

L'épidémiologie en santé environnementale

Un cadre méthodologique aux applications multiples étroitement lié à celui de l'évaluation des risques sanitaires

Pollution atmosphérique, incinération des déchets, accident à l'usine AZF de Toulouse : quel risque sanitaire ? Comment l'estimer, le surveiller et évaluer les politiques destinées à le réduire ? C'est à quoi s'emploie la démarche de veille sanitaire, à l'aide de deux types d'outils imbriqués et complémentaires, l'épidémiologie et l'évaluation des risques. Car si le risque lié à une exposition environnementale est, le plus souvent, faible, l'impact, lui, peut être considérable par le nombre d'individus soumis à la menace.

Santé et environnement : une relation difficile à étudier

La relation entre l'environnement et l'état de santé de la population est difficile à établir et soulève d'importants problèmes méthodologiques. Des situations historiques, dans lesquelles des exposi-

tions à un agent de l'environnement ont entraîné des risques « majeurs » pour la population (atteintes graves à la santé dont la survenue augmente fortement) ont pu être documentées précocement grâce aux outils épidémiologiques classiques, posant ainsi les fondations de l'épidémiologie environnementale. Ce fut, par exemple, l'accroissement de la mortalité après l'épisode de « smog » à Londres

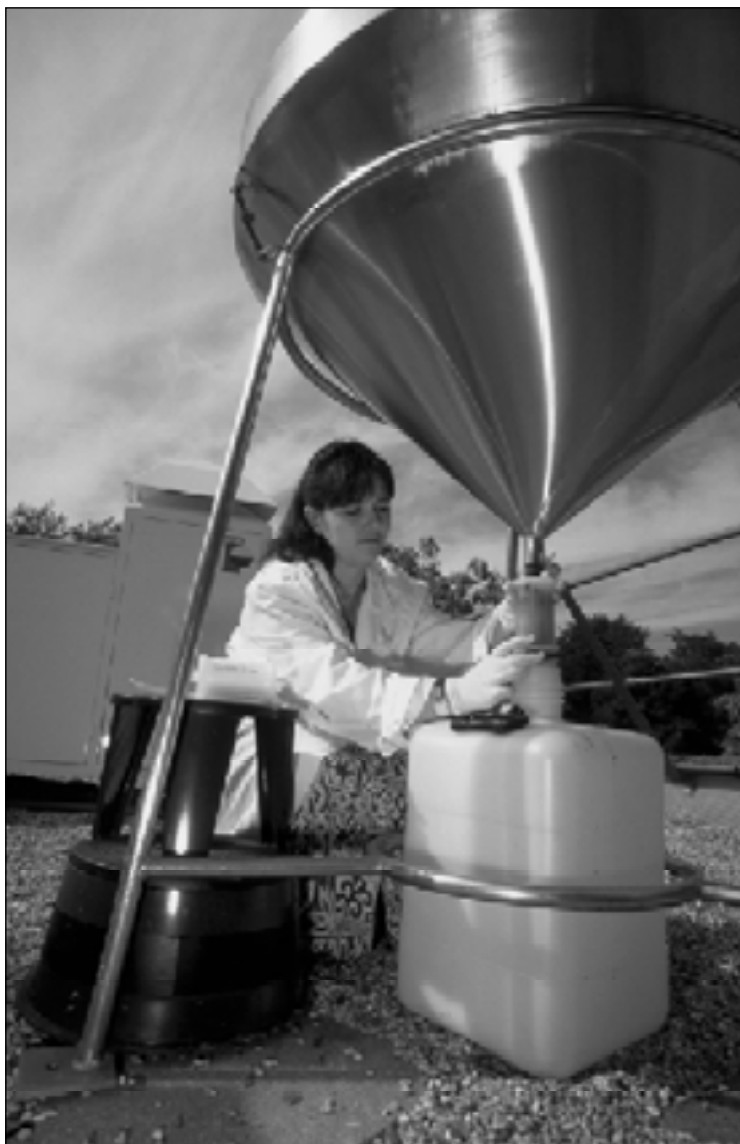
en 1952 [1] ou bien l'épidémie d'atteintes neurologiques dans la population intoxiquée par le mercure rejeté dans la baie de Minamata, au Japon [2]. Actuellement, les expositions à des agents délétères de l'environnement sont, le plus souvent, associées à des risques « faibles » (l'augmentation d'effets néfastes qu'elles occasionnent au sein de la population reste dans un rapport inférieur à 2, par rapport à l'inci-

dence habituelle de ces effets). Cependant, ces risques - pour faibles qu'ils soient - peuvent représenter un impact sanitaire important en termes de morbidité ou de mortalité, si une large part de la population est exposée comme c'est le cas pour la pollution atmosphérique urbaine. Cette notion de risque faible est associée à d'autres caractéristiques des relations entre agents de l'environnement et maladie :

