
4 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES EXPOSITIONS INDIVIDUELLES À L'AMIANTE	48
1. Intérêt de l'évaluation individuelle	48
2. Méthodes d'évaluation individuelle de l'exposition	49
2.1. Méthodes d'évaluation d'exposition environnementale au niveau individuel	49
2.1.1. Mesures instrumentales	49
2.1.2. Méthodes d'évaluation indirecte	50
2.2. Marqueurs radiologiques et biologiques d'exposition	53
Références bibliographiques	53

4

Méthodes d'évaluation des expositions individuelles à l'amiante

1. Intérêt de l'évaluation individuelle

Dans diverses circonstances, il est nécessaire d'évaluer l'exposition à l'amiante au niveau individuel, de façon qualitative (exposé versus non-exposé) et/ou quantitative (niveau d'exposition). On n'insistera pas ici sur les circonstances médico-légales (réparation pour maladie professionnelle) d'une telle évaluation, mais on s'intéressera au contexte épidémiologique.

Dans ce cadre, l'évaluation individuelle de l'exposition est utile pour :

- l'imputation potentielle d'un cas d'une maladie à une exposition spécifique à l'amiante ;
- l'estimation du risque de développer une pathologie associée à l'exposition à l'amiante ;
- l'établissement d'une relation quantifiée de type exposition-effet.

Ces trois circonstances sont complémentaires, et correspondent à des objectifs de complexité croissante.

Dans toutes les situations épidémiologiques, on cherche tout d'abord à savoir si un sujet a été ou non exposé à l'amiante, et dans quelles circonstances. Le fait d'avoir identifié une situation spécifique d'exposition peut suffire aux objectifs d'une étude ; ainsi, dans les études concernant le risque de mésothéliome associé à une exposition environnementale à l'amiante, le fait d'avoir identifié une exposition particulière d'origine professionnelle amènera à exclure le sujet du groupe des cas attribuables à l'exposition environnementale étudiée. Cette même observation peut également être suffisante pour estimer un risque associé à ce type particulier d'exposition professionnelle : on pourra, par exemple, calculer le risque relatif de mésothéliome entre ceux qui sont exposés dans cette circonstance et ceux qui ne le sont pas. Par contre, si on veut établir une relation exposition-effet et quantifier le risque associé à des niveaux d'exposition différents, il est nécessaire d'évaluer, pour chacun des sujets inclus dans l'étude, son niveau d'exposition. Celui-ci, selon les objectifs de l'analyse épidémiologique, peut être exprimé en niveau à un moment donné, en niveau moyen pendant une certaine période (jour, semaine) ou en niveau cumulé. Un niveau instantané ou moyen s'exprime en fibres par ml

ou par litre d'air selon le milieu (voir Chapitre 3) ; un niveau cumulé s'exprime en « fibre par ml x année » ou « fibre par litre x année » : un niveau de « 100 f/ml x année » peut ainsi correspondre à 10 f/ml par an pendant 10 ans, ou 100 f/ml pendant un an.

2. Méthodes d'évaluation individuelle de l'exposition

On ne reviendra pas ici sur les techniques de mesure, qui sont décrites par ailleurs (voir Chapitre 3), mais on s'intéressera aux circonstances dans lesquelles ces mesures sont faites ou appliquées au niveau individuel.

2.1. Méthodes d'évaluation d'exposition environnementale au niveau individuel

Les techniques utilisées pour la mesure du contenu de l'air en fibres d'amiante ne sont pas applicables pour connaître la quantité de fibres inhalées par les individus : elles permettent de mesurer les fibres dans l'air « inhalable », et non dans l'air réellement inhalé ; on ne dispose pas, pour les fibres d'amiante, de techniques équivalentes aux dosimètres individuels qui sont portés de façon permanente par les travailleurs de l'industrie nucléaire, par exemple.

Les méthodes disponibles pour estimer l'exposition à laquelle sont soumis les individus peuvent être classées en deux catégories : les mesures instrumentales et les méthodes d'évaluation indirecte.

2.1.1 Mesures instrumentales

Les techniques décrites dans le Chapitre 3 peuvent être utilisées dans des circonstances diverses :

- en milieu professionnel, pendant l'exécution de certaines tâches et/ou dans l'environnement des locaux de travail ;
- à l'intérieur de locaux contenant de l'amiante, de façon concomitante ou non avec la réalisation d'activités susceptibles de mobiliser l'amiante ;
- dans l'environnement général, urbain ou rural.

