

OREOS, une application pour caractériser la pollution organique dans les échantillons de sol

Juliette CHASTANET^{1*}, Sébastien KASKASSIAN¹, Jean-Marie COME¹

¹ : BURGEAP, Département Recherche et Développement, 19 rue de la Villette, 69425 LYON Cedex 03, j.chastanet@burgeap.fr, s.kaskassian@burgeap.fr, jm.come@burgeap.fr

Résumé

Le logiciel OREOS est un outil de calcul pour aider à l'interprétation des mesures de concentrations en polluants organiques dans les sols. Les fonctionnalités de l'outil et le principe des calculs sous-jacents sont décrits ici tout comme les résultats opérationnels que fournit l'outil. Une démonstration de l'outil sur des données d'un site met en évidence l'intérêt d'un tel outil pour la caractérisation des zones sources.

Introduction

Dans le contexte des sites et sols pollués par des composés organiques (hydrocarbures pétroliers, dérivés chlorés, ...), la caractérisation des zones sources (sols comprenant de la phase organique) revêt une grande importance car sa géométrie, sa composition et son volume de polluant conditionnent très largement l'évolution à terme des panaches de pollution dans les eaux et dans les gaz du sol. D'une manière plus générale, la compréhension de la distribution des polluants organiques dans les différents compartiments du milieu poreux permet d'estimer les transferts vers l'eau de nappe ou l'air des sols, d'aider à la schématisation d'un modèle numérique et d'orienter les choix pour certaines techniques de dépollution.

En pratique, la caractérisation d'un site potentiellement pollué inclut généralement l'analyse d'échantillons de sol. Les résultats de concentrations dans les sols mesurés en laboratoire sont néanmoins difficiles à interpréter en l'absence de valeurs seuils et compte tenu du comportement complexe des polluants organiques dans les sols (présence dans les différentes phases du sol : l'eau, l'air, le solide, la phase organique non miscible à l'eau (ou NAPL en anglais)) notamment lorsque ces derniers sont présents en mélange comme c'est le cas des coupes d'hydrocarbures pétroliers. Dans ce contexte, BURGEAP a mené un projet de recherche et développement avec l'appui technique de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) et le soutien financier de l'ADEME (dans le cadre du dispositif INNOV'R) afin de concevoir un outil d'aide à l'interprétation des mesures de concentrations en polluants dans les sols.

Matériel et méthodes

Le logiciel OREOS^{®1} [1] calcule la répartition des polluants dans les différentes phases d'un échantillon de sol (eau, air, solide, phase organique) à partir des concentrations de polluants dans les sols, des propriétés pétrophysiques des sols (porosité, teneur en eau et en carbone organique) et des propriétés physico-chimiques des polluants en présence (masse molaire, densité liquide, solubilité, pression de vapeur, coefficient de partage eau / carbone organique). Les calculs sont réalisés sur la base des équilibres thermodynamiques (théorie développée par *Mariner et al* [2]) en tenant compte de la température, de l'influence de la masse des polluants (gazeux et dissous) sur les densités des phases du sol et de l'effet de non équilibre local pour le transfert de polluants entre les phases (cinétiques d'échange).

Pour chaque échantillon, OREOS[®] permet ainsi de :

- déterminer si l'échantillon est situé dans une zone source ou non (présence de phase organique ou non),
- si la phase organique est présente, calculer son volume, sa masse et sa composition,
- déterminer la proportion de chaque phase (eau, air, solide, phase organique) dans l'échantillon,
- quantifier les concentrations de chaque polluant dans les matrices eau et air des sols ainsi que la masse adsorbée.

