

## L'expologie

**Pr Denis ZMIROU**

**Médecin de Santé publique, CHU – Nancy**

### ***Pourquoi il est important de bien caractériser l'exposition***

Lorsqu'on essaie d'estimer une exposition au travers d'un *proxy*, il existe nécessairement une part d'erreur plus ou moins importante dans cette estimation. On tente d'estimer au travers d'études pilotes bien construites, sur un petit échantillon, la corrélation qui existe entre la vraie exposition, que l'on peut mesurer exactement, et ce *proxy*. Si le risque relatif vrai, c'est-à-dire si l'effet associé à l'exposition qui nous préoccupe pour un problème de santé donné, se situe autour de 1,5 et si la corrélation n'est que de 0,5, cela réduit la mesure réelle inconnue (mais que l'on essaie d'approcher) de 1,5. De fait, on n'obtient qu'un estimateur de 1,22. Cela signifie que les études devraient être beaucoup plus grandes pour être en mesure, sur le plan statistique, de révéler des différences. Cela conduit très fréquemment à ne pas tirer de conclusion sur le plan des relations statistiques entre l'exposition et l'effet sanitaire. On laisse alors en l'état pendant quelques années des niveaux d'exposition environnementale ou professionnelle que l'on n'avait pas encore identifiés comme dangereux. Cela peut donc avoir des conséquences considérables en termes de santé publique.

En matière de gestion des risques, les outils que nous allons devoir mobiliser pour essayer de réduire l'exposition sont de plus en plus coûteux. Se tromper d'un facteur 2 dans l'estimation de l'exposition revient sans doute à augmenter d'un facteur 10 le coût des mesures de remédiation qu'il faudra mettre en œuvre en milieu professionnel comme en milieu général. Voilà deux raisons majeures pour lesquelles nous sommes extrêmement attentifs à améliorer notre estimation des expositions.

### ***Méthodes indirectes***

Parmi les méthodes indirectes, qui sont les méthodes classiques, la première est l'analyse géographique (proximité d'une source polluante). Nous finalisons actuellement un travail dans la région de Lille sur le lien entre la mortalité infantile et la proximité de sources émettrices de polluants industriels. Il s'agit d'analyser des unités territoriales de l'ordre de 2 000 habitants (appelées Iris) et, pour chacune, d'estimer la somme des distances aux différentes usines émettrices de polluants. Notre hypothèse est que plus la distance de l'ensemble des usines émettrices est faible, plus nous sommes proches d'une source d'émission, par rapport à des territoires plus éloignés de sources d'émission. Nous établirons des liens entre cette métrique d'exposition et l'effet sanitaire.

L'École des hautes études en santé publique se préoccupe beaucoup de la contribution des expositions inégalitaires à des nuisances environnementales aux inégalités sociales de santé - qui tendent à s'accroître. Nous avons construit un « indice de défaveur » qui analyse des données fines de l'Insee (revenu, propriété d'un logement ou d'un véhicule) à l'échelle géographique la plus fine disponible, les Iris. Nous avons également géolocalisé les différentes entreprises. Nous observons que la classe 1 de défaveur correspond aux Iris les plus riches, et que la classe 5 correspond aux Iris les plus défavorisés. La classe 5 présente un

Indice géographique de proximité aux sources industrielles significativement plus faible que les autres classes. Les résultats complets de cette étude seront publiés prochainement. Voilà une façon simple mais très opérationnelle d'approcher l'exposition.

Les méthodes indirectes les plus utilisées sont celles qui s'appuient sur la métrologie environnementale. S'agissant de la pollution atmosphérique, ce sont les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, à l'extérieur et de plus en plus à l'intérieur des logements. Progressivement se développeront des méthodes directes au travers de la métrologie portative. La miniaturisation de ces outils a formidablement progressé, permettant de mesurer sur un laps de temps très court un nombre élevé de polluants, chimiques ou bactériens.

Auparavant, on pouvait se contenter d'utiliser quelques capteurs pour une ville et de faire des comparaisons entre villes ou secteurs. Nous allons aujourd'hui beaucoup plus loin grâce à des outils de modélisation, en utilisant les « cadastres d'émission » (c'est-à-dire l'ensemble des sources estimées du trafic, du chauffage, des résidences et des industries) et en utilisant les données de météorologie et de configuration du terrain pour les modèles les plus importants. Tout ceci étant validé par les outils de mesure de nos capteurs, nous pouvons faire de la modélisation. Dans un travail à Strasbourg, nous avons par exemple pu estimer les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote en fonction de la répartition de l'indicateur de défaveur. Une analyse fine montre que ce ne sont pas les populations les plus pauvres (qui habitent en zone périurbaine) qui sont les plus exposées, mais les catégories moyennes qui habitent dans l'hypercentre. Les configurations urbaines et l'histoire de l'aménagement urbain peuvent donc conduire à des contrastes d'exposition.

