

Systemes d'information de surveillance en santé-environnement

JULIEN CAUDEVILLE¹
SARAH HABRAN²

¹ Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)
Direction des risques chroniques
Unité impact sanitaire et exposition
Parc ALATA BP2
60550 Verneuil-en-Halatte
France
<Julien.caudeville@ineris.fr>

² Institut scientifique de service public (ISSEP)
Direction des risques chroniques
Cellule environnement et santé
200, rue du Chéra
4000 Liège
Belgique
<s.habran@issep.be>

Tirés à part :
J. Caudeville

Résumé. Un système d'information de surveillance en santé-environnement (SISSE) peut être soit un dispositif à visée d'étude pour fournir des données utiles à la priorisation d'actions de prévention, soit un dispositif d'alerte. Différentes démarches ont été développées au niveau international, avec des niveaux de maturité variables, pour fournir des systèmes d'information nécessitant une mise en cohérence de la production de données par rapport aux objectifs de surveillance et permettre ainsi leur opérationnalité dans un cadre de gestion. Cette synthèse propose d'explorer les systèmes intégrés de surveillance à travers la description d'expériences internationales. L'accès à l'information et la participation du public au processus décisionnel en matière d'environnement coïncident avec le début de la prise en compte du débat scientifique et démocratique sur la justice environnementale et sur l'articulation entre politiques sociales et politiques environnementales. Les premiers SISSE apparaissent dans ce contexte dans les années 2000 aux États-Unis et permettent l'accès et la capacité d'intégrer des données ou bases de données aux différents niveaux administratifs, de promouvoir l'interopérabilité des systèmes, d'améliorer la qualité des données produites et une meilleure intégration de la dimension environnementale dans l'ensemble des politiques. D'autres outils interactifs en ligne permettent aux utilisateurs une information facilitée pour explorer diverses dimensions de l'exposition au niveau local. Toutefois, les données spatiales utilisées à des fins de caractérisation des expositions environnementales n'ont pas toujours été initialement collationnées pour répondre à ces objectifs, ce qui entraîne des biais d'utilisation. Pour contourner partiellement ces problèmes, différentes techniques sont adoptées pour traiter spécifiquement les différentes bases de données environnementales, comportementales ou de population. Dans le contexte de l'émergence de la notion d'exposome, la territorialisation du concept à des fins de gestion nécessite le développement de nouvelles approches dynamiques, multidimensionnelles, longitudinales et la mise en place de systèmes d'information, obligeant l'adoption de méthodes transdisciplinaires pour l'analyse des données et la coordination des acteurs sur l'ensemble des niveaux administratifs.

Mots clés : donnée ; exposition ; surveillance ; système d'information.

Abstract

Environmental health tracking information systems around the world

An environmental health tracking information system (currently known as an Environmental Public Health Tracking [EPHT]) is a study or surveillance tool to provide useful data for prioritizing prevention actions. Various approaches have been developed at the international level, with varying levels of maturity, to provide programs in which data production is consistent with the tracking objectives and ensure they are operational within a management framework. This synthesis proposes to explore integrated surveillance systems through the description of international experience. Access to information and justice in environmental matters as well as public participation in decision-making coincide with increased attention to the scientific and democratic debate on environmental justice and on joint social and environmental policies. The first EPHTs appeared in this context in the 2000s and now provide access to and integration of data or databases at different administrative levels, promote interoperability of systems, and improve the quality of the data produced and the integration of environmental

Pour citer cet article : Caudeville J, Habran S. Systemes d'information de surveillance en santé-environnement. *Environ Risque Sante* 2019 ; 18 : 235-244. doi : 10.1684/ers.2019.1307

aspects in all policies. Other interactive online tools provide users with easy navigation to explore various dimensions of exposure at the local level. However, the use of spatial data to characterize environmental exposures did not initially meet the objectives of the studies, which led to use biases. To partially overcome these problems, different techniques are introduced to specifically address the different environmental, behavioral, or population databases. With the emergence of the concept of the “exposome”, the territorialization of the concept for management purposes requires the development of new dynamic, multidimensional, longitudinal approaches, information systems that use cross-disciplinary methods for data analysis, and stakeholder coordination at all administrative levels.

Key words: data; exposure; tracking; information system.

L'état de santé d'une population résulte d'interactions complexes entre plusieurs facteurs d'ordre socioéconomique, environnemental et individuel. Réduire les inégalités de santé implique l'identification et la caractérisation des facteurs sociaux et des facteurs d'exposition aux stressseurs environnementaux (pollutions et nuisances) afin d'interpréter la façon dont ils se cumulent sur un territoire donné [1]. Ces analyses permettent *in fine* d'identifier et de hiérarchiser les mesures de gestion pour réduire l'exposition dans le but d'améliorer la santé de la population.

Les populations peuvent être exposées directement ou indirectement aux stressseurs environnementaux, résultant de possibles transferts des pollutions entre les compartiments environnementaux. Par exemple, une exposition directe aux polluants atmosphériques peut survenir par inhalation de particules ou gaz de l'air, et une exposition indirecte peut se faire par consommation de végétaux qui, au contact de dépôts atmosphériques, sont susceptibles d'être eux-mêmes contaminés.

L'ensemble des bases de données de surveillance et de gestion de l'environnement (émissions, concentrations environnementales, etc.) permet de pouvoir renseigner directement ou indirectement un niveau du continuum source-environnement-population du schéma conceptuel de l'exposition [2].

Les évaluateurs de risques doivent caractériser des risques cumulatifs plus larges et plus complexes tout en développant des outils et des méthodes à la fois robustes et simples pour faciliter la mise en place d'actions adaptées [3]. Un système d'information de surveillance en santé-environnement (SISSE) peut être un dispositif à visée d'étude ou un dispositif d'alerte pour orienter des mesures de gestion [4]. Il peut avoir comme objectif de fournir des éléments d'analyse de problèmes de santé environnementale complexes à travers la mobilisation de données utiles pour la priorisation d'actions de prévention. Différentes démarches ont été développées au niveau international, avec des niveaux de maturité variables, pour fournir des dispositifs nécessitant une mise en cohérence de la

production de données par rapport aux objectifs de surveillance et permettre ainsi leur opérationnalité et leur réutilisation dans un cadre de gestion [5]. Cette synthèse propose d'explorer les systèmes intégrés de surveillance en santé-environnement à travers la description d'expériences internationales.

