



**HAL**  
open science

# DE LA SURVEILLANCE DE LA SANTE PUBLIQUE A L'IDENTIFICATION DE RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

Georges Salines

► **To cite this version:**

Georges Salines. DE LA SURVEILLANCE DE LA SANTE PUBLIQUE A L'IDENTIFICATION DE RISQUES ENVIRONNEMENTAUX. 23èmes Journées Scientifiques de l'Environnement - Risques environnementaux : détecter, comprendre, s'adapter, Jan 2012, Créteil, France. hal-00675600

**HAL Id: hal-00675600**

**<https://hal.science/hal-00675600>**

Submitted on 1 Mar 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# DE LA SURVEILLANCE DE LA SANTE PUBLIQUE A L'IDENTIFICATION DE RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

Dr Georges SALINES, *Institut de Veille Sanitaire*

12 rue du Val d'Osne, 94415 Saint-Maurice Cedex

Tél. : 01 41 79 68 85. Fax : 01 41 79 67 68

Courriel : [g.salines@invs.sante.fr](mailto:g.salines@invs.sante.fr)

## Résumé

*Le domaine des relations entre l'environnement et la santé est immense. Selon l'organisation mondiale de la santé (1994), il comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement. Potentiellement, c'est donc toute la santé qui est concernée. Même les maladies génétiques, ou en tous cas leurs expressions, peuvent être modifiées par l'environnement pris dans cette acception très large. Tout surveiller est impossible. Des stratégies ont du être définies afin d'identifier les risques et suivre leur évolution, alerter les pouvoirs publics lorsque cela est nécessaire et les aider à gérer les situations de crise.*

*Les accidents aigus et en particulier des intoxications sont des pathologies dont chaque occurrence peut être assez facilement rattachée à une cause environnementale. La toxicovigilance et la surveillance des intoxications font partie de la surveillance en santé environnement.*

*Les expositions à faible doses peuvent provoquer des effets sanitaires, même à court terme, mais qui sont trop peu spécifiques pour que ce lien soit fait au niveau de chaque cas individuel. Il peut par contre être établi au niveau populationnel en suivant parallèlement l'évolution dans le temps d'indicateurs traduisant des expositions à des facteurs de risque environnementaux et l'évolution d'indicateurs traduisant leurs effets sur la santé. Ce type de surveillance est mis en œuvre notamment dans les domaines de la pollution de l'air, de l'eau et des relations météo-santé.*

*Lorsque la durée d'exposition nécessaire à l'apparition d'effets sanitaires s'allonge (plusieurs années à plusieurs dizaines d'années par exemple pour les cancers), il devient plus difficile de mettre en évidence le lien environnement santé. La surveillance de santé publique conduit à soulever des hypothèses mais en règle générale ne permet pas de conclure à l'existence de relations de cause à effet. La confirmation des hypothèses soulevées relève alors de méthodes de laboratoire ou de la recherche épidémiologique analytique et non de la surveillance. Par contre, lorsque la dangerosité d'un facteur environnemental est établie, voire simplement suspectée, il est utile de surveiller l'exposition des populations. La surveillance des expositions repose principalement sur la mesure de polluants ou d'agents dans l'environnement. Néanmoins, une branche de la surveillance sanitaire y contribue : il s'agit de la biosurveillance humaine.*

*Enfin, comme bien indiqué par la définition de l'OMS, les relations entre l'environnement et la santé ne se limitent pas à la génération de pathologies organiques (intoxications, cancers) par exposition à des agents physiques ou chimiques. L'état de santé des populations vivant dans des environnements dégradés (proximité d'installations polluantes ou habitat insalubre par exemple), la santé mentale, la santé perçue, la qualité de vie, la complexité des relations environnement santé intégrant le contexte psychologique et social font l'objet de nouvelles approches.*

**Mots-Clés :** Environnement ; épidémiologie ; toxicovigilance ; biosurveillance ; inégalités

## 1 Introduction

La surveillance de santé publique, appelée aussi surveillance épidémiologique est un processus continu et systématique de collecte, d'analyse et d'interprétation de données pertinentes, diffusées en temps opportun à « ceux qui en ont besoin », en vue d'une action de santé publique (Thacker, 1996). C'est la première des quatre missions de l'Institut de veille sanitaire, dont elle constitue le socle fondamental. Les trois autres sont : la veille et la vigilance sanitaires (consistant à identifier les risques et les facteurs de risques qui menacent notre santé « de manière prospective ») ; l'alerte sanitaire ; l'aide à la gestion des situations de crise sanitaire.

L'institut s'est organisé en départements scientifiques dont la mission concerne une catégorie de pathologies particulières (département des maladies infectieuses, département des maladies chroniques et traumatismes), une catégorie d'indicateurs (passages aux urgences et décès pour le département de la coordination des alertes et des régions, signaux issus des réseaux de veille internationale pour le département international), une catégorie de la population (département santé travail) auxquels s'ajoute un département santé environnement, (InVS, 2008).

Le domaine des relations entre l'environnement et la santé est immense. Selon l'organisation mondiale de la santé, il comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement (WHO, 1990). Potentiellement, c'est donc toute la santé qui est concernée, dans la mesure où même les maladies génétiques, ou en tous cas leurs expressions, peuvent être modifiées par l'environnement pris dans cette acception très large.

Le département santé environnement de l'InVS a donc du définir des orientations stratégiques afin de construire un programme de travail réaliste, tenant compte des ressources mobilisables dans un souci d'efficacité. Une attention particulière a été portée à l'objectif d'éviter les redondances non seulement avec les autres départements de l'InVS mais aussi avec d'autres institutions, dans un paysage de la sécurité sanitaire particulièrement complexe et foisonnant. Cette réflexion a conduit à développer d'une part la surveillance proprement dite et d'autre part des capacités de réponse aux signalements et sollicitations non programmées dans quatre domaines. Ils peuvent être classés dans un ordre de difficulté croissant d'obtention de la preuve d'une relation de causalité :

- Les pathologies aiguës, dont chaque cas individuel peut être attribué à une exposition environnementale.
- Les expositions entraînant des effets à court terme mais non spécifiques de facteurs de risques environnementaux.
- Les expositions pouvant entraîner des effets à long terme.

- Les relations complexes entre la santé globale et l'environnement.

## **2 Pathologies aigües**

De nombreuses pathologies aigües sont directement liées à une exposition à l'environnement, et ce lien peut souvent être affirmé pour chaque cas individuel. Plusieurs relèvent cependant du domaine de compétence d'autres départements de l'InVS que le département santé environnement : maladies infectieuses, accidents de la vie courante, accidents du travail.

