

9 décembre 2008 / n° 47-48

Numéro thématique - Pollution des sols : de l'exposition des populations à la santé publique

Special issue - Soil pollution: from population exposure to public health

p.461 **Éditorial** / *Editorial*

p.462 **Encadré : Impact sanitaire de la pollution des sols : un programme inter-Cire**

Box: Health impact of soil pollution: an inter-CIRE programme

p.463 **Démarches d'identification des sites et sols pollués à enjeux sanitaires potentiels**

Approaches for identification of polluted sites and soils with potential sanitary concern

p.465 **Mesures d'imprégnation biologique : dépistage ou étude d'exposition ?**

Biological impregnation measures: screening or exposure study?

p.468 **Démarche décisionnelle pour la conduite d'une étude à l'aide de biomarqueurs au sein des populations résidant sur des sols pollués** / *Decision-making process to implement an exposure study with biomarkers among inhabitants living on contaminated soils*

p.470 **La mesure des concentrations en éléments dans les sols pour une investigation à visée sanitaire**

The measure of concentrations in elements of soils for a health-oriented investigation

p.473 **Éléments de construction d'une relation avec les populations dans l'évaluation des risques liés à une exposition environnementale** / *Elements of construction of a relationship with populations in risk assessment related to situations of environmental exposure*

Coordination scientifique du numéro / *Scientific coordination of the issue*: Côme Daniau et Frédéric Dor, Institut de veille sanitaire
et pour le comité de rédaction : Denise Antona, Institut de veille sanitaire

Éditorial

Michel Rouge¹, Dominique Gilbert², Caroline Paul¹

1 / Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative – Direction générale de la santé

2 / Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire – Direction générale de la prévention des risques

Les préoccupations liées à l'état des sols en France et leur impact potentiel sur la santé se sont renforcées ces dernières années en lien avec les arrêts nombreux d'exploitations et une demande foncière forte. La découverte de pollutions oubliées a nécessité de développer des réponses adaptées à ces enjeux qui sont au croisement des préoccupations de santé publique, de protection de l'environnement et d'utilisation durable de l'espace. A ce jour, le nombre de sites recensés qui ont connu par le passé une activité industrielle ou de service est d'environ 300 000, dont près de 4 000 font l'objet de mesures de surveillance, de diagnostic ou de réhabilitation.

Le ministère chargé de l'écologie, qui définit les politiques publiques en matière de sols pollués, a ainsi initié en 2006, notamment en concertation avec le ministère chargé de la santé et l'Institut de veille sanitaire (InVS), la révision des outils méthodologiques et de gestion des sites et sols pollués. Des circulaires datées du 8 février 2007 sont ainsi venues préciser le nouveau dispositif :

- Sur le plan de la méthode, la circulaire relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués [1] propose désormais deux démarches de gestion : plan de gestion et interprétation de l'état des milieux (IEM). Ces deux démarches sont envisagées selon que les situations permettent ou non d'agir sur l'état du site et sur les usages. Les conditions de recours à l'évaluation des risques sanitaires sont explicitées dans ces deux cas.

Dans le cadre de la démarche d'IEM, si des valeurs de gestion réglementaires (eaux de boisson, denrées alimentaires, air extérieur) existent, ces valeurs doivent servir de référence pour l'appréciation des risques et la gestion. Par contre, en l'absence de texte réglementaire fixant des valeurs de gestion, comme c'est le cas des sols, une évaluation quantitative des risques sanitaires doit être réalisée. Les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires sont interprétés en cohérence avec le dispositif de gestion sanitaire mis en œuvre par les pouvoirs publics.

Dans le cadre du plan de gestion, s'agissant d'une démarche de « nettoyage de milieux pollués », les moyens appropriés doivent être mis en œuvre pour traiter les sources de pollution et dépolluer les milieux. Une évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour valider l'adéquation « du nettoyage » au regard des usages choisis ou constatés.

Dans les deux cas, les critères d'acceptabilité des risques sont ceux usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé.

- Les projets d'aménagement des établissements accueillant des enfants font l'objet d'une gestion différenciée, basée sur le principe de précaution et précisée dans la circulaire (santé, écologie, habitat) relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles [2]. Quand il n'est pas possible d'éviter la construction de tels établissements sur les anciens sites industriels, outre la dépollution du site dans le respect des règles de l'art, la circulaire recommande de mettre les moyens appropriés pour couper l'exposition des populations aux pollutions résiduelles provenant des sols. Cette circulaire interministérielle définit le rôle des services régionaux/départementaux des ministères chargés de l'écologie et de la santé dans le cadre de la délivrance d'un éventuel permis de construire aux établissements sensibles.

L'inquiétude des populations face à une situation nouvelle révélant un signal sanitaire peut par ailleurs amener les autorités locales à envisager la mise en place d'une surveillance sanitaire autour d'une installation à risque. Le ministère chargé de la santé a donc demandé à l'InVS, en mars 2007, d'élaborer un guide local d'investigation à l'attention des acteurs en charge des questions de santé environnement relatif à la mise en œuvre d'une surveillance sanitaire concernant ces installations et notamment les sites et sols pollués hors contexte de crise.

L'implication respective des différents acteurs de la gestion des sols pollués, ainsi que la mission des Cellules interrégionales d'épidémiologie dans ce cadre, font l'objet d'un projet de circulaire interministérielle (santé et écologie) élaboré en concertation avec l'InVS, qui devrait être prochainement publiée.

Dans ce contexte, l'objet de ce BEH est de présenter la réflexion, pilotée par un groupe de travail (voir encadré ci-après), sur l'apport des méthodes en santé publique à la thématique des sites et sols pollués.

Les spécificités de l'approche de santé publique appliquée à la problématique générale des sites et sols pollués se situent à deux niveaux principalement :

- la meilleure caractérisation des expositions des populations résidant sur des sols pollués.
- l'éventuelle prise en charge médicale des populations exposées.

[1] Medad, Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués. Courrier ministériel du 8 février 2007. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables. Annexe 2. La politique nationale de gestion des sites et sols pollués. 54 p [http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/Reglementation/Note_aux_prefets_sols_pollues_08_02_07_annexe2.pdf]

[2] Circulaire interministérielle DGS/EA1/DPPR/DGUHC no 2007-317 du 8 février 2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles. [http://www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/2007/07-09/a0090279.htm]

Encadré

Impact sanitaire de la pollution des sols : un programme inter-Cire *Health impact of soil pollution: an inter-CIRE programme*

Depuis quelques années, les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) et le Département santé environnement de l'InVS (DSE) sont régulièrement sollicités pour analyser les signalements environnementaux et sanitaires comportant une problématique de pollution des sols, et pour apporter une réponse de santé publique aux populations concernées. D'emblée, les Cire ont eu une demande forte pour partager les expériences vécues par les uns et les autres. Cette demande a été concrétisée en 2004 par la création d'un groupe inter-Cire animé par le DSE. Un programme de travail commun a alors été élaboré avec pour objectifs de développer ou adapter des méthodes et des outils spécifiques, et acquérir les connaissances et les compétences nécessaires à l'amélioration des réponses aux différentes sollicitations faites localement aux Cire.

Ce programme de travail s'articule autour de deux thématiques principales : l'estimation de l'exposition aux polluants des sols d'une part, et la compréhension du rôle des populations concernées d'autre part. L'analyse des travaux nationaux et internationaux publiés à ce jour révèle la difficulté d'estimer l'exposition des populations aux polluants présents dans les sols car le passage des polluants du sol dans l'organisme humain est très mal connu. La compréhension et l'objectivation de cette exposition sont donc des préalables à une

réponse adaptée de santé publique. Par ailleurs, dans ce contexte d'incertitude avérée de l'estimation de l'exposition, les populations locales participent de plus en plus à l'analyse et à la gestion de la situation qui les concerne. En outre, leur participation est fortement sollicitée lorsque par exemple des études d'imprégnation biologique nécessitant la réalisation de prélèvements de sang ou d'urine sont proposées. Le partage des connaissances, des objectifs et de la conduite d'une étude, de la restitution des résultats et de la formulation des recommandations sont autant de moments clés au cours desquels la population souhaite être impliquée.

Ainsi, le travail du groupe inter-Cire s'articule autour des axes suivants :

- identifier et catégoriser les sites et sols pollués posant problème en termes de santé publique afin d'anticiper et prévenir l'émergence de situations problématiques sur le plan sanitaire ;
- apporter les éléments méthodologiques et de connaissance permettant d'engager la mesure de l'exposition des populations aux polluants des sols à l'aide de marqueurs biologiques ;
- analyser les conditions de la prise en compte des concentrations en substances liées à la géochimie des sols dans les études de santé publique sur les sites et sols pollués ;
- proposer une démarche de caractérisation de la

pollution d'un sol pour estimer l'exposition des populations concernées ;

- comprendre l'influence de l'ingestion possible de sols dans les études sanitaires sur les sites et sols pollués, et déterminer une valeur pour cette variable humaine d'exposition ;
- prendre en compte l'implication des populations riveraines et des acteurs dans l'ensemble du processus d'investigation d'un site pollué.

Au sein de chacun de ces axes, les travaux opérationnels ont été privilégiés. Il s'agit de travaux dont les résultats permettent une application pratique et rapide sur le terrain, tels des guides méthodologiques, des conduites à tenir, des grilles d'analyse ou des recommandations de valeurs à intégrer dans les estimations de risques sanitaires. Ces travaux ont eu l'avantage de mutualiser l'expérience des différents membres du groupe de travail.

Au-delà de ces axes de travail, la mise en réseau des Cire a également permis de faciliter les échanges lorsque des investigations locales se sont avérées nécessaires ; le partage de l'analyse des situations, des connaissances, et des modalités de mise en œuvre des protocoles en a été facilité. Finalement, la réalisation à la fois de travaux de développement méthodologique et d'investigations assure un enrichissement permanent qui améliore les capacités de réponse et de recommandations aux populations locales et aux décideurs.

Démarches d'identification des sites et sols pollués à enjeux sanitaires potentiels

Christophe Heyman (christophe.heyman@sante.gouv.fr)¹, Côme Daniau², Frédéric Dor², Céline Legout³, Marielle Schmitt⁴

1 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Nord, Institut de veille sanitaire, InVS, Lille, France 2 / Institut de veille sanitaire Saint-Maurice, France
3 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Ile-de-France, InVS, Paris, France 4 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Rhône-Alpes, InVS, Lyon, France

Résumé / Abstract

Suite à des crises de santé publique survenues ces dernières années, l'Institut de veille sanitaire (InVS) et certaines de ses antennes locales, les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire), ont mené des études de catégorisation/hiérarchisation pour identifier de nouveaux critères permettant de dégager les sites à enjeu sanitaire potentiel. Six travaux menés sont décrits de manière succincte, ainsi que les enseignements relatifs à leur faisabilité et à leur utilité dans le cadre de la thématique nationale santé-environnement. Ils ont concerné les sites pollués au plomb, les sites naturels d'affleurements de minéraux amiantifères, ou encore l'ensemble des sites à une échelle départementale, régionale ou nationale.

Les travaux montrent des développements méthodologiques intéressants (prise en compte de la population potentiellement exposée, potentiel d'exposition,...) et des résultats présentant une certaine robustesse. En revanche, la faisabilité de ces catégorisations ou hiérarchisations, reste problématique (travail méthodologique complexe, collecte des données,...). Il n'est donc pas étonnant que la prise en charge des sites et sols pollués reste le plus souvent une approche site par site au détriment d'une approche territoriale basée sur le potentiel d'exposition des populations.

Approaches for identification of polluted sites and soils with potential sanitary concern

Following public health crises arisen during recent past years, the French Institute for Public Health Surveillance (InVS) together with some of its local offices (interregional epidemiological units), conducted studies on categorization / hierarchical organization to identify new criteria allowing to point out sites with potential sanitary concerns. Six of them are briefly described and analyzed in terms of reproducibility and utility within the national health-environment context. They focused on sites polluted by lead, natural sites with asbestos minerals, or any polluted sites at a local, regional or national level.

The studies show methodological developments (consideration of the population possibly exposed, potential of exposure...) and solid results. However, the feasibility of these categorizations or hierarchical organizations, remains debatable (complexity of the methods, data collection,...). It is thus not surprising that the care of the polluted sites and soils remains mostly a site by site approach rather than a territorial approach based on the potential exposure of populations.

Mots clés / Key words

Sites pollués, sols pollués, hiérarchisation, catégorisation, potentiel d'exposition, impact sanitaire / Polluted sites, polluted soils, health impact, categorization, hierarchical organization, potential of exposure

Introduction

Ces 10 dernières années, plusieurs crises de santé publique ont éclaté suite à la mise en évidence d'importantes contaminations environnementales ou au signalement de cas groupés de cancers en nombre semblant anormalement élevé à proximité de sites industriels : pollution au plomb autour de fonderies (Métalblanc dans les Ardennes, Métales-rop dans le Nord), cancers et pollution aux dioxines autour de l'incinérateur de Gilly-sur-Isère (Savoie), cancers pédiatriques dans une école de Vincennes installée sur une ancienne friche industrielle, etc.

Les autorités en charge de l'environnement et de la santé ont souhaité pouvoir prévenir ces situations de crise en identifiant, le plus en amont possible, tous les sites industriels, qu'ils soient encore en activité ou non, susceptibles de générer des risques pour la santé des populations riveraines.

Au milieu des années 1990, une démarche d'inventaire historique dans chaque région a été engagée sous l'égide du ministère chargé de l'Environnement. Elle a abouti à la constitution de la base des anciens sites industriels et activités de service (Basias, <http://basias.brgm.fr/>), qui rassemble aujourd'hui des informations sur plus de

230 000 sites. Devant ce nombre considérable, s'est immédiatement posée la question d'identifier les sites pouvant constituer des menaces possibles pour l'environnement et la santé publique.

Par le passé, l'outil d'évaluation simplifiée des risques a permis d'en classer un certain nombre en trois catégories : sites à investiguer, sites à surveiller et sites banalisables. Cependant, au début des années 2000, ce nombre toujours en évolution a conduit à engager des travaux méthodologiques pour compléter les premières démarches. En outre, des demandes montraient que la notion de site s'élargissait au-delà des limites géographiques de l'enceinte industrielle, pour englober l'ensemble des milieux (eau, air, sol, productions alimentaires) du secteur géographique susceptible d'avoir été impacté du fait des activités pratiquées. L'Institut de veille sanitaire (InVS) et ses antennes locales, les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) ont ainsi conduit plusieurs études de catégorisation/hiérarchisation pour identifier de nouveaux critères permettant de dégager les sites à enjeu sanitaire potentiel. De manière succincte, cet article retrace quelques uns de ces travaux et présente les enseignements relatifs à leur faisabilité et à leur utilité dans le cadre de la thématique nationale santé-environnement.

