



**HAL**  
open science

# **Modéliser l'exposition environnementale et les imprégnations des populations à des substances chimiques : l'outil merlin-expo**

Céline Brochot

## **► To cite this version:**

Céline Brochot. Modéliser l'exposition environnementale et les imprégnations des populations à des substances chimiques : l'outil merlin-expo. Rapport Scientifique INERIS, 2017, 2016-2017, pp.56-57. <ineris-01869670>

**HAL Id: ineris-01869670**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869670v1>**

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

# MODÉLISER L'EXPOSITION ENVIRONNEMENTALE ET LES IMPRÉGNATIONS DES POPULATIONS À DES SUBSTANCES CHIMIQUES: L'OUTIL MERLIN-EXPO

Contributeur  
Céline  
BROCHOT

Le projet 4FUN financé dans le cadre du 7<sup>e</sup> programme-cadre de l'Union européenne a produit un logiciel nommé MERLIN-Expo permettant de construire des scénarios complexes d'exposition des milieux environnementaux, de la faune sauvage et de l'homme. L'objectif était de fournir aux décideurs et évaluateurs de risque un outil intégré pouvant gérer plusieurs sources et cibles de pollution et caractériser les incertitudes à chaque étape du processus d'exposition [1].

MERLIN-Expo se compose d'une bibliothèque de modèles dédiés aux milieux récepteurs abiotiques (eaux de surface, sols, air extérieur), aux milieux d'intérêt pour l'exposition humaine (cultures, élevage), ainsi qu'à la faune (les invertébrés, les poissons) et aux humains [2]. Ces modèles peuvent être couplés pour créer une grande diversité de scénarios d'exposition (figure 1). Une documentation standardisée de chaque modèle ainsi que des outils de formation sont disponibles en ligne<sup>1</sup>.

## OBJECTIFS

Les principaux défis auxquels MERLIN-Expo a répondu sont: (a) la modélisation commune du devenir d'une substance dans l'environnement et dans le corps humain par le couplage de modèles multimédia avec la modélisation physiologique toxicocinétique (modèle PBPK); (b) la détermination des concentrations internes efficaces (i. e. dans les tissus cibles) chez l'homme en substances chimiques [3]; (c) l'incorporation d'un

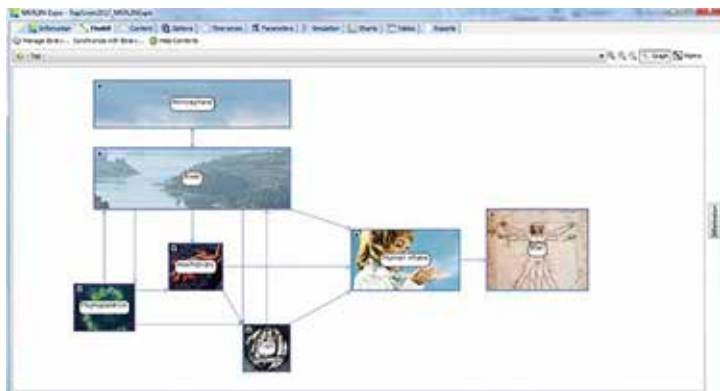
ensemble de fonctionnalités pour l'analyse d'incertitude et de sensibilité, allant du criblage à des approches sophistiquées basées sur la variance.

## ÉTUDES DE CAS

Plusieurs études de cas réalistes ont été menées pour tester l'applicabilité de MERLIN-Expo. La première a porté sur l'exposition au plomb et à l'arsenic des enfants en bas âge et des adultes vivant dans une région du Nord de la Belgique ayant abrité de nombreuses industries (fonderies) [4; 5]. Les objectifs étaient d'estimer les expositions interne et externe des populations locales, et de classer les différentes voies d'exposition en fonction de leur contribution à l'exposition interne des populations (figure 2). Des simulations ont été réalisées avec plusieurs scénarios afin d'étudier l'effet de différentes approches de modélisation (e. g. déterministe vs probabiliste, exposition individuelle vs agrégée) et de différents scénarios d'exposition (par exemple, la consommation locale de nourriture ou la prise en compte des activités individuelles). Pour le scénario d'exposition au plomb le plus réaliste, les prédictions du modèle se sont avérées proches des données de biosurveillance (un facteur 2 environ).