Deux types de pathologies aigües relèvent du programme de ce département : celles qui sont liées à un accident industriel ou une catastrophe naturelle, et les intoxications aigües.

### **2.1 Accidents industriels et catastrophes naturelles**

L'Institut de veille sanitaire a été sollicité à plusieurs reprises pour analyser l'impact sanitaire de différentes catastrophes naturelles (inondations de la Somme en 2001, du Gard en 2002, du Var en 2010, tempête Klaus en 2009, tempête Xynthia en 2010, séisme de Tohoku au Japon en 2011...) et industrielles (accident d'AZF à Toulouse en septembre 2001, incendie d'une usine de produits phytosanitaires à Béziers en Juin 2005, explosion d'un laboratoire universitaire de chimie à Mulhouse en 2006). Il est donc apparu nécessaire pour l'InVS de se préparer en amont de l'événement. Cette anticipation est l'objet du programme de Préparation à la réponse aux accidents industriels et catastrophes (Peraic) du Département Santé Environnement. L'impact sanitaire de ces événements ne se résume pas à des pathologies aigües, mais celles-ci sont bien entendu les plus immédiatement attribuables à celui-ci. On peut citer notamment les blessures et décès par traumatismes physiques, les atteintes auditives résultant de traumatismes sonores, les noyades, les coups de chaleur lors des canicules, les hypothermies en cas de vague de froid, les radiodermes lors d'accidents nucléaires, les intoxications directement ou indirectement liées à l'évènement. Parmi ces dernières on doit faire une mention particulière pour les intoxications au monoxyde de carbone résultant de l'usage de groupes électrogènes dans des locaux mal ventilés. Le dispositif de surveillance de ces intoxications a permis de mettre en évidence leur survenue fréquente lors des pannes d'électricité qui accompagnent souvent les inondations ou les tempêtes.

La surveillance de ce type de pathologies repose soit sur des dispositifs déclaratifs (c'est le cas par exemple pour les intoxications au monoxyde de carbone), soit sur le recueil automatique et l'exploitation des enregistrements réalisés dans certaines bases de données, notamment celles des services d'urgence des hôpitaux, ou encore la base nationale des causes de décès.

### **2.2 Intoxications**

Les intoxications sont définies comme la survenue de tout effet toxique faisant suite à une exposition unique ou répétée à un produit ou une substance, naturelle ou de synthèse, disponible sur le marché ou présent dans l'environnement. Là aussi, ces effets ne sont pas toujours d'apparition rapide à la suite de l'exposition, et ils ne sont pas nécessairement spécifiques de l'exposition à une substance. Néanmoins, c'est lorsqu'ils le sont qu'ils peuvent le plus facilement être identifiés par le réseau national sur lequel s'appuie l'institut de veille sanitaire pour assurer la surveillance épidémiologique des intoxications. Ce réseau est principalement constitué par les centres antipoison et de toxicovigilance (CAP-TV).

Environ 200 000 cas sont enregistrés chaque année par les CAP-TV dont plus de 80% résultent d'accidents et environ 15% de tentatives de suicides. Les spécialités

pharmaceutiques et les produits à usage domestique sont les plus souvent impliqués. Plusieurs centaines de ces intoxications entraînent un décès. Les intoxications représentent donc un important problème de santé publique.

### **3 Expositions entraînant des effets à court terme mais non spécifiques de facteurs de risques environnementaux**

Les crises d'asthme, les infarctus du myocarde, les gastroentérites aiguës sont des exemples de pathologies qui peuvent être liées à des causes génétiques, comportementales, infectieuses etc. mais également environnementales. Il n'est pas possible en présence d'un cas individuel d'infarctus du myocarde par exemple, d'affirmer qu'il a été provoqué par la pollution atmosphérique. Par contre ce lien avec l'environnement peut être mis en évidence au niveau populationnel en collectant systématiquement au fil du temps d'une part des indicateurs représentatifs de l'exposition de la population à des facteurs environnementaux et d'autre part des indicateurs dénombrant certains événements sanitaires survenant dans la même population, et en analysant les évolutions temporelles de ces deux séries d'indicateur. Cette méthode dite « écologique temporelle » a été parfois qualifiée de « surveillance du risque » (Quenel, 1995), car elle permet de mettre en évidence et de suivre dans le temps le risque pour la santé d'une exposition particulière. Trois exemples peuvent en être donnés dans les domaines de la pollution atmosphérique, des risques infectieux liés à l'eau de boisson et celui des vagues de chaleur.

#### **3.1 Pollution atmosphérique**

L'Institut de veille sanitaire surveille les risques à court terme liés à la pollution atmosphérique (Pascal, 2009) en analysant les relations à court terme (de l'ordre de quelques jours) entre les variations du niveau journalier de certains indicateurs de santé (mortalité toutes causes et pour certaines causes, admissions hospitalières) et celles des niveaux de polluants mesurés par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air. L'identification de ces relations exposition-risque nécessite la prise en compte de paramètres temporels et de cofacteurs intervenant dans la relation et pouvant biaiser les estimations : tendances à long et moyen termes des indicateurs sanitaires et environnementaux, paramètres météorologiques, épidémies saisonnières (grippe), périodes de pollinisation, etc. L'estimation des relations exposition-risque est d'abord réalisée par une modélisation statistique dans chacune des villes du dispositif de surveillance puis une analyse combinée des résultats obtenus localement est effectuée au niveau national. Cette surveillance permet tout à la fois de guider le choix des meilleurs indicateurs pour la surveillance environnementale de la qualité de l'air, de connaître l'évolution du risque avec l'évolution des sources et de leurs émissions et d'évaluer le bénéfice potentiel de la réduction des concentrations de polluant qui peut être obtenue par des mesures politiques.