- ✓ une origine multifactorielle des maladies et l'exposition simultanée de la population à plusieurs déterminants d'une même maladie (ainsi, l'exposition au radon est une cause du cancer bronchique qu'il est difficile de distinguer du tabagisme ; l'asthme est une maladie génétiquement déterminée dont les crises peuvent être déclenchées par des facteurs environnementaux, mais aussi psychologiques) ;

- ✓ un délai de latence, souvent important, entre exposition et survenue de la maladie ;

- ✓ des difficultés à estimer les expositions de la population, souvent faibles mais multiples (par exemple, on peut retrouver du plomb dans l'air, les aliments, l'eau, les poussières voire les cosmétiques ; les voies d'exposition à explorer seront donc : l'inhalation, l'ingestion et la voie cutanée avec autant de modes différents de pénétration biologi-



Jean-Claude Thuillier/REA

Etudes écologiques géographiques et temporelles ont largement été mises en œuvre pour étudier les effets sur la santé de la pollution atmosphérique, en associant des séries temporelles de mesures de polluants dans l'air et de données de santé telles que la mortalité ou la morbidité respiratoire ou cardio-vasculaire issues de données hospitalières.

que). L'étude de ces relations est soumise à de fortes contraintes méthodologiques. Elle requiert une réflexion permanente sur les outils destinés à estimer ces risques, à les surveiller et à évaluer les politiques mises en œuvre pour les

réduire. Ces outils font appel à la fois à la démarche épidémiologique et à celle de l'évaluation des risques sanitaires. Un des enjeux importants, pour tous les professionnels œuvrant dans le domaine, est donc de travailler à une amé-

lioration constante de ces outils et à leur utilisation optimisée, dans des démarches construites de veille sanitaire. Le but de cet article est d'éclairer la place qu'occupe l'épidémiologie dans ce domaine. Nous présenterons tout d'abord quelques notions essentielles sur le risque, qui devraient être communes à toutes les parties prenantes du champ. Nous verrons ensuite quelles sont les principales limites et indications de l'épidémiologie en santé environnementale. Nous essaierons enfin de montrer, sur la base d'illustrations variées, que l'épidémiologie et l'évaluation des risques, loin d'être des cadres méthodologiques disjoints, sont, au contraire, étroitement imbriquées dans nombre d'approches de santé environnementale.

Le risque : un concept central en santé environnementale

Il importe de bien différencier les notions de danger (*hazard*, en anglais) et de risque. Le danger est une notion qualitative : c'est le potentiel que possède un agresseur quelconque (biologique, chimique, physique) d'exercer un effet

néfaste sur la santé. Il peut s'agir du changement d'aspect d'un organe, d'une altération transitoire ou définitive d'une ou plusieurs de ses fonctions, de troubles du comportement, d'une malformation fœtale ou d'un retard de croissance, d'une mutation génétique, d'une pathologie, d'une maladie, d'une tumeur bénigne ou maligne, d'un décès [3]. Le risque est, lui, une notion quantitative et probabiliste : c'est la probabilité que des dangers (des effets néfastes pour la santé humaine) surviennent au sein d'une population. La capacité de mesurer les risques et de les comparer est essentielle. Ainsi, les conséquences de l'exposition peuvent s'exprimer par le rapport du risque de la population exposée sur celui de la population non exposée, appelé risque relatif, (un risque relatif de 2 exprimant le fait qu'un individu de la population exposée a une probabilité deux fois plus forte d'être atteint par l'effet sanitaire qu'un individu de la population non exposée), ou bien par l'excès de risque, qui représente la différence entre le risque de la population exposée et celui de la population non exposée exprimé le plus souvent en pourcentage (un risque relatif de 2 correspond à un excès de risque de 100 %). L'analyse des problèmes de santé en termes

de risque permet d'introduire la notion de multifactorialité des maladies (tabac, radon, amiante, pollution atmosphérique et cancer broncho-pulmonaire ; tabac, stress, obésité, exposition au plomb et hypertension artérielle...). Une telle approche rompt avec la conception déterministe de la santé (une cause entraîne nécessairement un effet), en faveur d'une conception probabiliste (un faisceau de facteurs augmente la probabilité que survienne un ensemble de maladies).

