



**HAL**  
open science

## **Inégalités environnementales**

Julien Caudeville, Céline Boudet

► **To cite this version:**

Julien Caudeville, Céline Boudet. Inégalités environnementales. Rapport Scientifique INERIS, 2011, 2010-2011, pp.57-59. <ineris-01869389>

**HAL Id: ineris-01869389**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869389v1>**

Submitted on 6 Sep 2018

**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.



HAL Authorization



## Contributeurs



**Julien  
Caudeville**



**Céline  
Boudet**

# Inégalités environnementales

**L**es inégalités environnementales se fondent sur le constat de disparités très fortes marquant des territoires et des individus face aux dégradations de l'environnement. Dans ces zones, les populations apparaissent davantage exposées aux effets directs et indirects (*via* la chaîne alimentaire) des pollutions de l'air, du sol ou de l'eau. Les actions pouvant contribuer à l'identification de ces points noirs puis à l'évaluation et à la réduction des expositions afin de protéger la santé des populations concernées constituent un axe prioritaire du second Plan national santé environnement et du Contrat d'objectifs 2011-2015 de l'INERIS.

Dans ce contexte, les Systèmes d'information géographique (SIG) sont communément utilisés pour appréhender l'exposition, en couplant des données de différents types [1].

### Objectif

L'objectif global des travaux scientifiques sur les inégalités environnementales est de relier les trois éléments de l'exposition aux substances chimiques et de les intégrer à différentes échelles de représentation spatiale: (1) les sources émettrices; (2) les milieux et voies d'exposition qui servent de vecteurs; (3) les groupes humains qui peuvent être exposés. L'information peut être récupérée (ou construite) à partir de données très hétérogènes d'émissions à la source, de concentrations dans les milieux. Peuvent s'y ajouter des indicateurs socio-économiques ou d'état de santé.

Point de départ de ces travaux, la thèse SIGFRIED (Développement d'une plateforme intégrée pour la cartographie de l'exposition des populations aux substances chimiques- Construction d'indi-

cateurs spatialisés en vue d'identifier les inégalités environnementales à l'échelle régionale) visait à valider les développements fonctionnels et la faisabilité d'un interfaçage des évaluations de l'exposition multimilieu et du risque spatialisées. La recherche s'est orientée sur des éléments traces métalliques (Cd, Cr, Ni, Pb) et sur les régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie [2, 3, 4, 5, 6]. Ces polluants s'accumulent dans tous les compartiments de l'environnement. L'exposition a donc été caractérisée pour les voies d'inhalation et d'ingestion par une approche multimédia.

La construction des indicateurs spatialisés repose sur le couplage de deux approches que sont l'évaluation des expositions et la spatialisation des données.

Il s'agit, donc, de disposer d'un modèle présentant les caractéristiques suivantes:

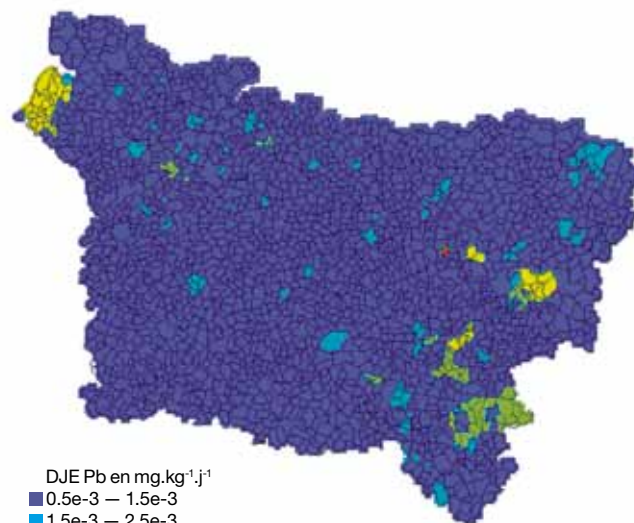
- une approche intégrée qui prenne en compte la variété des situations de transport et de transfert des polluants dans les compartiments environnementaux et les médias d'exposition caractérisés;
  - la possibilité de décrire sur une échelle fine les principales sources polluantes, médias environnementaux (eau, air, sol), voies d'exposition (inhalation, ingestion d'eau et de nourriture) et les populations résidentes des zones évaluées.
- Un prérequis indispensable est la disponibilité et la représentativité de données correspondant aux polluants évalués, sur la couverture géographique investiguée.

### Matériels et méthodes

Un modèle multimédia d'exposition a été construit par l'INERIS pour permettre le calcul des doses d'exposition de populations →

Figure 1

Cartographie des doses journalières d'exposition (DJE plomb en  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) pour la voie d'ingestion (toutes sources confondues) pour la classe d'âge des 2 à 7 ans en Picardie.