L'émergence des SISSE dans le monde

La surveillance intégrée en santé environnementale est une stratégie d'exploitation de données pour caractériser l'exposition des populations sur un territoire.

Elle peut combiner des dispositifs de surveillance à visée d'étude et d'observation, d'aide à la décision intégrant des travaux scientifiques qui contribuent à l'évaluation des risques. Les données, ressources humaines et informatiques, disponibles à travers les systèmes d'information permettent l'amélioration des démarches pour :

- identifier les zones de surexposition et les populations à risque, et détecter les tendances d'évolution ;
- générer des hypothèses étiologiques sur les relations entre expositions environnementales et santé des populations ;
- orienter les actions et les stratégies de prévention ;
- fournir des éléments d'analyses pour estimer l'efficacité des politiques publiques (indicateurs d'impact par exemple) [6].

Généralement, un processus de collecte, de traitement, d'analyse et d'interprétation des données préalablement existantes est réalisé pour hiérarchiser par niveau de risque les situations. Au-delà des questionnaires aux différents niveaux administratifs territoriaux, les données mobilisées et les indicateurs produits peuvent avoir différentes cibles : le grand public, les experts ou les chercheurs. Au cours des 20 dernières années, le droit du public à l'information a été au cœur de politiques environnementales dans de nombreux pays.

Aux États-Unis, depuis l'adoption de l'*Emergency Planning and Community Right-to-Know Act*, les gestionnaires du risque doivent fournir au public des moyens d'estimer les risques sanitaires auxquels il est soumis. Cette demande émanant des communautés, représentées par des associations, est en augmentation. En ce sens, différents systèmes permettent d'apporter ce type d'informations à la population. Ils constituent une base sur laquelle la société civile peut s'appuyer pour revendiquer un accès à un environnement respectueux de la santé. Les données intégrées, traitées et mises à disposition par un système permettent de faciliter l'accessibilité des données pour la recherche. Parallèlement, ces systèmes doivent aussi intégrer les connaissances produites par la recherche pour traiter pertinemment les données, évaluer les incertitudes et construire l'interprétation des évaluations. La *figure 1* présente les différentes interactions entre les différents acteurs avec un SISSE élaboré.

Le développement d'un SISSE nécessite l'identification et la priorisation des facteurs environnementaux ayant de potentiels effets sur la santé des populations. Généralement, il considère :

- un potentiel dangereux (un agent, une source) ;
- un lieu identifié le plus précisément possible et qui est l'endroit où le contact homme-environnement s'effectue ;
- une voie d'exposition (contact cutané, inhalation, ingestion, etc.) [4].

Les approches d'évaluation des risques sanitaires, source par source, et voie d'exposition par voie d'exposition, ne sont pas toujours adaptées à l'évaluation des impacts au niveau populationnel à un ensemble de substances ou de facteurs de risque. On distingue trois cas de figure :

- certaines surexpositions sont spécifiques à un milieu et disposent généralement de mécanismes de gestion dédiés (ex. dépassement des normes de qualité de l'air, masse d'eau en mauvais état chimique, sites et sols pollués, bruit, etc.). Dans ce cas, la priorité est donnée au respect des valeurs réglementaires disponibles et une gestion *ad hoc* est mise en place ;
- dans d'autres cas, le risque pour un même contaminant est lié à un cumul d'exposition rencontré dans les différents milieux d'exposition (eau, air, sol, alimentation) ; le risque est modélisable, c'est-à-dire qu'il est possible d'établir un lien entre les données de pollution collectées et les effets des facteurs de risque pour évaluer un risque sanitaire ;
- enfin, le risque peut être lié à un cumul d'exposition mêlant substances toxiques, agents biologiques et physiques. Il n'est pas modélisable directement, en l'état des connaissances actuelles. L'impact sur la santé sera difficilement évaluable faute de consensus scientifique (exemple des radiofréquences) et faute de méthodologie permettant la combinaison des facteurs de risque [5].

Principalement centrés sur les polluants chimiques, les SISSE les plus aboutis intègrent les stressseurs

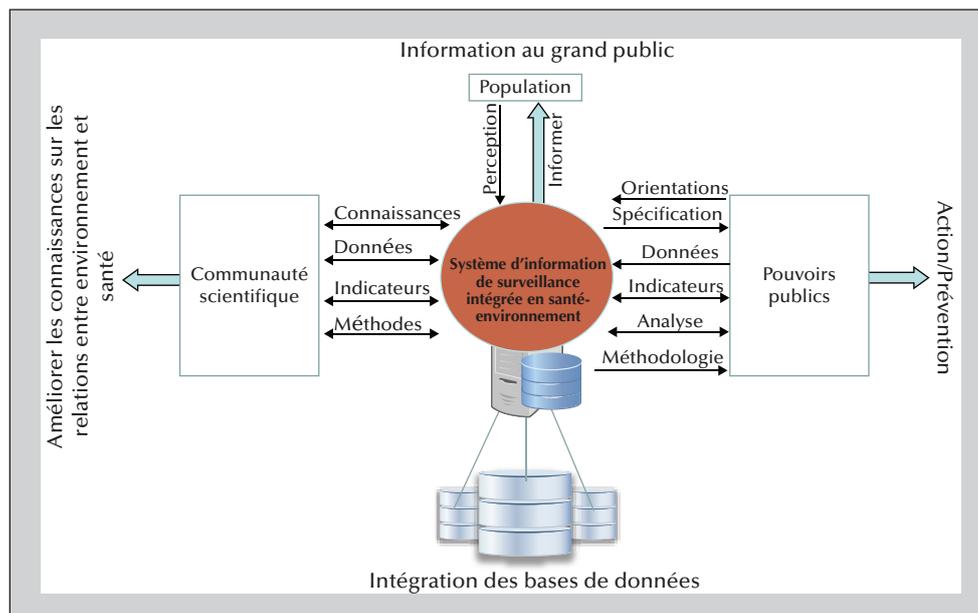


Figure 1. Schéma présentant les composantes et interactions entre les différents acteurs d'un système d'information de surveillance en santé-environnement.