L'épidémiologie environnementale : une composante à part entière de l'épidémiologie

Selon la définition de Last [4], l'épidémiologie, science d'observation, est « l'étude de la distribution et des déterminants des événements relatifs à la santé au sein de populations spécifiques, et l'application de cette étude au contrôle des problèmes de santé ». Une limite majeure de l'épidémiologie réside dans ses difficultés à déceler une faible augmentation du risque de survenue d'une maladie dans une population donnée. En effet, la comparaison des risques fait

dès lors appel à une approche statistique permettant de conclure en tenant compte des fluctuations aléatoires des événements de santé observés. Or, nous l'avons vu, les expositions environnementales sont diffuses, ne contribuant le plus souvent qu'à une augmentation considérée comme faible du risque de certaines maladies [5,6]. Ainsi, si on cherche à mettre en évidence dans une population exposée un excès de risque de 20 % d'une maladie donnée (autrement dit un risque relatif de 1,2) par rapport à un risque de base de la maladie de 10 % dans une population non exposée de même taille, il faudra étudier près de 4 000 personnes dans chacun des 2 groupes pour pouvoir conclure avec suffisamment de certitude que l'excès de risque observé n'est pas dû simplement au hasard. Cette notion de puissance requise pour les études rend donc impossible la mise en évidence de risques relatifs faibles lorsque les populations exposées sont de petite taille. De plus, la position d'observateur qui est celle de l'épidémiologiste se traduit, bien entendu et fort heureusement, par une absence de « contrôle » de l'exposition des populations à divers facteurs (ce qui n'est pas le cas des études expérimentales chez l'animal ou des essais thérapeutiques

chez l'homme). Ceci suscite d'autres difficultés : l'exposition des personnes observées (parfois ancienne, compte tenu de la latence des maladies étudiées) est complexe à reconstituer ; les autres facteurs de risque connus de la maladie, dont la présence peut biaiser l'observation de la relation entre l'agent pathogène étudié et cette maladie, doivent être pris en compte (ainsi, le tabagisme doit être pris en compte dans l'étude de la relation entre l'exposition au radon et le cancer du poumon).

Face à ces contraintes, les épidémiologistes environnementaux ont tourné leurs efforts principalement dans deux directions.

Développer des méthodes de choix pour étudier de grandes populations

Pour faire face aux difficultés soulignées ci-dessus, les épidémiologistes cherchent à développer des outils adaptés. Ce sont, notamment, les outils basés sur un « design écologique » qui, en recourant à des données agrégées, permettent de s'affranchir de la lourdeur et du coût du recueil de données individuelles auprès de populations de grandes tailles. Il en va ainsi des études écologiques géographiques, qui exploitent la

distribution spatiale des expositions et des effets (par exemple : ensoleillement et incidence du mélanome malin) et des études écologiques diachroniques. Le principe de ces dernières est d'étudier, au sein d'une population donnée, la relation existant entre deux séries d'observations recueillies de manière continue dans le temps, à intervalles réguliers (le jour, la semaine, le mois...). Elles ont été largement mises en œuvre pour étudier les effets sur la santé de la pollution atmosphérique, en associant des séries temporelles de mesures de polluants dans l'air (ozone, particules, oxydes d'azote et de soufre) et de données de santé telles que la mortalité ou encore la morbidité respiratoire ou cardiovasculaire issues de données hospitalières collectées en routine. Paramètres temporels et cofacteurs intervenant dans la relation polluants - effets sanitaires tels que température et humidité relative journalières, nombre journalier de cas de grippe, jours fériés et vacances, épisodes polliniques sont également pris en compte. Le programme air et santé mené sur 9 grandes villes françaises par l'Institut de veille sanitaire (Psas-9), montre comment de telles études permettent de mettre en évi-

dence des risques relatifs particulièrement faibles [7]. Cependant, des schémas d'études individuelle ou semi-individuelle restent nécessaires pour approfondir la connaissance de certains déterminants. Les études de suivi longitudinal - ou études de cohortes - en particulier, constituent des outils de choix, même si elles sont très lourdes à mettre en œuvre car il s'agit de suivre pendant une période de temps suffisamment longue un groupe d'une taille suffisante de sujets chez lesquels des données d'exposition et de santé sont recueillies à intervalles réguliers, puis mises en relation. En effet, ce sont des