DJE Pb en  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$

- 0.5e-3 – 1.5e-3
- 1.5e-3 – 2.5e-3
- 2.5e-3 – 3.5e-3
- 3.5e-3 – 4.5e-3
- 4.5e-3 – 5.5e-3

□ Commune

## Références

[1] Nuckols J. R., Ward M. H., Jarup L., *Using geographic information systems for exposure assessment in environmental epidemiology studies*, « Environ Health Perspect », 2004,112: pp. 1007–1015.

[2] Caudeville J., Boudet C., Govaert G., Bonnard R., Denys S., Cicolella A., *Construction d'une plateforme intégrée pour la cartographie de l'exposition des populations aux substances chimiques de l'environnement*, « Environnement, risques et santé », 2011, 10 (3), pp. 239–242.

### Articles soumis (2010-2011)

[3] Caudeville J., Boudet C., Denys S., Bonnard R., Govaert G., Cicolella A., *Construction d'un modèle d'exposition multimédia pour la caractérisation des inégalités environnementales en Picardie*, soumis à « Environnement, risques et santé », 2011.

[4] Caudeville J., Bonnard R., Boudet C., Denys S., Govaert G., Cicolella A., *Development of a spatial stochastic multimedia exposure model to assess population exposure at a regional scale*, soumis à « Journal of Total Environment », 2011.

### Communications (2010-2011)

[5] Caudeville J., Govaert G., Bonnard R., Denys S., Boudet C., Cicolella A., *Environmental health tracking in France: development of a GIS-based platform and multimedia exposure model to map and analyze environmental inequalities*, 5-9 février 2011, Salvador de Bahia, Brésil (communication orale).

[6] Caudeville J., Boudet C., Govaert G., Bonnard R., Denys S., Cicolella A., *Construction d'une plateforme intégrée pour la cartographie de l'exposition des populations aux substances chimiques de l'environnement*, 1<sup>er</sup> Congrès national de santé et environnement « Gènes, environnement et inégalités sociales », 14 décembre 2010, Rennes (communication orale).

[7] Bonnard R., Rapport: *Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle (2010)* – <http://www.ineris.fr>

→ cibles liées à l'ingestion de produits alimentaires, d'eau de consommation, de sol et à l'inhalation de contaminants atmosphériques. Ce modèle est alimenté par des bases de données géoréférencées de différents types: environnemental (eau, air, sol, alimentation), comportemental et démographique et interfacé avec un Système d'information géographique (SIG) au sein d'une plateforme. La plateforme permet l'agrégation et le couplage de données nationales et/ou locales de source et de format différents.

Différentes techniques pour améliorer la cartographie de variables d'intérêt ont également été mises en place:

- une méthode itérative de régression pour la cartographie des densités de population sur des échelles fines;

- un indicateur d'exposition à la contamination des poissons d'eau douce, prenant en compte la proximité et la qualité des cours d'eau;

- une technique de krigeage pour intégrer des données de contamination de sol à des niveaux d'information géographique différents;

- la spatialisation de l'Inventaire national spatialisé (INS) et son intégration pour la spatialisation des données d'émissions atmosphériques;

- le géocodage de la base nationale de données sur les eaux de consommation (Sise'EAUX).

Le modèle multimédia utilise les jeux d'équations de transfert de polluant du modèle d'exposition développé par l'INERIS [7]. Le résultat obtenu correspond à l'exposition prospective des populations sur une durée de soixante-dix ans dans le cas d'une non-modification des condi-

tions d'exposition telles que constatées « aujourd'hui » (aux dates de disponibilité des données).

## Résultats et discussion

Un exemple des résultats produits en 2010 est fourni ici sur les régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie, pour le cadmium, le nickel et le plomb. Le calcul de l'exposition est réalisé sur la base des données disponibles autour de l'année 2004 sur une maille de 1 km de côté.

À ce stade, les modes de vie des populations sont caractérisés par leur comportement alimentaire selon le degré de ruralité sur lequel elles résident, avec des facteurs d'autoconsommation définis selon la taille de la commune.

En Picardie, des clusters sont détectés dans des communes pour lesquelles les concentrations en plomb dans les eaux de consommations sont fortes (figure 1). Pour le Nord-Pas-de-Calais, les indicateurs permettent de définir trois zones relatives à la contamination du sol en plomb et en cadmium liées à l'historique industriel de la région (figure 2).

Pour l'ensemble des polluants, la classe d'âge la plus vulnérable est systématiquement celle des 2 à 7 ans.