On trouvera ailleurs diverses données concernant les niveaux de fibres mesurées dans de telles circonstances (Chapitre 5). En dehors des difficultés d'interprétation d'origine technique, attachées aux méthodes de mesure elles-mêmes (voir Chapitre 3), ces données posent des problèmes importants quand on veut les utiliser pour quantifier l'exposition des individus placés dans ces circonstances. Ces problèmes sont de deux types :

Représentativité des mesures par rapport aux situations évaluées

Ainsi, on a remarqué que les mesures effectuées dans des bâtiments contenant de l'amiante étaient le plus souvent effectuées lorsque l'attention avait été

attirée par une dégradation des locaux : on aurait alors une surestimation des niveaux de pollution par rapport à l'ensemble des bâtiments contenant de l'amiante (HEI-AR, 1991) ; la même remarque a été faite concernant les mesures effectuées en milieu de travail, où de plus, on se met habituellement de façon volontaire dans les circonstances les plus défavorables, afin de vérifier le respect des valeurs limites réglementaires d'exposition (Kromhout *et al.*, 1996). Inversement, on a parfois reproché aux mesures réalisées dans des locaux contenant de l'amiante d'être faites dans des circonstances qui sous-estiment le niveau de fibres : absence d'activités susceptibles de mobiliser l'amiante ; mesures faites dans le cadre de la surveillance de bâtiments pour lesquels une action préventive était entreprise (ce qui tend à diminuer la pollution interne) ; mesures portant sur des périodes brèves, et non représentatives de l'exposition sur de plus longues périodes, qui peuvent impliquer des épisodes de pics d'exposition liés à des activités diverses (Chattfield, 1986 ; Chesson *et al.*, 1990).

Utilisation des résultats des mesures pour l'évaluation de l'exposition réelle des individus

Même si on admet que les mesures réalisées représentent de façon valide la concentration des fibres dans l'environnement (professionnel ou autre), il n'en reste pas moins qu'elles n'informent que de façon partielle sur l'exposition des individus qui travaillent ou vivent dans cet environnement. En effet, pour avoir une évaluation de l'exposition individuelle, il faut disposer de deux éléments : le niveau d'exposition dans une situation donnée et le temps passé par l'individu dans cette situation. Cette notion de temps d'exposition doit être évaluée sur des périodes diverses : pendant un cycle habituel d'activité (semaine de travail), voire une période plus longue lorsque les activités sont sporadiques (comme c'est le cas dans certaines professions où, par exemple, des opérations de calorifugeage avec des matériaux contenant de l'amiante sont effectuées une fois par an, voire moins souvent) ; durée de fréquentation des locaux scolaires ou professionnels dans des bâtiments contenant de l'amiante, tout au long d'une carrière professionnelle qui correspond à des métiers et des environnements de travail diversifiés, voire tout au long de la vie (voir Tableau 1 du Chapitre 5).

Les mesures instrumentales, qui permettent d'apprécier le niveau d'exposition correspondant à une situation donnée (sous réserve des problèmes de validité cités plus haut), ne renseignent pas sur la notion de durée d'exposition. Il est donc nécessaire d'y adjoindre des méthodes complémentaires.

2.1.2. Méthodes d'évaluation indirecte

En complément des mesures instrumentales (ou en l'absence de celles-ci), il est possible d'évaluer l'exposition individuelle par des méthodes indirectes, qui reposent sur des enquêtes auprès des sujets concernés afin d'identifier les circonstances dans lesquelles ils ont pu être exposés à des fibres d'amiante, et

leur durée. De façon schématique, on peut distinguer les méthodes qui reposent sur l'interrogatoire des sujets et celles qui utilisent des données couplant des données d'exposition environnementale et des histoires individuelles.

Interrogatoire des sujets

A travers l'utilisation de questionnaires spécifiques, administrés par des enquêteurs spécialisés, on interroge les sujets sur toutes les circonstances envisageables dans lesquelles ils ont pu être exposés à des fibres d'amiante tout au long de leur carrière professionnelle et de leur vie : situations professionnelles, bricolage, expositions para-professionnelles et domestiques, lieux de résidence, etc. On essaie habituellement de quantifier les durées correspondantes : durée et fréquence d'exécution des tâches professionnelles, d'utilisation de matériaux contenant de l'amiante, de résidence dans des zones polluées. Cette méthode très lourde est surtout utilisée dans les études en population générale, ou en complément d'études en milieu industriel pour mieux préciser l'évaluation des circonstances d'exposition professionnelle et tenir compte des expositions extra-professionnelles. Elle permet à la fois d'identifier de façon qualitative les sujets exposés, et de quantifier leur exposition cumulée. Cette quantification est indirecte, car on ne dispose pas, dans ce contexte, de mesures instrumentales réalisées dans les circonstances d'exposition correspondant aux sujets enquêtés eux-mêmes. Dans les meilleurs cas on dispose de telles mesures pour des circonstances comparables, et on les rapporte aux sujets enquêtés, en pondérant les résultats des mesures par la durée d'exposition obtenue par interrogatoire. Dans d'autres cas, on se contente d'appliquer un niveau semi-quantitatif estimé correspondant aux circonstances d'exposition rapportées par le sujet. Enfin, on ne peut parfois que reconstituer une durée totale d'exposition, sans notion de niveau ; la durée est alors utilisée comme substitut du niveau cumulé d'exposition. Le caractère indirect de l'évaluation du niveau d'exposition cumulé, ainsi que son imprécision, explique qu'il n'est pas possible d'utiliser cette méthode de façon fiable pour quantifier les risques en fonction des niveaux d'exposition.