#### **3.2 Risques hydriques**

Une démarche voisine est actuellement testée dans le domaine des risques liés à l'eau. La sécurité sanitaire de l'eau de distribution se fonde essentiellement sur la surveillance de la qualité de celle-ci. L'évaluation de la qualité microbiologique de l'eau se heurte cependant aux limites des indicateurs bactériens utilisés pour le contrôle réglementaire de la qualité de l'eau distribuée, comme *Escherichia coli* qui sont peu représentatifs du risque viral ou parasitaire. Dans ce contexte, la part attribuable à l'eau dans l'incidence des cas sporadiques

(par opposition aux cas épidémiques) de maladies dues aux microorganismes d'origine fécale (gastro-entérites, hépatite A...) est mal connue. Le projet turbidité et gastro-entérites est la contribution de l'Institut de veille sanitaire à ce sujet. Il vise à identifier les facteurs de risque hydriques des gastroentérites et à évaluer leur effet. Le nombre de cas incidents de gastro-entérites est estimé sur la base de données de remboursement des médicaments prescrits de l'Assurance maladie. Un lien est recherché avec différentes données issues de l'exploitation de l'eau et supposées représenter un risque : enregistrements de turbidité (mesure des particules en suspension), de concentration en désinfectants, mais aussi mesures bactériologiques, débit de la source ou de la rivière, débit distribué, comptage des interventions sur réseau pour réparation de fuites. Le principe de l'étude consiste donc à rechercher si des variations d'indicateurs d'exposition aux agents pathogènes (par exemple la turbidité) sont statistiquement associées à des variations d'un indicateur d'effet sanitaire (par exemple les gastro-entérites).

### **3.3 Vagues de chaleur**

Depuis 2004 (à la suite de la grande canicule de 2003), l'Institut de veille sanitaire met en œuvre un système de surveillance des risques sanitaires entraînés par les canicules appelé « Système d'alerte canicule et santé » (Laaidi, 2004). Des indices, dits « biométéorologiques », ont été construits : il s'agit des moyennes des températures maximales et minimales glissantes sur trois jours. Pour chaque département, un couple de valeurs seuils a été défini pour ces indices. Ce choix se fonde sur la constatation d'une bonne corrélation entre le dépassement de ces seuils et une augmentation importante de la mortalité constatée sur les trente années qui ont précédé la canicule 2003 (« l'étalonnage » a été effectué sur les séries statistiques de températures et de mortalité des plus grandes villes françaises et une extrapolation a été effectuée pour l'ensemble des départements). L'étude initiale qui a servi à construire le système a donc utilisé des indicateurs d'état de l'environnement (températures) et des indicateurs d'effets sanitaires (mortalité). Le système opéré qui est avant tout un système d'alerte, est basé sur les prévisions météorologiques de températures fournies par Météo-France. Néanmoins, des données sanitaires sont également recueillies et analysées quotidiennement : nombre de décès, nombre de passages aux urgences (nombre total de passages et nombre de passages concernant les personnes âgées, les jeunes enfants), nombre de consultations dans les services ou de visites effectuées par SOS médecins etc. Ces données permettent d'affiner la gestion de l'alerte au jour le jour (par exemple en maintenant des départements en alerte si les indicateurs d'effets sanitaires restent élevés alors que les températures sont repassées en deçà des seuils. L'analyse de la mortalité permet aussi de surveiller l'évolution de la relation exposition aux températures élevées - risque de décès : on sait que cette relation varie dans l'espace (c'est pourquoi les seuils d'alerte varient selon les départements, les populations vivant dans les zones méridionales résistant mieux à la chaleur). Elle varie aussi dans le temps. Ceci a été démontré par l'analyse de la canicule de 2006 (Fouillet, 2007) : selon un modèle basé sur les séries de données météorologiques et de mortalité des trente années précédant 2003, les températures observées cet été-là auraient « dû » entraîner une surmortalité de 6000 décès environ. Or « seulement » 2000 décès en excès ont été observés. Cet écart pourrait être attribué à l'effet « d'apprentissage » qu'a eu la canicule 2003 sur la population et l'organisation sociale françaises, même s'il est difficile de faire la part due aux politiques publiques, aux mesures techniques (installation de climatiseurs), à la prise de conscience des dangers des températures élevées sur les personnes âgées, etc.

## 4 Expositions pouvant entraîner des effets à long terme

Lorsque le délai entre le début d'une exposition et l'apparition d'effets sanitaires s'allonge (plusieurs années à plusieurs dizaines d'années par exemple pour les cancers), la surveillance épidémiologique ne va plus permettre d'affirmer un lien de causalité entre des modifications environnementales et des événements de santé. L'analyse de séries temporelles n'est en effet plus pertinente au-delà d'un délai de quelques semaines. La surveillance, qu'elle porte sur des événements de santé ou, le plus souvent sur des indicateurs de la qualité des milieux environnementaux, conserve toute son utilité, notamment dans une perspective d'évaluation des résultats des politiques publiques, pour suivre l'évolution dans le temps des problèmes de santé environnement pour lesquels l'existence d'une relation de causalité entre une exposition et un effet a pu être affirmée par ailleurs. Mais la preuve de cette relation de causalité repose sur un ensemble de méthodes qui, pour l'essentiel, ne relèvent pas de la surveillance : il peut s'agir notamment de recherches toxicologiques conduites en laboratoire (expérimentation animale) ou bien d'enquêtes épidémiologiques analytiques (études cas-témoins ou de cohortes).

Néanmoins, la surveillance épidémiologique joue un rôle important comme jalon sur la route qui conduit à l'identification des risques à long terme à travers trois type d'approche : la surveillance des tendances temporelles ; la surveillance des variations géographiques ; la biosurveillance.

### 4.1 Surveillance des tendances temporelles

Un exemple de ce type de surveillance concerne les travaux actuellement conduits par l'Institut de veille sanitaire sur l'évolution de la qualité du sperme humain. L'idée qu'il existe une baisse globale de la qualité du sperme humain depuis 50 ans dans les pays industrialisés repose sur certains travaux internationaux (Carlsen, 1992) et français (Auger, 1995) mais les limites méthodologiques des études réalisées sur des volontaires sains ou sur des donneurs de sperme, et les résultats contradictoires obtenus selon la zone géographique (Auger, 1997), (Jorgensen, 2001) rendent difficile l'obtention d'une certitude en ce domaine (Bonde, 2011). L'Institut de veille sanitaire a entrepris de décrire l'évolution temporelle de la qualité du sperme en France, mesurée par les paramètres du spermogramme. Pour pouvoir étudier cette évolution, il était nécessaire de disposer d'une base de données de spermogrammes couvrant une période suffisamment longue et diversifiée géographiquement. Une étude rétrospective a été réalisée en utilisant les données de l'association FIVNAT, qui ont été enregistrées, de 1985 à 2005, pour chaque tentative d'aide médicale à la procréation (AMP) réalisée dans des centres volontaires et répartis sur l'ensemble du territoire Français métropolitain. Divers sous échantillons ont été étudiés pour contrôler les biais potentiels liés d'une part à l'évolution des techniques et de leurs indications, et d'autre part pour se rapprocher de la population générale (Le Moal, 2012). La création d'un registre de l'AMP, mis en place par l'Agence de Biomédecine à partir de 2007, avec des modalités proches du registre Fivnat et qui répond à une obligation réglementaire de remontée des données à partir de 2010, permet d'envisager la mise en place d'une surveillance prospective. Il est prévu d'évaluer la pertinence et la faisabilité de cette surveillance d'ici la fin 2012.