Une seconde étude de cas s'est intéressée à l'exposition écologique et humaine aux polluants organiques persistants dans la lagune de Venise [6; 7]. Cette lagune est influencée par plusieurs activités anthropiques qui ont causé dans le passé et continuent de provoquer le relargage de substances chimiques dans les milieux environnementaux. Plusieurs modèles (phytoplancton, invertébrés et poissons) ont été combinés pour créer un réseau alimentaire aquatique simulant la dynamique de la bioaccumulation et la biomagnification (c'est-à-dire les processus par lesquels les teneurs de certaines substances croissent à chaque stade du réseau trophique) des dioxines et des PCB. Les concentrations estimées dans les espèces aquatiques comestibles ont ensuite été utilisées pour évaluer l'apport quotidien chez l'homme par la consommation de fruits de mer locaux. Le modèle PBPK a permis d'explorer l'accumulation de 2,3,7,8-TCDD et PCB126 dans les tissus humains pour plusieurs décennies (figure 3). Une bonne concordance a été observée entre les prédictions des modèles et des niveaux mesurés dans les populations lors d'études de biosurveillance ponctuelles.

Figure 1 / Exemple de modèle d'exposition intégrant les compartiments atmosphère, rivière, phytoplancton, invertébrés, poissons et humains.



Dans la plupart des études de cas, un ratio inférieur à 3 a été observé entre les prédictions du modèle et les données expérimentales mesurées. Une telle concordance est généralement jugée acceptable dans un cadre purement prédictif, c'est-à-dire avec des modèles suffisamment génériques pour être appliqués à un grand nombre de substances et de situations. Les études de cas ont ainsi permis de démontrer la faisabilité d'établir des scénarios d'exposition réalistes complexes satisfaisant les besoins de parties prenantes, la précision des prédictions de la modélisation, et l'intérêt des marges d'incertitude pour améliorer la gouvernance des risques.

**CONCLUSION**

MERLIN-Expo est un outil adéquat pour évaluer les expositions externe et interne pour les étapes les plus avancées de l'évaluation des risques (approche par palier). En particulier, cet outil est adapté à l'évaluation d'impacts locaux, comme l'ont montré les études de cas. MERLIN-Expo dispose de nombreuses fonctionnalités avancées qui ne sont pas toujours requises par les cadres réglementaires actuels mais qui sont susceptibles de le devenir dans les prochaines années.

<sup>1</sup> <http://merlin-expo.eu/learn/documentation/model-documentation/>

**Références**

[1] Suci, N.; Tediosi, A.; Ciffroy, P.; Altenpohl, A.; Brochet, C.; Verdonck, F.; Ferrari, F.; Giubilato, E.; Capri, E.; Fait, G., Potential for MERLIN-Expo, an advanced tool for higher tier exposure assessment, within the EU chemical legislative frameworks. *Science of the Total Environment* 2016, 562, 474-479.

[2] Ciffroy, P.; Alfonso, B.; Altenpohl, A.; Banjac, Z.; Bierkens, J.; Brochet, C.; Critto, A.; De Wilde, T.; Fait, G.; Fierens, T.; Garratt, J.; Giubilato, E.; Grange, E.; Johansson, E.; Radomyski, A.; Reschwann, K.; Suci, N.; Tanaka, T.; Tediosi, A.; Van Holderbeke, M.; Verdonck, F., Modelling the exposure to chemicals for risk assessment: a comprehensive library of multimedia and PBPK models for integration, prediction, uncertainty and sensitivity analysis - the MERLIN-Expo tool. *Science of the Total Environment* 2016, 568, 770-784.