outils de recherche puissants pour approfondir les connaissances sur de nombreux déterminants de santé et elles permettent également d'aborder les questions de santé environnementale sous un angle populationnel. C'est la raison pour laquelle, à l'occasion du Plan national santé environnement (PNSE) [8], les effets de l'environnement sur la santé de l'enfant, dont une meilleure connaissance a été jugée prioritaire dans notre pays, en écho aux préoccupations de l'OMS [9], vont être étudiés grâce au suivi d'une cohorte de plusieurs milliers d'individus, dès le stade de la grossesse [10].

Développer une discipline de la mesure des expositions : « l'expologie »

Un objectif *princeps* de l'épidémiologie environnementale étant d'étudier l'impact de l'exposition à des polluants, il est primordial de chercher à mesurer au mieux cette exposition. Pour ce faire, des développements méthodologiques sont nécessaires : décrire le schéma conceptuel des expositions ; déterminer le mode de mesure (directe par biomarqueur ou indirecte) et l'unité de dose adéquate pour la mesure (dose externe ou interne) ; établir la distribution des expositions ; déterminer et



Eric Fabrer/REA

La veille sanitaire s'exerce à partir de situations d'évaluation variées, allant de pollutions accidentelles limitées dans le temps à des situations chroniques associées aux activités humaines habituelles.

prendre en compte le bruit de fond. Ces développements sont au demeurant utiles pour d'autres démarches d'évaluation telles que l'évaluation des risques sanitaires.

Les principales applications de l'épidémiologie environnementale

Mieux connaître les déterminants environnementaux de la santé et leur impact en santé publique

Ainsi que nous l'avons vu avec l'exemple de la pollution atmosphérique, la mise en place d'études épidémiologiques permet d'établir de nouvelles associations statistiquement significatives (et non-biaisées) entre un agent présent dans l'environnement et des effets sanitaires. L'étape suivante de la démarche consiste à étayer la causalité de la relation entre l'exposition à cet agent et la maladie. Ceci s'effectue grâce à l'examen de critères, dits de causalité, dont la vérification permet de considérer l'agent étudié comme facteur de risque véritable de la maladie [11]. Ainsi, les conclu-

sions tirées après examen de ces critères pour la relation entre pollution atmosphérique et effets sanitaires vont dans le sens de la causalité [12]. Dans ce cas, l'application de relations dose / effet à différentes situations d'exposition (observées ou fictives) permet ensuite des évaluations de l'impact sanitaire, c'est-à-dire le passage d'un risque relatif ou d'un excès de risque à un nombre de cas attribuables à l'exposition, pour une population donnée. Les études écologiques « diachroniques » ont permis d'établir ces relations dans le cas de la pollution atmosphérique. Elles sont utilisées pour exprimer l'impact sanitaire (nombre de morts en excès dans la population considérée) ou au contraire le gain sanitaire (nombre de vies épargnées) qui caractérise le passage d'un niveau de pollution à un autre. Ceci s'avère particulièrement démonstratif quand il s'agit de communiquer en direction des divers décideurs.

Surveiller les risques liés à l'environnement afin de décrire, prévenir et évaluer

Appliqué au domaine de l'environnement, le concept de surveillance est relativement novateur : il nécessite d'aller au-delà de la conception traditionnelle de surveillance épi-

démiologique des pathologies. Celle-ci reste pertinente pour des pathologies spécifiques ayant un poids important en santé publique : par exemple, le mésothéliome, spécifique des expositions à l'amiante, ou les intoxications aiguës au monoxyde de carbone. Pour ce type de pathologies, le mécanisme de la déclaration obligatoire, longtemps réservé aux seules maladies infectieuses (dont certaines sont d'ailleurs des pathologies d'origine environnementale, comme les légionelloses) pourrait être utilisé. C'est déjà le cas en ce qui concerne le saturnisme de l'enfant. Dans d'autres domaines de la santé environnementale, la surveillance peut s'exercer, en revanche, sur les niveaux d'exposition de la population. Ces niveaux peuvent être estimés grâce à des modèles utilisant les mesures réalisées dans l'environnement, mais aussi par des études transversales, répétées, de mesures d'imprégnation de la population à divers toxiques. C'est le domaine de la bio-surveillance, dont seules quelques applications, concernant la population générale, ont vu le jour en France [13,14], en dépit de besoins mis fréquemment en avant comme dans le rapport de la commission d'orientation du PNSE [15]. Enfin, la surveillance peut également s'exercer sur les