Il est bien entendu important de vérifier s'il existe réellement une tendance à la baisse de la qualité du sperme humain. Cependant, la surveillance ne dit rien des causes de cette baisse éventuelle. Elle ne peut donc en rien confirmer l'hypothèse émise en 2001 par le Danois Niels

Skakkebaek (2001) selon laquelle cette baisse serait l'une des manifestations d'un trouble du développement des organes génitaux masculins durant la période fœtale, le syndrome de dysgénésie testiculaire, qui serait la conséquence d'une exposition de la mère à des substances chimiques interférant avec le fonctionnement des glandes endocrines, les perturbateurs endocriniens.

## 4.2 Surveillance des variations géographiques

Les variations spatiales des indicateurs de santé et des facteurs d'expositions environnementales sont étudiées en épidémiologie dans un but descriptif et afin de suggérer des hypothèses étiologiques (Elliot, 2000). C'est un exercice qui comporte beaucoup de pièges. En effet, lorsqu'on s'intéresse à des pathologies qui apparaissent longtemps après le début de l'exposition, rien n'indique que les niveaux *actuels* de certains indicateurs de santé puissent être reliés aux niveaux *actuels* des facteurs environnementaux sur un territoire donné. Or les expositions passées sont souvent inconnues. Même si elles le sont, les personnes qui vivent actuellement sur un territoire ne sont pas nécessairement celles qui y vivaient dans le passé. Par ailleurs, indépendamment des variations environnementales, il existe de nombreux autres facteurs de risque dont la prévalence varie selon le territoire géographique : le niveau socio-économique ou les habitudes alimentaires par exemple. Il existe donc un fort risque de biais et ces études réclament une grande rigueur méthodologique (Goria, 2011)

Cependant, la surveillance d'indicateurs de santé dans des populations vivant sur des territoires présentant des caractéristiques environnementales communes, et qui sont comparées à des populations témoin, peut-être d'une grande utilité pour traiter de certaines questions. C'est ce qui a été fait par exemple par l'Institut de veille sanitaire en ce qui concerne l'incidence de certains cancers à proximité des incinérateurs d'ordures ménagères (Fabre P, 2008). Cette étude, en montrant un impact des rejets atmosphériques des incinérateurs d'ordures ménagères sur le risque de certains cancers entre 1990 et 1999, a pu confirmer l'utilité des mesures de réduction des émissions de polluants qui ont été imposées à ces installations industrielles depuis la fin des années 90. Elle a conclu qu'on pouvait s'attendre à une diminution du risque de cancer chez les populations exposées aux niveaux actuels d'émission. Toutefois, en regard de l'incertitude sur les temps de latence d'apparition des cancers, elle n'a pu exclure que les expositions passées depuis les années 70 puissent encore aujourd'hui favoriser la survenue de cancers.

## 4.3 Biosurveillance

La surveillance des expositions, pour des agents qu'on sait ou qu'on soupçonne être dangereux pour la santé est essentielle. Elle repose en grande partie sur la mesure de polluants ou d'agents dans l'environnement. Néanmoins, une branche de la surveillance sanitaire y apporte une contribution majeure : il s'agit de la biosurveillance humaine. C'est une modalité particulière de la surveillance en santé publique environnementale, qui repose sur le suivi d'une certaine catégorie d'indicateurs résultant de mesures chimiques et biologiques effectuées chez des personnes (Casteleyn, 2009) (Frery, 2009). Il peut s'agir de concentrations de molécules (métaux lourds, pesticides, cotinine, monoxyde de carbone, protéines de l'inflammation...) ou des dénombrements de cellules (leucocytes, hématies, macrophages...). Ces mesures sont effectuées sur des matrices biologiques (sang, urine, cheveux et autres phanères, lait maternel, air expiré...). Il peut également s'agir de paramètres physiques de l'individu (rythme cardiaque, pression artérielle...) ou encore de phénomènes biologiques tels que des caractéristiques génomiques. Ces indicateurs sont appelés « biomarqueurs ». Il en existe trois types : les biomarqueurs d'exposition qui peuvent être définis comme les



substances chimiques ou les produits qui en découlent présents dans le corps humain ; les biomarqueurs d'effet qui sont une réponse biologique à l'interaction entre le polluant et le corps humain ; les biomarqueurs de susceptibilité qui sont les indicateurs d'une capacité innée ou acquise d'un organisme à répondre à l'exposition à une substance xénobiotique spécifique. En pratique, la biosurveillance humaine consiste à conduire des enquêtes en population, à prélever des échantillons de liquides et les tissus biologiques (sang, urine, cheveux, salive, lait maternel), à faire analyser des biomarqueurs dans ces prélèvements et à interpréter les résultats dans un objectif de surveillance.

La mesure de biomarqueurs intègre les parts respectives de tous les modes d'exposition, de toutes les sources, quelles que soient les voies d'entrée des substances dans le corps humain, quels que soient le lieu d'exposition, l'activité ou la nature des produits consommés. Elle prend également en compte les différences physiologiques selon les individus (respiration, métabolisme...) ainsi que les facteurs associés au comportement et aux activités de chacun (micro-environnements, hygiène, usage de produits de consommation). La biosurveillance permet donc de comparer l'exposition de différentes populations, dans le temps et dans l'espace et ainsi d'identifier et décrire l'imprégnation de populations à risque, fortement imprégnées ou particulièrement sensibles ce qui peut conduire à émettre un signal d'alerte précoce ou encore d'évaluer ou orienter les actions de gestion.

