

# Développement de méthodes de caractérisation d'incertitudes de l'exposition spatialisée

Julien Caudeville

► **To cite this version:**

Julien Caudeville. Développement de méthodes de caractérisation d'incertitudes de l'exposition spatialisée. Rapport Scientifique INERIS, 2018, 2017-2018, pp.34-35. ineris-02044865

**HAL Id: ineris-02044865**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-02044865>**

Submitted on 21 Feb 2019

**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.

# Développement de méthodes de caractérisation d'incertitudes de l'exposition spatialisée

Contributeur  
Julien  
CAUDEVILLE

La dose journalière d'exposition (DJE) représente la quantité de substances chimiques inhalée ou/et ingérée par un individu à partir de différents milieux avec lesquels l'individu est en contact (eau, air, sol, nourriture). Les populations peuvent être exposées aux substances *via* de multiples sources, soit locales, soit ubiquitaires. Différentes catégories d'individus peuvent être prises en compte, chacune étant caractérisée par des propriétés physiologiques et des comportements, notamment alimentaires, différents.

L'application de l'analyse probabiliste à l'évaluation des risques sanitaires et au traitement de l'incertitude a été introduite dans les années 2000 (EPA, 2001). Elle permet le calcul des probabilités de dépassement d'un niveau de risque préoccupant, compte tenu de la variabilité ou de l'incertitude estimée des paramètres de calcul de la DJE. Cette analyse peut être mise en œuvre pour fournir des informations supplémentaires importantes et utiles pour l'aide à la décision en termes de gestion des risques. Cette démarche, fondée sur le niveau d'exposition, permet d'évaluer des niveaux de risque en propageant l'incertitude *via* l'ensemble des chaînes de modélisation notamment dans le cadre de couplage entre modèle d'exposition et modèle pharmacotoxocinétique (de type PBPK) (Figure 1).

L'incertitude sur les données d'entrée (concentrations environnementales spatialisées) et les paramètres de modélisation (facteurs de transfert et comportement alimentaire) qui déterminent le résultat du modèle peut avoir deux origines. La première source d'incertitude provient du caractère aléatoire de l'information qui est dû à une variabilité naturelle résultant de phénomènes stochastiques. On parle alors d'incertitudes de variabilité ou d'incertitudes stochastiques. La seconde source d'incertitude est liée au caractère imprécis et incomplet de l'information en raison d'un manque de connaissance. On parle alors d'incertitudes épistémiques.

## Matériels et méthodes

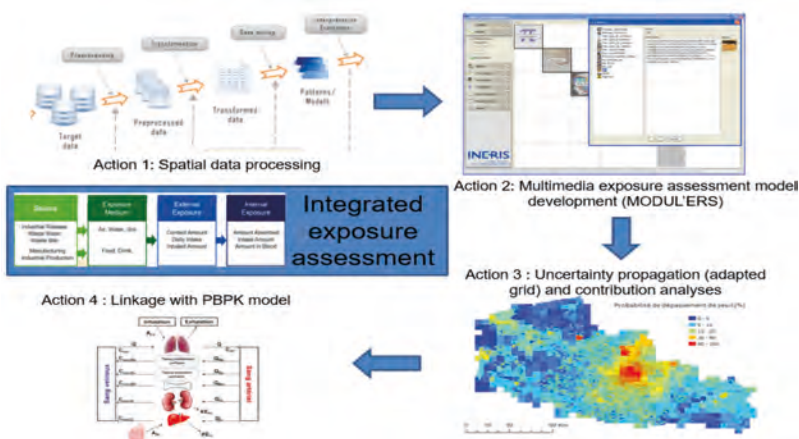
Dans le cadre de l'utilisation de données *via* le couplage d'une représentation spatiale et d'une modélisation de l'exposition, un premier examen consiste en une analyse de la propagation des incertitudes au cours des différents traitements réalisés dans le système d'information géographique couplé à un logiciel statistique (incertitudes sur les données, paramètres et modèles utilisés). Il s'agit d'estimer les distributions sur les paramètres et les données d'entrée sensibles au modèle, puis d'estimer leur cumul.

L'incertitude est appréhendée dans un cadre purement probabiliste. C'est-à-dire que l'information sur les paramètres des modèles est généralement supposée de nature aléatoire. Cette approche consiste à représenter les paramètres incertains par des distributions de probabilités et à transmettre l'incertitude relative à ces paramètres sur celle de l'exposition de la cible.

Par exemple, en l'absence de modèles mécanistiques adéquats et en raison de la difficulté à renseigner les paramètres de ces modèles, le recours à des coefficients de transfert des substances est classiquement utilisé pour modéliser le transfert de la source vers la cible. La modélisation est réalisée à l'aide d'un modèle simple qui fait appel à des rapports de concentrations entre les différents compartiments environnementaux pondérés par des distributions statistiques. Il est également possible d'intégrer des paramètres comportementaux des populations (comme les quantités de sol journalièrement ingérées non intentionnellement) sous forme de distributions statistiques.

Les travaux sur le plomb permettent d'illustrer les différentes techniques adoptées pour traiter

Figure 1 / Différentes étapes d'analyse de l'évaluation de l'exposition intégrée. Source: Ineris



spécifiquement les différentes bases de données environnementales spatialisées.