Les études

Hiérarchisation, catégorisation des sites pollués/polluants au plomb en Rhône-Alpes, région Centre [1] et Nord/Pas-de-Calais [2]

L'objectif des travaux était d'établir régionalement une liste ou des catégories hiérarchisées des sources industrielles de plomb susceptibles de présenter un risque sanitaire pour les populations. Ils se sont fondés sur la connaissance des émissions atmosphériques des installations et de la contamination des sols dans un rayon allant jusqu'à 1 500 mètres autour de ces installations. Le recensement des sites s'est basé sur trois sources d'information principales : les dossiers détenus par les Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Drire) et les bases de données Basias et Basol (base de données sur les sites et sols pollués ou susceptibles d'être pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif : <http://basol.ecologie.gouv.fr/>). Respectivement, 272, 147 et 200 sites ont été recensés en Rhône-Alpes, Centre et Nord/Pas-de-Calais. Le recueil des données sur les niveaux d'émissions atmosphériques et de contamination des sols a pu être réalisé à partir des dossiers des Drire pour 47, 44 et 100 d'entre eux, selon les régions.

La disponibilité et la qualité des données étaient très variables selon les sites : historique des émis-

sions plus ou moins long, émissions exprimées en concentrations uniquement ou également en flux, de un à plusieurs centaines de points de prélèvement dans les sols avec précision ou non de la distance à la source et de la profondeur, etc. Seul le dénombrement de la population totale et de moins de six ans, vivant autour des sites dans un rayon de 500, 1 000 ou 1 500 mètres, a pu être mené de manière homogène pour tous les sites (ainsi que celui des crèches et des écoles maternelles et primaires en Nord/Pas-de-Calais, d'après les données de l'Éducation nationale et de la protection maternelle et infantile). Cependant, cette seule information est apparue insuffisante pour hiérarchiser les sites en termes d'exposition au plomb en Rhône-Alpes et Centre. En Nord/Pas-de-Calais, une analyse statistique multivariée a consisté à imputer les valeurs manquantes de contamination de l'environnement puis, *in fine*, à réaliser une analyse factorielle discriminante. Six catégories de sites ont été distinguées au regard de leur contamination environnementale. L'information apportée par la contamination des sols était significative, mais c'est celle sur les rejets atmosphériques qui s'est avérée déterminante pour la catégorisation des sites. Dix sites bien connus en France, autour desquels un dépistage du saturnisme a été réalisé, ont été intégrés dans la catégorisation, ils ont permis d'établir la robustesse des approches proposées : la connaissance des sites, par les résultats des dépistages et des niveaux de contamination, était en cohérence avec leur classification.

Méthode de « repérage des écoles à proximité d'activités industrielles » : étude exploratoire en Seine-Saint-Denis

L'inventaire historique des sites industriels du département de la Seine-Saint-Denis présente plusieurs spécificités. Ainsi, la maîtrise d'œuvre a été confiée à la Direction régionale de l'équipement (DRE) ; une soixantaine de sources historiques ont été consultées et les informations recueillies étaient plus complètes sur les accidents et pollutions que celles présentes dans Basias. De plus, le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) a déterminé les substances susceptibles d'avoir été utilisées¹ par chaque activité industrielle et leur probabilité d'utilisation en trois classes (certaine, probable, pollution constatée). Enfin, les emprises industrielles ont été géoréférencées dans un Système d'information géographique (SIG) avec la création de liaisons dynamiques avec la base de données. La carte résultante montre la forte densité de sites industriels sur le territoire du département.

Partant de cet inventaire, l'initiative de la Cire Île-de-France a été de proposer, à titre exploratoire, de combiner les données de population et les données environnementales. Cela a consisté à superposer les écoles maternelles et primaires (établissements considérés comme sensibles), sur la carte des sites industriels répertoriés. À partir des adresses fournies principalement par l'Éducation nationale, les écoles ont été géoréférencées et entourées d'une zone arbitraire de 100 mètres pour figurer leur emprise foncière supposée. Cette superposition a permis d'identifier 2 619 parcelles industrielles localisées tout ou partie dans les emprises

¹ Éléments traces métalliques, acides, cyanures, radioéléments et composés organiques.

Carte Localisation des installations industrielles anciennes ou actuelles recensées dans la base de données « Inventaire historique des sites et sols potentiellement pollués de la Seine-Saint-Denis »
Map « Historical inventory of sites and soils potentially contaminated in the Seine-Saint-Denis »



délimitées autour des écoles. Les critères « pollution des sols » (métaux, goudrons) et « pollution chronique » (métaux, amiante...) apparaissent dans l'emprise de 11 et 5 écoles respectivement.

Ces résultats ne présagent pas d'une pollution des sols ou de la nappe au droit de ces écoles, ni d'une exposition de leurs usagers à ces pollutions. Ils orientent les priorités sur les sites ainsi identifiés pour la réalisation d'un complément de diagnostic par retour aux informations du dossier Drire, suivi si nécessaire d'acquisition de données environnementales par des investigations de terrain et/ou de données constructives historiques sur les écoles (travaux de terrassement, revêtement des cours...).

Potentiel d'exposition de la population à la pollution des sols : méthode d'estimation - Étude pilote sur la région Nord/Pas-de-Calais [3]

L'InVS a développé une approche de l'exposition potentielle de la population à la fois standardisée et opérationnelle en visant deux finalités : (i) la prise en charge de situations locales identifiées pour réponse à la population et (ii) l'identification et la classification de situations préoccupantes de manière anticipée.

L'étude avait pour objectif de mettre au point et de tester une approche méthodologique visant à apprécier la taille et les caractéristiques de la population vivant sur ou au voisinage de sites dont les sols sont pollués, et à apprécier son potentiel d'exposition ; ce potentiel traduit les contacts possibles de cette population avec les milieux environnementaux contaminés. Cette méthode avait également comme objectif de connaître et de comprendre l'accessibilité à l'information disponible auprès des institutions nationales, régionales ou locales et de cerner les conditions d'extension de la démarche sur un vaste ensemble de sites pollués au territoire national (faisabilité dans différents contextes de sites, validité des données recueillies...).

La faisabilité de l'approche a été éprouvée pour ce qui concerne le recueil des informations et le traitement par SIG. Elle a permis d'estimer les popu-

lations potentiellement exposées à la pollution des sols, en évitant les doubles comptes lorsqu'elles pouvaient être soumises à l'influence de plusieurs sites, et d'établir un score d'exposition en fonction de leur localisation. Des populations éloignées des sites ont été comptabilisées en raison de leur exposition par le vecteur « eau d'alimentation ». L'ampleur immédiate prise par la taille de la population potentiellement concernée doit être tempérée par les niveaux d'exposition attendus plutôt faibles, en raison des facteurs de dilution et d'atténuation des polluants généralement importants dans l'environnement. Les résultats de cette étape qualitative initiale sont nécessaires pour apprécier les besoins d'explorations complémentaires sur les niveaux effectifs de pollution des milieux et l'estimation des expositions, de nature à permettre, dans un second temps, une quantification du risque.

Catégorisation des sites naturels d'affleurements de minéraux amiantifères

Le ministère en charge de la Santé a effectué une saisine de l'InVS sur l'impact sanitaire des expositions environnementales à l'amiante des populations riveraines ou fréquentant occasionnellement des sites présentant des affleurements naturels de minéraux amiantifères. Une des réponses apportée a consisté à classer les sites en fonction de leur potentiel d'exposition.

Le recensement des sites a été réalisé sur la base de cartes géologiques, de la banque de données du sous-sol, de la consultation de documents tels que l'inventaire minier de la France et les gîtes minéraux de France, et de la consultation de géologues régionaux [4].

En s'appuyant pour chaque site, trois méthodes ont été mises en œuvre pour catégoriser et hiérarchiser les affleurements recensés :

- une évaluation libre et qualitative lors du diagnostic visuel sur site par un géologue ;
- une évaluation qualitative par combinaison de deux paramètres intrinsèques du site (friabilité de la roche et présence de surfaces affleurantes de roches amiantifères) ;

- une évaluation semi-quantitative par une arborescence, combinant neuf paramètres (enseignés par les experts) sur les caractéristiques de l'affleurement et de son environnement dont les données météorologiques.

Quelle que soit la méthode, le potentiel d'exposition des populations riveraines des sites était apprécié notamment par la capacité d'érosion, la friabilité de la roche et la dispersion atmosphérique. La hiérarchisation des sites ne variait pas d'une méthode à l'autre. Enfin, les résultats de la catégorisation ont été confrontés à des mesures dans l'air de fibres d'amiante. Ils révèlent la survenue d'une exposition avérée uniquement lorsque les populations sont présentes sur ces sites et que leurs activités conduisent à un effritement et une mise en suspension des fibres d'amiante [5].

Les enseignements tirés de ces études

Finalement, quelle que soit l'étude, le travail méthodologique s'est révélé colossal. Le recensement des sites a nécessité la consultation d'un nombre de sources de données variable - de une à 60 sources différentes. La nature des sources a conduit à un travail de collecte nécessitant parfois de compléter des informations des bases de données, bibliographiques ou cartographiques, par des interviews auprès des personnes compétentes. Dans certains cas, l'acquisition des données n'a été possible que par la réalisation de diagnostic *ad hoc* sur chaque site. Il en ressort la nécessité de favoriser l'accessibilité aux données historiques pour les sites anciens

et d'encourager le recueil et la conservation systématique des données pour les sites récents et à venir dans des bases nationales d'informations. Il serait également nécessaire d'informatiser ces données, sous un format rendant plus facile leur traitement statistique et leur incorporation à des logiciels appropriés tels que les SIG.

Ces travaux de hiérarchisation ont permis de développer des méthodes et des raisonnements pour renforcer la prise en compte de la santé publique dans la gestion des sites et sols pollués. Par exemple, tous les travaux ont pris en compte la présence de population potentiellement exposée aux pollutions, comme critère pour établir des priorités dans les sites à investiguer. L'effectif de la population localisée dans un périmètre autour des sites est l'indicateur d'exposition qui a été le plus utilisé dans ces travaux. Le recours aux données de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) à l'échelle des îlots regroupés pour l'information statistique (Iris) s'avère adapté à la problématique de pollution locale autour d'un site. Les populations sensibles peuvent être ciblées en priorité. C'est le cas notamment du recensement des écoles maternelles et primaires. Cet éclairage populationnel est novateur et intéressant dans une approche de santé publique.

De même, a été développée la notion de potentiel d'exposition. Cette notion se retrouve maintenant dans les pratiques quotidiennes des professionnels de santé publique qui analysent les situations environnementales dégradées pour lesquelles ils sont

interpellés. L'appréciation de ce potentiel est un préalable indispensable à l'analyse des relations entre la santé et l'environnement.

Cependant, si l'ensemble de ces travaux montre des développements méthodologiques intéressants et des résultats présentant une certaine robustesse, en revanche, la faisabilité de ces catégorisations ou hiérarchisations reste problématique. Il n'est donc pas étonnant que l'évolution actuelle de la prise en charge des sites et sols pollués reste le plus souvent une approche site par site au détriment d'une approche territoriale définissant une zone d'exposition potentielle des populations. Disposer des données nécessaires et apprécier le potentiel d'exposition restent les éléments clés d'une politique santé-environnement éclairée.

Références

- [1] Schmitt M. Recensement et hiérarchisation des sites industriels à risque plomb, Etudes pilotes menées en Rhône-Alpes et Région Centre: synthèse et retour d'expérience, Cire Rhône-Alpes, avril 2004.
- [2] Erouart S. Classification des sites industriels potentiellement pollués au plomb dans la région Nord-Pas-de-Calais, Thèse pour le diplôme d'État de docteur en médecine Faculté de médecine Henri Warenbourg de Lille; 2007.
- [3] InVS. Potentiel d'exposition de la population à la pollution des sols: méthode d'estimation, avril 2005.
- [4] BRGM. Recensement et classement des sites naturels et formations géologiques potentiellement amiantifères en France - Phase 2: diagnostic de 20 sites. Rapport final. BGRM/RP-55218-FR 2007; 320 p.
- [5] InVS. Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale. Rapport final. Institut de veille sanitaire: Saint Maurice, 2008; 94 p (à paraître).

Mesures d'imprégnation biologique : dépistage ou étude d'exposition ?

Frédéric Dor¹ (f.dor@invs.sante.fr), Yvonnick Guillois-Becel², Jean-Luc Lasalle³, Céline Legout², Arnaud Mathieu⁴, Mathilde Pascal¹

1 / Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France 2 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Ouest, InVS, Rennes, France, 3 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud, InVS, Marseille, France 4 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Ile-de-France, InVS, Paris, France

Résumé / Abstract

Les populations riveraines exposées à une situation environnementale dégradée attendent une réponse claire sur leur santé de la part des services sanitaires. Depuis quelques années, l'utilisation de biomarqueurs qui reflètent la dose interne du polluant, et sont perçues comme moins sujettes aux incertitudes, est largement demandée. Ces dosages biologiques s'inscrivent dans deux approches de santé publique : le « dépistage » et « la mesure d'exposition ou d'imprégnation ». Le dépistage permet un bénéfice individuel des résultats du dosage biologique ; un dispositif et une communication adaptés seront engagés afin de toucher le plus de personnes possible. L'étude d'exposition biologique poursuit d'abord un objectif d'amélioration des connaissances ; la question de la sélection d'un échantillon représentatif de la population pour atteindre l'objectif est systématiquement nécessaire. La restitution des résultats du dépistage est principalement proposée sous forme d'un pourcentage de la population, ou de la catégorie de la population, qui présentait un test positif ; celle d'une étude d'imprégnation, par la distribution des résultats du biomarqueur dans la population. Le dépistage et l'étude d'exposition biologique diffèrent donc tant dans leurs finalités que leurs objectifs, modalités d'organisation, résultats attendus et interprétation. Cette distinction est majeure.

Biological impregnation measures: screening or exposure study?

Populations exposed to a polluted environmental situation expect a clear answer from health authorities on their health. In recent years, the use of biomarkers that reflect the internal dose of pollutant, and are perceived as less subject to uncertainties, are widely sought. These biological dosages join two public health issues: "health screening" and the "measure of exposure or impregnation". Screening allows an individual benefit regarding the result of biological dosages; an adapted device and communication will be committed to reach as many people as possible. The study of biological exposure aims at knowledge improvement; the question of selecting a representative sample of the population to achieve the goal is always necessary. Screening results are mainly expressed as a percentage of the population, or category of the population, which had a positive test; those of an impregnation study, by the distribution of biomarker concentrations among the population. The screening and the study of biological exposure thus differ in their issues, objectives, modalities of organization, expected results and interpretations. This distinction is major.

Mots clés / Key words

Imprégnation, exposition biologique, dépistage, biomarqueurs / Impregnation, biological exposure, health screening, biomarkers

Introduction

L'analyse, par les services sanitaires, d'une situation environnementale dégradée doit apporter des éléments de réponse aux populations riveraines sur leur niveau d'exposition et les risques pour leur santé. Cependant, les limites méthodologiques des études épidémiologiques restreignent les possibilités de mettre en évidence les effets sanitaires éventuels des expositions chroniques à faibles doses, et de conclure à l'imputabilité du site pollué dans la survenue des pathologies recensées. Une de ces limites a trait à l'objectivation de l'exposition. L'utilisation de biomarqueurs pour estimer cette exposition a été largement mise en avant ces dernières années. Certaines populations souhaitent la mise en œuvre de ces mesures biologiques qui reflètent la dose interne du polluant, et sont perçues comme moins sujettes aux incertitudes. Les mesures de plomb dans le sang et de dioxines dans le lait maternel ont été précurseurs ; le cadmium et l'arsenic urinaires font également l'objet de nombreux travaux [1-5].

