDD, accessibles gratuitement sur Internet (<http://www.exppro.fr>), relatives à l'exposition professionnelle aux fibres d'amiante, aux fibres minérales artificielles et aux particules nanométriques.

Les mesures archivées dans ces BDD ne sont pas toujours représentatives de l'ensemble des situations d'exposition à un agent chimique en France ; néanmoins, elles ont l'avantage de fournir des données quantitatives pour une vision globale sur les expositions des salariés aux agents chimiques présents dans l'atmosphère de travail et peuvent permettre de prioriser les actions de prévention.

### La biométrie

La biométrie professionnelle, qui s'est développée au cours des dernières années en France, est la seule approche vraiment directe pour appréhender l'exposition aux substances chimiques ; elle consiste à mesurer dans une matrice biologique<sup>16</sup> (le plus souvent l'urine ou le sang) la concentration d'un agent chimique ou de l'un de ses métabolites présent sur les lieux du travail. La biométrie (ou biosurveillance lors d'un suivi collectif), repose sur l'utilisation de biomarqueurs d'exposition ; elle relève d'une responsabilité médicale pour la prescription, l'interprétation et la restitution au travailleur. En revanche, sur le plan collectif, ces résultats peuvent être utilisés dans le cadre de l'évaluation des risques. C'est un moyen particulièrement efficace pour suivre certaines expositions ; il permet d'objectiver le passage de substances à l'intérieur de l'organisme. La mesure de la dose interne permet d'intégrer toutes les voies et sources d'exposition et tient compte des conditions réelles d'exposition des travailleurs qui peuvent influencer l'absorption : charge physique de travail, co-exposition, port d'équipement de protection individuelle adapté, etc. et donne ainsi une estimation globale de l'imprégnation. Malgré une disponibilité limitée à certains agents chimiques, la biométrie est particulièrement utile pour des substances faiblement volatiles comme les amines aromatiques, ou pour les substances volatiles avec une forte pénétration cutanée comme le benzène, ou enfin pour des substances à absorption digestive comme les poussières métalliques. Elle permet d'orienter les actions de prévention et de mettre en œuvre la surveillance médicale des travailleurs exposés.

Contrairement aux mesures atmosphériques, aucun équivalent à ce jour (mesures réglementaires, bases centralisées) n'existe dans le domaine de la biométrie professionnelle des expositions aux substances chimiques, y compris pour le plomb, seule substance faisant l'objet actuellement d'un dosage dans un cadre réglementaire. Un tel projet de centralisation de la biosurveillance des expositions professionnelles à des substances chimiques (métaux, solvants, pesticides, etc.) est inscrit au Plan Santé Travail-3<sup>17</sup> et est actuellement en cours, sous la coordination de Santé publique France, en partenariat avec l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) et l'INRS. Il devrait, entre autres, faciliter l'identification de groupes à risque et permettre de s'assurer de l'efficacité des campagnes de prévention.

### Les matrices emplois-expositions et cultures-expositions

Les matrices emplois-expositions (MEE) sont également des outils fondamentaux dans l'évaluation des expositions au niveau populationnel. Leur principe général repose sur la constitution d'une BDD associant à des emplois ou des postes de travail, des données plus ou moins détaillées d'exposition à des nuisances définies pour des périodes d'exposition. Le croisement de données individuelles de carrière professionnelle avec une MEE permet d'attribuer « automatiquement » des expositions à des sujets. Les MEE croisées avec des données représentatives de la population, telles celles du recensement général de la population française, fournissent divers indicateurs d'exposition permettant une caractérisation des expositions de l'ensemble de la population au travail. Certaines MEE sont spécifiques d'une nuisance d'intérêt particulier (poussières de silice cristalline par exemple), d'autres sont plus larges et incluent de nombreuses nuisances (solvants chlorés par exemple). Malgré certaines limites méthodologiques, les MEE présentent des avantages décisifs, notamment dans les enquêtes transversales ou rétrospectives à très large échelle ou bien pour calculer des indicateurs d'exposition à une nuisance d'une population particulière<sup>18</sup>. En France, le programme Matgéné<sup>19</sup> de Santé publique France produit des indicateurs d'exposition professionnelle pour l'ensemble des travailleurs par l'élaboration de matrices emplois-expositions, mises gratuitement à disposition des équipes de recherche et consultables par tout public intéressé par les risques professionnels (<http://www.exppro.fr>).

L'estimation de l'exposition des populations aux pesticides est menée en milieu agricole avec l'élaboration de matrices cultures-expositions (MCE) qui permettent une reconstitution de l'historique des expositions aux produits phytopharmaceutiques (PPP) selon les cultures. L'évaluation des expositions des agriculteurs aux PPP est particulièrement difficile, surtout quand elle se situe dans une démarche rétrospective. Utilisés depuis des décennies, les pesticides représentent un millier de substances actives mises à disposition à des périodes variées et dont l'usage est très dépendant

des cultures agricoles. MatPhyto est un programme de Santé publique France qui recueille l'historique des usages des pesticides sur les principales cultures en France<sup>20</sup>. Ces MCE sont ensuite croisées avec des données populationnelles telles que le recensement de la population agricole, dans lesquelles l'information sur les types de cultures pratiquées par les populations enquêtées est recueillie pour produire des indicateurs d'exposition.