Les voies d'exposition prépondérantes aux expositions totales correspondent à l'ingestion d'eau de consommation et de sol pour le plomb, de légumes pour le cadmium et à l'inhalation pour le nickel. Les données de dépôt et de concentration atmosphérique étant agrégées sur des mailles plus larges (10 x 15 km) que celles de l'indicateur,

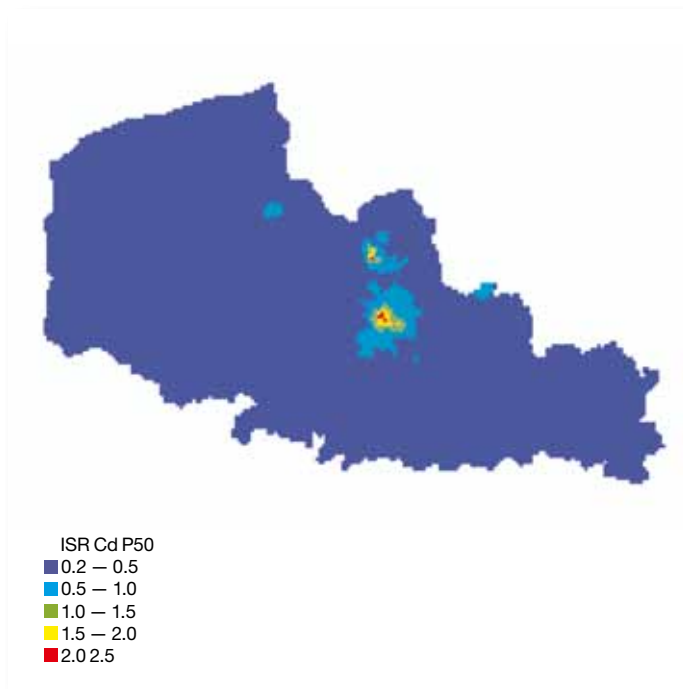


Figure 2

Cartographie de l'indicateur spatialisé du risque (ISR) relatif au cadmium, en Nord-Pas-de-Calais, pour la classe d'âge des 2 à 7 ans (en milieu rural et urbain). L'indicateur prend en compte les voies d'ingestion et d'inhalation.

certaines expositions sont sous-estimées dans les zones de fortes émissions: pour l'inhalation de nickel car la voie d'inhalation est prépondérante; pour l'ingestion de plomb car la contribution des dépôts dans les transferts vers les matrices végétales et animales est conséquente.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ces travaux ont permis, à ce jour, d'établir la faisabilité de la construction d'une plateforme de modélisation capable d'évaluer, sur la base d'un SIG, les transferts environnementaux et l'exposition multivoie (*via* l'air, le sol, l'eau et l'alimentation) de la population à une échelle spatiale fine: PLAINÉ (Plateforme intégrée pour l'analyse des inégalités d'exposition environnementale). L'agrégation des données d'émission à la source, de mesures environnementales et de populations à des fins d'évaluation des expositions est ainsi possible.

Son application pourra être étendue à d'autres substances et d'autres régions que celles étudiées dans le cadre de la thèse, avec l'opération de recherche structurante RESPIR (Représentation spatiale et intégrée des risques), ainsi qu'au croisement avec d'autres types de données (sanitaires, socio-économiques, etc.). Les résultats obtenus permettent de caractériser les déterminants de l'exposition des populations (zones et populations vulnérables, part locale et ubiquitaire, voie d'exposition et polluant) et fournissent, ainsi, des clés d'aide à l'interprétation pour évaluer et gérer les zones de surexposition.

### ABSTRACT

Analyzing the relationship between environment and health has become a major issue for public health as focused in French national plans for health and environment. To respond to this priority, it appears as a necessity to develop tools able to link and analyze environmental quality data and health indicator. The objective of this work is to develop a GIS (Geographic Information System)-based platform combining environment and population information to map environmental disparities and detect vulnerable populations. To achieve this objective, combining exposure assessment and spatial data is a fundamental prerequisite that first implies to overcome different scientific limitations such as the linkage of the several databases to describe the global source-effect chain at a fine scale. A stochastic multimedia exposure model allows the assessment of the transfer of contaminants from the environment (*via* air, soil, water, food chain) to population. In this article, we performed a risk assessment of metals exposure (lead and chromium), with a resolution of 1 km, in two regions of France. Exposure pathways considered include ingestion of soil, vegetation, meat, egg, milk, fish and drinking water. Exposure scenarios were defined for different reference groups (age groups, dietary properties, fraction of food produced locally). The final aim of this project is an integrated tool where the sources of contaminants, environmental media, risk assessments, and health data will be linked by a GIS platform offering a set of statistical tools to analyze relationships between geography, environment and human health.

La mobilité et la migration des populations n'ont pas été prises en compte à ce stade du développement. Toutefois, le projet DICER (Définition d'indicateurs pour la caractérisation des expositions aux champs radiofréquences), proposé dans le cadre de l'APR ANSES 2011, permettra d'intégrer les budgets espace-temps, la mobilité des populations et d'autres types de nuisance dans la plateforme.