

## **ANNEXE C-4 : Références utiles pour la modélisation du transfert de polluants dans le sol et les eaux souterraines**

**Version 6.0**



## Table des matières

1	Codes de calcul existants .....	3
1.1	Integrated Ground Water Modeling Center .....	3
1.2	United States Geological Survey.....	3
1.3	Environmental Protection Agency (US) .....	3
2	Modélisation du transfert de polluants et problématiques associées .....	4
2.1	Généralités .....	4
2.2	Simulation du transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines : recommandations pour choix du modèle et de la démarche.....	4
2.2.1	Modélisation des éléments traces métalliques .....	5

## 1 CODES DE CALCUL EXISTANTS

### 1.1 INTEGRATED GROUND WATER MODELING CENTER

Le « Integrated Ground Water Modeling Center » (IGWMC) est un centre d'information, d'éducation et de recherche relatif à la modélisation du transport des eaux souterraines. Ses activités se caractérisent, entre autres, par un conseil sur les problèmes relatifs à la modélisation hydrogéologique.

Une description détaillée des principaux codes de calcul existants est disponible en ligne. Ces logiciels sont triés selon leur typologie (zone saturée ou non-saturée, modélisation du flux ou du transport de soluté...).

Les ressources avancées par le IGWMC sont disponibles en ligne, sur son site Internet.



<http://igwmc.mines.edu>, consulté le 16/07/2018.

### 1.2 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

Le site Internet de l'USGS ou "United States Geological Survey" constitue également une ressource intéressante en termes de descriptions et d'accessibilité au téléchargement de codes de calcul gratuits permettant la modélisation, en zone saturée ou en zone vadose, des flux d'eau souterraine, du transport de solutés et des réactions chimiques associées.

Les ressources avancées par l'USGS sont disponibles en ligne, sur son site Internet.



<http://water.usgs.gov/software/lists/groundwater>, consulté le 16/07/2018.

### 1.3 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US)

L'agence américaine pour l'environnement (US-EPA) met en ligne une liste de logiciels gratuits pour la modélisation des flux et du transport de solutés en zone non-saturée et saturée. Pour chaque code de calcul, une description générale est présentée, ainsi qu'un lien pour son téléchargement.

Les ressources avancées par l'US-EPA sont disponibles en ligne, sur son site Internet.



<http://www.epa.gov/>, consulté le 16/07/2018.




## 2 MODÉLISATION DU TRANSFERT DE POLLUANTS ET PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES

### 2.1 GÉNÉRALITÉS

La dernière étape de la méthodologie relative au second palier de l'ER-N est caractérisée par l'utilisation de la modélisation des écoulements en zone non saturée et en zone saturée.

Certains ouvrages de référence traitent de ses problématiques associées (données d'entrée, équations mise en jeux...).

Le tableau ci-dessous (non exhaustif) présente certains de ces ouvrages, utiles à l'expert pour la construction de son modèle.

Références utiles (non exhaustif)	Commentaires
 <p>Kresic N., <i>Hydrogeology and Groundwater modeling, second edition</i>, 2007.</p>	Modélisation du flux et du transport de polluants en zone saturée.
 <p>W. Delleur F., <i>The handbook of groundwater engineering, second edition</i>, 2007.</p>	Modélisation du flux et du transport de polluants en zone non saturée et en zone saturée.
 <p>Grathwohl P., <i>Gracos, Guideline for Groundwater Risk Assessment at Contaminated Sites</i>, 2003.</p>	<p>GRACOS intervient, entre autres, sur l'évaluation des risques pour l'eau souterraine au droit des sites contaminés.</p> <p>Certains éléments relatifs à l'utilisation de l'outil modélisation sont développés dans le rapport référencé.</p>

### 2.2 SIMULATION DU TRANSFERT DE POLLUANTS DANS LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES : RECOMMANDATIONS POUR CHOIX DU MODÈLE ET DE LA DÉMARCHE

Il est proposé à l'expert de se référer au guide méthodologique produit par l'INERIS, *Recommandations relatives au choix entre modèle analytique et numérique dans le cadre de l'étude du transfert de polluants dans le sol et les eaux souterraines*, 2008.

Ce guide a pour but d'apporter une aide au modélisateur confronté au choix d'un outil adapté et proportionné à l'étude engagée.