Les outils de modélisation vont de plus en plus loin et peuvent désormais tenir compte de caractéristiques individuelles (âge, sexe, fonction respiratoire, etc.). Par des outils statistiques, nous pouvons, en fonction de l'intensité et de la proximité du trafic mais aussi de la configuration du territoire, de la hauteur des bâtiments ou des sources d'émissions, modéliser une représentation spatiale de la distribution moyenne annuelle de concentrations en différents polluants sur une échelle extrêmement fine. On peut en déduire un lien avec la mortalité toutes causes dans la population considérée.

Plus finement encore, un travail récent fondé sur des mesures intérieures et extérieures a montré que tel ou tel polluant extérieur pénétrait à l'intérieur des bâtiments en fonction de deux variables : la valeur marchande du logement et l'usage de chauffage par air forcé. Cela expliquait en grande partie la variance du taux de filtration dans l'air.

L'usage le plus connu dorénavant de ces outils de métrologie environnementale en lien avec des problèmes de santé est l'analyse des séries chronologiques. C'est ainsi que l'on connaît l'essentiel des effets à court terme des variations de la pollution atmosphérique en matière respiratoire, cardiovasculaire ou d'asthme.

### ***Méthodes directes***

Nous disposons dorénavant de capteurs portatifs pour effectuer des mesurages de l'exposition personnelle. Nous avons fait porter de tels capteurs à des adolescents et à des adultes pour mesurer leur exposition aux particules en environnement extérieur (PM 10 et PM 2,5). Il faut pour cela un filtre actif qui aspire l'air. Avec des dispositifs passifs, on peut effectuer des mesurages y compris sur des jeunes enfants et en milieu professionnel, pour une gamme de polluants extrêmement variés. Il est même possible de récupérer les particules et d'en faire une caractérisation chimique, mais aussi de caractériser leur potentiel génotoxique.

Viennent enfin les biomarqueurs, c'est-à-dire la pénétration par les différentes voies (inhalation, alimentation, pénétration cutanée, etc.) Ces outils sont utilisés classiquement en épidémiologie professionnelle ou en surveillance des risques professionnels, ainsi que dans l'environnement général. Les prélèvements les plus faciles sont urinaires ou de cheveux. Ils permettent d'avoir un recul historique sur l'exposition. Doivent être pris en compte la demi-vie propre des substances initiales ou de leur métabolite. Il faut connaître tous ces éléments toxico-cinétiques pour apprécier la signification de ce que l'on mesure dans les différentes matrices. Nous menons actuellement un travail auprès des égoutiers parisiens, pour lesquels nous mesurons des indicateurs de stress oxydant liés à l'exposition à des agresseurs génotoxique, par le biais d'extraits urinaires. On peut aussi pratiquer un certain nombre de prélèvements de peau, à l'occasion du retrait d'un lipome par exemple. On utilise aussi de plus en plus la mesure d'un certain nombre de composants dans l'air exhalé, particulièrement le NO qui est un bon indicateur de l'état inflammatoire des voies aériennes.

En conclusion, les outils dont nous disposons sont en formidable développement. L'expologie s'appuie très largement sur le développement d'outils méthodologiques et technologiques, mais aussi sur des outils de modélisation et de biomathématique, notamment à l'échelle géographique. Il est essentiel de bien évaluer les expositions pour ne pas manquer des effets faibles mais dont l'impact peut être significatif en fonction de la distribution de l'exposition dans la population. Les outils d'analyse spatiale combinés à la modélisation sont de plus en plus utilisés. Le développement des systèmes d'informations géographiques et des bases de données permettant d'analyser la distribution géographique d'un très grand nombre de facteurs nous donne des sources d'analyse extrêmement fines. L'exposition personnelle réelle est cependant encore mal appréciée par les mesures environnementales extérieures. En effet, le temps que l'on passe dans les transports contribue de façon très importante à notre exposition. L'environnement professionnel contribue également à notre exposition au fil de la journée. D'autres facteurs de vulnérabilité liés aux comportements entrent aussi en compte.