### Modélisation de l'exposition

La modélisation de l'exposition consiste à construire une représentation mathématique de la réalité de l'exposition en se basant sur des hypothèses simplificatrices. Les données de base utilisées pour modéliser peuvent concerner le temps de travail dans un environnement exposant à une nuisance, le débit ventilatoire du travailleur quand on suppose que l'exposition s'effectue par voie inhalée et la prise en compte de certaines mesures atmosphériques collectées pour des tâches exposantes.

Les modèles sont utilisés lorsqu'il est impossible ou peu pratique de mettre en place une collecte de données de mesures directes. Très peu de modèles sont utilisés pour une surveillance des expositions au niveau d'une population. Ceux-ci sont plutôt déployés réglementairement avant la mise sur le marché d'une substance, dans le cas des biocides et des produits phytopharmaceutiques (PPP), et en entreprise où les conditions d'exposition et les mesures pour la réduire peuvent être bien cernées.

Schneider et coll.<sup>21</sup> ont été parmi les premiers à publier un modèle conceptuel des processus d'exposition cutanée et Tielemans et coll.<sup>22</sup> ont publié un modèle similaire pour l'exposition par inhalation. Ces modèles sont de type source-récepteur, c'est-à-dire qu'ils tentent de suivre la diffusion d'un contaminant du lieu de travail depuis la source de la substance dangereuse jusqu'au point où le travailleur est exposé. Ce type de modèle est utilisé principalement *a priori*, pour des substances ou des procédés nouveaux où les données, pour s'assurer d'un niveau sans effet détectable en milieu du travail, sont inexistantes.

Le *control banding*<sup>23</sup> est une manière d'appréhender l'exposition des travailleurs en établissant une échelle *a priori* de niveaux d'exposition sans avoir recours à des mesures. L'ensemble des postes de travail exposant à une nuisance sont renseignés et décrits. Les niveaux d'exposition sont hiérarchisés, par comparaison entre les tâches menées par les travailleurs, selon une échelle arbitraire (allant par exemple de 0 à 4, 0 étant la tâche n'exposant pas à la nuisance et 4 la tâche la plus exposante). L'évaluation de l'exposition est faite par un hygiéniste industriel connaissant bien les postes exposants ce qui, en entreprise, permet d'arrêter des mesures de gestion des risques. Le niveau d'exposition professionnelle peut ainsi baisser par des mesures concrètes comme par exemple une ventilation ou une aspiration à la source. Cette approche de l'exposition est simple et fournit une prévision semi-quantitative du niveau

d'exposition pouvant survenir pendant une activité ; elle peut également être utilisée pour évaluer l'exposition dans des cohortes.

## Conclusion

Il existe une grande diversité d'approches pour estimer les expositions professionnelles dans une population, d'autant que les nuisances auxquelles peuvent être exposés les travailleurs sont multiples et se cumulent. Pourtant, c'est bien par la mise en place de programmes de surveillance de ces expositions que l'on peut le mieux approcher les risques professionnels et proposer des mesures de prévention ciblées pour les secteurs d'activité les plus préoccupants.

Ce type de programmes peut également permettre une traçabilité des expositions, répondant ainsi à l'obligation réglementaire de retracer l'historique de l'exposition des travailleurs. Pour les effets différés, tels les cancers, du fait de la latence entre l'exposition au risque et le moment où apparaît une pathologie, la surveillance des expositions permet de faciliter la reconnaissance du caractère professionnel et, par suite, ouvre droit à une réparation du préjudice subi. Elle sert également pour informer les salariés, l'employeur et le médecin du travail des risques liés à certains métiers, leur permettant ainsi de réaliser les corrections et améliorations de l'action préventive. ■