Ces dosages biologiques proposés à l'ensemble d'une population s'inscrivent dans deux approches de santé publique : le « dépistage » et « la mesure d'exposition biologique ou mesure d'imprégnation ». La nature des polluants détectés dans l'environnement, les biomarqueurs disponibles et l'objectif poursuivi conditionnent l'orientation vers l'une ou l'autre approche.

Cet article présente les différences entre ces deux types d'approche en termes d'objectifs, de modalités d'organisation, de résultats attendus et d'interprétation. Il précise notamment la possibilité ou les difficultés à interpréter le résultat des dosages biologiques. Des exemples placés dans deux encadrés (encadré 1 et encadré 2) permettent d'illustrer concrètement ces différences.

Finalités du dépistage et de la mesure d'imprégnation

Le dépistage comme l'étude d'imprégnation repose sur la réalisation de dosages biologiques proposés à tout ou partie d'une population. La différence entre un dépistage et une mesure de l'imprégnation tient au bénéfice que chaque individu peut retirer personnellement des résultats du dosage biologique, et en premier lieu à la possibilité ou non d'une prise en charge médicale adaptée.

« Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le dépistage consiste à identifier de manière présumptive (*i.e.* précoce), à l'aide de tests appliqués de façon systématique et standardisée, les sujets atteints d'une maladie ou d'une anomalie passée jusque là inaperçue. Les tests de dépistage doivent permettre de faire le partage entre les personnes apparemment en bonne santé, mais qui sont probablement atteintes de la maladie ou de l'anomalie donnée et celles qui en sont probablement exemptes » [6]. Ce dépistage permet ensuite de proposer, à chaque personne concernée au sein de la population, des compléments diagnostiques et une prise en charge thérapeutique, si cela s'avère nécessaire. Ce sont ces deux aspects, l'identification des « cas » la plus exhaustive possible et la prise en charge sanitaire, qui permettent de parler de dépistage.

Les études d'exposition biologique ou d'imprégnation permettent de repérer des sous-populations présentant des niveaux d'exposition élevés et éventuellement d'identifier les principaux facteurs

Encadré 1. Mesure d'exposition biologique ou mesure d'imprégnation ? / *Box 1 Biological exposure measure or impregnation measure?*

Les termes « mesures d'exposition » et « mesure d'imprégnation » sont employés pour décrire ces enquêtes qui utilisent un biomarqueur pour estimer l'exposition de la population concernée. Faut-il faire une différence ? L'imprégnation traduit une accumulation du polluant dans l'organisme ; c'est le cas de la dioxine, du plomb, du cadmium. Ce mot est parfois mal reçu par les personnes qui n'ont pas l'habitude de ce vocabulaire, et qui peuvent lui associer une connotation d'alarme. En revanche, certaines substances sont rapidement éliminées de l'organisme ; c'est le cas de l'arsenic dont le dosage est le reflet biologique d'une exposition très récente.

Il n'y a pas aujourd'hui de stabilité du vocabulaire, et ce document n'est pas fait pour l'apporter ; les deux vocables sont utilisés indifféremment dans l'ensemble du texte. Mais, à défaut de statuer sur une préférence pour l'un ou l'autre, l'important est de bien faire comprendre la signification de la mesure du biomarqueur.

Encadré 2. Dépistage ou mesure d'imprégnation : les cas de l'arsenic et du cadmium / *Box 2 Screening or impregnation measure: the cases of arsenic and cadmium*

Les récentes situations explorées autour du site Umicore sur la commune de Viviez et dans le bassin de Moselle et Madon ont renforcé la nécessité d'être le plus clair possible sur l'attendu de la mesure des biomarqueurs du cadmium d'une part, et de l'arsenic (As) d'autre part.

Concernant le bassin de Moselle et Madon, le travail préparatoire sur les risques sanitaires liés à l'arsenic et sur ses biomarqueurs a permis de conclure que les critères de mise en œuvre d'un dépistage n'étaient pas respectés. En effet, il n'est pas possible en l'état actuel des connaissances de traduire la concentration d'As mesurée dans les urines en prédiction de survenue d'une pathologie associée, en l'occurrence un cancer cutané. À l'issue de ce travail d'expertise, l'InVS a donc préconisé la réalisation d'une étude d'exposition biologique de la population, avec les objectifs suivants : (i) déterminer les niveaux d'arsenic urinaire de la population résidant sur le bassin de Neuves-Maisons et (ii) identifier les facteurs expliquant les niveaux d'arsenic urinaire mesurés.

Dans le cadre du dossier ouvert sur la commune de Viviez, la réflexion a principalement porté sur la mesure du cadmium urinaire. L'analyse des connaissances disponibles a permis d'identifier et de retenir un seuil de concentration de cadmium dans les urines à partir duquel on s'interroge sur une possibilité de survenue d'insuffisance rénale. Pour les personnes dépassant ce seuil, des dosages biologiques complémentaires, notamment de protéines urinaires signant une dégradation du fonctionnement du rein, peuvent être mis en œuvre. Il existe donc un réel bénéfice individuel à mesurer une sur-imprégnation au cadmium pour identifier et prévenir l'évolution d'une atteinte rénale associée.

Il convient de noter et rappeler dans un dernier temps toute l'importance de cette analyse préliminaire qui permet d'orienter le protocole à mettre en place et de proposer une communication appropriée envers la population concernée. Concernant l'étude sur la commune de Viviez, s'inscrivant dans une dynamique de dépistage, le protocole a inclus la nécessité de toucher l'ensemble de la population. Pour l'étude dans le bassin de Moselle et Madon, il a été d'emblée mis en avant qu'elle s'inscrirait dans un objectif d'amélioration des connaissances et qu'elle ne répondrait pas aux éventuelles interrogations de la population sur son état de santé.

expliquant ces niveaux à l'aide d'un questionnaire administré à chacune des personnes de la population. Seule une interprétation collective, en termes d'exposition, de l'ensemble des résultats biologiques est possible. En revanche, l'interprétation sanitaire est impossible : le dosage biologique ne peut conduire à une prise en charge médicale au sens thérapeutique ; le bénéfice individuel est extrêmement limité dans le cadre d'une étude d'exposition. Dans certains cas, il peut être proposé une réduction des expositions aux facteurs de risques identifiés.

Objectifs du dépistage et de la mesure d'imprégnation

Le dépistage poursuit un objectif de gestion des risques. Le dépistage du saturnisme infantile par mesure de la plombémie est un exemple classique. Il peut être proposé soit à l'ensemble des enfants d'une zone d'étude, soit ciblé vers quelques enfants dont le potentiel d'exposition au plomb est avéré par un examen approfondi des conditions d'habitation, de l'environnement et du comportement.

L'étude d'exposition poursuit d'abord un objectif d'amélioration des connaissances. Elle vise à décrire les expositions à partir de la distribution des concentrations de biomarqueurs (indicateurs de tendance centrale, de dispersion, ajustement à une distribution théorique). L'étude d'imprégnation peut ensuite permettre des mesures de réduction des expositions si le protocole et l'analyse statistique permettent d'identifier les catégories de populations surexposées, ainsi que les facteurs contribuant substantiellement aux expositions.

Ainsi, l'analyse de la pertinence à mettre en place l'une ou l'autre des campagnes de mesures s'appuie sur un certain nombre de critères. La décision de mise en œuvre d'un dépistage s'appuie sur 10 critères, formalisés en 1968 par Wilson et Jungner [7], dont l'existence d'un test efficace, le caractère acceptable de ce test par les populations, l'existence de moyens diagnostics et de prise en charge de la maladie par un traitement approprié. La mise en place d'une étude d'exposition résultera notamment de la capacité à discriminer les personnes exposées par rapport aux

personnes non exposées ou moins exposées, et de la capacité de quantifier la surexposition à une source ou une situation décrite, etc.

Ces différences entre les objectifs et les finalités d'un dépistage et d'une étude d'imprégnation impliquent des modalités d'organisation, puis d'expression et d'interprétation des résultats distinctes.

Un outil privilégié : les biomarqueurs

Le dépistage et l'étude d'exposition s'appuient tous deux sur l'utilisation de biomarqueurs, classés en trois groupes : les biomarqueurs d'exposition, d'effet et de susceptibilité. Les biomarqueurs d'exposition sont des indicateurs de la présence du polluant dans l'organisme ; déterminés par le polluant lui-même ou par l'un de ses métabolites. Les biomarqueurs d'effet reflètent l'interaction entre le polluant et le corps humain qui se traduit par la mesure d'un changement biochimique ou d'un désordre physiologique. Leur faiblesse est le manque de spécificité par rapport au polluant. Les biomarqueurs de susceptibilité définissent le degré de sensibilité d'un individu par rapport aux effets toxiques d'un polluant. Il peut s'agir d'une disposition enzymatique génétique ; c'est par exemple le cas du polymorphisme d'un gène impliqué dans le métabolisme du benzène, influençant de manière significative les concentrations de certains métabolites [8]. En complément, dans la recherche d'une association entre une pathologie et une exposition, la disponibilité d'un biomarqueur de susceptibilité permettra de maîtriser le facteur de confusion associé à la plus grande sensibilité de certaines sous-populations : les amines aromatiques sont métabolisées par le gène de la N-acétyltransférase 2 (NAT2) pour lequel un polymorphisme responsable d'une métabolisation lente ou rapide de ces substances a été mis en évidence [9].

Le dosage de biomarqueur mesure la contribution globale des différentes voies et milieux d'exposition et la distribution de leurs résultats illustre les variations inter-individuelles. Mais les résultats biologiques ne permettent pas de distinguer, au niveau individuel, l'origine de l'exposition et notamment la part attribuable à l'environnement mis en cause. De même, en l'état actuel des connaissances, on est rarement en mesure de préciser les conséquences sanitaires de l'exposition ainsi mesurée, les cas du plomb et du cadmium faisant exception. Enfin, le côté invasif de certaines techniques de prélèvement peut poser des problèmes de consentement des individus.

Des modalités d'organisation différentes

Un dépistage ayant pour finalité un bénéfice individuel, deux modes d'organisation sont possibles. Dans le premier cas, l'initiative est laissée aux personnes concernées, soit à travers un dispositif spécialement mis en place, soit lors d'une consultation chez le médecin traitant. Une prise en charge financière pourra être proposée, notamment à travers un accord avec les caisses d'assurance maladie. Dans le deuxième cas, le dépistage est rendu « obligatoire » pour toutes les personnes concernées afin de ne pas passer à côté d'un cas. Cette démarche se justifie dans le cas d'un dépistage d'une pathologie particulièrement lourde, mais dont la prise en charge précoce permet d'en réduire significativement la portée.

Dans tous les cas, un dispositif et une communication adaptés seront engagés afin d'atteindre le plus de personnes possible. Dans le domaine de la santé environnementale, la réflexion la plus aboutie concerne le dépistage du saturnisme chez l'enfant. Pour en savoir plus, on pourra se reporter utilement au document publié par l'Institut de veille sanitaire (InVS) intitulé « Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb » [6,10].

En revanche, dans le cadre d'une étude d'imprégnation ou de mesure d'exposition biologique, la rédaction du protocole répond aux mêmes exigences que pour toute enquête rigoureuse, que ce soit pour la délimitation de la zone d'étude ou la sélection d'un échantillon représentatif au sein de la population concernée. Les modalités d'organisation d'une telle étude ne présentent pas de spécificité par rapport à toute enquête de terrain, si ce n'est une attention toute particulière pour mettre en œuvre les conditions les plus favorables à l'acceptation des prélèvements biologiques par la population.

Une expression et une interprétation des résultats différentes

Quelle que soit l'approche, la restitution des résultats sera individuelle et collective, avant tout aux individus ayant participé à l'étude. Cette restitution doit être préparée, mais ne peut être différée trop longtemps dans le temps.

Dans le cas du dépistage, les résultats généraux seront principalement proposés sous forme d'un pourcentage de la population, ou de la catégorie de la population, qui présentait un test positif. Ce n'est pas la distribution de la mesure du biomarqueur dans la population qui présente un intérêt. Pour l'interprétation individuelle des résultats, une prise en charge individuelle des personnes doit être d'emblée envisagée afin de s'assurer une bonne compréhension du résultat du test et de faire en sorte que les suites à donner soient bien mises en œuvre. Le résultat du test est comparé à une valeur repère fixée pour sa signification sanitaire et l'interprétation doit en faire comprendre les conséquences. Dans le cas du plomb, une plombémie supérieure à 100 µg/l déclenche une action thérapeutique différente et plus ou moins urgente selon l'ampleur du dépassement et les risques encourus par l'enfant. Ainsi, un enfant présentant une plombémie supérieure à 450 µg/l se verra proposer d'emblée une chélation pour réduire drastiquement et très rapidement cette plombémie. Son suivi dans le temps sera également très serré, jusqu'à un retour à un niveau inférieur à 100 µg/l.

Dans le cadre d'une étude d'imprégnation, la distribution des résultats du biomarqueur dans la population est importante. Si les effectifs sont suffisants, des analyses multivariées permettent d'identifier, de caractériser et comparer les principales modalités d'exposition associées au biomarqueur.

Les repères d'interprétation possibles sont ceux rapportés soit dans une population qualifiée de référence, soit dans d'autres populations. Les enquêtes d'exposition, réalisées à grande échelle notamment aux USA (NHANES) [11] et en Allemagne (GerES) [12], fournissent quelques repères sur les niveaux d'exposition des populations générales exposées aux contaminants environnementaux. En France, des données semblables sont issues de

l'enquête ENNS [13], de l'enquête sur les dioxines dans le lait maternel qui avait permis de positionner l'exposition des Françaises sur l'échiquier européen [2] et de l'étude d'imprégnation aux dioxines des populations résidant autour d'un incinérateur.

Conclusion

Bien faire la distinction entre un dépistage et une étude de mesure de l'exposition se révèle majeur, car si le premier est une action de santé publique à part entière, la deuxième se situe plus dans un processus d'amélioration des connaissances. Cette différence influe sur l'ensemble des étapes qui vont permettre de poser les conditions et les modalités de prise en charge d'une situation et donc d'une population qui s'inquiète pour sa santé. Elle permet surtout de mettre en place des éléments de communication sans équivoque pour que la population saisisse bien à son tour les limites de l'action publique.

Si, aujourd'hui, les biomarqueurs disponibles sont peu nombreux pour aider à la gestion des situations environnementales dégradées, depuis quelques années les travaux se multiplient, notamment à un niveau européen, pour développer et renforcer cette connaissance, harmoniser les pratiques et en faire des outils efficaces.