Le logiciel comprend i) une base de données des propriétés physico-chimiques de plus de 130 composés chimiques (hydrocarbures mono-aromatiques, HAP, alcanes, COHV, MTBE,...), ii) un module dédié à la

¹ OREOS : Outil de calcul de la REpartition de la phase Organique dans les Sols

caractérisation des échantillons, permettant l'analyse d'un grand nombre d'échantillons simultanément et le calcul de la répartition des polluants dans les différentes phases et du seuil de concentration en polluants à partir duquel la phase organique est présente ; iii) un module dédié à l'analyse de sensibilité de la répartition des polluants en fonction des paramètres d'entrée (porosité, teneur en eau et en carbone organique, concentration en polluants ...). Enfin, le logiciel est doté d'une interface conviviale incluant des graphiques, des figures et des outils statistiques pour accompagner l'utilisateur dans son analyse (cf. figure 1).

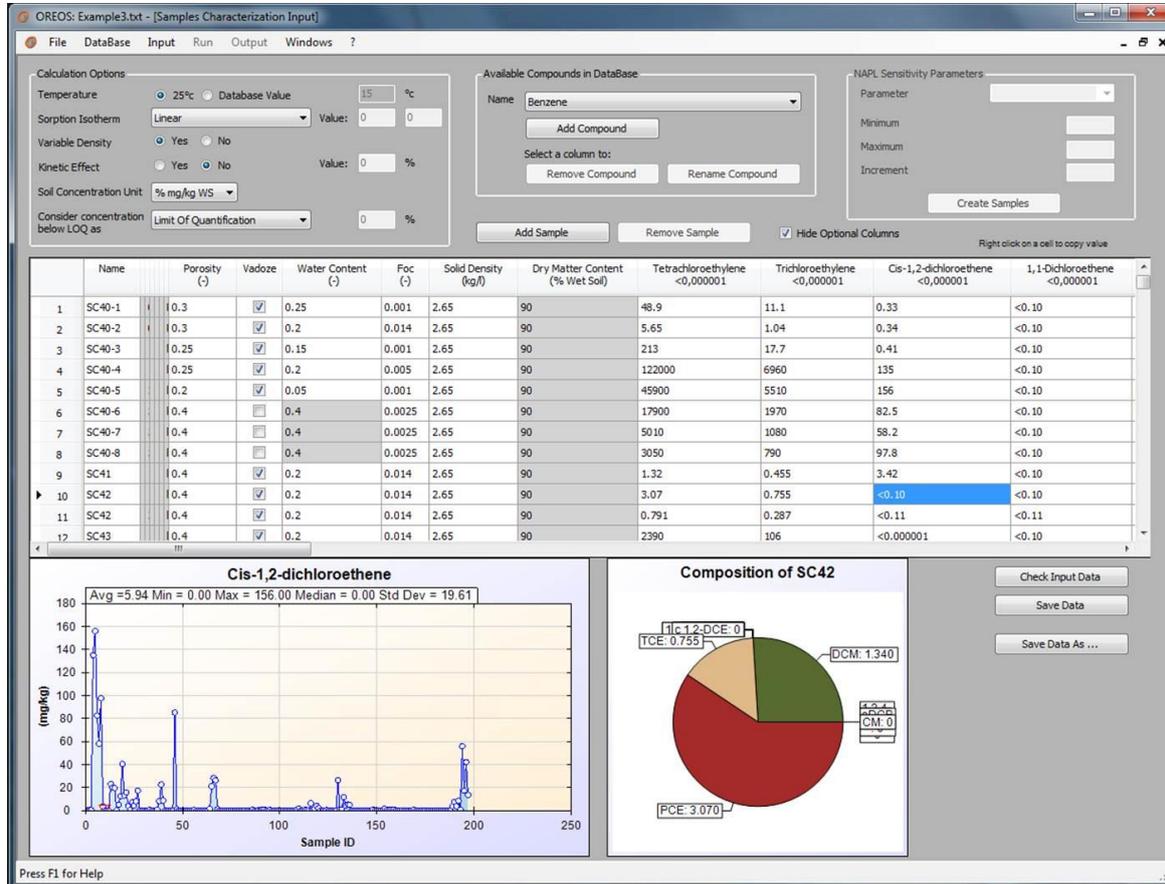


Figure 1. Interface du logiciel OREOS

Résultats et discussion

La mise en œuvre d'OREOS sur les échantillons analysés sur le site 1bis du projet ATTENA [3] a permis d'illustrer l'intérêt de l'outil pour la caractérisation d'une zone source. Sur le site d'étude, plus de 300 échantillons de sols contaminés par 26 composés chlorés ont été traités avec le logiciel (calculs réalisés en moins d'une minute). La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** illustre le calcul des saturations en NAPL dans chaque échantillon dont les concentrations mesurées varient de 0,01 mg/kg MS (hypothèse retenue