[3] Brochet, C.; Quindroit P, Modelling the Fate of Chemicals in Humans Using a Lifetime Physiologically Based Pharmacokinetic (PBPK) Model in MERLIN-Expo. P. Ciffroy et al. (eds.), Modelling the Fate of Chemicals in the Environment and the Human Body, *The Handbook of Environmental Chemistry* 57, 215-257.

[4] Fierens, T.; Van Holderbeke, M.; Standaert, A.; Cornelis, C.; Brochet, C.; Ciffroy, P.; Johansson, E.; Bierkens, J., Multimedia & PBPK modelling with MERLIN-Expo versus biomonitoring for assessing Pb exposure of pre-school children in a residential setting. *Science of the Total Environment* 2016, 568, 785-793.

[5] Van Holderbeke, M.; Fierens, T.; Standaert, A.; Cornelis, C.; Brochet, C.; Ciffroy, P.; Johansson, E.; Bierkens, J., Assessing multimedia/multipathway exposures to inorganic arsenic at population and individual level using MERLIN-Expo. *Science of the Total Environment* 2016, 568, 794-802.

[6] Radomyski, A.; Giubilato, E.; Ciffroy, P.; Critto, A.; Brochet, C.; Marcomini, A., Modelling ecological and human exposure to POPs in Venice lagoon - Part II: Quantitative uncertainty and sensitivity analysis in coupled exposure models. *Science of the Total Environment* 2016, 569, 1635-1649.

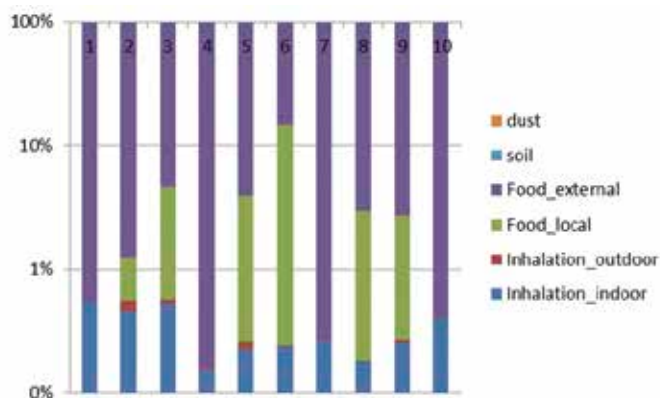
[7] Giubilato, E.; Radomyski, A.; Critto, A.; Ciffroy, P.; Brochet, C.; Pizzol, L.; Marcomini, A., Modelling ecological and human exposure to POPs in Venice lagoon. Part I - Application of MERLIN-Expo tool for integrated exposure assessment. *Science of the Total Environment* 2016, 565, 961-976.

**ABSTRACT /**

The 4FUN project funded under the European Union's 7th Framework Programme produced a software, named MERLIN-Expo, containing a library of models for exposure assessment, coupling environmental multimedia and pharmacokinetic models. The main challenges in exposure modelling that MERLIN-Expo has tackled are: (a) the integration of multimedia models simulating the fate of chemicals in environmental media, and of physiologically based pharmacokinetic models simulating the fate of chemicals in human body. MERLIN-Expo thus allows the determination of internal effective chemical concentrations; (b) the incorporation of a set of functionalities for uncertainty/sensitivity analysis, from screening to variance-based approaches. The availability of such tools for uncertainty and sensitivity analysis aimed to facilitate the incorporation of such issues in future decision making; (c) the integration of human and wildlife biota targets with common fate modelling in the environment. The models can be linked together to create flexible scenarios relevant for both human and wildlife biota exposure. Three case studies based on actual datasets were performed using MERLIN-Expo.

**Figure 2 /**

Contribution des différentes voies d'exposition (%) à l'exposition à l'arsenic pour 10 individus vivant dans la zone de référence.



**Figure 3 /**

Évolution de la concentration sanguine en PCB126 tout au long de la vie d'individus nés entre 1924 et 1972 et grands consommateurs de poissons pêchés dans le lagon de Venise.