Figure 1. Components of and interactions between the various stakeholders of an environmental health tracking system.

physiques et biologiques. Les études intégrées sont souvent limitées par le manque de données ou par l'absence de référentiel commun dû aux objectifs différents des systèmes de collecte de données. La principale question ici est de considérer la surveillance comme un outil pour mesurer, analyser et interpréter l'impact des changements environnementaux sur la santé humaine et pour soutenir une prise de décision plus efficace.

Les premiers SISSE ont été développés par les États-Unis. En 2001, la Commission de santé environnementale des États-Unis a proposé la création d'un système coordonné de santé publique pour le suivi et la réduction des impacts sanitaires liés à la dégradation de l'environnement [7]. En réponse, le Congrès américain a alloué un financement au Centre de contrôle et de prévention des maladies (CDC) en vue de développer le programme national de suivi de santé publique environnementale appelé *Environmental Public Health Tracking* (EPHT). Le but explicite de ce programme est de fournir les informations nécessaires à l'amélioration de la santé de la population et à la réduction des inégalités environnementales. L'approche s'appuie sur la collecte systématique, l'intégration, l'analyse, l'interprétation et la diffusion de données environnementales d'exposition, socioéconomiques et d'effets sanitaires au sein du réseau, permettant d'identifier les zones et les populations susceptibles d'être les plus impactées. Les informations recueillies permettent également d'examiner les relations possibles entre santé et environnement et s'inscrivent dans la nouvelle discipline scientifique récente : *l'environmental health tracking* décrite par McKone et Özkaynak [8]. À la différence de l'épidémiologie qui est davantage attachée aux classifications précises des maladies qu'à la caractérisation de l'exposition et de l'évaluation des risques sanitaires qui accorde de larges marges de sécurité, *l'environmental health tracking* vise à caractériser l'exposition des populations ou à relier maladies et indicateurs d'exposition à partir d'approches spatialisées.

Ce n'est que récemment, en 2006, que Santé Canada a commencé à élaborer un système national de suivi et de surveillance, sur le modèle du système des États-Unis [9]. Une stratégie est construite pour développer un système national cohérent d'indicateurs scientifiquement valides et applicables au contexte canadien. Au Québec, un plan de surveillance commun, incluant la santé environnementale, la santé au travail et les maladies infectieuses, a été établi au sein du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) et centralisé au sein de l'Institut de santé publique. Les indicateurs sont choisis par consensus d'experts conformément aux objectifs du programme de santé publique [10].

En Europe, la convention d'Aarhus sur « l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement », adoptée le 25 juin 1998 (convention d'Aarhus du 25 juin 1998 et directive 2003/4/CE du 28 janvier 2003 du Parlement européen et du Conseil), coïncide

avec le début de la prise en compte du débat scientifique et démocratique sur les inégalités environnementales et sur l'articulation entre politiques sociales et politiques environnementales. À la suite de la Conférence ministérielle de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur l'environnement et la santé en 2004, plusieurs projets européens tels qu'ENHIS, ENHIS2 (*European Environment and Health Information System*) [11] et ECOEHIS (*European Community Health and Environment Information System Project*) [12] ont vu le jour. Ils visaient à proposer un(des) système(s) d'information global permettant de mieux hiérarchiser les risques et d'améliorer la comparabilité des indicateurs sur des thématiques prioritaires décrivant les politiques environnementales et leurs conséquences sanitaires à travers l'Europe.

Pour combler les lacunes réduisant la représentativité des données disponibles, le bureau régional de l'OMS pour l'Europe a effectué en 2012 une évaluation de l'ampleur des inégalités environnementales en Europe s'inspirant d'un ensemble de 14 indicateurs [1]. Les principales conclusions indiquent que des inégalités socioéconomiques et démographiques en termes d'exposition aux risques sont observées dans tous les pays, même si les résultats sont très hétérogènes d'un pays à l'autre. Les faiblesses des systèmes et le manque de représentativité des données mobilisées impliquent une refonte des systèmes en place. Ce travail était notamment en cours de réactualisation et sa publication était prévue fin 2018. Les recommandations de l'OMS sur la constitution de systèmes d'information permettant la structuration de données ont été reprises dans des plans nationaux ou régionaux des États membres. En France, le Plan national santé environnement (PNSE) constitue un cadre de programmation de l'action gouvernementale à travers l'identification d'actions à engager visant à prendre en compte la santé environnementale dans les politiques publiques de façon pérenne. La réduction des expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ainsi que la réduction des inégalités environnementales constituent deux axes structurants du PNSE 3 (2015-2019). Dans les actions opérationnelles, sont proposées des actions sur la constitution de plateforme de données, la facilitation de la mise à disposition de données et la construction d'indicateurs d'exposition spatialisés et intégrés. Dans le cadre de l'action 44 du PNSE 3, il a été prévu d'identifier les principales bases de données sur la contamination des milieux correspondant au reflet de l'exposition des populations, les besoins de recueil/d'accès par les utilisateurs dans le domaine de la santé-environnement et en diffuser les caractéristiques et les outils d'interrogation disponibles. Ainsi, des travaux de recensement des bases de données environnementales et spatialisées à des fins de caractérisation des expositions ont été effectués par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) en y associant les principaux producteurs/gestionnaires de données identifiés [2, 13]. Ceux-ci permettent de proposer des éléments de spécification de

plateformes en santé-environnement et d'améliorer l'intégration des données dans le cadre de la mise en œuvre des études relatives à l'identification des zones de surexposition dans le cadre des plans régionaux santé-environnement (PRSE – action 40). Dans le cadre de l'action 38, ces études ont été identifiées et analysées *via* des contacts avec des personnes ressources, au sein des équipes identifiées [14]. L'objectif était également d'identifier les facteurs de réussite, les freins et de mesurer les besoins et attentes sur la phase de diagnostic pour favoriser la mise en œuvre d'actions. Cinq études ont été identifiées :