Cependant, l'avantage apporté par le fait que la mesure d'un biomarqueur soit indépendante de la voie d'exposition est aussi une limite : en effet cette simple mesure ne nous apprend rien sur la manière dont le polluant est entré dans l'organisme. Pour identifier les voies d'exposition et ainsi pouvoir proposer les moyens de s'en prévenir, il faut recourir à des mesures environnementales, à des modélisations ou encore à des questionnaires. Par ailleurs, l'interprétation des résultats de biosurveillance porte d'une part sur les niveaux d'exposition (évalués via l'imprégnation) qui sont comparés à ceux d'une population de référence ("Est-ce beaucoup ?") et d'autre part sur leur interprétation en termes sanitaires ("Les résultats indiquent-ils un risque pour la santé ?"). Les études de biosurveillance permettent de faire progresser la connaissance en vue de la réponse à la première question. En effet, leurs résultats permettent de situer le degré d'imprégnation d'une population ou d'individus par rapport à une population de référence, voire simplement par rapport à la distribution dans la population que l'on étudie. Il est possible de déterminer si l'exposition d'un groupe d'individus ou d'un individu est « anormalement » élevée. Cependant, la présence d'une substance chimique dans l'organisme, même à un niveau plus élevé que celui de 90% des individus qui composent la population de référence, ne signifie pas nécessairement qu'il y a un risque pour la santé. La connaissance des effets sur la santé et des relations dose-réponse résulte d'études qui peuvent utiliser le dosage de biomarqueur mais qui ne sont pas à proprement parler des études de biosurveillance. Dans de nombreux cas, l'interprétation sanitaire au niveau individuel n'est pas possible faute de connaissance scientifique suffisante. Ceci fait de la communication des résultats des études de biosurveillance un exercice difficile.

La biosurveillance s'impose cependant un peu partout dans le monde comme un outil essentiel de surveillance en santé environnement. Aux Etats-Unis, les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) mettent en œuvre des enquêtes de biosurveillance depuis quatre décennies (Johnson, 2008). De nombreux pays Européens conduisent des études de biosurveillance et un projet d'harmonisation des pratiques est conduit à l'échelle communautaire (Joas, 2011)

En France, au cours des quinze dernières années, c'est le plus souvent dans un objectif de contribution à la gestion de situations de crise sanitaire que des études de biosurveillance ont

été mises en œuvre autour de sites pollués. De telles études ont été ainsi réalisées localement (Frery, 1998), à l'échelle d'une région (Cardoso, 2010) ou de manière multicentrique (Frery, 2009). La mesure périodique systématique a également été entreprise par l'InVS. Des études de ce type ont été réalisées par l'InVS sur des échantillons de taille limitée, ou bien ciblées sur un ou quelques biomarqueurs (enquête de prévalence de la plombémie chez l'enfant 2008-2009). Une seule étude a jusqu'ici dosé de nombreuses substances sur un échantillon représentatif de la population française (étude nationale nutrition santé) ; des biomarqueurs d'exposition aux métaux, pesticides et PCB y ont été mesurés (Frery, 2011). A la suite d'un engagement du Grenelle de l'environnement, le 2ème plan national santé environnement (2009-2013) a confié à l'InVS la tâche d'élaborer un programme national de biosurveillance de la population. Ce programme se décompose en deux volets : un volet périnatalité-petite enfance consistant à doser des biomarqueurs au sein de la cohorte Elfe en cours d'inclusion en 2011, et une enquête nationale de biosurveillance qui est en phase préparatoire.

Elfe est une cohorte de 20 000 enfants, sélectionnés de manière à constituer un échantillon représentatif des naissances françaises en 2011. Le recrutement de l'échantillon a eu lieu au cours de quatre périodes de plusieurs jours réparties au long de l'année 2011. Le projet Elfe est conduit par une unité mixte Ined-Inserm mais son volet biosurveillance est réalisé par l'InVS. Le suivi de la cohorte Elfe poursuit de nombreux objectifs de recherche dans les domaines de l'environnement, de la santé publique et des sciences sociales. Le volet biosurveillance vise à mesurer les expositions des femmes enceintes, des fœtus et des jeunes enfants aux polluants reprotoxiques et neurotoxiques, de manière à décrire leurs niveaux nationaux et à analyser les facteurs expliquant ces niveaux. Les biomarqueurs seront dosés dans ce but sur des sous-échantillons de taille variable (de 600 à 3000 selon le polluant).

L'étude nationale de Biosurveillance (environnement, santé, nutrition) est quand à elle une enquête transversale en population générale portant sur un échantillon aléatoire national d'adultes et d'enfants résidant dans des ménages ordinaires, en France métropolitaine hors Corse (4 000 adultes âgés de 18 à 74 ans et 1 000 enfants âgés de 6 à 17 ans). Elle a vocation à être répétée avec un pas de temps d'environ 7 ans. Elle couvre des objectifs non seulement de biosurveillance mais aussi de surveillance nutritionnelle et de surveillance de certaines maladies chroniques. Elle combine un volet enquête par questionnaires, un recueil de données cliniques, des dosages biologiques et la constitution d'une banque de prélèvements biologiques pour permettre de doser des substances non connues ou non priorisées initialement. Cette étude permettra de suivre l'évolution des indicateurs ayant déjà fait l'objet d'un premier recueil lors de la réalisation de l'étude nationale nutrition santé en 2006/2007, de débiter une surveillance d'autres indicateurs, et de faire des comparaisons avec les données issues des enquêtes conduites à l'étranger. Le démarrage effectif de l'étude est programmé pour le dernier trimestre 2012.

## **5 Relations complexes entre la santé globale et l'environnement**

Comme l'indique bien la définition de l'OMS, les relations entre l'environnement et la santé ne se limitent pas au déclenchement de pathologies organiques (intoxications, cancers) par des agents physiques ou chimiques. L'environnement physique, social, psychologique impacte aussi la santé globale, y compris dans ses aspects qualitatifs, et ceci est à l'origine d'un très grand nombre de souffrances et de situations qui peuvent être qualifiées de crises sanitaires. Plusieurs axes de développement actuels de la surveillance en santé environnement concernent : l'état de santé des populations vivant dans des environnements dégradés (proximité d'installations polluante ou habitat insalubre par exemple) ; la prise en compte de dimensions de la santé qui ne se limitent pas aux indicateurs traditionnels de morbidité et de

mortalité pour prendre en compte la santé de manière plus globale (santé mentale, santé perçue, santé déclarée) ; la prise en compte de la complexité des relations environnement santé en intégrant non seulement l'environnement physique, chimique et biologique mais aussi le contexte psychologique et social.