Dans une première partie, certains aspects généraux liés à ce type de modélisation sont présentés, en particulier la démarche et quelques définitions. Dans une seconde partie, une liste d'outils de calcul disponibles actuellement est donnée. Elle met en exergue leur diversité et la difficulté relative au choix de l'outil le plus adapté.


Une application conduite sur deux modèles de simulation du transport de polluants en zone saturée, BIOCHLOR et NAS, ainsi que la comparaison des résultats à ceux acquis dans le cadre de la simulation d'un cas traité précédemment par des outils numériques, apporte des indications complémentaires quant aux éléments justifiant ou non le choix d'un modèle.

Enfin, des recommandations sont formulées. Elles portent principalement sur le choix des phénomènes à considérer, les objectifs attendus et les outils de calcul en eux-mêmes.


Toutefois, notons que la clef de l'efficacité et de la précision lors de la modélisation d'un système aquifère dépend en premier lieu de l'élaboration du modèle conceptuel et de la qualité des données disponibles et utilisées.

Il est également nécessaire de mettre l'accent sur le fait que les modèles peuvent se révéler utiles dans certains cas en tant qu'outils d'aide à la décision, mais qu'ils ne sont pas toujours indispensables pour mettre en œuvre des actions sur un site pollué (notamment des mesures de gestion). La réalisation d'une modélisation peut être longue, voire futile, à la vue des données disponibles (peu d'informations ou données déjà suffisamment alarmantes) et elle ne doit en aucun cas retarder une prise de décision quant à la sécurité des personnes potentiellement exposées. En outre, l'ensemble des intervenants, et en particulier le modélisateur, doit avoir conscience du fait que le modèle ne peut fournir des résultats absolus ni être utilisé sans un minimum de données d'entrée de bonne qualité.

Les références du guide en question sont présentées ci-dessous :




INERIS, *Recommandations relatives au choix entre modèle analytique et numérique dans le cadre de l'étude du transfert de polluants dans le sol et les eaux souterraines*, Rapport d'étude (ref. DRC-08-86031-00620A), 2008.



Ce rapport est disponible en ligne sur le site web du programme Transpol de l'INERIS : [https://transpol.ineris.fr/sites/default/files/DRC-08-86031-00620A\\_couleur.pdf](https://transpol.ineris.fr/sites/default/files/DRC-08-86031-00620A_couleur.pdf), consulté le 16/07/2018

En outre, un guide des bonnes pratiques pour l'assistance au développement d'un modèle conceptuel, la sélection et l'application de modèles mathématiques des processus de transport en zone insaturée et saturée a été développé en 2001 par le National Groundwater & Contaminated Land Centre (Scottish Environment Protection Agency).

Les références de ce rapport sont présentées ci-dessous :



SEPA-UK, *Guide to Good Practice for the Development of Conceptual Models and the Selection and Application of Mathematical Models of Contaminant Transport Processes in the Subsurface*, 2001.

## 2.2.1 MODÉLISATION DES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES



Dans le cas de la modélisation du transfert de polluants traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines et afin d'aider les utilisateurs de ces modèles et de les guider dans l'utilisation de ces outils, l'INERIS, via le programme TRANSPOL, a souhaité rédiger un guide de bonnes pratiques.

Les recommandations qui y sont intégrées peuvent être utiles, d'une part, aux modélisateurs, ingénieurs des bureaux d'études, confrontés au problème de l'impact des pollutions métalliques, et d'autre part, aux représentants des services de l'état qui doivent évaluer les dossiers.

Ce document souligne les points sensibles qui déterminent la qualité des résultats de la modélisation mise en œuvre et présente une méthodologie d'étude à travers deux grandes parties :

- Une première partie présente des généralités sur les éléments traces métalliques présents dans l'environnement (principales propriétés physicochimiques, origines possibles...);
- Une seconde partie est consacrée à la modélisation des transferts dans les sols et les eaux souterraines.

Les références du guide en question sont présentées ci-dessous :

	Burnol A., Duro L., <i>Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines</i> , INERIS, Rapport d'étude (ref. DRC-06-66246/DESP-R01a), 2006.
	Ce rapport est disponible en ligne sur le site web du programme Transpol de l'INERIS : <a href="https://transpol.ineris.fr/sites/default/files/cr2/iners-drc-06-66246desp-r01a.pdf">https://transpol.ineris.fr/sites/default/files/cr2/iners-drc-06-66246desp-r01a.pdf</a> , consulté le 16/07/2018