- l'état des lieux des « points noirs » environnementaux en Lorraine ;
- les inégalités environnementales de santé des territoires en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- l'identification des points noirs environnementaux afin de réduire les zones de cumul d'exposition prioritaires en région Île-de-France ;
- le projet Equit'Area sur six grandes agglomérations françaises ;
- la consolidation de la connaissance disponible en termes de bruit et de qualité de l'air afin d'identifier les populations les plus exposées en région Rhône-Alpes.

En Belgique, une des priorités du Programme d'actions régionales environnement-santé (PARES, 2008-2013) de la Région wallonne consistait en la mise en place d'un système d'information en santé-environnement (SISE). Afin d'évaluer et de prévenir les risques liés à l'exposition de la population aux substances toxiques et aux nuisances environnementales, les pouvoirs publics wallons souhaitent un développement d'outils et d'identification des zones géographiques pour lesquelles on observe une surexposition ou une multi-exposition aux facteurs de risque environnementaux.

De la donnée à la construction d'indicateur d'exposition

Les bases de données en santé et en environnement sont développées depuis plusieurs années. Elles évoluent et sont en pleine expansion. Des actions de recensement et de surveillance de la qualité de l'environnement pour les sols, les eaux et l'air sont menées par différentes agences, instituts ou observatoires. La production de ce type de données et les avancées technologiques de l'informatique permettent leur réutilisation dans des cadres conceptuels et avec des objectifs différents de ceux qui ont prévalu à leur mise en place. L'émergence de données de qualité et leur intégration dans des systèmes d'information géographique (SIG) permettent de mener des travaux d'analyse territoriale.

Ces données environnementales sont le reflet de la contamination réelle des milieux et donc de l'exposition globale des populations. Les indicateurs construits sur la base de ces données permettent de caractériser

l'exposition des populations et son évolution au regard de la mise en œuvre de politiques publiques de prévention. Dans le cadre d'une réutilisation de ce type de données dans un objectif d'expologie, une base de données doit être mise en place dans laquelle sont présentes les variables associées aux modes d'exposition (concentrations dans les milieux environnementaux et d'exposition, comportement alimentaire, budget espace-temps, etc.) [2].

Ces variables doivent connaître plusieurs étapes de traitement pour permettre la construction d'indicateurs :

- l'identification des sources de données permettant la construction des différentes variables ;
- l'acquisition de ces données au vu des modalités d'accès, des aspects financiers, juridiques ou humains ;
- l'analyse de la qualité et de la représentativité des bases de données au regard de l'objectif de l'étude (choix d'une base de données, validité et représentativité des données) impliquant parfois l'approximation ou l'application d'hypothèses simplificatrices ;
- le prétraitement des bases de données : nettoyage de la base, reconstruction des données manquantes ;
- la construction de données *ad hoc* lorsque les sources de données adéquates ne sont pas disponibles ou exhaustives par rapport aux objectifs de l'étude ;
- la transformation des données (homogénéisation, agrégation ou désagrégation des données).

Toutefois, les données spatiales utilisées à des fins de caractérisation des expositions environnementales n'ont pas toujours été initialement collationnées pour répondre à ces objectifs, ce qui entraîne des biais d'utilisation. Les fréquences de mesure ou les densités spatiales de prélèvement ne sont pas toujours suffisantes. Pour contourner partiellement ces problèmes, différentes techniques sont adoptées pour traiter spécifiquement les différentes bases de données environnementales, comportementales ou de population. La sélection d'une méthode de traitement dépend du problème à résoudre et de la qualité des données disponibles. Le choix d'une échelle spatiale implique l'adaptation des indicateurs, des données et des méthodes de traitement à mettre en place. Des méthodes utilisant des variables supplémentaires peuvent être également mobilisées pour améliorer la représentativité ou la résolution des données. En France, l'outil PLAINE (Plateforme d'analyse des inégalités environnementales) est un outil de modélisation qui permet l'intégration de méthodes de traitements de données permettant par exemple l'interpolation spatiale et temporelle des données sur le territoire considéré pour une représentation spatialisée de l'exposition des populations aux polluants. Des atlas sont produits pour chacune des régions françaises. Ces cartes portent aujourd'hui sur trois hydrocarbures aromatiques polycycliques (le benzo[a]pyrène, l'indénopérylène et le benzo[g,h,i]pérylène) et quatre éléments traces métalliques (le cadmium, le chrome, le plomb et le nickel). Il s'agit de polluants connus pour avoir un impact sur la santé et pour lesquels des données étaient disponibles. Les pesticides sont

actuellement en cours d'analyse. Des notes méthodologiques explicitent les données et les limites des méthodes utilisées [15].

Le processus d'évaluation de l'exposition implique l'utilisation de données sur les comportements et les caractéristiques des populations étudiées. La considération unique des compartiments environnementaux ne permet pas de prendre en compte la relation entre l'individu et le milieu d'exposition, telle que la provenance des aliments ou le budget espace-temps passé dans la zone d'étude. Toutefois, les données de concentrations dans les milieux peuvent constituer de bons indicateurs de l'exposition que subissent les populations. Ces indicateurs peuvent être utilisés comme outil de mesure, indiquant les variations de paramètres importants du phénomène suivi ou comme outil d'aide à la décision pour la prise d'actions.