## Références

- [1] Amira S, Desjonquères A. L'enquête « Conditions de travail » auprès des employeurs : résultats détaillés. Synthèse Stat' (Dares). 2017;(23):98 p. <http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/etudes-et-syntheses/synthese-stat-synthese-eval/article/l-enquete-conditions-de-travail-aupres-des-employeurs-resultats-detailles>
- [2] Labarthe G, Memmi S, Sandret N, Coutrot T, Morand S, Léonard M, *et al.* Sumer 2016-2017 : enjeux de la nouvelle enquête. *Références en Santé au Travail (INRS)*. 2015;(144):22-6. <http://www.rst-sante-travail.fr/rst/>
- [3] Givord P. Une nouvelle Enquête Emploi. *Économie et Statistique (Insee)*. 2003;(362):59-66. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1376196?sommaire=1376203>
- [4] Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (ministère du Travail). Les facteurs psychosociaux au travail. Une évaluation par le questionnaire de Karasek dans l'enquête Sumer 2003. *Premières Synthèses Informations (Dares)*. 2008;22(1): 8 p. <http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/dares-karasek.pdf>
- [5] Niedhammer I, Siegrist J, Landre MF, Goldberg M, Leclerc A. Étude des qualités psychométriques de la version française du modèle du déséquilibre Efforts/Récompenses. *Rev Epidémiol Santé Publique*. 2000; 48(5):419-37.
- [6] Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). Troubles musculosquelettiques. Outils d'analyse des risques. 2015. [Internet] <http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques/outils-analyse-risques.html>
- [7] Geoffroy-Perez B, Chatelot J, Santin G, Benezet L, Delzire P, Imbernon E. Coset : un nouvel outil généraliste pour la surveillance épidémiologique des risques professionnels. *Bull Epidémiol Hebd*. 2012;(22-23):276-7. [http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice\\_display&id=10754](http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=10754)

[8] Bodin J, Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Viel JF, Roquelaure Y. Risk factors for shoulder pain in a cohort of French workers: A structural equation model. *Am J Epidemiol*. 2018;187(2):206-13.

[9] Goldberg M, Leclerc A, Zins M. Cohort profile update: The GAZEL cohort study. *Int J Epidemiol*. 2015;44(1):77-77g.

[10] Burns DK, Beaumont PL. The HSE National Exposure Database (NEDB). *Ann Occup Hyg*. 1989;33(1):1-14.

[11] Gabriel S. The BG measurement system for hazardous substances (BGMG) and the exposure database of hazardous substances (MEGA). *Int J Occup Saf Ergon*. 2006;12(1):101-4.

[12] Stewart PA, Rice C. A source of exposure data for occupational epidemiology studies. *Appl Occup Environ Hyg*. 1990;5(6):359-63.

[13] Ostiguy C, Morin S, Bensimon G, Baril M. Résultats des analyses de substances chimiques produites à l'IRSSST pour chaque région administrative du ministère de la Santé et des Services sociaux pour la période 2001-2008 (Rapport R-731). Montréal: IRSSST. 2012. 80 p. [www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSSST/R-731.pdf](http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSSST/R-731.pdf)

[14] Vincent R, Jeandel B. COLCHIC-occupational exposure to chemical agents database: current content and development perspectives. *Appl Occup Environ Hyg*. 2001;16(2):115-21.

[15] Audignon-Durand S, El Yamani M, Conte V, Palmer G, Brochard P. Ev@lutil : une base de données pour l'évaluation des expositions professionnelles aux fibres et aux particules nanométriques. Saint-Maurice; Santé publique France; 2016. 6 p. [http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice\\_display&id=13161](http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=13161)

[16] Manno M, Viau C. Biomonitoring for occupational health risk assessment (BOHRA). *Toxicol Lett*. 2010; 192(1):3-16.

[17] Ministère du Travail. Plan Santé au Travail 2016-2020 (PST-3). Action 1.10. Accompagner les entreprises dans la mise en place d'une prévention efficace et effective. Sous-action 5 : Développer la biosurveillance à des fins de prévention ciblée. 2016. 75 p. [http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/exe\\_pst\\_2016-2020\\_ok\\_v7\\_web.pdf](http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/exe_pst_2016-2020_ok_v7_web.pdf)

[18] Plato N, Steineck G. Methodology and utility of a job-exposure matrix. *Am J Ind Med*. 1993;23(3):491-502.

[19] Pilorget C, Garras L, Houot M. Des outils d'aide à l'évaluation des expositions professionnelles : les matrices emplois-expositions du portail Exp-Pro. Saint-Maurice: Santé publique France; 2016. 6 p. [http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice\\_display&id=13162](http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=13162)

[20] Spinosi J, Févotte J. Le programme Matphyto : matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2009. 6 p. [http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice\\_display&id=1364](http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=1364)

[21] Schneider T, Vermeulen R, Brouwer DH, Cherrie JW, *et al.* Conceptual model for assessment of dermal exposure. *Occup Environ Med*. 1999;56:765-73.

[22] Tielemans E, Schneider T, Goede H, Tischer M, Warren N, Kromhout H, *et al.* Conceptual model for assessment of inhalation exposure: defining modifying factors. *Ann Occup Hyg*. 2008;52(7):577-86.

[23] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Développement d'un outil de gestion graduée des risques spécifiques au cas des nanomatériaux. 2011. 47 p. <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2008sa0407Ra.pdf>

## Citer cet article

El Yamani M, Fréry N, Pilorget C. Évaluation des expositions professionnelles de la population des travailleurs en France : des outils et des méthodes. *Bull Epidémiol Hebd*. 2018; (12-13):216-20. [http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/12-13/2018\\_12-13\\_1.html](http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/12-13/2018_12-13_1.html)