Bibliographie

- [1] Frery N, Ohayon A, Quenel P. Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle région de Salsigne (Aude). RNSP Dec 1998. 69 p.
- [2] Institut de veille sanitaire (InVS) / Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). Étude sur les dioxines et les furanes dans le lait maternel en France, 2000, InVS ed, 175 p.
- [3] ORS Paca – InVS. Évaluation des conséquences sanitaires et environnementales de la pollution d'origine industrielle au cadmium autour du site TLM dans le 15^e arrondissement de Marseille. ORS Paca Nov 2001. 146 p.
- [4] Glorennec P, Drougard C, Ledrans M, Dor F. Pertinence d'un dépistage du saturnisme autour de la fonderie de Pontchardon (Orne). Ministère de la Santé/InVS. Août 2000. 41 p.
- [5] InVS- Afssa. Étude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères. Synthèse des résultats. 20 p. Ed InVS. ISBN 978-2-11-096479-3.
- [6] InVS. Dépistage du saturnisme autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en œuvre d'un dépistage: Organisation des programmes de dépistage et évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de l'exposition. Mars 2001.
- [7] Wilson JMG, Jungner G. Principles and practice of screening for disease. Public Health Papers 34. Geneva: World Health Organisation, 1968.
- [8] Qu Q, Shore R, Li G *et al.* Biomarkers of benzene: urinary metabolites in relation to individual genotype and personal exposure. *Chemico-biological Interactions*. 2005; 153-154:85-95.
- [9] Dean Bakker, Health effects assessment pp 73-91 in *Environmental epidemiology. Study methods and application*. Dean Bakker, Mark J. Nieuwenhuijsen. 2008 Oxford university press.
- [10] InVS. Dépistage du saturnisme autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en œuvre d'un dépistage: du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions. Mars 2002.
- [11] U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Health Statistics (NCHS). National Health and Nutrition Examination Survey 2007, 2008. Overview. Hyattsville, MD. 6 p.
- [12] Kolossa-Gehring M, Becker K, Conrad A. *et al.* German Environmental Survey for Children (GerES IV) – First Results. *Int J Hyg Environ Health*. 2007; 210:535-40.
- [13] Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen). Étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006) – Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). Institut de veille sanitaire, Université de Paris 13, Conservatoire national des arts et métiers, 2007. 74 p. Disponible sur www.invs.sante.fr

Démarche décisionnelle pour la conduite d'une étude à l'aide de biomarqueurs au sein des populations résidant sur des sols pollués

Frédéric Dor¹ (f.dor@invs.sante.fr), Nicolas Sauthier², Karine Mantey³, Jean-Luc Lasalle⁴, Côme Daniau¹

1 / Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France 2 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Midi-Pyrénées, InVS, Toulouse, France
3 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Est, InVS, Nancy, France 4 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud, InVS, Marseille, France

Résumé / Abstract

Les premières alertes sanitaires liées à des pollutions des sols industriels ont éclaté au début des années 1980 (Love Canal, Woburn, etc.). Les études épidémiologiques réalisées pour répondre aux interrogations de la population ont deux écueils : l'estimation de l'exposition et la taille réduite des populations. Aujourd'hui, les populations demandent des mesures biologiques car elles souhaitent disposer d'une mesure réelle de leur exposition. Il est devenu nécessaire de clarifier la démarche décisionnelle qui permet de statuer sur l'utilité, la pertinence et la faisabilité de conduire une étude d'exposition utilisant des biomarqueurs. Trois exemples illustrent les pratiques d'aujourd'hui et montrent l'hétérogénéité des situations à analyser et gérer. Il en ressort cependant les trois questions clés qui structurent les étapes d'une démarche décisionnelle : y a-t-il une utilité à proposer de mettre en place une étude sanitaire ? Est-il pertinent de conduire une étude d'exposition ; l'utilisation d'un biomarqueur est-elle la meilleure approche ? L'étude est-elle faisable et notamment existe-t-il un biomarqueur permettant de répondre aux attentes ? Les réponses à ces trois questions sont indispensables, le manque actuel de connaissances ne permettant pas de s'engouffrer sans réflexion préalable dans ce type d'étude. Fort de son expérience, l'Institut de veille sanitaire est en train de rédiger une conduite à tenir destinée aux professionnels de santé publique.

Decision-making process to implement an exposure study with biomarkers among inhabitants living on contaminated soils

The first health alerts related to pollution of industrial soils erupted in the early 1980s (i.e. Love Canal, Woburn, etc.). The epidemiological studies performed to answer questions from the population reveal two difficulties: the estimation of the exposure, and the reduced size of the populations. Today, populations are asking for biological measures because they wish to have the true measure of their exposure. It has become necessary to clarify the decision-making step which allows ruling on the utility, the relevance and the feasibility of conducting an exposure study using biomarkers. Three examples illustrate current practices and show the heterogeneity of the situations to analyze and manage. However, three key questions are raised, that shape the stages of a decision-making approach: Is it useful to suggest setting up a health study? Is it relevant to conduct an exposure study? Is the use of a biomarker the best approach? Is the study feasible; and in particular is there a biomarker allowing to meet the population expectations? The answers to these three questions are essential, the current lack of knowledge does not allow any involvement without prior reflection into this type of study. Based on its solid experience, the French Institute for Public Health Surveillance is drafting a report intended to public health professionals.

Mots clés / Key words

Démarche décisionnelle, biomarqueur, sols pollués, exposition / Decision-making, biomarker, contaminated soils, exposure

Introduction

Les premières alertes sanitaires liées à des pollutions des sols industriels ont pris place au début des années 1980. Ce fut Love Canal et Woburn aux États-Unis, Montchanin en France et plus récemment les sites émetteurs de plomb et l'école Franklin Roosevelt à Vincennes [1-6]. En dépit d'un nombre important de situations dégradées, les études épidémiologiques réalisées ont souvent été peu démonstratives en raison, notamment, de deux écueils majeurs que sont l'estimation difficile de l'exposition des populations aux polluants présents dans les sols contaminés, et la taille réduite des populations concernées lorsque l'on considère les sites séparément les uns des autres [7,8]. Les interrogations restent donc fortes sur le plan sanitaire. Pour contourner cette difficulté de la mesure de l'exposition, les travaux se sont principalement appuyés sur l'utilisation de la modélisation des transferts des polluants du sol vers les autres milieux, puis vers les populations à travers des scénarios d'exposition plutôt majorants. Les études menées sur les sols pollués ont montré des discordances entre ce que laissent présager des concentrations de ces métaux dans les sols, les prédictions des niveaux d'exposition qui en résultent et les mesures à l'aide de biomarqueurs. C'est le cas notamment pour le chrome, l'arsenic, le plomb et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Cependant, aucune des méthodes aujourd'hui disponibles ne permet de répondre de manière uni-

verselle. En fonction des composés impliqués et de la situation étudiée, il convient de choisir la plus appropriée d'entre elles.

Aujourd'hui, les populations demandent des mesures biologiques, car elles souhaitent disposer d'une mesure réelle de leur exposition. Elles ont en outre l'impression que ce type de mesures amène une réponse fiable et définitive sur les conséquences sanitaires des pollutions auxquelles elles sont soumises. Il est vrai que ces études quantifient la dose absorbée par l'organisme, mais bien souvent elles ne permettent pas de dégager la contribution des voies et des sources d'exposition, ni l'impact sur la santé. Par ailleurs, les biomarqueurs utiles dans un contexte d'exposition aux polluants du sol n'existent que pour un nombre très limité de polluants et des valeurs de référence en population générale sont en cours de constitution en France (Enquête nationale nutrition santé (ENNS) par exemple). Pour autant, si elles permettent de répondre à la question de la réalité de l'exposition de la population, elles ne doivent pas apparaître comme une modalité d'intervention systématique dans la gestion sanitaire des sites et des sols pollués.

Dans ce contexte, il est nécessaire de clarifier la démarche décisionnelle qui permet de statuer sur le bien fondé de conduire une étude d'exposition utilisant des biomarqueurs. Le présent article décrit d'abord trois exemples de dossiers dans lesquels l'Institut de veille sanitaire a été ou est encore impliqué. Leur présentation met en avant les points

clés qui ont conduit à retenir ou non la mise en œuvre d'une d'exposition utilisant un ou plusieurs biomarqueurs. Leur diversité permet d'aborder et d'éclairer les difficultés rencontrées, difficultés à l'origine de la structuration de la démarche décisionnelle présentée dans un second temps.

Les études menées

Dépistage du saturnisme et mesures de l'imprégnation de la population en cadmium sur le secteur de Mortagne-du-Nord (Nord) [9]

À Mortagne-du-Nord, dans le département du Nord, ont fonctionné une fonderie de zinc et une usine d'acide sulfurique ainsi qu'une fonderie de plomb. Bien que la dernière de ces usines soit fermée depuis 1968, une pollution en métaux lourds des sols et des sédiments est encore présente sur et autour du site.

Les concentrations élevées du site en plomb, en zinc et en cadmium ont conduit à poser la question de la nécessité de réaliser des études d'imprégnation de la population à ces différents éléments.

Pour le cadmium, l'exposition estimée d'une personne atteignait au maximum 33,4 µg/j. Elle restait éloignée de la valeur toxicologique de référence qui est de 60µg/j. L'exposition a donc été jugée acceptable et la mesure de l'imprégnation de la population en cadmium non pertinente.

Pour les enfants habitant la zone centrale de contamination, la probabilité de dépasser une plombémie de 100 µg/l variait entre 0,8 % et 6,3 % selon la biodisponibilité présumée du plomb. Elle était probablement encore surestimée. Ainsi, il a été conclu qu'un dépistage organisé du saturnisme ne s'imposait pas ; les professionnels de santé locaux ont été incités à un repérage ciblé des enfants éventuellement concernés.

Finalement, les concentrations élevées en métaux dans les sols étaient préoccupantes et rendaient utile la réflexion sur la mise en place d'une étude de santé. Une modélisation de l'exposition attendue dans les populations a permis de conclure à la non-pertinence d'organiser ni une étude d'imprégnation au cadmium, ni un dépistage systématique du saturnisme par la mesure de la plombémie dont l'efficacité serait très limitée.

Étude d'exposition biologique à l'arsenic d'origine naturelle dans le bassin de Moselle et Madon

De l'arsenic naturel dans les sols du bassin de Moselle et Madon (54) a été découvert à des teneurs élevées à l'occasion d'études visant à évaluer les risques sanitaires liés à l'activité d'une aciérie implantée sur une commune de ce bassin. Cet élément, du seul fait de l'émission de l'aciérie, avait été identifié à risque pour les populations riveraines.

Dans ce contexte, la réponse à l'interrogation sanitaire de la population a posé la mesure de l'exposition comme préalable à toute étude épidémiologique. La justification s'appuie sur la méconnaissance, voire l'ignorance du passage de l'arsenic du sol dans un organisme humain.

Le travail préparatoire a consisté à étudier l'objectivation de l'exposition de la population par la mesure d'un biomarqueur de l'arsenic. L'analyse bibliographique a permis d'identifier un biomarqueur d'exposition, mais n'ayant pas une capacité de test de dépistage permettant d'évaluer l'état de santé de la population. L'étude réalisée a donc consisté à mesurer l'arsenic urinaire, reflet d'une exposition des derniers jours, chez des personnes résidant dans la zone géographique qualifiée d'exposée.

Les objectifs étaient les suivants : (i) déterminer les niveaux d'arsenic urinaire de la population résidant sur le bassin de Neuves-Maisons et (ii) identifier les facteurs expliquant les niveaux d'arsenic urinaire mesurés.

L'atteinte de ces objectifs ne nécessitait pas de passer par la constitution d'un échantillon représentatif de la population concernée. Il a été fait appel au volontariat, en insistant pour que toutes les tranches d'âges soient représentées. L'exploitation des résultats est effectuée à un niveau populationnel. Cela n'empêche pas un rendu individuel des résultats, accompagnés de recommandations en fonction du niveau d'arsenic mesuré dans les urines, mais sans pouvoir donner d'indications en termes de conséquences sanitaires.

Il a été d'emblée mis en avant que cette étude s'inscrivait dans une amélioration des connaissances et qu'elle ne répondrait pas aux éventuelles interrogations de santé de la population. Tous les espaces de dialogue (comité de pilotage, lettre d'information, réunion de présentation de l'étude...) ont insisté sur ce point.

Mise en œuvre d'une campagne de dépistage des atteintes rénales à Viviez (Aveyron)

Viviez, commune de 1 500 habitants dans l'Aveyron, a accueilli 150 ans d'activité de fonderie de zinc. Les conséquences environnementales se traduisent par de fortes concentrations en plomb, cadmium et arsenic au droit des habitations, aussi bien dans les sols, dans les légumes cultivés, que dans les eaux des cours d'eau de la zone. Ainsi, le cadmium est présent de façon importante sur l'intégralité du village avec une médiane de concentrations de 27 ppm dans les sols. Une exposition importante et durable au cadmium peut provoquer une néphropathie tubulaire pouvant conduire à une insuffisance rénale. L'évaluation des risques sanitaires a conclu à l'apparition probable d'effets sur le rein pour la population exposée au cadmium. Toutefois, la petite taille de la population ne permettait pas d'observer un excès significatif d'insuffisance rénale chronique dans ce village.

L'utilisation d'un biomarqueur, tel que la cadmiurie, associée à la recherche de la protéine de liaison du rétinol (retinol binding protein (RBP)), va permettre respectivement, d'évaluer l'exposition de la population et une éventuelle atteinte rénale liée à cette exposition. Cette analyse se justifie d'autant plus que la durée de l'exposition de la population a pu être longue, la population exposée étant âgée (33% de la population a plus de 65 ans contre 21 % au niveau national), sédentaire (durée moyenne de résidence 21 ans contre 16 au niveau national) et ayant travaillé pour une bonne part d'entre elle sur le site industriel de la fonderie. L'insuffisance des connaissances sur l'exposition des enfants a conduit la Cire Midi-Pyrénées à proposer à l'ensemble de la population un dépistage des atteintes rénales. Ainsi chacun, individuellement, pourra recevoir en fonction de son niveau d'imprégnation des conseils notamment hygiéniques et diététiques et/ou être orienté vers un néphrologue pour des examens complémentaires.

Les étapes d'une démarche décisionnelle

Ces exemples montrent l'hétérogénéité des situations et la difficulté de statuer sur le bien fondé d'une mesure de l'exposition utilisant des biomarqueurs. Cette difficulté se révèle autant dans l'analyse de la pertinence de la mise en place de ce type d'étude que dans celle de la faisabilité. Il ressort de ces exemples trois questions clés qui structurent les étapes d'une démarche décisionnelle :

Y a-t-il une utilité à proposer de mettre en place une étude sanitaire ?

Le signalement d'une situation dégradée peut être soit environnemental, fondé sur des analyses de concentrations de polluants dans les sols, soit sanitaire notamment lors de la déclaration de pathologies inhabituelles ou de plaintes. Les riverains, associations ou élus sollicitent alors les autorités sanitaires pour connaître les risques sanitaires encourus. Ces autorités se doivent d'apprécier la véracité de ce signalement puis d'objectiver la demande, de préciser les inquiétudes, de hiérarchiser les questions.

En fonction des connaissances disponibles, soit les informations sont suffisantes pour pouvoir mettre immédiatement en place des mesures de gestion

appropriées définitives ou transitoires, soit il conviendra de renforcer les connaissances afin d'agir avec un meilleur discernement. Cette première question conduit donc les autorités sanitaires à se prononcer sur la réalité d'une problématique sanitaire, et à établir l'utilité de conduire une étude de santé publique. Reste qu'elles doivent à ce stade s'interroger sur la meilleure approche à considérer.