Des indicateurs d'exposition peuvent être estimés par l'utilisation de données de géolocalisation des sources. Ces données peuvent être utilisées pour construire des indicateurs de proximité. La présence, l'absence ou le nombre de sites pollués ou de sources polluantes est l'indicateur le plus simple mais reste un « proxy » d'une exposition. En effet, un simple comptage du nombre de sites peut dissimuler de grandes variations des expositions réelles et potentielles. Le nombre de sites peut être pondéré par une estimation des risques qu'ils engendrent. Cependant, généralement, les effets sanitaires de multiples polluants sur des populations plus ou moins vulnérables sont méconnus. Les risques sanitaires sont mieux appréhendés en utilisant les quantités de substances toxiques rejetées par les sites polluants, comme les métaux lourds ou les hydrocarbures [16]. Daniels et Friedman ont estimé la densité géographique des rejets toxiques au niveau des comtés américains (exprimée en kilogrammes de rejets par kilomètre carré) en sommant les rejets de toutes les industries polluantes consignés dans le *Toxic Release Inventory* (TRI) [17].

D'autres indicateurs représentant des concentrations de contaminants mesurées dans les différents compartiments air, eau, sol ont été largement utilisés [18, 19]. Le compartiment atmosphérique est celui qui est le plus souvent considéré notamment en épidémiologie environnementale [20, 21]. La dispersion des polluants peut être plus précisément modélisée en fonction des émissions et des dépôts, des mouvements atmosphériques et de la formation de polluants secondaires comme l'ozone [22, 23]. L'exposition de la population est prise en compte sur la base de mesures moyennées sur une période donnée ou de valeurs maximales lors de pics de pollution (sur la base du nombre ou de la proportion de jours au cours desquels la concentration atmosphérique d'une substance dépasse un certain seuil).

La notion d'exposition environnementale recouvre des facteurs de risque liés à l'environnement extérieur, à l'environnement intérieur (notamment professionnel), au

mode de vie, à la nutrition et aux expositions médicales. La reconnaissance de cette complexité a conduit :

- à considérer l'étude de l'exposition des populations comme une nouvelle discipline scientifique, concept traduit en français par « expologie » ;
- à l'émergence du concept d'exposome.

L'évaluation des risques cumulatifs (ERC) est définie comme un outil pour organiser et analyser les informations scientifiques pertinentes afin d'examiner, de caractériser et de quantifier, autant que possible, les effets combinés sur la santé humaine d'un ensemble de facteurs de stress environnementaux [24]. L'objectif de l'ERC est d'organiser et de fournir les éléments d'analyse permettant d'opter pour une meilleure prise de décision acceptant une certaine inexactitude et incertitude des données disponibles. L'ERC peut proposer notamment la construction d'un indice composite ou score, encore appelé index décisionnel, pour réduire les différentes dimensions du risque. Trouver une mesure commune pour des risques dissemblables ne correspond pas à un processus analytique et implique de définir un cadre d'analyse conceptuelle subjectif.

L'outil CalEnviroScreen [25], développé par l'*Office of Environmental Health Hazard Assessment* (OEHHA), a pour objectif d'évaluer la charge de pollution en Californie. Grâce à cet outil mis à disposition du public, les citoyens ont l'opportunité de mieux comprendre les pollutions et nuisances auxquels ils sont exposés dans leurs lieux de vie, de travail ou de loisir. Il combine des données environnementales, de santé et sociodémographiques provenant de sources étatiques et fédérales. Ainsi, il permet de tenir compte à la fois de certains facteurs socioéconomiques et des populations vulnérables. Son but est de faciliter la détection des populations californiennes les plus affectées par le cumul de défaveurs environnementales et sociales. L'unité géographique utilisée est le secteur de recensement. Un score global est calculé pour chaque secteur et est basé sur une série d'indicateurs classés en deux grands groupes : les indicateurs d'exposition et les indicateurs caractéristiques des populations (populations vulnérables et facteurs socioéconomiques) (figure 2).

Plateforme de données et outils de diffusion d'indicateurs

L'ouverture de nombreuses bases de données aux chercheurs, voire au grand public, fournit une source d'informations qui peut contribuer à la production de connaissances dans le champ de la recherche en santé-environnement. Toutefois, les contraintes techniques, institutionnelles, juridiques et les démarches administratives, permettant de remplir les conditions légales, rendent difficile l'acquisition des données. Il est d'ailleurs

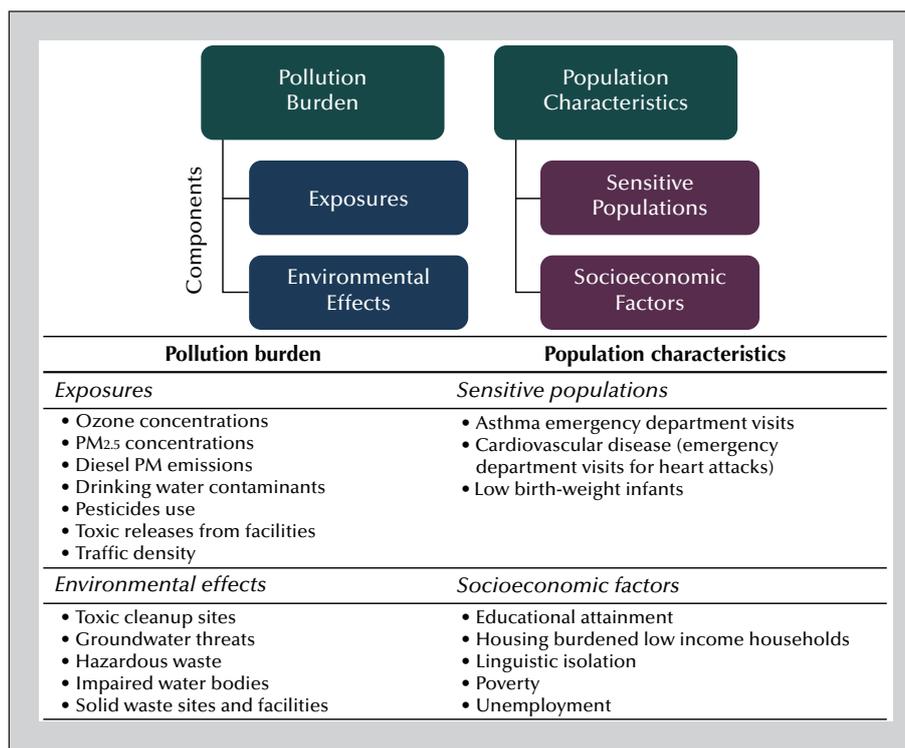


Figure 2. Liste des indicateurs repris dans les quatre composantes de l’outil CalEnviroScreen.