L'extrême variété des circonstances professionnelles et non professionnelles, dans lesquelles une personne peut être exposée (voir Chapitre 5), la méconnaissance ou l'oubli de celles-ci, expliquent que la méthode de l'interrogatoire (qui est la meilleure dont on dispose pour les études en population) n'est pas considérée comme totalement fiable. De plus, il faut considérer que dans certains types d'études épidémiologiques, les personnes dont on cherche à évaluer l'exposition à l'amiante sont décédées au moment de l'investigation ; on interroge alors un proche (membre de la famille, collègue de travail), dont les réponses sont évidemment moins bien informées (Gardner et Saracci, 1989).

De nombreux auteurs (Gardner et Saracci, 1989 ; McDonald, 1985) admettent qu'on méconnaît ainsi une proportion qui peut être importante des expositions réelles, qui constituent ce qui est parfois appelé dans la littérature

les expositions « occultes ». On peut ainsi considérer qu'une partie des cas de mésothéliome sans exposition identifiée à l'amiante serait en réalité à mettre au compte de ces expositions occultes. La proportion de ces expositions n'est malheureusement pas quantifiable et peut varier dans des proportions considérables d'une étude à l'autre, selon la qualité de celles-ci : ainsi Gardner et Saracci (1989), dans une revue très complète de la littérature publiée jusqu'en 1987, montrent que selon les études, la proportion de cas de mésothéliome sans exposition connue à l'amiante varie de 3 % à 94 %.

Couplage de données environnementales et d'histoires individuelles

Dans certaines circonstances, il est possible d'utiliser une « matrice emplois-expositions », qui repose sur une évaluation du niveau d'exposition moyen dans une profession ou un poste de travail. Il suffit alors de croiser l'historique de carrière d'un sujet avec la matrice emplois-expositions pour calculer divers indices d'exposition individuelle (niveau moyen, niveau cumulé sur toute la carrière, ou pendant une période définie). Il existe diverses variantes de cette méthode selon qu'elle est destinée aux études en population générale ou dans une industrie spécifique, qu'elle utilise une évaluation des niveaux d'exposition reposant sur des mesures instrumentales ou sur « l'expertise » de spécialistes qui attribuent ces niveaux par référence à des connaissances générales (Goldberg et Hémon, 1993). Initialement développée pour les études concernant les expositions professionnelles (d'où son nom), cette méthode a été récemment étendue à des circonstances d'exposition environnementale (Camus *et al.*, 1996). On considère que les matrices développées pour des industries spécifiques sont plus précises que les matrices concernant la population générale (Goldberg et Hémon, 1993) : ceci s'explique par le fait que dans le contexte d'une entreprise spécifique, la variabilité des expositions est beaucoup plus faible qu'en population, et le nombre de situations d'expositions plus restreint ; de plus, on dispose parfois dans ce contexte de mesures instrumentales (parfois réalisées sur de longues périodes) qui sont d'une meilleure validité et d'une meilleure précision, même si certaines matrices d'entreprise reposent essentiellement sur une quantification par expertise (Imbernon *et al.*, 1996).

Enfin, dans le cadre d'une entreprise, il existe habituellement un fichier du personnel suffisamment précis pour pouvoir reconstituer pour chaque sujet son historique complet de carrière, incluant tous les postes qu'il a occupés, avec les périodes correspondantes. C'est grâce à une méthode de ce type (même si elle n'est pas toujours dénommée de cette façon par leurs auteurs), qu'il a été possible d'évaluer dans diverses cohortes de l'industrie de production et de l'utilisation d'amiante, les niveaux cumulés d'exposition individuelle qui ont permis de quantifier les risques de cancer du poumon et de mésothéliome de la plèvre en fonction des niveaux d'exposition (voir Chapitre 9).