Est-il pertinent de conduire une étude d'exposition ? L'utilisation d'un biomarqueur est-elle la meilleure approche ?

Dans les études sanitaires, les limites des réponses apportées mettent souvent en exergue la question de l'estimation de l'exposition. Cela est encore plus évident dans le cadre des sols pollués, la méconnaissance étant grande sur le passage des contaminants du sol dans l'organisme humain. La réflexion autour de la conduite d'une étude spécifique portant sur l'exposition des populations à un ou des polluants prend alors tout son sens. Elle peut être soit la réponse préalable à la question sanitaire, soit une étape incontournable pour pouvoir caractériser un impact sur la santé. Nombreuses sont les méthodes permettant d'apprécier les expositions à des substances. On peut citer entre autres, la modélisation, les mesures environnementales individuelles, par exemple à l'aide de capteurs personnels, le jugement d'expert. L'incertitude véhiculée par ces méthodes est plus ou moins élevée, mais toutes ne permettent pas d'accéder à la quantité de polluant passant réellement dans l'organisme humain. Si les mesures biologiques fournissent ce résultat, elles intègrent en revanche l'ensemble des sources et des voies d'exposition. Il est donc légitime et important de s'interroger spécifiquement sur l'utilisation de biomarqueurs pour répondre aux interrogations de la population exposée.

L'étude d'imprégnation permet soit de s'inscrire dans le cadre d'un dépistage lorsque la relation entre la mesure de l'exposition et la survenue d'un effet sanitaire est connue ; soit dans une optique d'amélioration des connaissances sur les relations entre niveau de polluant dans le milieu et niveau d'imprégnation de la population, voire sur le lien entre imprégnation et effet à travers l'analyse d'une relation dose-effet ou dose-réponse.

Dans le cas de l'amélioration des connaissances, ces études peuvent également permettre d'identifier des facteurs d'exposition favorisant l'imprégnation et ainsi cibler les mesures de gestion à mettre en œuvre pour les limiter. Dans ce cas, la taille de la population concernée entre en ligne de compte, un effectif minimal étant nécessaire pour montrer une différence de concentration biologique statistiquement significative entre une population exposée et une population de référence ou entre des groupes de population plus ou moins exposés. L'évaluation de la pertinence de conduire une étude d'imprégnation inclut la réponse aux questions suivantes :

- doit-on s'intéresser à des groupes de populations particuliers, populations sensibles ou groupes d'âge, mais aussi catégories professionnelles ou encore populations exposées du fait de leurs habitudes de consommation de produits locaux ?
- doit-on inclure dans l'étude les seules personnes potentiellement les plus exposées afin, dans un premier temps, d'éviter la dilution de l'exposition à l'échelle communautaire ?

Au terme de cette seconde étape, l'analyse aura conduit le professionnel de santé publique à se prononcer sur la capacité des mesures biologiques à apporter les éléments nécessaires à la gestion sanitaire de la situation identifiée. Vient ensuite l'analyse de la faisabilité d'une telle étude.

l'étude est-elle faisable ? Existe-t-il un biomarqueur répondant aux attentes ?

Globalement, l'analyse de la faisabilité d'une étude d'imprégnation ne diffère pas de celle d'autres études. On peut cependant pointer deux spécificités : l'existence d'un biomarqueur pertinent et l'acceptation par la population d'une telle étude sollicitant des prélèvements intimes et parfois invasifs. L'analyse de l'existence d'un biomarqueur pertinent, spécifique du polluant étudié, nécessite une synthèse bibliographique des connaissances scientifiques sur ses caractéristiques intrinsèques et analytiques. Concernant les caractéristiques intrinsèques, on peut notamment citer :

- la nature de l'exposition mesurée : les biomarqueurs, quelle que soit leur nature (d'exposition, d'effets ou de susceptibilité), doivent refléter l'exposition à un polluant ou ses conséquences sanitaires, que cette exposition soit passée ou récente. Il est donc nécessaire de connaître le temps de demi-vie du biomarqueur que l'on souhaite utiliser afin de s'assurer de sa compatibilité avec l'exposition étudiée ;

- la connaissance de niveaux de référence en population générale ou dans des populations spécifiques (par exemple les enfants) qui permettent de confronter les résultats de l'étude menée ;

- l'estimation des variabilités inter et intra individuelle afin de pouvoir statuer sur la capacité à distinguer des groupes de populations ;

- l'existence d'une relation entre les concentrations dans l'environnement et la mesure d'imprégnation afin d'analyser la capacité à différencier les populations exposées à des niveaux différents de pollution environnementale ;

- la connaissance de facteurs de confusion et des autres sources des mêmes substances qui ne

permettent pas d'attribuer la mesure du biomarqueur à l'exposition environnementale.

Concernant les caractéristiques analytiques, les plus importantes d'entre elles sont :

- une technique analytique permettant d'atteindre les limites de détection et de quantification nécessaires à l'obtention de résultats pertinents pour l'étude menée ;

- la répétabilité et la reproductibilité de cette méthode ;

- la facilité et l'acceptabilité du recueil des échantillons ;

- une conservation des échantillons.

L'adhésion de la population à la démarche proposée est une étape importante pour la réussite de l'étude. Son implication repose sur une bonne connaissance du cadre de l'étude, de ses objectifs et des modalités de restitution des résultats, y compris des conclusions environnementales et sanitaires, communautaires et individuelles. Il est important que la population, les associations et les élus, soient conscients au préalable des questions auxquelles pourra répondre l'étude et de ses limites. Leur implication dès la phase d'analyse de la situation est un atout majeur dans la réussite de la mise en œuvre de l'étude sur le terrain [voir article de Legout *et al.* pp. 473-6 de ce même numéro], d'autant que les pathologies ou les expositions considérées ne sont pas toujours symptomatiques et, par là même, que la population ne se sent pas obligatoirement concernée.

Conclusion

La décision de conduire une étude d'imprégnation dans une situation environnementale dégradée est complexe et nécessite des travaux préliminaires importants.

Une parfaite connaissance de la situation doit donc dans un premier temps permettre d'estimer si les enjeux sanitaires sont réels et de savoir si l'étude d'imprégnation est bien l'outil qui répondra le mieux aux attentes de la population, des élus et des associations.

Le manque de connaissances actuelles d'une part sur les biomarqueurs utiles dans un contexte

d'exposition aux sols et, d'autre part, sur les valeurs de référence en population générale, ne permet pas de s'engouffrer sans réflexion préalable dans ce type d'étude ; les attentes des populations comme celles des gestionnaires seraient inévitablement déçues. Les travaux français, européens et internationaux comblent ces lacunes un peu plus chaque jour.

Les réponses aux trois questions structurant la démarche décisionnelle sont indispensables. Fort de son expérience, l'Institut de veille sanitaire est en train de rédiger une conduite à tenir destinée aux professionnels de santé publique en priorité, mais également à tout autre acteur intéressé de comprendre ce cheminement.

Bibliographie

- [1] Heath CW Jr. Field epidemiologic studies of populations exposed to waste dumps. *Environ Health Perspect.* 1983; 48:3-7.
- [2] Janerich DT, Burnett WS, Feck G, Hoff M, Nasca P, Polednak AP, *et al.* Cancer incidence in the Love Canal area. *Science.* 1981; 212(4501):1404-7.
- [3] Norman Telles, Cancer Mortality in Woburn: A Three Decade Study (1949-1978). Department of Public Health, Commonwealth of Massachusetts, November 17, 1981. Appendix, portions of EPA report F1-8010-04B.
- [4] Zmirou D, Deloraine A, Saviuc P, Tillier C, Bouchariat A, Maury N. Short-term health effects of an industrial toxic waste landfill: a retrospective follow-up study in Montchanin, France. *Arch Environ Health.* 1994; 49(4):228-38.
- [5] Zmirou D, Deloraine A, Dab W, Isnard H. Incertitude, expertise et décision: les leçons de la décharge de Montchanin. *Rev Epid et Santé Publ.* 1995; 43:584-93.
- [6] InVS. Analyse d'un agrégat de cas de cancers dans l'école Franklin Roosevelt de Vincennes. Rapport final. Juillet 2002. 44 p.
- [7] Croen LA, Shaw GM, Sanbonmatsu L, Selvin S, Buffler PA. Maternal residential proximity to hazardous waste sites and risk for selected congenital malformations. *Epidemiology.* 1997; 8(4):347-54.
- [8] Shaw GM, Schulman J, Frisch JD, Cummins SK, Harris JA. Congenital malformations and birthweight in areas with potential environmental contamination. *Arch Environ Health.* 1992; 47(2):147-53.
- [9] InVS. Pertinence d'un dépistage du saturnisme et de mesures de l'imprégnation de la population en cadmium sur le secteur de Mortagne-du-Nord: Rapport final. Janvier 2008. 42 p.

La mesure des concentrations en éléments dans les sols pour une investigation à visée sanitaire

Côme Daniau (c.daniau@invs.sante.fr)¹, Arnaud Mathieu², Mathilde Pascal¹, Nicolas Sauthier³, Christophe Raoul⁴, Frédéric Dor¹

1 / Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France 2 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Île-de-France, InVS, Paris, France

3 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Midi-Pyrénées, InVS, Toulouse, France 4 / Cellule interrégionale d'épidémiologie Centre, InVS, Orléans, France

Résumé / Abstract

L'évolution récente de la politique de gestion des sols pollués renforce la place de la mesure par rapport à d'autres méthodes pour estimer les expositions des populations. À partir de ces données, l'enjeu de l'Institut de veille sanitaire (InVS) est d'en proposer une interprétation de santé publique appropriée.

Des travaux ont été conduits par l'InVS pour permettre aux professionnels de santé publique d'avoir une meilleure maîtrise des données issues de la mesure dans les sols : 1) une grille de lecture pour juger de la qualité des campagnes de mesures, afin de déterminer si les résultats peuvent être utilisés pour identifier et évaluer les expositions 2) des référentiels de concentrations des métaux dans les sols en région Ile-de-France et région Centre pour l'interprétation des résultats de mesures.

The measure of concentrations in elements of soils for a health-oriented investigation

The recent evolution of the environmental policy for the management of polluted soils improves the meaning of the measure compared to other assessment methods of exposure. Based on these data, the French Institute for Public Health Surveillance (InVS) challenge is to propose an accurate public health interpretation.

Research work has been conducted by the InVS to allow public health professionals to have a better mastery of the data from measures in soil: 1) a reading grid was developed to support the interpretation of soil measurement campaigns in order to determine whether the results can be

Cet article discute également le fait qu'au-delà de la complexité de la stratégie d'échantillonnage et de l'analyse des prélèvements, l'utilisation des données de mesures dans les sols pour estimer des expositions doit considérer de manière détaillée les usages présents sur les sites, apprécier l'influence de la variabilité de la mesure sur l'expression des résultats, assurer une bonne interprétation des valeurs non quantifiées, et considérer l'influence de la bioaccessibilité pour une caractérisation plus appropriée des expositions.

Tous ces éléments relatifs à la mesure dans les sols doivent être envisagés de manière à disposer de mesures permettant une évaluation appropriée des expositions des populations et d'assurer une interprétation des données, notamment par une confrontation avec des référentiels. Ainsi, on s'assure d'une orientation cohérente des décisions de santé publique.

Mots clés / Key words

Sols pollués, mesures dans les sols, stratégie d'échantillonnage, bruit de fond dans les sols, valeurs seuils, évaluation de l'exposition, étude de santé publique / Contaminated soil, measurement, sampling strategy, background concentration in soils, threshold limit values, exposure assessment, public health investigation

Introduction

Lors d'une investigation locale en santé environnementale sur un site pollué, l'évaluation de la contamination des milieux est une étape incontournable de l'estimation de l'exposition des populations. Dans de nombreuses situations, la modélisation des transferts de polluants dans les différents compartiments de l'environnement est difficile. Elle nécessite de disposer de données d'entrée pertinentes, et l'approximation des modèles conduit souvent à une surestimation conséquente de la concentration dans les milieux d'exposition. C'est le cas par exemple de la diffusion des polluants dans l'air intérieur ou des transferts de contaminants du sol vers les végétaux. La mesure directe dans le milieu, lorsqu'elle est bien réalisée, peut permettre d'obtenir une estimation moins incertaine des niveaux de concentrations des polluants. C'est cette orientation, en première intention par rapport à la modélisation des transferts dans les différents milieux d'exposition, qui est donnée par la nouvelle politique de gestion des sites et sols pollués [1]. Les mesures de concentrations des polluants dans les sols ont également pour objectif de dégager la part de la contamination mesurée attribuable à une source de pollution. Cet enjeu demande de préciser les modalités de sélection d'un niveau de concentration qui peut servir de référence ou de témoin.

L'Institut de veille sanitaire (InVS), mais également les autorités sanitaires, ont été confrontés à de nombreuses difficultés pour utiliser et interpréter les données des campagnes de mesure, dans un objectif d'estimation des expositions et de leurs conséquences sanitaires. Plus concrètement, le retour d'expérience des différentes investigations montre un écart fréquent entre le nombre de mesures réalisées sur des sites pollués et le nombre de résultats réellement exploitables dans un objectif d'étude sanitaire.

Aussi, l'InVS a entrepris des travaux pour permettre aux professionnels de santé publique d'avoir une meilleure maîtrise de ces données. Il s'agit de la construction d'une grille de lecture de la qualité des campagnes de mesures et de l'élaboration de référentiels de concentrations des métaux dans les sols. Cet article présente ces différents travaux et apporte une réflexion pour une meilleure exploitation et interprétation des mesures de concentrations en polluants dans les sols.

La grille de lecture

Pour aider les professionnels de santé publique à identifier les éléments clefs d'une campagne de mesures sur les sols dans l'optique d'une utilisation pour l'évaluation des expositions, un outil sous forme d'une grille de lecture a été élaboré [2]. Cet outil fournit un support simple et pratique destiné aux intervenants en charge de l'instruction des dossiers ou de leur expertise. L'objectif est de les aider à porter un jugement critique et argumenté sur les diagnostics environnementaux réalisés dans les sols afin de déterminer si les résultats peuvent être utilisés pour identifier et évaluer les expositions. Il se veut complémentaire des différents documents existants relatifs à la caractérisation des sols, notamment les outils relatifs au diagnostic et à la surveillance des milieux (portail sur les sites et sols pollués du ministère chargé de l'Environnement : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/DocumentsDiagnostics.asp>), le guide BRGM pour l'analyse des sols [3], le guide de l'Office de l'environnement [4], le guide de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement [5], ou la norme NF ISO 15800 (X31-604) pour la caractérisation des sols relative à l'exposition des personnes [6].

La grille aborde six grandes étapes identifiées dans une campagne de mesures à travers lesquelles elle vise à mettre en cohérence la représentativité des échantillons vis-à-vis des voies d'exposition étudiées. La première étape consiste à expliciter les objectifs de la campagne et à les traduire en besoins opérationnels : quels types de données recherchées (e.g. concentrations moyennes, points chauds...), quels besoins analytiques (e.g. limite de quantification, incertitude...). La seconde étape, relative à la description du site et de son environnement, doit permettre de recueillir le maximum d'informations nécessaires à l'élaboration de la stratégie d'échantillonnage. La troisième étape consiste à sélectionner une stratégie d'échantillonnage de manière à obtenir un compromis entre les besoins et les différentes contraintes environnementales, logistiques ou financières. La quatrième étape est la mise en œuvre sur le terrain, à savoir le prélèvement et le pré-traitement des échantillons, étape au cours de laquelle toutes les précautions doivent être prises pour limiter la dégradation des échantillons (contamination externe, perte de composés...).