Figure 2. List of indicators included in the four components of the CalEnviroScreen tool.

reconnu que trop de ressources financières et humaines sont allouées à la collecte d’informations, et trop peu à leur interprétation pour la compréhension des phénomènes, et à leur utilisation pour évaluer les actions et guider les acteurs (troisième Plan national santé-environnement 2015-2019).

Avec les enseignements des différents travaux, notamment de l’OMS, est né le besoin d’un système paneuropéen d’information en santé-environnement permettant de répondre aux défis présents et à venir, conduisant à une réflexion lancée par la Commission européenne à ce sujet. L’IPChEM (plateforme d’information pour la surveillance chimique) est l’accès en ligne de référence aux collections de données de surveillance chimique gérées par la Commission européenne, les États membres, les organisations internationales et nationales et les communautés de recherche. La plateforme vise la collecte, le stockage, l’accès et l’évaluation des données environnementales relatives aux substances chimiques. L’IPChEM est un système décentralisé, offrant un accès à distance aux données relevant notamment du reporting prévu dans le cadre de la directive INSPIRE. La Commission européenne adopte des règles de mise en œuvre fixant des spécifications harmonisées applicables aux données géographiques, et des arrangements pour l’échange et le partage de données géographiques.

Celles-ci doivent être disponibles dans des formats et des structures harmonisés afin d’en faciliter l’utilisation par tous. Les spécifications correspondant à la thématique santé-environnement ont été publiées en 2012 [26]. Toutefois, l’inscription des producteurs de données dans une démarche de partage et d’harmonisation de leurs données est un processus lourd qui ne concerne aujourd’hui que peu de données. Aux différents niveaux administratifs, plusieurs systèmes peuvent coexister, proposer les mêmes données ou proposer des indicateurs construits sur des logiques différentes.

En Belgique, le projet SIGEnSa (système d’information géographique en environnement-santé) a été initié dans le cadre du PARES de la Région wallonne (2008-2013) et sera reconduit dans le prochain plan d’action (2019-2023). L’objectif principal de SIGEnSa est de développer un outil d’aide à la décision pour gérer les risques pour la santé liés à la qualité de l’environnement [27]. Le développement du système d’information s’articule sur trois grands axes de travail :

- l’identification et l’acquisition de données environnementales, populationnelles et de santé ;
- le développement de méthodes d’analyses de ces données ;
- le développement d’outils de diffusion (interfaces web, fiches, etc.).

L'analyse intégrée des données permet la caractérisation des inégalités environnementales et sociales de santé. Le principe repose, d'une part, sur la construction d'indicateurs de qualité des milieux (qualité de l'air, qualité du sol, radon, bruit, etc.) ou de pression (sources de pollutions anciennes et récentes, mobiles ou non) et, d'autre part, sur le croisement de ces indicateurs avec des indicateurs caractérisant la population (densité, populations vulnérables) et son état de santé (mortalité, morbidité). En parallèle, une plateforme de concertation et de collaboration entre les différents utilisateurs est mise en place pour la diffusion et l'appropriation des indicateurs produits pour les différents destinataires du projet : détenteurs de données, experts et chercheurs, gestionnaires et décideurs [27].

D'autres outils interactifs en ligne permettent aux utilisateurs une navigation facilitée au niveau local :

- le site web américain Scorecard (<http://scorecard.org>) propose une évaluation quantitative qui intègre plusieurs paramètres de toxicité et permet de classer systématiquement les substances en fonction de leur danger pour la santé humaine. Le site propose d'identifier, à partir d'un ZIP code (équivalent à un code commun) renseigné par l'utilisateur, où est localisée la zone la plus impactée, quel site d'émission et quel polluant contribuent le plus au score de risques sanitaires calculés ;

- TOXMAP (<https://toxmap.nlm.nih.gov>) par l'United States National Library of Medicine (US NLM) propose d'explorer les données relatives aux rejets de produits chimiques toxiques dans l'air, l'eau, le sol avec des projections visuelles et des cartographies associées (figure 3).

L'outil interactif intègre également les données démographiques et sanitaires en parallèle, en couche de fond. Il est ainsi possible d'évaluer la distribution de la population générale, l'âge, les revenus ou encore la mortalité par causes (types de cancers ou causes diverses, 2009-2013 (estimés à partir des données issues du National Cancer Institute et du National Center for Health Statistics).

Au cours des 15 dernières années, le programme EPHT a progressé sur les plans technologique et programmatique, évoluant du concept à un outil mature. Il a permis le développement d'une plateforme de données constituant l'interface d'un réseau d'échange basé sur Internet proposant différents niveaux d'accès aux données et une résolution géographique différente selon les utilisateurs. Cette plateforme a pour objectif de banqueriser les données existantes, orienter des campagnes de mesures et assurer la disponibilité et l'accessibilité des données (figure 4). Elle intègre un ensemble d'outils de traitement de données, de requête, de