pour les échantillons dont tous les résultats sont <LQ) à 130 000 mg/kg MS. Ces calculs ont permis de déterminer, pour chaque lithologie, la concentration révélatrice de la présence d'une phase organique : soit environ 100 mg/kg MS dans les sables et environ 750 mg/kg MS dans les limons. Ces seuils ont permis de rendre compte des échantillons situés au sein de la zone source concentrée (c.à.d. le volume d'aquifère contenant de la phase organique), soit 30 échantillons sur 266 dans les limons et 18 échantillons sur 97 dans les sables ici. In fine, la position et le volume total de phase organique dans chaque lithologie ont été déduits en interpolant les résultats². La masse et la composition moyenne de la phase organique ont également été calculées.

Enfin, la comparaison de la concentration moyenne calculée pour chaque composé dans l'eau de nappe en contact avec les échantillons situés en zone source et la concentration moyenne mesurée dans les piézomètres situés à proximité de la source ont montré une bonne concordance (figure 3) et permet de valider la pertinence des calculs réalisés par le logiciel sur ce site.

² OREOS n'inclut pas d'option d'interpolation. Par contre, les fichiers de sortie d'OREOS sont sous forme de tableau (ASCII) et peuvent être facilement utilisés pour l'intégration des résultats.

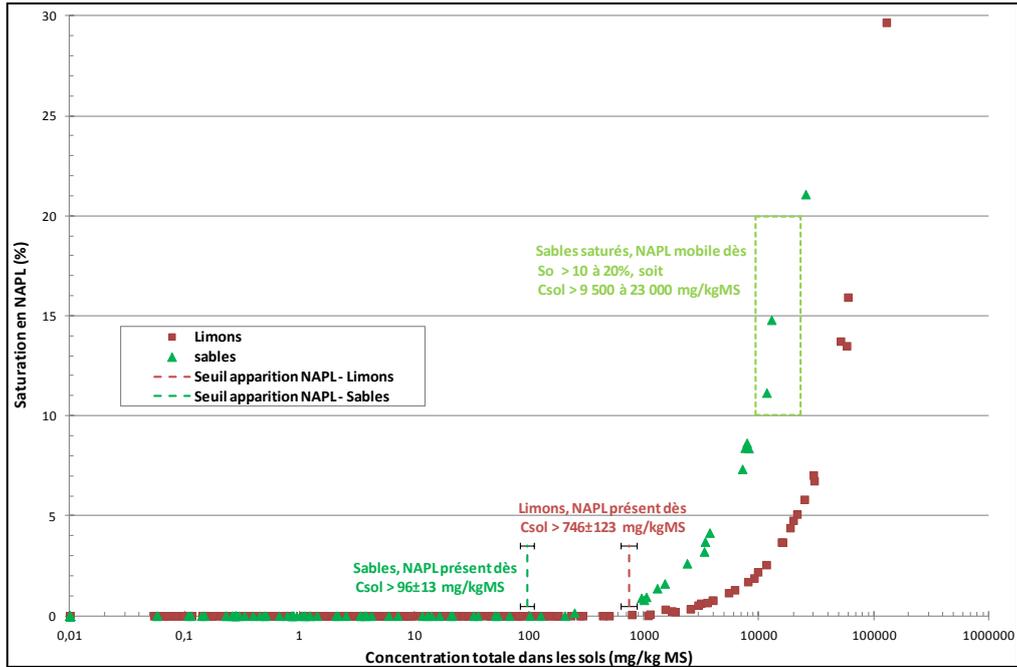


Figure 2. Saturation de phase organique (NAPL, en %) calculée par OREOS en fonction de la concentration totale en solvants chlorés mesurée (mg/kg MS) pour les différents échantillons du site classés par lithologie