L'analyse des échantillons proprement dite n'intervient qu'en cinquième lieu. Enfin, la sixième étape consiste en une première interprétation des résultats par rapports aux objectifs initiaux.

Pour une utilisation à des fins sanitaires, l'exploitation des résultats de la caractérisation de l'environnement doit être associée à la connaissance des voies d'exposition et des milieux de transfert. La stratégie d'échantillonnage (paramètres retenus, choix des lieux, de la période et des modalités de prélèvements, du nombre et de la nature des échantillons) qui a permis de produire ces données doit donc avoir été mise en place en cohérence avec la nature des expositions et plus précisément des usages et des voies d'expositions pour chaque situation à étudier. Par exemple, le choix de la profondeur de prélèvements doit se faire en cohérence avec les usages du sol à étudier. Ainsi, pour une exposition par ingestion de sol, l'expérience montre qu'il est préférable, sur un sol peu remanié comme c'est le cas d'un sol urbain, de prélever en priorité la couche de sol la plus superficielle (0-5 cm). Sur un sol régulièrement remanié, comme c'est le cas des sols agricoles, on devrait plutôt prélever la couche 0-25 cm. Pour une exposition par ingestion de produits végétaux, les prélèvements doivent être réalisés dans la couche de sols où se situe la rhizosphère.

Cette grille de lecture est disponible à l'adresse : http://www.invs.sante.fr/publications/2008/sols_pollues/

L'élaboration de référentiels pour les éléments en traces dans les sols

Les services santé-environnement des Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) sont sollicités pour des avis concernant la reconversion d'anciens sites industriels en projets d'aménagements urbains.

L'interprétation passe aussi par une confrontation des teneurs en éléments dans les sols à des valeurs de référence. En l'absence de valeur réglementaire, ce qui est le cas des sols, il est recommandé que l'état du sol étudié soit comparé à des états de référence : soit à « l'état initial environnemental » soit aux « milieux naturels » [1]. La définition, l'identification et la caractérisation de ces états de

référence devraient permettre d'estimer la part relative de la contamination du sol attribuable à la source considérée. Distinguer la part de pollution imputable à l'exploitant des autres parts liées à d'autres sources de contamination des sols, permet de mieux gérer la situation [7]. Il s'agit cependant d'un enjeu méthodologique difficile, étant donné que la mesure dans les sols correspond au cumul des apports des différentes sources d'éléments dans le sol, qu'elles soient anthropiques ou naturelles.

La composition d'un sol étant, pour une grande part, fonction de la composition de la roche-mère sous-jacente dont il est issu, un référentiel régional permet une définition plus adaptée localement de ce qu'est une teneur « normale » pour un élément donné. Il permet ainsi de supposer une origine anthropique ponctuelle et contribue ainsi à objectiver les critères de choix des polluants retenus dans l'évaluation des risques sanitaires.

Afin de proposer des outils utiles à l'évaluation des risques, la Cire Ile-de-France et la Cire Centre-Ouest ont collaboré avec l'Institut national de recherche agronomique (Inra) pour élaborer, pour leurs régions respectives, des référentiels en huit éléments traces métalliques dans les sols : cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc [8]. Pour chacun de ces éléments, les seuils retenus sont les percentiles 95 de la distribution des valeurs des différentes bases de données de l'Inra, Aspité et Anademe 1998 acquises lors des collectes réalisées par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) [9]. Les analyses de sols utilisées proviennent exclusivement des concentrations totales dans les horizons de surface (0-30 cm) de sols agricoles.

Pour la région francilienne, ce sont les analyses relatives à 1 043 prélèvements de sols qui ont pu être rassemblées, en provenance des quatre départements de la grande couronne francilienne : Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne et Val-d'Oise (tableau 1).

Pour la région Centre, les données ont été obtenues à partir de 1 358 échantillons analysés en provenance des six départements de la région : Cher, Eure-et-Loir, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher et Loiret (tableau 2). Des anomalies pédogéochimiques naturelles concernant les huit éléments en traces ont été détectées en Boischaud sud. En effet, en Champagne berrichonne, les sols issus de l'altération de calcaires oxfordiens montrent de nettes anomalies naturelles en cadmium et, dans une moindre mesure, en zinc et sélénium. Ainsi, une mesure supérieure au seuil défini par le référentiel proposé devra être discutée en fonction du contexte géologique local.

Fortes de ces données de référence en Ile-de-France, les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) ont pu proposer l'utilisation raisonnée des valeurs de ces référentiels dans certains dossiers. À titre d'exemple, la Ddass de Paris a pu promouvoir le recours à cette référence pour aider à la gestion d'un projet de jardins botaniques expérimentaux dans une cité en cours de réhabilitation. Les sols présentaient notamment des niveaux incontestables de contamination en plomb (383 ppm) et en mercure (3,1 ppm) très supérieurs aux valeurs seuils du référentiel francilien. Ces substances ont été sélectionnées en vue de caractériser les risques pour la santé compte tenu des usages prévus par le projet.

Des éléments clés pour l'exploitation et l'interprétation des mesures de concentrations dans les sols

L'étude du milieu sol présente une double complexité : complexité de l'échantillonnage et complexité analytique. Les caractéristiques pédologiques et géologiques du site, l'occupation des sols, l'histoire du site et les propriétés physico-chimiques du sol et des polluants se traduisent souvent par une grande hétérogénéité spatiale de la distribution des polluants. Dans ces conditions, la question de la représentativité des échantillons pour l'usage des sols étudiés est cruciale. Mais, au-delà de cette représentativité de l'échantillonnage, se pose la question de l'exploitation et de l'interprétation des données. Les concentrations mesurées dans les sols issues de la campagne de mesures sont-elles en cohérence avec leur utilisation pour estimer les expositions ? Les résultats de concentration méritent également une attention particulière pour assurer l'interprétation des valeurs non quantifiées et apprécier l'influence de la variabilité de la mesure sur l'expression des résultats. Aujourd'hui, cette étape doit aussi inclure la prise en compte et l'influence de la bioaccessibilité afin de proposer une caractérisation plus appropriée des expositions.

L'importance de connaître les usages sur le site étudié pour l'exploitation des mesures

Bien souvent, en pensant améliorer la représentativité des études exploitant des mesures environnementales, l'ensemble des mesures disponibles sur un site pollué est exploité pour estimer les expositions. Au contraire, dans d'autres situations, de manière à caractériser un risque « raisonnablement majorant », seuls les résultats des concentrations dans les zones les plus contaminées sont utilisés. Enfin, en l'absence de connaissance sur les usages dans les zones d'exposition, des mesures réalisées à différentes profondeurs sont également exploitées. Quels que soient les choix précédents retenus au moment de l'exploitation des résultats, aucun d'entre eux ne permet de conduire une évaluation représentative de l'exposition de la population. Par conséquent, il en résulte une sous-estimation ou une surestimation du risque. Dans les situations où les stratégies de prélèvement sont incompatibles avec les usages, il sera préférable de ne pas exploiter les données issues des campagnes de mesures et de préconiser la conduite d'une stratégie de

mesure pertinente. La grille de lecture d'une campagne de mesures dans les sols présentée précédemment doit aider à identifier ces situations.

L'interprétation des valeurs non quantifiées pour l'expression des résultats

Lors de la conception de la campagne de mesure, il est nécessaire d'identifier avec le laboratoire les limites en dessous desquelles il ne sera pas en mesure de quantifier la concentration des polluants. En effet, les concentrations, notamment pour les composés organiques, seront parfois trop faibles pour être quantifiées par une méthode donnée, et les résultats seront alors rendus par le laboratoire sous la forme de valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ). La méthode choisie pour exploiter ce type de données, usuellement une substitution par 0 ou par la valeur de la LQ, peut avoir des répercussions importantes sur l'estimation du risque, en conduisant à une sous- ou une surestimation. Il importe donc d'être transparent dans les choix réalisés, et cohérent pour l'ensemble des polluants.

L'influence de la variabilité de la mesure sur l'expression des résultats

La distribution des concentrations des polluants dans les sols présente une variabilité spatio-temporelle. L'échantillonnage conduit à utiliser non pas une valeur unique de concentration mesurée mais des caractéristiques statistiques de la distribution des valeurs. Le choix de la stratégie la plus pertinente doit permettre, d'une part de réduire au mieux les biais associés à l'échantillonnage et, d'autre part, d'optimiser le nombre d'échantillons avec un niveau de confiance défini a priori en cohérence avec les objectifs de l'étude. Le choix des descripteurs statistiques à prendre en compte dans l'évaluation des risques est également primordial. Il existe un consensus sur le fait que les concentrations d'éléments dans les sols ne suivent pas une distribution normale [10,11]. Cela est d'autant plus vrai dans le cas de sols pollués qui présentent des populations de concentrations différentes liées à des apports anthropiques multiples. À partir d'une distribution de valeurs des concentrations pertinentes, en raison de la forme de la distribution, on utilisera de préférence la médiane [12,13] ou la moyenne géométrique (G) [14] plutôt qu'une moyenne arithmétique, comme tendance centrale de la distribution. Un écart par rapport à la

Tableau 1 Paramètres statistiques de distribution des concentrations totales dans les horizons superficiels des sols agricoles de l'Ile-de-France (exprimées en milligrammes d'ETM par kilogramme de sol), France | **Table 1** Statistical parameters of distribution of total concentrations in surface agricultural soil horizons in the Ile-de-France region expressed in TME milligrams per kilogram of soil

Élément trace métallique (ETM)	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Effectifs de valeurs	1 014	1 028	1 026	960	1 029	1 031	876	1 028
95 ^e percentile (P ₉₅) (mg/kg)	0,51	65,2	28,0	0,32	31,2	53,7	0,31	88,0

Tableau 2 Paramètres statistiques de distribution des concentrations totales dans les horizons superficiels des sols agricoles de la région Centre (exprimées en milligrammes d'ETM par kilogramme de sol), France | **Table 2** Statistical parameters of distribution of total concentrations in surface agricultural soil horizons in the Center region expressed in TME milligrams per kilogram of soil

Élément trace métallique (ETM)	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Effectifs de valeurs	1 278	1 306	1 315	852	1 318	1 355	587	1 350
95 ^e percentile (P ₉₅) (mg/kg)	0,86	77,7	29,9	0,19	38,9	54,8	0,80	122,6

tendance centrale est parfois nécessaire pour déterminer les valeurs hautes de la distribution des concentrations. On utilisera par exemple un percentile élevé (de P_{90} à P_{99}), la vibrisse supérieure de la distribution (1,5 fois la distance interquartile ajoutée au P_{75}), ou la borne supérieure d'un intervalle de confiance de la moyenne géométrique. Il faut par ailleurs préciser que lorsqu'on dispose d'un effectif de mesures suffisant, le traitement statistique n'est pas le seul moyen de traitement possible des données. La vision spatiale à l'aide d'outils cartographiques peut s'avérer également pertinente, voire plus utile pour la recherche de spots de pollution, ceci permettant des traitements raisonnés selon le degré de contamination des sols.

L'influence de la biodisponibilité et de la bioaccessibilité sur les concentrations réellement absorbées

En évaluation des risques sanitaires, l'exposition des populations due à l'ingestion de terre est une fonction de la concentration totale en polluant dans le sol et de la quantité de sol ingéré. Or, de nombreuses études ont montré que les polluants contenus dans les sols sont moins disponibles biologiquement (*i.e.* biodisponibles) que les polluants présents dans d'autres matrices comme l'eau [15, 16]. Ainsi, le postulat selon lequel on considère qu'une exposition est effective dès lors qu'un sol contaminé est ingéré mérite d'être affiné.

En termes toxicologiques, seule la part de polluant biodisponible est susceptible d'entraîner des effets sanitaires indésirables. La biodisponibilité d'un polluant est généralement définie comme la fraction de ce polluant atteignant la circulation sanguine et s'évalue à travers des tests *in-vivo*, longs à mettre en œuvre et coûteux.

D'autres types de tests ont été mis au point pour éviter le recours aux études *in vivo* et permettre d'approcher la biodisponibilité. Dans le cadre des sols pollués, il s'agit des tests de bioaccessibilité *in vitro* [17] qui servent à évaluer la quantité de polluant soluble dans le tractus gastro-intestinal, c'est-à-dire la quantité maximale de polluant susceptible d'être absorbée à travers la paroi intestinale.

Cette connaissance est majeure car elle permet d'éviter d'appliquer un facteur d'absorption de 100 % systématiquement, dès lors que l'on sait pertinemment qu'il s'agit d'une forte majoration. La prise en compte de la bioaccessibilité ne peut donc qu'accroître la fiabilité de l'évaluation des expositions des populations. Toutefois, même si les premières approches applicables de la prise en compte de la biodisponibilité commencent à voir le jour, l'analyse de la biodisponibilité fait encore principalement l'objet de travaux de recherche et ne permet pas pour l'heure une approche spécifique d'un site.

Conclusion

Un enjeu pour l'Institut de veille sanitaire est de maîtriser les données environnementales recueillies afin d'être à même d'en proposer une interprétation de santé publique appropriée pour des décisions plus éclairées. Les travaux entrepris par le groupe inter-Cire sur le milieu sol montrent qu'il convient de s'assurer que les données ont été produites dans des conditions d'échantillonnage et d'analyse cohérentes avec une estimation des expositions des populations concernées ; que des référentiels d'éléments dans les sols soient disponibles pour permettre une confrontation avec la situation étudiée ; que les modalités d'exploitation des résultats prennent en compte les valeurs manquantes, la variabilité des concentrations dans les sols et la notion de biodisponibilité.

Une bonne concertation entre les partenaires institutionnels, le bureau d'études chargé de la campagne de mesure et le laboratoire d'analyse est nécessaire pour s'assurer de la pertinence des choix retenus. L'application pilote des outils de la nouvelle politique de gestion des sites et sols sur le site de Saint-Laurent le Minier (Gard, France) doivent permettre de mettre en évidence l'intérêt et la faisabilité d'une telle démarche.