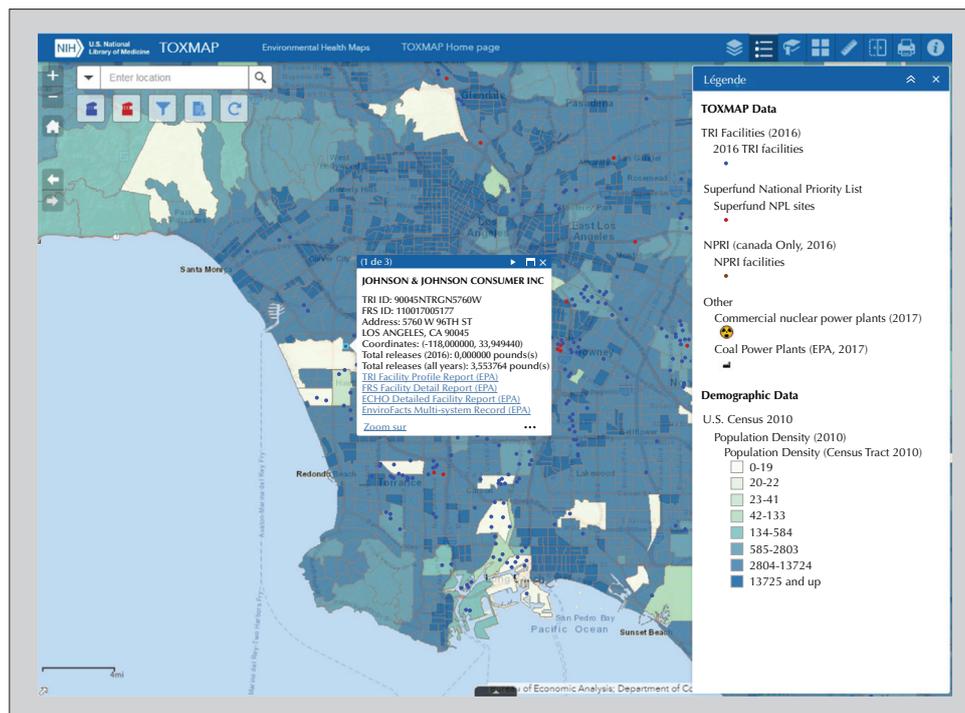


Figure 3. Illustration de l'outil TOXMAP.

Figure 3. TOXMAP tool illustration.

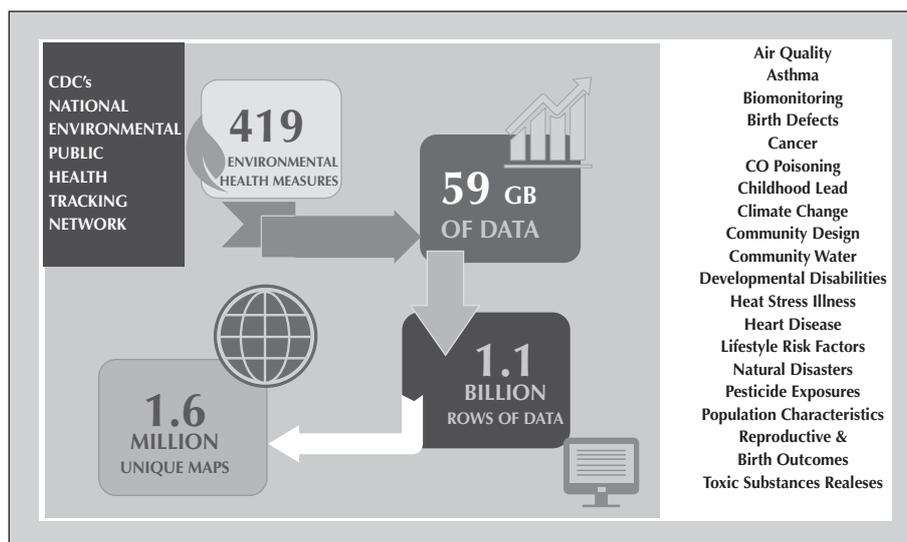


Figure 4. Thématiques et données du programme *Environmental Public Health Tracking* (EPHT) [26].

Figure 4. EPHT program themes and data [26].

visualisation (cartographie) et d'analyse (rapport, tableau). Les partenaires nationaux, étatiques et locaux, utilisent les données et l'expertise pour identifier les besoins de santé publique environnementale et contribuer à y répondre [28].

Le programme a permis de renforcer les infrastructures de surveillance de l'environnement à travers le développement de ressources pour la collecte, l'interprétation et la diffusion de données aux échelles nationales, fédérales et locales. La coordination au niveau national définit les formats de données et de métadonnées suffisamment flexibles pour permettre la remontée d'un plus grand nombre de données tout en permettant leur intégration en ligne. Elle développe des plans d'intégration de données et définit des accords adaptés de partage des données que le système permet de gérer automatiquement.

Conclusion

Les SISSE se sont largement développés ces dernières années, sous différentes formes et poursuivant différents objectifs :

- fournir des données pertinentes permettant aux chercheurs et aux gestionnaires de conduire des analyses sur les territoires ;
- permettre l'accès aux données ou bases de données locales, régionales ou nationales dans un cadre moins

rigide que celui des reportings obligatoires aux différents niveaux administratifs ;

- promouvoir l'interopérabilité des systèmes ;
- améliorer la qualité des données produites ;
- amener une meilleure intégration de la dimension environnementale dans l'ensemble des politiques.

La caractérisation des expositions sur les territoires nécessite d'accéder ou de construire des données relatives aux nuisances et pollutions, pouvant être adaptée à une échelle fine du territoire. Il est nécessaire d'élaborer des méthodologies entièrement nouvelles dans le cas de cumuls d'exposition de nature chimique, physique et biologique. Ainsi, la notion d'« exposome territorialisé » qui correspond à l'application du concept d'exposome [29, 30] au contexte de la caractérisation des inégalités environnementales pourrait devenir opérationnelle dans le cadre de la surveillance intégrée en santé-environnement. Cela implique de développer des approches dynamiques, multidimensionnelles, longitudinales, des systèmes d'information obligeant l'adoption de méthodes transdisciplinaires pour l'analyse des données et la coordination des acteurs sur l'ensemble des niveaux administratifs. ■

Remerciements et autres mentions

Financement : ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES, France) et le service public de Wallonie (SPW, Belgique).