relations dose/réponse elles-mêmes, comme dans le cas du programme Psas-9. En effet, les polluants atmosphériques mesurés doivent être considérés comme les traceurs d'une « soupe polluante » dont les effets sur la santé peuvent qualitativement et quantitativement se modifier dans le temps et dans l'espace, du fait de modifications du mélange polluant lui-même (changements dans les émissions) ou des changements dans la structure ou, encore, dans les comportements de la population. Il convient donc d'actualiser régulièrement les connaissances sur ces relations au moyen de nouvelles études.

Epidémiologie et évaluation des risques sanitaires : deux cadres méthodologiques complémentaires et étroitement imbriqués

Dans le domaine qui nous occupe, la veille sanitaire s'exerce à partir de l'évaluation de situations variées, allant de pollutions accidentelles limitées dans le temps et l'espace

à des situations chroniques associées aux activités humaines habituelles. Nous avons vu précédemment dans quelles circonstances l'outil épidémiologique trouvait ses indications, en tenant compte des limites de la puissance des études. Une autre limite d'importance tient au fait que cet outil ne s'applique qu'à des risques déjà exprimés ce qui obère considérablement son rôle d'alerte et de prévention dans le cas des pathologies à latence longue. Dans un certain nombre de situations, il convient donc de recourir à des évaluations « prédictives » du risque sanitaire et de son impact. Dans ces cas, l'évaluation des risques sanitaires constitue un outil de prédilection même s'il faut également en estimer adéquatement l'applicabilité. En fait, les deux démarches, loin d'être disjointes, sont tout à fait complémentaires, comme l'illustrent les exemples suivants.

L'évaluation de l'impact sanitaire de l'accident AZF à Toulouse [16]

L'accident du 21 septembre 2001 à l'usine « AZF » de Toulouse a entraîné des effets traumatiques immédiats sur la population avoisinante. Il a également posé la question des impacts des rejets de pol-

luants dans l'air, l'eau et les sols au moment de l'explosion et des éventuelles mesures à mettre en œuvre rapidement après celle-ci. Enfin, il convenait de s'interroger également sur les conséquences sanitaires d'un tel événement, y compris psychologiques, à plus ou moins long terme. En phase post-accidentelle, trois axes de travail ont donc été poursuivis pour répondre à ces préoccupations :

- ✓ une évaluation des risques liés aux rejets chimiques dans l'environnement (libérés lors de l'explosion ou ultérieurement) pour la population ;
- ✓ la confrontation, l'analyse et la mise en perspective des informations disponibles auprès des différents systèmes d'information sanitaire à visée d'alerte ou de surveillance ;
- ✓ un ensemble d'enquêtes épidémiologiques auprès de populations exposées aux conséquences de l'explosion à des degrés divers : travailleurs de l'agglomération toulousaine, sauveteurs intervenus sur les lieux, élèves des établissements scolaires, résidents des quartiers situés à proximité du site de l'explosion.

L'évaluation des risques liés aux rejets chimiques a connu les limites inhérentes à cet outil. Elle n'a pas fait apparaître d'autres menaces pour la santé que le retentissement

irritatif sur les muqueuses ressentis dans les premiers jours et ses résultats n'ont pas justifié la recommandation de décisions sanitaires spécifiques. La sollicitation de multiples systèmes d'information sanitaire, bien que parfois peu adaptés à une utilisation épidémiologique, a toutefois permis de mettre en relief deux phénomènes qui auraient pu être sous-estimés, voire négligés : un phénomène majeur de stress aigu, évalué par les consultations de médecine générale et les consommations médicamenteuses, augurant d'un impact non négligeable sur la santé mentale ; et un retentissement sur l'audition, qui a donné lieu à la recommandation d'un dépistage. Pour leur part, les enquêtes épidémiologiques à plus long terme menées (et toujours en cours), sur la population toulousaine attestent que l'impact d'une telle explosion sur la santé est certes direct et immédiat, mais aussi prolongé par les perturbations sociales et économiques profondes qu'une catastrophe d'une telle ampleur entraîne, sur le long terme.