Références

- [1] Medad, Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués. Courrier ministériel du 8 février 2007. Annexe 2. La politique nationale de gestion des sites et sols pollués. 54 p.
- [2] Pascal M, Mathieu A, Daniau C, Lucas N. Grille de lecture - échantillonnage et analyse des sols pollués. Saint-Maurice:

Institut de veille sanitaire, 2008, 24 p. Disponible sur www.invs.sante.fr

- [3] BRGM. Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. Bureau de recherches géologiques et minières 2001.
- [4] Hammann M, Desaulles A. Prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse des substances polluantes. Office fédéral de l'environnement OFEDP, editor. 2003.
- [5] US EP A. Soil Screening Guidance: User's Guide, EPA/504/R-96/018, 1996.
- [6] NF ISO 15800 (X31-604). Qualité du sol – Caractérisation des sols relative à l'exposition des personnes, 2004.
- [7] Baize D, Sterckeman T. Of the necessity of knowledge of the natural pedo-geochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. *Sci Total Environ.* 2001; 264:127-39.
- [8] Mathieu A, Baize D, Raoul C, Daniau C. Proposition de référentiels régionaux en éléments traces métalliques dans les sols : leur utilisation dans les évaluations des risques sanitaires. *Environnement, Risques & Santé.* 2008; 7(2):112-22.
- [9] Baize D, Saby N, Deslais W, Bispo A, Feix I. Analyses totales et pseudo-totales d'éléments traces dans les sols. Principaux résultats et enseignements d'une collecte nationale. *Étude et gestion des sols.* 2006, 3:181-200.
- [10] Sinclair AJ. Selection of threshold values for geochemical data using probability graphs. *Journal of geochemical exploration.* 1974; 3:129-49.
- [11] Zhao FJ, McGrath SP, Merrington G. Estimates of ambient background concentrations of trace metals in soils for risk assessment. *Environ Pollut.* 2007; 148(1):221-9.
- [12] ISO. Soil quality: Guidance on the determination of background values (Qualité du sol: Guides pour la détermination des valeurs de bruit de fond). International Organisation for Standardisation. ISO 19258, mars 2006, 24 p.
- [13] Reimann C, Filzmoser P. Normal and lognormal data distribution in geochemistry: death of the myth. Consequences for the statistical treatment of geochemical and environmental data. *Environ Geol.* 2000; 39:1001-14.
- [14] Loska K, Wiechula D, Korus I, Pelczar J. Application of various methods for assessment of background arsenic concentration in farming soil. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2005; 74:732-39.
- [15] Ruby MV, Davis A, Schoof R, Eberle S, Sellstone CM. Estimation of lead and arsenic bioavailability using a physiologically based extraction test. *Environ Sci Technol.* 1999; 30:422-30.
- [16] Roberts SM, Weimar WR, Vinson JR, Munson JW, Bergeron RJ. Measurement of arsenic bioavailability in soil using a primate model. *Toxicol Sci.* 2002; 67:303-10.
- [17] INERIS. Mesure de la bioaccessibilité du plomb pour l'homme à l'aide de deux tests (IVG et RIVM) couplé à l'étude de la spéciation. Denys S, Caboche J. Ineris – DRC – 67649 – 01A. Rapport d'étude. 2005; 38 p.

Éléments de construction d'une relation avec les populations dans l'évaluation des risques liés à une exposition environnementale

Céline Legout¹ (c.legout@invs.sante.fr), Karine Mantey², Côme Daniau³, Nezha Leftah-Marie⁴, Ursula Noury⁵, Caroline Six⁶, Frédéric Dor³

1 / Cire Île-de-France, InVS, Paris, France 2 / Cire Est, InVS, Nancy, France 3 / Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France 4 / Cire Pays de la Loire, InVS, Nantes, France 5 / Cire Centre Est, InVS, Dijon, France 6 / Cire Sud, InVS, Marseille, France

Résumé / Abstract

En 2004, plusieurs investigations en santé environnementale ont été marquées par des relations difficiles avec les populations, parce qu'elles ne répondaient que partiellement à une demande sociale plus large et des enjeux multiples difficiles à appréhender. Sur la base de deux investigations réalisées en 2006, l'article engage une discussion sur les avantages à établir une relation précoce et dynamique avec les populations dans le processus d'évaluation de l'impact sanitaire.

Le diagnostic des divers enjeux, construit dans l'échange avec les populations, est un préalable nécessaire pour évaluer dans quelle mesure la réponse attendue requiert la mise en œuvre des compétences de l'Institut

Elements of construction of a relationship with populations in risk assessment related to situations of environmental exposure

In 2004, several environmental health investigations were marked by difficult relations with populations, because they answered only partially to a wider social demand and multiple challenges difficult to assess. On the basis of two investigations conducted in 2006, this article initiates a discussion on the benefits of establishing an early and dynamic relationship with the populations in the process of public health assessment.

de veille sanitaire (InVS), partager ce qu'il est en capacité de faire ou non, et *in fine* proposer une investigation adaptée. Ensuite, la participation des populations dans l'investigation enrichit le protocole de spécificités locales et contribue à une meilleure conduite d'étude. Enfin, l'échange autour des résultats peut permettre un travail sur l'intégration des recommandations par la population qui sera directement concernée. Cette concertation ne peut qu'améliorer la qualité de l'aide à la décision.

Avec l'aide de professionnels des sciences sociales, l'InVS a entrepris la mise au point de deux outils présentés dans l'article. L'étape suivante serait de partager, avec les gestionnaires du risque, la réflexion sur les bénéfices partagés d'une implication plus large des parties prenantes.

Mots clés / Key words

Implication, concertation, populations, parties prenantes, contexte social, sciences sociales, investigations, évaluation des risques, site pollué / *Involvement, dialogue, populations, stakeholders, social context, social sciences, investigations, risks assessment, polluted site*

Introduction

En 2004, au sein de l'Institut de veille sanitaire (InVS), les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) et le Département santé environnement faisaient le constat de plusieurs investigations ou réunions publiques marquées par des relations difficiles entre autorités sanitaires, experts, décideurs et populations, notamment lorsque la proximité d'un site pollué ou d'une source environnementale était désignée par la population comme étant à l'origine de pathologies au sein de la communauté (encadré 1). On peut citer, entre autres, l'ancien site Kodak à Vincennes, la décharge de la Bistade, l'incinérateur de Gilly-sur-Isère et les antennes-relais sur un quartier de Saint-Cyr l'École [1-4]. Ces relations difficiles résultaient pourtant de pratiques très différentes, allant de l'absence de concertation à la construction partagée d'une connaissance. Ce constat a conduit le Département santé environnement à engager avec les Cire, en partenariat avec un bureau d'étude en sociologie, une réflexion pour comprendre les raisons de ces difficultés récurrentes [5]. Les conclusions ont révélé que si la compétence scientifique n'était pas en cause, en revanche, les conditions des interventions étaient autant de freins à une résolution sereine de la question sanitaire posée. Plus précisément, l'intervention relativement tardive des Cire dans ces situations complexes excluait la possibilité de discuter au préalable des limites intrinsèques des outils dont elles disposent, comme l'inadéquation des approches épidémiologiques pour les petits territoires, la difficulté de répondre de façon individuelle sur l'impact des expositions à faibles doses et la très faible probabilité d'imputer la survenue d'une pathologie à une pollution environnementale. Mais les investigateurs percevaient aussi que leurs études ne répondaient souvent que partiellement à une demande sociale plus large, où l'expression d'inquiétudes pour la santé était la cristallisation de craintes ou de mécontentements face à une nuisance, ou d'un souhait de participer au processus de décision qui n'avaient pas trouvé d'écho. Les attentes des populations, les réponses susceptibles d'être apportées par les investigations et la place de l'InVS dans les questions posées n'étaient pas préalablement mises à plat [5].

¹ Risques & Intelligence.

The diagnosis of the various stakes, built in the exchange with populations, is a prerequisite to estimate how the expected answer requires the implementation of skills of the French Institute for Public Health Surveillance (InVS), to share what InVS can perform or not, and ultimately propose an adapted investigation. Then, the populations' participation in the investigation enriches the protocol of local specificities, and contributes to a better conduct of the study. Finally, the exchange around the results can allow to work on the integration of the recommendations by the population who will be directly concerned. This dialogue can only improve the quality of decision-making support.

With the help of social sciences professionals, the InVS began the development of two tools presented in the article. The following stage would be to share, with the risk managers, the reflection on profits shared by a wider involvement of the stakeholders.

C'est ainsi que le groupe inter-Cire « Sites et sols pollués » a mis en place un programme d'actions pour construire une meilleure articulation avec les sciences sociales dans les investigations de santé environnementale. L'année 2005 a vu l'initiation d'un partenariat entre l'InVS et l' *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR / CDC) conduisant à la confrontation de notre démarche avec celle du *Community Involvement*, composante à part entière du *Public Health Assessment*, pratique Outre-Atlantique d'évaluation de santé publique autour des sites pollués. Des formations suivies aux États-Unis par l'InVS ont permis de dynamiser la volonté de travailler dans cette direction, avec une première réflexion sur la transposabilité de cette démarche américaine au contexte français. Cette même année, la parution du guide InVS sur les investigations de clusters marquait la première intégration de cette dimension importante qu'est l'écoute des personnes à l'origine du signal, et plus généralement de l'implication des populations [6].

En 2006, la dimension sociale a été prise en compte de manière particulière dans quelques investigations, notamment avec l'aide de professionnels des sciences sociales. Elles ont été l'occasion d'envisager une démarche plus active d'implication des riverains, associations, élus, professionnels de santé, préfecture et autres acteurs du territoire, concernés ou impliqués par une pollution environnementale.

En s'appuyant principalement sur deux de ces études, l'article engage une discussion sur les avantages à établir une relation constructive avec les populations dans le processus d'évaluation de l'impact sanitaire.

Deux études montrant l'intérêt d'impliquer les populations

Le Comptoir des minéraux et des matières premières (CMMP) d'Aulnay-sous-Bois [7]

À Aulnay-sous-Bois (93) le CMMP a exploité entre 1938 et 1975 un atelier de broyage d'amiante à l'origine d'une pollution environnementale dans une zone urbaine qui se densifiait au cours du temps. À partir de 1997, suite au décès d'un riverain par mésothéliome, la mobilisation citoyenne s'organise : assistées d'un référent scientifique, les associations (Addeva³ 93 et Collectif de riverains et victimes du CMMP) recensent parmi les riverains 22 cas de pathologies susceptibles d'être liées à une exposition à l'amiante et demandent aux autorités sanitaires une recherche active de tous les cas, demande qui sera transférée à l'InVS en 2000. Parallèlement, émerge la revendication d'une démolition de l'usine toujours en place, dans des conditions protégeant l'environnement et la population.

³ Association de défense des victimes de l'amiante 93.

Encadré 1 « Le regard du sociologue sur l'implication de l'InVS avec les populations » D. Salomon²
Box 1 «The sociologist's opinion on the InVS involvement with populations», D. Salomon²

Cet article montre la fertilité de la coopération entre sciences sociales et épidémiologistes. La santé environnementale suscite des questionnements et des formes de critique sociale adressée aux institutions, aux élus ou aux décideurs. Depuis certaines crises sanitaires, la santé environnementale est devenue un objet politique par excellence. En présence d'incertitudes scientifiques, les enjeux, les jeux de pouvoir, les représentations ou les références, les sphères économiques, sociales, institutionnelles entrent en compétition. La structuration de cet ensemble se joue dans le territoire où est envisagée une investigation : la définition même de la question sanitaire constitue un enjeu, le lancement de l'étude peut être un outil de gestion politique avant de répondre aux demandes sociales. Les territoires sont habités, animés et « agis », aussi peut-il s'avérer utile d'en appréhender les acteurs, pour les associer chacun dans leur rôle, à l'enquête. Les riverains, les associations, les élus mais également de nouveaux entrants comme les médecins revendiquent d'y jouer un rôle. Cela signifie non seulement de les identifier et de les comprendre mais également de pouvoir organiser leur mise en relation. Jusqu'où peut aller l'épidémiologiste dans cette direction ?

² Chercheuse associée au Centre de sociologie des organisations (CNRS-FNSP), fondatrice de Risques & Intelligence.

lation. L'étude proposée en 2004 par la Cire Île-de-France s'inscrit dans une situation marquée par un long délai entre le premier signal (1997) et la réponse en termes d'investigation, un conflit sur les modalités de déconstruction du bâtiment et une instruction lancée par le pôle santé publique du Tribunal de grande instance de Paris. Dans ce contexte, la Cire IDF, bien que très favorable à un partenariat avec les associations et reconnaissant leur travail important d'investigation et d'expertise, souhaitait néanmoins garder la maîtrise de l'investigation épidémiologique. Par ailleurs l'InVS devait trouver auprès du Préfet sa place d'expert indépendant et en même temps d'agence de l'État. C'est finalement en juin 2005, sous l'égide du sous-préfet en charge du dossier, qu'un accord fut trouvé entre l'État, l'InVS et les associations sur les objectifs à poursuivre, les méthodes d'investigation et le rôle de chaque acteur.

La collaboration avec les associations représentant les riverains a été fondamentale dans la réalisation de l'étude [7]. En premier lieu, les associations ont livré l'ensemble du matériau documentaire qu'elles avaient réuni sur l'histoire de l'entreprise, et invité les anciens riverains et salariés de l'entreprise à contribuer au travail de mémoire, synthétisé sous la forme d'une « monographie historique » (encadré 2). Ce document leur a été transmis pour lecture, leurs remarques et les réponses apportées par la Cire IDF ont été annexées à la version définitive. Les associations ont également sollicité les malades pour participer à la validation des cas de pathologie. En retour, une synthèse de type questions/réponses a été rédigée en complément des rapports scientifiques, pour répondre au mieux aux interrogations des riverains, associations, élus et préfecture. Ainsi, après une première étape de compréhension difficile entre investigateurs et associations partiellement explicable par la confrontation de deux expertises, le climat de confiance qui s'est instauré a permis la réalisation de l'investigation et contribué à une meilleure conduite d'étude.

Champlan, le « village le plus pollué d'Île-de-France »⁴

Champlan (91) est un village d'Île-de-France entouré de très nombreux équipements : aéroport d'Orly, autoroutes, lignes haute tension, usine d'incinération, etc. Un mouvement citoyen s'organise autour du Comité de défense et aboutit à une pétition massivement signée. Des inquiétudes sanitaires, relayées par la presse, s'expriment concernant l'effet « cocktail » de l'ensemble de ces polluants sur la santé. En 2006, la députée à cette période, Mme Kosciusko-Morizet, sollicite l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), qui mobilise à son tour des experts d'Airparif, de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) et de l'InVS pour lancer un programme d'études visant à mieux caractériser cette situation de multi-expositions et son impact sur la santé. Chaque agence propose d'explorer un des aspects de l'exposition environnementale : le bruit, la pollution atmosphérique, les champs électromagnétiques. Puisque initiée à la demande des riverains, il est décidé de les associer très étroitement à la démarche, ainsi que l'association et le maire. Bien qu'une demande forte d'étude épidémiologique soit formulée, la Cire IDF décide,

en l'absence de signal sanitaire, de faire précéder toute approche quantitative d'une approche qualitative visant à mieux comprendre la demande. Elle confie au cabinet de sociologie Risques & Intelligence une enquête sur les inquiétudes des Champlanais sur les pollutions environnementales et les risques pour leur santé, la façon d'y faire face et leurs attentes. Ces éléments étaient par ailleurs susceptibles d'aider à l'identification de populations plus vulnérables sur le plan sanitaire ou désarmées face aux nuisances (encadré 3).