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. World Health Organization (WHO). *Environmental health inequalities in Europe. Assessment report*. Bonn, Germany : WHO, 2012.
2. Caudeville J. *Caractérisation des inégalités environnementales : inventaire des bases de données nationales environnementales et spatialisées*. Verneuil-en-Halatte : INERIS-DRC-15-152407-11231B, 2015.
3. Callahan MA, Sexton K. If cumulative risk assessment is the answer, what is the question? *Environ Health Perspect* 2007 ; 115 : 799-806.
4. Micheau J, Dor F, De Gainza R, et al. Menaces environnementales et systèmes d'alerte : conceptualisation et enjeux. *Environ Risque Sante* 2012 ; 11 (6) : 493-501.
5. Caudeville J. Caractériser les inégalités environnementales. In : Laurent Éau, ed. *Vers l'égalité des territoires – Dynamiques, mesures, politiques. Rapport pour le ministère de l'Égalité des territoires et du logement*. Paris : ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, 2013.
6. Liu HY, Bartonova A, Pascal M, et al. Approaches to integrated monitoring for environmental health impact assessment. *Environ Health* 2012 ; 11 : 88.
7. Pew Environmental Health Commission. *America's environmental health gap: why the county needs a nationwide health tracking network: technical report*. Baltimore, MD : Johns Hopkins University School of Public Health, 2000.
8. McKone TE, Özkaynak RP. Exposure information in environmental health research: current opportunities and future directions for particulate matter, ozone, and toxic air pollutants. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2009 ; 19 : 30-4.
9. Abelsohn A, Frank J, Eyles J. Environmental Public Health Tracking/surveillance in Canada: a commentary. *Health Policy* 2009 ; 4 (3) : 37-52.
10. CCE. *Document-cadre sur les facteurs à prendre en considération dans la caractérisation de la vulnérabilité à la pollution de l'environnement en Amérique du Nord*. Montréal (Québec), Canada : Commission de coopération environnementale, 2014 (50 p.).
11. Medina S, Lim TA, Declercq C, et al. Les programmes de surveillance en santé environnementale en France : apports des travaux européens et internationaux. *Bull Epidemiol Hebd* 2009 ; 27-28 : 309-12 (numéro thématique).
12. Kim R, Dalbokova D, Krzyzanowski M. Development of environmental health indicators for European Union countries. *EpiMarker* 2005 ; 9 (3) : 1-4.
13. Caudeville J. *Caractérisation des inégalités environnementales : inventaire des bases de données régionales et locales, environnementales et spatialisées*. Verneuil-en-Halatte : INERIS-DRC-17-164533-00415A, 2016.
14. Caudeville J. *Retour d'expérience des travaux de caractérisation des inégalités environnementales réalisés en région*. Verneuil-en-Halatte : INERIS-DRC-15-152407-12400A, 2015.
15. Caudeville J. *Méthodologie d'élaboration des atlas régionaux d'inégalités environnementales pour les quatre éléments traces métalliques : Cd, Ni, Cr, Pb*. Verneuil-en-Halatte : INERIS-DRC-14-142495-07142A, 2014.
16. Perlin SA, Sexton K, Wong DW. An examination of race and poverty for populations living near industrial sources of air pollution. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1999 ; 9 : 29-48.
17. Daniels G, Friedman S. Spatial inequality and the distribution of industrial toxic releases: evidence from the 1990 TRI. *Soc Sci Q* 1999 ; 80 : 244-62.
18. Brainard JS, Jones AP, Bateman IJ, et al. Modelling environmental equity: access to air quality in Birmingham, England. *Environ Plan A* 2002 ; 34 : 695-716.
19. McLeod H, Langford IH, Jones AP, et al. The relationship between socio-economic indicators and air pollution in England and Wales: implications for environmental justice. *Reg Environ Change* 2000 ; 78-85.
20. Jerrett M, Burnett RT, Kanaroglou P, et al. A GIS – Environmental justice analysis of particulate air pollution in Hamilton, Canada. *Environ Plan A* 2001 ; 33 : 955-73.
21. Morello-Frosch R, Pastor M, Sadd J. Environmental justice and Southern California's "riskscape": the distribution of air toxics exposures and health risks among diverse communities. *Urban Aff Rev* 2001 ; 36 : 551-78.
22. Mitchell G, Dorling D. An environmental justice analysis of British air quality. *Environ Plan A* 2003 ; 35 : 909-29.
23. Chakraborty J, Armstrong MP. Exploring the use of buffer analysis for the identification of impacted areas in environmental equity assessment. *Cartogr Geogr Inf Sci* 1997 ; 24 : 145-57.
24. U.S. EPA. *Framework for cumulative risk assessment*. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, 2003 (EPA/600/P-02/001F).
25. Faust J, August L, Bangia K, et al. *CalEnviroScreen 3.0: update to the california communities environmental health screening tool*. Sacramento, CA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency, 2017.
26. INSPIRE Thematic Working Group, Jarosinska D, Massetti L, Lipcsey E, Lillethun A, Giannopoulos G, Caudeville J, Smolders R, Dauert U, Gaffuri J. *Data specification on human health and safety*. Ispra : JRC, 2012.
27. Habran S, Crespin P, Veschkens M, Remy S. Development of a Spatial Web Tool to Identify Hotspots of Environmental Burdens in Wallonia (Belgium). *Environ Sci Pollut Res* 2019 ; 1-12.
28. Wilson H, Charleston A. Environmental Public Health Tracking Program advances and successes: highlights from the first 15 years. *J Public Health Manag Pract* 2017 ; 23 (5) : S4-8.
29. Wild CP. Complementing the genome with an "exposome": the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005 ; 14 : 1847-50.
30. Wild CP. The exposome: from concept to utility. *Int J Epidemiol* 2012 ; 41 (1) : 24-32.