Cet exemple illustre de quelle manière la mise en place concomitante d'évaluations de risques et d'études épidémiologiques permet, d'une part, de répondre aux questions posées par les décideurs et la

population après un tel événement et alimente, d'autre part, le processus de retour d'expérience et de préparation des évaluateurs et des décideurs à d'autres événements du même type.

L'évaluation de l'impact sanitaire de l'incinération des déchets

La France possède le plus grand parc d'incinérateurs d'ordures ménagères de l'Union européenne, toutes capacités confondues. En 1999, la Société française de santé publique (SFSP) publiait un travail d'évaluation des risques sanitaires des émissions des incinérateurs, dont les principaux résultats sont les suivants [17] :

- ✓ certaines usines d'incinération, souvent (mais pas exclusivement) de petite capacité, sont encore fortement émettrices de polluants nocifs ; les riverains proches peuvent de ce fait encourir des risques non négligeables ;
- ✓ considérée globalement et en moyenne, la situation sanitaire résultant des émissions du parc actuel d'incinérateurs est loin d'être alarmante, même si, on l'a vu, les installations les plus polluantes sont responsables d'émissions et de risques préoccupants devant faire l'objet d'études spécifiques ;

- ✓ les risques pour la santé associés aux valeurs-limites les plus récentes d'émission des dioxines ou des autres polluants traceurs peuvent être considérés comme négligeables au regard des autres risques encourus dans la vie courante.

Faisant suite à plusieurs travaux épidémiologiques menés à l'étranger autour d'incinérateurs, l'équipe de J.F. Viel publiait en juillet 2000 [18] une étude sur des « agrégats de sarcomes des tissus mous (STM) et de lymphomes non hodgkiniens (LNH) autour d'une usine d'incinération d'ordures ménagères émettant des teneurs en dioxines élevées ». Les auteurs concluaient à un excès de STM et de LNH entre 1980 et 1995 aux environs de l'usine d'incinération de Besançon, laquelle avait émis dans l'atmosphère des concentrations de dioxines allant jusqu'à 16,3 ng I-TEQ/m³, sans pour autant établir formellement de lien de causalité entre les excès de cas de cancers et ces concentrations élevées.

C'est alors, dans un contexte de modernisation et de mise en conformité du parc d'incinérateurs, qu'éclatent des « affaires » autour d'incinérateurs anciens et de petite taille, dont les émissions en dioxines entraînent (ou ont entraîné) une contamination de l'environnement (Gilly sur Isère,

Cluny...). L'inquiétude suscitée par ces situations et la publication de JF Viel et de ses collaborateurs ont engendré, à partir de 2001, une multiplication des saisines des pouvoirs publics relatives à l'impact sanitaire des incinérateurs, sollicitant notamment la mise en place d'études épidémiologiques sur d'autres sites.

Les questions posées sont de deux ordres :

✓ quels sont les risques sanitaires posés par le fonctionnement d'incinérateurs anciens, souvent de petite taille, et qui ont généré des émissions polluantes parce qu'ils n'étaient pas soumis à une réglementation stricte ? La question des niveaux d'exposition aux dioxines des populations avoisinantes est soulevée, ainsi que celle de la survenue de cancers ;

✓ quels sont les risques sanitaires posés par les incinérateurs qui fonctionnent actuellement ou qui s'implantent en conformité avec une réglementation de plus en plus drastique ?

La première question concerne des expositions passées, dont les conséquences risquent de s'exprimer aujourd'hui dans la population. La pertinence de la mise en place d'études épidémiologiques afin de consolider les premiers travaux de J.F. Viel *et al.* devait donc être étudiée. Par contre, pour la

seconde, la question d'une alternative consistant à recourir à des évaluations de risque locales se pose.

Pour éclairer ces différents points, l'Institut de veille sanitaire et l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ont rendu trois rapports.

Le premier s'est intéressé à l'exposition de la population aux dioxines autour des incinérateurs et a proposé un protocole pour une étude nationale d'imprégnation de la population par les dioxines autour des incinérateurs [19].

Le second a recommandé la mise en place d'études épidémiologiques au sein des populations résidant à proximité des incinérateurs, dont, prioritairement, une étude portant sur les cancers [20]. Ces deux études sont actuellement en cours avec un schéma multicentrique (autour de plusieurs incinérateurs) permettant ainsi de disposer d'une puissance suffisante, ce qui n'aurait pas été possible si l'on avait travaillé sur un seul incinérateur. Enfin, un guide méthodologique destiné, d'une part, à informer les acteurs locaux sur les aspects de santé publique associés aux incinérateurs et, d'autre part, à les aider à analyser la situation autour de ces incinérateurs a été élaboré [21]. Il indique notamment que des évaluations des risques sanitaires peuvent être utili-

sées pour répondre localement aux interrogations sur les risques liés à la présence d'un incinérateur.