In fine, pendant deux ans, les agences d'expertise ont recherché l'implication des Champlanais à travers la constitution d'un groupe de travail autour de l'enquête sociologique, leur participation aux études de métrologie individuelle (pollution atmosphérique et champs électromagnétiques) et sur le choix de l'emplacement des points de mesures environnementales. Elles ont travaillé à l'élaboration d'un diagnostic social et environnemental partagé par tous. Ce programme scientifique prend fin et bien qu'aucune réponse n'ait encore été apportée sur les mesures de gestion à mettre en œuvre ou les effets sanitaires liés aux multi-expositions, les populations sont restées mobilisées et la sérénité des débats au cours des six réunions publiques est un signe de la confiance construite peu à peu. Les agences ont le sentiment d'avoir participé à la mon-

tée en compétence des Champlanais, mieux armés pour interpeller les gestionnaires.

Discussion

Quels sont les intérêts des uns et des autres à engager une collaboration avec les populations dans le processus d'évaluation de l'impact sanitaire ? En s'appuyant notamment sur les exemples précédents, on peut avancer les arguments suivants :

Une légitimité mieux exprimée pour une meilleure conduite d'étude

Lorsqu'une problématique sanitaire en rapport avec un site, une pollution ou une nuisance environnementale émerge localement, elle s'inscrit dans un territoire aux dimensions multiples : sociale, politique, économique, judiciaire, etc. L'enjeu de santé publique, sur lequel l'InVS est légitime pour inscrire son action, est un enjeu parmi d'autres qu'il est nécessaire de formuler avec les acteurs du territoire : la dépollution du site, la valeur foncière des logements, la garantie des emplois, la réparation des préjudices... Si l'émergence de la problématique sanitaire occulte les autres enjeux et freine leur prise en charge, l'InVS peut être fragilisé dans son intervention [5]. Le diagnostic des enjeux est donc un préalable nécessaire pour évaluer dans quelle mesure la réponse attendue requiert la mise en

Encadré 2 Travail de mémoire avec les populations riveraines du CMMP d'Aulnay-sous-Bois Box 2 Memory work with neighbour population of CMMP, Aulnay-sous-Bois

Le choix fait par l'investigateur principal était de mener, parallèlement à la validation des cas de pathologies et la modélisation des panaches de pollution, un volet « qualitatif » au moyen de rencontres avec les différents acteurs (anciens travailleurs et leur famille, riverains, autorité publique, employeur, associations, etc.). Ce travail de mémoire a été le préalable de l'étude : il a porté sur le contexte de l'implantation du CMMP, la vie des travailleurs et de leurs familles, leurs conditions de travail et la santé, la qualité de vie et la santé des riverains à l'époque de l'activité du CMMP et la compréhension de la naissance du mouvement citoyen. Cette enquête qualitative complétée par une recherche d'archives a permis de reconstituer l'histoire de l'entreprise et de son fonctionnement.

Parce qu'elle a permis de mieux caractériser la source de pollution et l'historique des expositions individuelles, cette monographie historique a directement profité aux deux autres volets de l'étude. *In fine*, les experts ont certifié 11 cas avec une exposition exclusivement ou majoritairement environnementale. La zone impactée par les rejets atmosphériques dépassait largement le quartier résidentiel alentour.

Encadré 3 Résultats de l'enquête socio-épidémiologique auprès des Champlanais Box 3 Results of the socio-epidemiologic survey among Champlan's inhabitants

Menée en deux étapes, cette enquête s'est d'abord intéressée à comprendre l'émergence de la mobilisation sociale, le contexte historique et la place des différents acteurs, puis à caractériser la communauté dans ses différentes composantes. Cette étude, réalisée par des entretiens avec des acteurs du territoire (associatifs, élus, médecins...) a apporté des critères pour sélectionner un échantillon représentatif de Champlanais, interrogés dans un second temps. Ces critères ont été arrêtés avec un groupe d'acteurs associatifs à qui ces premiers résultats avaient été présentés.

Ainsi, le trafic aérien, nuisance « objective » si l'on considère que 100 % des Champlanais sont exposés au bruit au-delà du seuil réglementaire, est majoritairement accepté : la proximité de l'aéroport d'Orly, rendant non constructible une partie de la commune, a contribué au maintien d'espaces naturels et au coût immobilier avantageux. Dans les années 1990, en revanche, l'équilibre est rompu avec l'encerclement progressif du village par des infrastructures dont les Champlanais ne bénéficient pas, décidées par des instances extérieures du fait de l'intercommunalité, et la mobilisation s'organise.

Les représentations des Champlanais sur leur santé ne dépendent pas uniquement du nombre de nuisances objectives subies, mais des « ressources » (familiales, personnelles, professionnelles...) dont ils disposent, et de l'équilibre dans la qualité de vie qu'ils trouvent. *A contrario*, la perception de la santé est plus négative chez les individus confrontés à des ruptures de parcours ou « coincés » à Champlan : l'effort à faire pour supporter la nuisance devient trop lourd. Cette analyse pointe les limites d'une définition des populations vulnérables qui aurait été faite *a priori* sur les expositions objectivées ou le nombre de nuisances subies.

Les résultats ont été présentés à un panel de représentants de la communauté, afin d'intégrer leurs réactions et de s'assurer de la clarté des propos avant restitution en réunions publiques.

⁴ Article paru dans « Le Parisien » du 6 février 2006.

œuvre des compétences de l'institut. Ce diagnostic est majeur car il permet, de plus, de mieux partager ce que l'institut est en capacité de faire ou non.

Mieux comprendre les attentes de la population ne peut qu'aider à proposer une formulation partagée de la question de santé publique qui sera prise en charge par l'InVS. Les contributions des populations sont aussi une « plus value » dans la réalisation des études : recensement de cas de pathologies (cf. CMMP d'Aulnay-sous-Bois), localisation des appareils de mesure au plus près des lieux de vie (cf. Champlan), connaissance des habitudes de vie permettant de construire des scénarios d'exposition, etc. Tous ces éléments permettent de disposer au final d'un protocole qui tient compte des spécificités locales. Par ailleurs, l'établissement de cette relation permet d'identifier des personnes relais (mairie, associations, médecins libéraux...) qui contribuent à une diffusion de l'information, et donc un rapprochement avec les populations. Enfin, l'étape de restitution des résultats peut favoriser le débat avec la population autour de leur interprétation et des recommandations qui peuvent en découler. L'échange favorise alors un travail sur l'intégration des recommandations par la population qui sera concernée par leur application. Ainsi, l'engagement d'une collaboration avec les populations est un processus qui doit être non seulement précoce mais également continu.

Par le dialogue qu'elle présuppose, la collaboration entre parties prenantes permet aux populations d'une part de mieux comprendre les contours de l'intervention des instituts d'expertise sur leur territoire, et d'autre part de participer au processus d'évaluation d'une situation qui les concerne directement. Cette collaboration ne peut qu'améliorer la qualité de l'aide à la décision et laisser espérer une résolution plus sereine des signaux sanitaires en lien avec une exposition environnementale.

Le développement d'outils appropriés

La construction d'une relation de dialogue avec les populations passe également par l'élaboration d'outils appropriés. Aujourd'hui, deux axes sont en cours de développement à l'InVS :

- la réalisation d'une conduite à tenir pour analyser le contexte social lors d'investigations de santé environnementale.

Cette analyse, à mettre en œuvre à la réception d'une sollicitation parallèlement à l'analyse environnementale et sanitaire, permettra d'expliquer d'une part la place de l'enjeu de santé parmi l'ensemble des enjeux présents et d'autre part l'ampleur du décalage entre les attentes sociales exprimées ou équivoques et la réponse scientifique que l'InVS, en coordination avec les Ddass, est en mesure de proposer. Des clés de lecture sont également nécessaires pour comprendre la mobilisation et la dynamique entre acteurs qui ont favo-

risé l'émergence d'un signal sanitaire (« pourquoi ici et maintenant ? »). Enfin, l'objet même du signal peut être porteur d'une forte charge de controverses ou d'émotion : il est nécessaire de reconnaître à temps ces facteurs de sensibilité et d'adapter la réponse en conséquence. L'InVS travaille actuellement en partenariat avec une sociologue à une conduite à tenir sur ces aspects. Les investigateurs pourront ainsi identifier les situations où l'intervention de l'InVS n'apportera pas de réponse aux questions implicites de la communauté, où la reformulation du problème sanitaire soumis à l'InVS est une priorité, où la relation avec les populations doit être particulièrement soutenue et conduite de façon précoce et continue.

- l'élaboration d'un catalogue de messages courts (« message mapping » [8]).

Utilisée par l'Environmental Protection Agency (EPA) et l'ATSDR pour préparer la communication en cas de crise, le « message mapping » vise à livrer une information claire et concise, notamment aux populations. La technique repose sur l'identification des questions susceptibles d'être posées par le public et la construction codifiée de réponses courtes et standardisées. Elle peut par ailleurs contribuer à la cohérence du discours institutionnel si les messages clés sont partagés par les différents services et organismes intervenant dans le processus. Pour préparer la relation avec les interlocuteurs, l'InVS a engagé la réalisation d'un panel de messages qui porteront sur des éléments scientifiques, mais également les compétences et missions de l'institut. Ces messages pourront aussi servir de base à une communication sous forme de posters (« posters session »), stratégie de communication privilégiée par l'ATSDR et testée avec succès pour les études liées à l'incinérateur de Gilly-sur-Isère [9].

D'autres instituts construisent des outils. Ainsi, l'étude « Comrisk » [10], réalisée pour l'Ademe par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) en collaboration avec la Cire IDF, propose à tous les acteurs de l'évaluation et la gestion d'un site ou sol pollué une démarche, des méthodes, des outils et des supports de communication pour concevoir, organiser et mettre en œuvre un dialogue avec les populations. L'étude a abouti à un état de l'art, un guide pour l'implication des parties prenantes et des supports de communication sur l'évaluation et la gestion d'un site pollué.

La nécessité de disposer de temps

L'expérience apprend aussi que la confiance entre populations et experts est longue à construire. Cela relève d'un paradoxe, puisque dans les situations anxiogènes liées à la survenue d'un signal sanitaire, la population demande une réponse rapide à ces interrogations. Les exemples précédents ont nécessité soit des ressources spécifiques, soit une capacité à mobiliser des compétences en sciences humaines. Les interviews d'acteurs ont toutes pointé

la nécessité de prendre le temps pour que les discussions puissent être enrichissantes.

Conclusion

Dans les investigations en santé environnementale, en particulier autour des sites pollués, l'enjeu pour l'InVS est de proposer une démarche pertinente sur le plan scientifique et légitimée par les acteurs du territoire (population, élus, services de l'État). Les études menées sur Aulnay-sous-Bois et Champlan ont montré l'intérêt de rechercher l'implication des populations avant, pendant et après les investigations pour la bonne réalisation des études et l'appropriation de leurs résultats. Elles ont montré également l'apport des sciences sociales pour déchiffrer les contextes souvent complexes dans lesquels émergent ces demandes.

La mise au point d'outils adaptés ne peut qu'aider l'Institut à conduire son action dans des conditions appropriées. L'étape suivante serait de partager, avec les gestionnaires du risque, cette réflexion sur les bénéfices partagés d'une implication plus large des parties prenantes.

Références

- [1] Comité scientifique concernant les cancers pédiatriques survenus dans le quartier sud de Vincennes. Synthèse concernant les études menées et les avis correspondants du comité scientifique. Juin 2001 – Décembre 2005. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2007, 49 p.
- [2] InVS. Évaluation des risques sanitaires encourus par les populations riveraines après une exposition prolongée aux polluants de la décharge d'ordures ménagères au lieu dit La Bistade. Institut de Veille Sanitaire, 2000, 50 p.
- [3] Thabuis A, Schmitt M. Etude rétrospective d'incidence des cancers autour de l'UIOM de Gilly-sur-Isère. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2006, 46 p.
- [4] Dejour Salamanca D, et al. Investigation du signalement d'un agrégat de pathologies diverses à Saint-Cyr-l'École, Département des Yvelines. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2004, 42 p.
- [5] Salomon D. L'amélioration de la prise en charge des signalements et sollicitations au sein du Département Santé Environnement et des CIRE grâce à l'apport des sciences sociales. Etude Risques & Intelligence, Institut de veille sanitaire, 2005, 25 p. (Document interne).
- [6] Germonneau P, Tillaut H., Gomes do Espírito Santo E. Guide méthodologique pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2005, 77 p.
- [7] Council E, Daniau C, Isnard H. Étude de santé publique autour d'une ancienne usine de broyage d'amiante : le Comptoir des minéraux et matières premières à Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis). Pollution environnementale de 1938 à 1975 : impacts sanitaires et recommandations. Rapport et synthèse. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2007.
- [8] V. Covello and al. Effective Risk and Crisis Communication during Water Security Emergencies. Summary report of EPA sponsored message mapping workshops. Rapport EPA/600/R-07/027. Mars 2007. 72 pages. (téléchargeable sur <http://www.epa.gov> > (search) A-Z index > Research and Development, office of, > National Homeland Security Research Center > publications).
- [9] Incinérateur de Gilly-sur-Isère. Principaux résultats des quatre études locales en réponse aux questions de la population sur sa santé. Études menées sur une zone de 30 communes situées sous le panache de l'incinérateur. 11 Posters exposés à la journée de présentation des résultats des études le samedi 2 décembre à Albertville. (<http://www.invs.sante.fr>).
- [10] Étude Comrisk sur l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site ou sol pollué. Ineris-IRSN pour l'Ademe, en collaboration avec la Cire Ile-de-France. Accessible sur www.comrisk.fr

La publication d'un article dans le BEH n'empêche pas sa publication ailleurs. Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) et peuvent être reproduits sans copyright avec citation exacte de la source.

Retrouvez ce numéro ainsi que les archives du Bulletin épidémiologique hebdomadaire sur <http://www.invs.sante.fr/BEH>

Directrice de la publication : Dr Françoise Weber, directrice générale de l'InVS
Rédactrice en chef : Judith Benrekassa, InVS, redactionBEH@invs.sante.fr
Rédactrice en chef adjointe : Valérie Henry, InVS, redactionBEH@invs.sante.fr
Secrétaire de rédaction : Farida Mihoub, InVS, redactionBEH@invs.sante.fr
Comité de rédaction : Dr Sabine Abitbol, médecin généraliste ; Dr Thierry Ancelle, Faculté de médecine Paris V ; Catherine Buisson, InVS ; Dr Christine Chan-Chee, InVS ; Dr Sandrine Danet, Drees ; Dr Isabelle Gremy, ORS Ile-de-France ; Dr Rachel Haus-Cheymol, Service de santé des Armées ; Dr Christine Jestin, Inpes ; Eric Jouglu, Inserm CépIdc ; Dr Bruno Morel, InVS ; Josiane Pillonel, InVS ; Dr Sandra Sinno-Tellier, InVS ; Hélène Thérre, InVS.
N°CPP : 0206 B 02015 - N°INPI : 00 300 1836 - ISSN 0245-7466

Diffusion / Abonnements : Alternatives Économiques
12 rue du Cap Vert - 21800 Quétigny
Tél. : 03 80 48 95 36
Fax : 03 80 48 10 34
Courriel (provisoire) : ddorey@alternatives-economiques.fr
Tarifs 2008 : France et international 52 € TTC
Institut de veille sanitaire - Site Internet : www.invs.sante.fr
Imprimerie : Maulde et Renou Sambre - Maubeuge
146, rue de la Liberté - 59600 Maubeuge