### **5.1 Santé des populations vivant dans des environnements dégradés**

En France, il existe de nombreuses zones géographiques dont l'environnement est particulièrement dégradé par des sources naturelles de pollution ou, plus souvent, du fait d'activités humaines actuelles ou passées. Leurs habitants subissent des niveaux élevés d'exposition à des agents chimiques et/ou physiques, souvent associés en mélanges complexes. Or, des études épidémiologiques ont montré que les populations soumises à des expositions environnementales fortes et cumulées présentent, par rapport à la population générale, un sur-risque d'altération de la qualité de vie, de maladies et de décès (Pearce, 2011). Les populations qui habitent dans ces « points noirs environnementaux », en plus d'être fortement exposées à des facteurs de risque environnementaux, peuvent être socio économiquement défavorisées et de ce fait avoir plus de difficultés que la population générale à accéder à des soins de qualité moindre, subir des conditions de travail difficiles, etc. Ces populations qui cumulent les facteurs de risque sanitaire sont considérées comme particulièrement vulnérables. Les surexpositions à des facteurs environnementaux et les excès de risque sanitaire qui leur sont associés définissent les inégalités environnementales de santé. Le projet sociétal de justice environnementale, auquel adhère la France au travers de la Charte de l'Environnement, cherche à les réduire. Ainsi, la gestion des « points noirs environnementaux », dénomination des zones où se concentrent les surexpositions environnementales, est jugée prioritaire par les autorités publiques. Le 2<sup>ème</sup> plan national santé environnement (2009-2013) a fait de la lutte contre les inégalités environnementales un de ses axes majeurs et consacre spécifiquement une série d'actions à la lutte contre les points noirs environnementaux. Un fort potentiel d'impact sanitaire, une attention sociale et politique soutenue, l'inscription dans un plan national de gestion, incitent à mettre en place un dispositif pérenne de surveillance épidémiologique de la santé des populations habitant les points noirs environnementaux. L'élaboration d'un tel dispositif est actuellement en phase préparatoire à l'InVS.

A une échelle plus petite, l'habitat est également un environnement qui interagit avec la santé de ses occupants. D'après l'Insee (Briant, 2011), au début des années 2000, 2,9 millions de personnes vivaient en France dans des logements privés de confort ou surpeuplés (127 000 personnes cumulaient ces 2 facteurs). De plus, 133 000 personnes étaient sans domicile et recouraient à des hébergements de fortune, temporaires ou vivaient dans la rue. La part des habitats menaçant ruine, insalubre (au sens juridique du terme) et l'existence de logements indignes (impropres par nature à l'habitation) est faible au regard de ces chiffres mais particulièrement difficile à estimer. Un récent rapport du bureau OMS-Europe (Braubach, 2011) estime que 128 430 décès (39/100 000) et 2,2 millions d'années de vie en bonne santé perdues (921,5/100 000) pourraient être dus à des conditions de logement inappropriées. L'application de ces taux à la France, sans prendre en compte les particularités du contexte national, conduirait à 25 000 décès et 588 000 années de vie en bonne santé perdues. Les agents dangereux présents dans l'habitat sont multiples (en plus des agents chimiques et physiques, il faut considérer les situations accidentogènes) et les expositions sont de longue durée (les Français passent en moyenne 16 heures par jour dans leur logement). Leurs effets sanitaires établis au travers de travaux de recherche internationaux (études d'associations, études médico-économiques, évaluations d'interventions d'amélioration de l'habitat) sont variés (asthme, accidents domestiques, troubles du sommeil, saturnisme, cancers du poumon,

accidents cardiovasculaires liés au froid, au chaud ou à la pollution atmosphérique, difficultés d'insertion sociale, surpoids, intoxications au monoxyde de carbone, ...). Cependant, l'estimation de la part attribuable à l'habitat dans la fréquence de ces événements de santé est complexe, d'autant plus qu'ils concernent l'ensemble des dimensions de la santé (physique, sociale et psychologique). La population qui vit dans un habitat dégradé, en plus d'être exposée dans son domicile à un cumul d'agents dangereux, est également plus vulnérable en raison de la présence simultanée d'autres facteurs de risque sanitaire (revenu faible, statut social défavorable, niveau d'éducation bas, professions exposées à des agents dangereux et/ou en conditions difficiles, et moindre capacité à accéder à des soins de qualité) qui participent à la fois à la surexposition et à la majoration de l'impact. L'InVS a donc entrepris de caractériser cette population, et d'identifier ses problèmes de santé et les pistes à proposer pour les résoudre. Pour se faire, deux axes d'approche sont poursuivis : 1) Exploiter les données des enquêtes nationales recueillant des données sur le logement des français, en collaboration avec les organismes qui en ont la charge, pour produire des indicateurs macroscopiques portant sur les logements, l'environnement et l'urbanisme dans lesquels ils s'insèrent, les ménages qui les habitent, leur état de santé et leur consommation de soins ; 2) développer un système de surveillance fondé sur des méthodes qualitatives de collecte et d'analyse de données. Cette approche permettrait de décrire les situations marginales complexes, celles cumulant les risques, et en particulier de comprendre les mécanismes qui font que les personnes concernées ne bénéficient pas de l'aide apportée par les politiques publiques.

## **5.2 Santé globale**

Les sources locales de pollution de l'environnement, comme les installations industrielles, exposent des groupes de population à des agents toxiques et à des phénomènes perceptibles tels que odeurs ou bruits désagréables. Elles peuvent mettre en cause des agents pour lesquels de nombreuses incertitudes existent concernant la dangerosité comme c'est le cas, par exemple, pour les dioxines, les champs électromagnétiques ou des mélanges complexes de substances. Ces situations se caractérisent par une émergence d'inquiétudes et de plaintes sanitaires au sein des populations riveraines. Ces plaintes portent sur des pathologies somatiques graves telles que les cancers mais également sur des troubles de santé plus courants, des symptômes par exemple à type de douleur ou d'asthénie, de la gêne ressentie, une perte de la qualité de vie. Elles conduisent souvent à une augmentation des consultations chez les professionnels de santé qui alertent les autorités sanitaires en se faisant le relais des troubles exprimés par ces populations. L'expérience a montré que la seule prise en compte des propriétés toxicologiques des agents dangereux de nature chimique ou physique est insuffisante pour expliquer les problèmes sanitaires des populations car elle ne tient pas compte des autres facteurs qui interviennent dans la relation entre environnement et santé, notamment les facteurs psycho-sociaux (Tucher, 1995, Santé Canada, 2005). Les analyses éventuelles s'intéressant aux événements de santé graves se heurtent de plus, à des difficultés d'ordre méthodologique, liées au fait que les sources de données usuelles (registres de pathologie, statistiques hospitalières, mortalité par cause etc.) sont limitées dans leur résolution géographique, au délai de latence long qui peut séparer le début de l'exposition et la survenue du problème de santé observable par les indicateurs disponibles, enfin au défaut de puissance des études locales portant sur des événements sanitaires de faible incidence. Pour étudier et suivre l'impact de sources locales de pollution sur la santé de leurs riverains, il apparaît donc nécessaire d'adopter une approche intégrant des phénomènes de santé déclarés en complément des indicateurs habituellement utilisés. Ces indicateurs de santé déclarés concernent les dimensions physique, mentale, et générale de la santé. Ils permettent de