La sélection d'une méthode de traitement dépend du problème à résoudre et de la qualité des données disponibles, des supports géographiques, de la représentativité spatiale des données et de l'existence de potentielles variables de prédiction supplémentaires permettant une meilleure caractérisation des concentrations environnementales.

### Résultats et discussion

L'ensemble des traitements de spatialisation aboutit à la création d'une base de données dans laquelle sont présentes les variables d'entrée du modèle dans les mêmes unités spatiales (grille de référence) et temporelles, ou pour le moins comparables.

Les cartographies des estimations de concentrations dans les sols et dans l'air et des variances de krigeage sont estimées à partir de méthodes géostatistiques. Concernant les concentrations mesurées dans l'eau, des méthodes d'imputations multiples et des méthodes bayésiennes couplées permettent de contourner les problèmes des valeurs inférieures aux limites de quantification en exploitant les corrélations avec des représentations d'autres contaminants mieux connues. Des travaux sur l'exposition au plomb ont permis d'intégrer les variabilités de paramètres environnementaux, comportementaux, et les variances des estimateurs des concentrations de polluants dans les différents milieux environnementaux dans le calcul de l'exposition par des méthodes de simulation de Monte Carlo. Dans le cadre de leur utilisation dans un cadre opérationnel (action de réduction de l'exposition dans les Plans Régionaux Santé Environnement par exemple), la nécessité de construire des variables continues sur l'ensemble de la zone à partir de données non exhaustives génère des incertitudes liées aux différents problèmes de représentativité des données. Selon la densité d'information relative à partir de laquelle la variable est construite, les zones sont plus ou moins bien caractérisées. Il devient alors possible de fournir des éléments permettant d'évaluer la contribution des incertitudes des différents maillons de la chaîne de calcul sur l'incertitude globale.

Ces cartes permettent également d'identifier une stratégie de collecte de données supplémentaires ou de nouvelles campagnes de terrain dans les zones de densité d'information faible ou celles dont une surexposition de la population est suspectée. Par exemple, la **Figure 2** présente l'incertitude (variance de krigeage) des concentrations de plomb dans les sols de surface). Les classes présentant des valeurs élevées correspondent aux zones pour lesquelles l'information disponible est la plus lacunaire. Associée à la localisation des sites potentiellement pollués (base

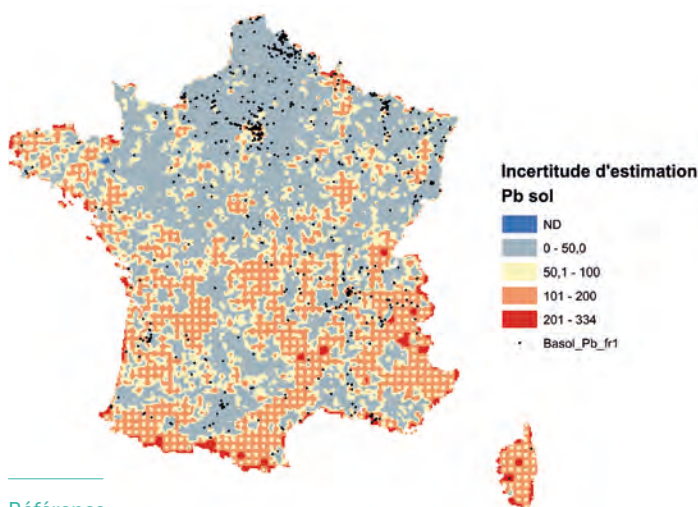
### ABSTRACT /

Exposure estimates can be calculated using crisp estimates of the exposure explanatory variables (i.e., contaminant concentration, contact rate, exposure frequency and duration, body weight, and averaging time). However, aggregate and cumulative exposure studies require a better understanding of exposure explanatory variables as well as uncertainty and variability associated with them. Probabilistic risk assessment studies use probability distributions for one or more variables of the risk equation to quantitatively characterize variability and uncertainty.

Monte Carlo Analysis is one of the useful approaches that may be used to conduct probabilistic risk assessment studies. In this analysis, the most sensitive variables of the exposure equation along with the parameters of these variables are described in terms of probability density functions (PDFs). Statistical methods are employed to process input databases (populational behavior, environmental concentrations in water, air and soil) in the objective of characterizing the exposure. A multimedia model interfaced with a GIS, allows the integration of environmental variables in order to yield exposure doses related to ingestion of food, water and soil and inhalation. The methodology was applied to the lead pollutant and permits to illustrate how to propagate uncertainty among the whole modeling chain.

de données BASOL), cette carte permet de prioriser l'acquisition des données les plus importantes pour améliorer la représentativité spatio-temporelle des inégalités environnementales.

**Figure 2** / Variance d'estimation des concentrations de plomb en mg/kg dans les sols de surface et localisation des sites potentiellement pollués au plomb de la base BASOL (points noirs sur la carte).



### Référence

Ioannidou D.; Malherbe L.; Beauchamp M.; Saby N.; Bonnard R. and Caudeville J. Characterization of environmental health inequalities due to Polyaromatic Hydrocarbons exposure in France. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 2680; doi:10.3390/ijerph15122680