Le traitement des questions soulevées par cet exemple est complexe : il requiert des évaluations d'impact sanitaire *a posteriori* ou *a priori* (fixation des normes, autorisation de nouveaux équipements). C'est en mettant en œuvre, à la fois, des évaluations de risques (locales ou plus théoriques, telles celles réalisées par la société française de santé publique) et des études épidémiologiques multicentriques qu'un maximum de réponses peuvent y être apportées.

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique

Nous avons vu que les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique urbaine ont été estimés par de nombreuses études épidémiologiques. Les relations exposition/risque établies dans le Psas-9 et d'autres programmes européens de surveillance épidémiologique permettent l'évaluation de l'impact sanitaire (EIS) de la pollution atmosphérique urbaine, non seulement dans les neuf villes du dispositif, mais également dans d'autres agglomérations du territoire français où une

étude épidémiologique ne pourrait pas forcément être réalisée en raison d'une taille de population insuffisante. Pour une agglomération donnée, l'EIS permet d'estimer le nombre de cas « attribuables » aux effets à court terme de la pollution atmosphérique en appliquant les relations exposition/risque aux données de qualité de l'air obtenues grâce à un réseau de mesures représentatives de l'exposition de fond de la population [22]. La démarche d'EIS de la pollution atmosphérique urbaine constitue donc un outil d'aide à la décision pour les différents plans locaux-régionaux de gestion de la qualité de l'air, initiés par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. En effet, ceux-ci doivent, certes, s'appuyer explicitement sur une évaluation de la qualité de l'air, mais aussi sur celle de ses effets sur la santé. Enfin, la généralisation des EIS au niveau des agglomérations permettrait de connaître de façon fine l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine à l'échelle nationale. Elle contribuerait ainsi à la réflexion européenne sur les valeurs guides et sur les objectifs à atteindre, en matière de qualité de l'air. Cet exemple est emblématique de la grande complémentarité des deux outils puisque l'épidémiologie, grâce à la

production d'études cohérentes entre elles, a permis la construction de relations exposition/risque qui autorisent, ailleurs, des démarches d'évaluation de risques. Le processus d'EIS peut ainsi s'étendre à des zones où des études épidémiologiques auraient été impossibles ou plus longues à mettre en œuvre.

Conclusion

L'épidémiologie contribue à la veille sanitaire environnementale de façons multiples :

- ✓ l'investigation épidémiologique permet d'explorer directement les relations entre environnement et santé, allant dans les cas les plus favorables jusqu'à l'étape finale d'évaluation d'impact sanitaire ;
 - ✓ un corpus cohérent de recherches épidémiologiques, menées sur une question donnée, permet de fournir des relations dose / réponse alimentant des démarches prédictives d'évaluation de risque sanitaire ;
 - ✓ enfin, l'épidémiologie occupe une grande place dans les outils pérennes de surveillance des risques liés à l'environnement.
- De facto, sa mise en œuvre se trouve imbriquée avec celle de

l'évaluation des risques et il serait dangereux, pour la démarche de santé publique, de les disjoindre.

Remerciements

L'auteur remercie très chaleureusement Philippe Quénel et Georges Salines pour leur relecture attentive.

Bibliographie

- [1] Logan WP. Mortality in the London fog incident, 1952. *Lancet* 1953;1(7):336-338.
- [2] Minamata disease, Edité par Katsuna M. Université de Kumamoto, Japon, 1968.
- [3] Quénel P., Burgei E., Ledrans M., Dab W., Kopel A., Bard D., et al. *Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact*. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, février 2000 ; 49 pages.
- [4] Last J. *A dictionary of epidemiology*, Oxford Medical Publications, Oxford, 1983.
- [5] Hémon D. *Recherche épidémiologique sur l'environnement et la santé : quelques aspects méthodologiques*. *Revue d'Epidémiologie et de Santé publique* 1995;43:95-411.
- [6] Rylander R. *L'épidémiologiste face à l'estimation des risques faibles*. *Revue d'Epidémiologie et de Santé publique* 1992;40:383-390.