mesurer les dimensions négatives et positives de la santé. Cette prise en compte extensive de la santé rejoint la définition que l'OMS a donnée à la santé dès 1946 comme un état complet de bien-être physique, mental et social et non la seule absence de maladie ou de handicap. La littérature montre que les indicateurs de santé déclarée qui portent sur des événements sanitaires ne pouvant être recueillis que par déclaration de la personne interrogée s'avèrent très pertinents dans des situations environnementales dégradées en lien avec des problématiques environnementales (Lipscomb 1991, (Downey 2005, Boardman 2008). Ces indicateurs de santé déclarée permettent d'intégrer la perception que les populations ont de leur santé et ainsi d'appréhender les facteurs liés aux caractéristiques cognitives et émotionnelles associées à la perception des risques et au contexte social de la situation étudiée, en complément des caractéristiques intrinsèques du risque environnemental comme la concentration de polluants. Une meilleure connaissance de la façon dont ces facteurs modifient la relation entre environnement et santé perçue serait à même d'apporter des éléments utiles à la prise en charge par le gestionnaire des situations de pollution environnementale. Dans ce contexte, le département santé environnement de l'InVS a pour objectif de développer les outils et méthodes nécessaires à l'élargissement à la santé déclarée de l'analyse de l'état de santé d'une population autour d'une source de pollution. Sa finalité est d'améliorer l'évaluation et l'appui à la gestion des situations de pollution locales. Une première expérience aura lieu en 2012 dans un site industriel pollué du midi de la France.

Dans un autre domaine, l'InVS s'attache également à avoir une approche globale de la santé lorsqu'il s'agit d'estimer l'impact sanitaire des accidents industriels et catastrophes naturelles. De nombreux travaux ont montré en particulier l'importance des conséquences psychologiques de ces événements (Ollivier, 2011, Raguenaud, 2011, Rivière, 2006)

### **5.3 Prise en compte du contexte social**

Les préoccupations environnementales sont devenues très prégnantes au cours des dernières décennies et leur impact supposé sur la santé, alimenté par des médias alarmistes, représente un sujet fort de polémique. Dans ce contexte, les scientifiques, les experts, sont sollicités, dans des domaines encore empreints d'incertitude, pour apporter des réponses à des problèmes locaux ou nationaux. Or l'émergence de ces problèmes est également liée à des facteurs historiques, économiques, sociaux voire politiques, qui vont interférer sur la place de la réponse scientifique apportée, son adéquation avec la demande, son acceptabilité, etc. Les questions de perception, de comportements et de contexte social sont donc incontournables. Les sciences humaines et sociales, qui par essence explorent ces sujets, produisent de plus en plus de connaissances appliquées à la santé environnementale. Le département santé environnement de l'InVS a entrepris de s'approprier les méthodes et résultats produits par les sciences humaines et sociales, de nouer des liens avec les équipes qui travaillent dans le domaine de la santé environnementale, de préparer d'éventuels partenariats et de participer à la diffusion de ces savoirs. Un rapport concernant l'approche du contexte social lors d'un signalement local en santé et environnement a ainsi été publié récemment (Daniau, 2011). Il propose une approche contribuant à identifier les conditions d'intervention des professionnels de santé publique dans le territoire. Il trace clairement la limite entre l'analyse que les professionnels de santé publique non sociologue peuvent réaliser et l'analyse qui relève d'un approfondissement de l'analyse du contexte social qui requiert des compétences particulières en sciences humaines et sociales. Ce type d'approche s'est révélé particulièrement utile pour traiter les sollicitations concernant une catégorie d'événements que nous appelons désormais les syndromes collectifs inexpliqués, mais qui ont été désignés au cours de l'histoire sous des vocables plus ou moins heureux, depuis « hystérie collective » jusqu'à « syndrome des

bâtiments malsains » en passant par « syndromes psychogènes collectifs ». Une conduite à tenir dans la prise en charge de ce type de situation a été élaborée (Kermarec, 2010)

## 6 En conclusion

L'approche réductionniste du champ de la santé environnement, particulièrement prévalente dans notre pays, pourrait conduire à ne s'intéresser qu'à des relations (relativement) simples entre des agents chimiques ou physiques et des maladies organiques bien identifiées. En fait, comme cet article a essayé de le montrer, le champ des relations entre l'environnement et la santé est beaucoup plus complexe, et la surveillance doit prendre en compte cette complexité, car sinon elle manquerait à sa mission essentielle, qui est d'apporter aux acteurs de la santé publique les données dont ils ont besoin, si elle ne le faisait pas.

## Bibliographie

- Auger J, Kunstmann JM, Czyglik F, Jouannet P. (1995). Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years. *N Engl J Med*, 332, 281-285.
- Auger J, Jouannet P. (1997). Evidence for regional differences of semen quality among fertile French men. *Fédération Française des Centres d'Etude et de Conservation des Oeufs et du Sperme humains. Hum Reprod*, 12, 740-745.
- Boardman JD, Downey L, Jackson JS, Merrill JB, Saint Onge JM, Williams DR (2008). Proximate industrial activity and psychological distress. *Popul Environ*, 30(1-2), 3-25.
- Bonde JP, Ramlau-Hansen CH, Olsen J. (2011). Commentary: trends in sperm counts: the saga continues. *Epidemiology*, 22, 617-619.
- Braubach M, Jacobs DE, Ormandy D (2011); Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Methods for quantifying health impacts of selected housing risks in the WHO European Region, OMS Europe, 238 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/Housing-and-health/publications/2011/environmental-burden-of-disease-associated-with-inadequate-housing.-full-version>
- Briant P, Donzeau N. (2011). Être sans domicile, avoir des conditions de logement difficiles, la situation dans les années 2000. INSEE Première, 1330, disponible à partir de l'URL : <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1330/ip1330.pdf>
- Downey L, Van WM (2005). Environmental stressors: the mental health impacts of living near industrial activity. *J Health Soc Behav*, 46(3), 289-305.
- Cardoso T, Blateau A, Chaud P, Ardillon V, Boyer S, Flamand C, et al (2010). Le mercure en Guyane française : synthèse des études d'imprégnation et d'impact sanitaires menées de 1994 à 2005. *Bull Epidemiol Hebd*, 13 :118-20.
- Carlsen E, Giwercman A, Keiding N, Skakkebaek NE. (1992). Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years. *BMJ*, 305, 609-613.
- Casteleyn L, Biot P, Viso AC (2009). Des biomarqueurs humains à la biosurveillance humaine en santé environnementale en Europe. *Bull Epidemiol Hebd*, Hors série 2009, 3-7.
- Daniau C, Salomon D, Legout C, Kermarec F, Dor F (2011). Approche du contexte social lors d'un signalement local en santé et environnement - Document d'appui aux investigateurs. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2011. 60 p. Disponible à partir de l'URL : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)
- Elliott P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ, (2000). *Spatial epidemiology: methods and applications*, Oxford University Press, p. 3-14.