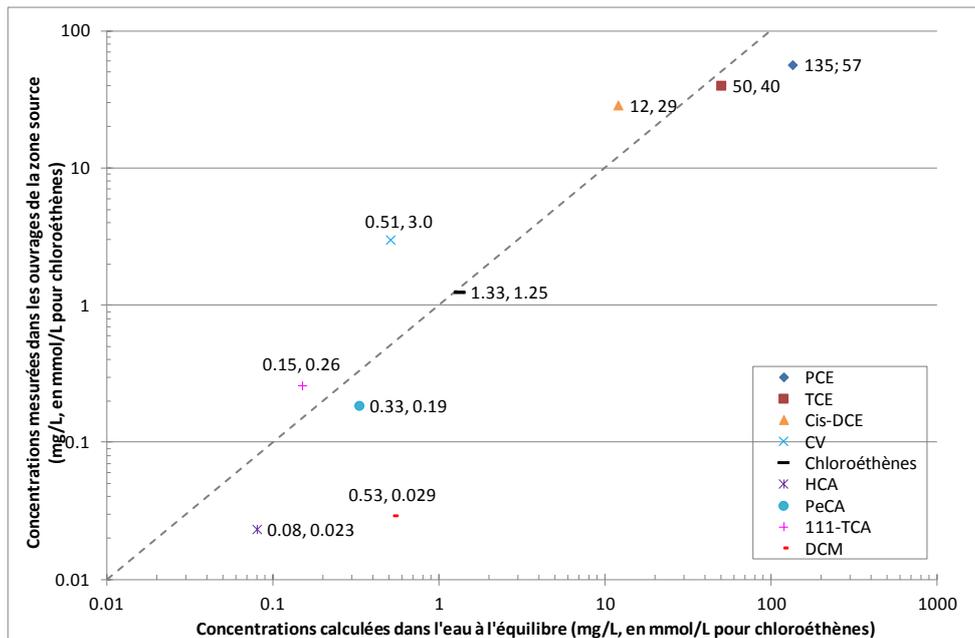


Figure 3. Concentrations calculées comparées aux concentrations mesurées dans l'eau de nappe pour les échantillons de sol situés dans la zone source

Conclusions et perspectives

Le logiciel OREOS calcule, sur la base de l'analyse des concentrations dans les sols, la répartition des polluants organiques dans les différents compartiments du sol, et permet ainsi d'évaluer leurs impacts potentiels dans le milieu souterrain. Conçu comme un outil d'aide à l'interprétation des échantillons de sol pollué et à la caractérisation des zones sources, il peut être utilisé aussi bien dans le cadre de diagnostics de sites et sols pollués que pour les plans de gestion et les EQRS, et permet également d'orienter le choix des techniques de dépollution.

Références

[1] Chastanet, J., Kaskassian, S., Côme, J.M., 2012. User's guide – OREOS v1, *Burgeap Report RREDMS00014*, 37p.
www.oreos-software.com

[2] Mariner, P. E., Minquan, J. Richard, E. J. (1997). An algorithm for the estimation of NAPL saturation and composition from typical soil chemical analyses. *Ground Water Monitoring and Remediation, Spring 1997*, 122-129.

[3] Kaskassian S., Gleize T., Chastanet J., Côme J.-M. (2013). *Projet ATTENA – Phase 2, Tâche 3.1.2 : mise en œuvre des guides méthodologiques MACAOH par BURGEAP sur le Site 1bis (solvants chlorés)*, Rapport Final, 3 volumes, p.296, www.attena.org

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Michel Quintard de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse pour son expertise technique.