2.2. Marqueurs radiologiques et biologiques d'exposition

Il s'agit de marqueurs radiologiques (plaques pleurales, signes radiologiques de fibrose) et de marqueurs basés sur des prélèvements biologiques (corps asbestosiques, mesure de la charge pulmonaire en fibres d'amiante).

On rappellera simplement ici que l'absence de ces marqueurs chez un sujet ne permet jamais d'exclure qu'il a pu être exposé : les signes radiologiques d'exposition peuvent être absents chez des sujets exposés ; l'absence de fibres d'amiante dans le tissu pulmonaire ne peut être considérée comme le signe d'une non-exposition, en particulier pour le chrysotile, notamment du fait des phénomènes complexes concernant la persistance des fibres dans les tissus (voir Chapitre 6).

La présence de signes radiologiques ne peut pas non plus permettre d'affirmer avec certitude une exposition à l'amiante, en raison de l'existence de faux-positifs pour des raisons diverses (voir Chapitre 12).

La présence de corps asbestosiques ou de fibres d'amiante dans le tissu pulmonaire est par contre considérée comme le signe certain d'une exposition. Elle ne permet cependant pas d'en indiquer la source avec certitude ; ainsi, dans de nombreuses séries autopsiques, on a retrouvé des fibres dans les poumons d'un pourcentage important de sujets pour lesquels aucune notion d'exposition spécifique n'a pu être mise en évidence. A titre d'exemple, Karjalainen *et al.* (1996), dans une série récente de 99 cas de cancer du poumon opérés en Finlande, ont retrouvé la présence de corps asbestosiques dans les poumons de 34 % des patients sans exposition connue à l'amiante. Cependant, la possibilité d'identifier la nature des fibres contenues dans les poumons peut être dans certains cas une indication très fiable de la source d'exposition.

En conclusion il faut souligner que les données fournies par ces indicateurs ne peuvent être utilisés pour quantifier les risques en fonction des niveaux d'exposition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Asbestos in public and commercial buildings : a literature review and synthesis of current knowledge. Health Effects Institute, Cambridge MA, 1991.

CAMUS M, SIEMIATYCKI J, DEWAR R. Non-occupational asbestos exposure and risk of lung cancer in the female population of asbestos-mining towns : Implications for risk assessments. *Communication personnelle*, 1996.

CHATFIELD EJ. Airborne asbestos levels in Canadian public buildings. In : *Asbestos fibers measurements in buildings atmospheres : Proceedings Mississauga*. Ontario, Canada : Ontario Research Foundation, 1986, pp 177-207.

CHESSON J, HATFIELD J, SCHULTZ B, DUTROW E, BLAKE J. Airborne asbestos in public buildings. *Environ Res.* 1990, 51 : 100-107.

GARDNER MJ, SARACCI R. Effects on health of non-occupational exposure to airborne mineral fibers. In : *Non-occupational exposure to mineral fibers*, Bignon J, Peto J, Saracci R (Eds.). Lyon : IARC Sci.Publ., 1989, 375-397.

GOLDBERG M, HEMON D. Occupational epidemiology and assessment of exposure. *Int J Epidemiol.* 1993, **22** : S5-S9.

IMBERNON E, GOLDBERG M, GUENEL P, CHEVALIER A, VATRE R, BONENFANT S. Validation of asbestos exposure assessment in a job-exposure matrix in the electricity and gas industry in France : The Matex Project. *Occup Hyg.* 1996, **3** : 193-198.

KARJALAINEN A, NURMINEN M, VANHALA E, VAINO H, ANTTILA S. Pulmonary asbestos bodies and asbestos fibers as indicators of exposure. *Scand J Work Environ Health.* 1996, **22** : 34-38.

KROMHOUT H, TIELEMANS E, PRELLER L, HEEDERICK D. Estimates of individual dose from current measurements of exposure. *Occup Hyg.* 1996, **3** : 23-39.

MCDONALD JC. Health implications of environmental exposure to asbestos. *Environ Health Perspect.* 1985, **62** : 319-328.

5 CIRCONSTANCES ET NIVEAUX D'EXPOSITION À L'AMIANTE : EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES ET ENVIRONNEMENTALES	56
1. Principales circonstances d'exposition à l'amiante	56
2. Niveaux d'exposition à l'amiante	58
2.1. Situations de type environnemental	59
2.2. Situations de type professionnel	66
2.3. Situations de type para-professionnel	71
2.4. Synthèse	72
3. Conclusion : l'utilisation des données d'exposition pour l'épidémiologie et l'estimation des risques au niveau populationnel	74
Références bibliographiques	75