- [7] *Programme de Surveillance Air et Santé 9 villes, Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain - Phase II : rapport de l'étude.* Institut de veille sanitaire. Saint-Maurice, juin 2002.
- [8] Article sur le PNSE dans ce numéro.
- [9] Organisation mondiale de la santé. *Rapport de la quatrième conférence ministérielle sur l'environnement et la santé - Budapest (Hongrie) : un futur pour nos enfants.* 23-25 juin 2004. EUR/04/5046267. OMS Europe. Janvier 2005. <http://www.euro.who.int/document/eehc/freport.pdf>
- [10] Salines G., Ledrans M., Cordier S., Leridon H. *Integrating Research and Surveillance Activities in a National Action Plan : The Efese Birth Cohort Project and the French Nehap.* *Epidemiology.* 16(5):S44-S45, September 2005.
- [11] Hill AB, *The Environment and Disease : Association or Causation ?*, *Proc R Soc Med.* 1965 May;58:295-300.
- [12] Filleul L., Medina S., Cassadou S. *La pollution atmosphérique particulière urbaine : de l'épidémiologie à l'impact sanitaire en santé publique.* *Rev. Epidemiol Santé Publique,* 2003;51:527-542.
- [13] Fréry N., Deloraine A., Dor F., Zeghnoun A., Rouviere F., Jouan M., Elichegaray C., Fraisse M. *Etude sur les dioxines et les furanes dans le lait maternel en France.* Institut de veille sanitaire, Careps, Ademe, mai 2000, 98 pages et annexes.
- [14] Huel G, Fréry N, Takser L, Jouan M, Hellier G, Sahuquillo J *et al.* *Evolution of blood lead levels in urban French population (1979-1995).* *Rev. Epidemiol Santé Publique* 2002;50(3):287-295.
- [15] Momas I., Caillard J.F., Lesaffre B. *Commission d'orientation du plan national Santé-environnement pour l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE).* La documentation Française, Paris. (p182/)
- [16] *Bilan de l'explosion de l'usine « AZF » à Toulouse : 21 septembre 2001 - 21 septembre 2004.* Numéro Spécial du Bulletin Epidémiologique hebdomadaire coordonné par T. Lang et V. Schwoebel - N° 38-39/2004. http://www.invs.sante.fr/beh/2004/38_39/beh_38_39_2004.pdf
- [17] Société française de santé publique. *L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances récentes et évaluation du risque,* Collection Santé et société - n°7, 1999, 368 p.
- [18] Viel J.F., Arveux P, Baverel J, Cahn J.Y. *Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels.* *Am J Epidemiol* 2000;152(1):13-19.
- [19] Fréry N., Volatier J.-L. André F., Bard D., Bonvallot N., Collet S., Deloraine A., Dufour A., Dufour B., Fiani E., Gallotti S., Keck G., Ledrans M., Le Querrec F., Narbonne J.-F., Nichèle V., Quénel Ph., Séta N., Thébault A., Verger Ph., Zeghnoun A. *Incinerateurs et santé. Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des incinérateurs : Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition.* Institut de veille sanitaire/Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Novembre 2003. 198 pages.
- [20] Ledrans M., Bonvallot N., Colonna M., Chevrier C., Cordier S., Desqueyroux H., Fabre P., Fourme E., Fréry N., La Vieille S., Le Tertre A., Le Moal J., Quénel P., Rey S., Schvoerer C., Suzan F., Viel J.-F., Zmirou D. *Incinerateurs et santé - recommandations concernant les études épidémiologiques visant à améliorer la connaissance sur les impacts sanitaires des incinérateurs.* Institut de veille sanitaire. Juillet 2003. 49 pages et annexes.
- [21] Bonvallot N., Bajeat P., Berthier F., Bonnetain F., Carbonnel S., Cassadou S., Dor F., Fabres B., Fabre P., Fréry N., Glorennec P., Heyman C., Le Querrec F., Loulergue M.-H., Quénel P., Thoumelin P., Zmirou D. *Incinerateurs et santé. Guide pour la conduite à tenir lors d'une demande locale d'investigations sanitaires autour d'un incinérateur d'ordures ménagères.* Institut de veille sanitaire. Juillet 2003. 104 pages.
- [22] D'Helf-Blanchard M., *Synthèse des évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine,* France, 1995-2002. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2005;19:85-86.