- Fabre P, Daniau C, Gorla S, de Crouy-Chanel P, Empereur-Bissonnet P (2008). Étude d'incidence des cancers à proximité des usines d'incinération d'ordures ménagères – Rapport d'étude. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 136 p. Disponible à partir de l'URL : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)
- Fouillet A, Rey G, Bessemoulin P, et al (2007). Comparaison de la surmortalité observée en juillet 2006 à celle estimée à partir des étés 1975-2003, France, *Bull Epidemiol Hebd*, 22-23, 192-194.
- Frery N, Coignard F, Viso AC (2009). La biosurveillance en santé environnementale. *Bull Epidemiol Hebd*, 27-28, 306-309.
- Frery N, Ohayon A, Quenel P (1998). Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle. Région de Salsigne (Aude), Réseau national de santé publique. Disponible à partir de l'URL : [http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=7555](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=7555)
- Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G (2011). Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2011. 151 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr> .
- Frery N, Volatier JL, Zeghnoun A, Sarter H, Falq G, Thebault A, et al (2009). Étude d'imprégnation par les dioxines des populations résidant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères. *Bull Epidemiol Hebd*, 7-8, 64-7.
- Gorla S, Stempfelet M, de Crouy-Chanel P (2011). Introduction aux méthodes statistiques et aux systèmes d'information géographique en santé environnement – Application aux études écologiques – Résultats 2010. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 65 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>.
- InVS (2008). L'Institut de veille sanitaire (InVS). *Environnement, risques et santé*, 5(2), 122-124.
- Joas R, Casteleyn L, Biot P, Kolossa-Gehring M, Castano A, Angerer J, et al (2011). Harmonised human biomonitoring in Europe: Activities towards an EU HBM framework. *Int J Hyg Environ Health*. Publication en ligne disponible à partir de l'URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463911001428>
- Johnson C, Lacher D, Lewis B, McQuillan, G (2008). Challenges in Collecting Survey-Based Biomarker and Genetic Data: The NHANES Experience. *Proceedings of the Ninth Conference on Health Survey Research Methods*, p.139-44.
- Jorgensen N, Andersen AG, Eustache F, Irvine DS, Suominen J, Petersen JH et al.(2001). Regional differences in semen quality in Europe. *Hum Reprod*, 16,1012-1019.
- Kermarec F, Heyman C, Dor F (2010). Guide pour le diagnostic et la prise en charge des syndromes collectifs inexplicables – Synthèse. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 4 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)
- Laaidi K, Pascal M, Ledrans M, et al (2004). Le système français d'alerte canicule et santé 2004 (SACS 2004), un dispositif intégré au Plan National Canicule, *Bull Epidemiol Hebd*, 30-31, 134-136.
- Le Moal J, Rolland M, Wagner V, De Mouzon J, Royère D (2012). Evolution de la concentration spermatique en France entre 1989 et 2005 à partir des données de la base Fivnat, France, *Bull Epidemiol Hebd*, à paraître.
- Lipscomb JA, Goldman LR, Satin KP, Smith DF, Vance WA, Neutra RR (1991). A follow-up study of the community near the McColl waste disposal site. *Environ Health Perspect*, 94, 15-24.
- Ollivier R, Loury P, Hubert B (2011). Bilan de la surveillance des conséquences psychologiques et sanitaires de la tempête Xynthia dans le sud-ouest de la Vendée en 2010. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 34 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>
- Pascal L, Blanchard M, Fabre P, et al (2009). Liens à court terme entre la mortalité et les admissions à l'hôpital et les niveaux de pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. *Bull Epidemiol Hebd*, 05, 41-44.
- Pearce JR, Richardson EA, Mitchell RJ, Shortt NK (2011). Environmental justice and health: a study of multiple environmental deprivation and geographical inequalities in health in New Zealand. *Soc*

- Sci Med. , 73(3), 410-20. Publication en ligne. Disponible à partir de l'URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953611003273>
- Quenel P (1995). Surveillance de sante publique et environnement. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 43, 412-422.
- Raguenaud ME, Germonneau P, Pirard P, Motreff Y (2011). Surveillance des conséquences psychologiques suite à la tempête Xynthia en Charente-Maritime en 2010. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 29 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>
- Riviere S ; Lapierre Duval K ; Albessard A ; Gardette V ; Guinard A ; Schwoebel V (2006). Conséquences sanitaires de l'explosion survenue à l'usine «AZF», le 21 septembre 2001. Rapport final sur les conséquences sanitaires dans la population toulousaine. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 105 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>
- Santé Canada (2005). *Aborder les facteurs psychosociaux à l'aide d'une approche axée sur le renforcement des capacités : Un guide pour les gestionnaires de sites contaminés*. Ed: Health Canada.
- Skakkebaek NE, Rajpert-De ME, Main KM. (2001). Testicular dysgenesis syndrome: an increasingly common developmental disorder with environmental aspects. *Hum Reprod*, 16, 972-978.
- Thacker SB (1996). Surveillance. In: MB Gregg, eds. *Field Epidemiology*. New York: Oxford University Press, 16-32.
- Tucher P (1995). *Report of the expert panel workshop on the psychological responses to hazardous substances*, Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Department of health and human services, Atlanta, Georgia.
- WHO (1990). *Environment and health: the European charter and commentary*. WHO Regional Publications, European Series, No. 35. p 18.