

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR STRASBOURG
INSTITUT DE MECANIQUE DES FLUIDES ET DES SOLIDES UMR 7507 ULP-CNRS
INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT, ANTENNE DE STRASBOURG

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE LOUIS PASTEUR DE STRASBOURG
Spécialité : Mécanique des fluides

par

Martine BOHY

**CARACTERISATION DE SOURCES DE POLLUTION COMPOSEES D'UN MELANGE DE
SOLVANTS CHLORES EN AQUIFERE ALLUVIAL**

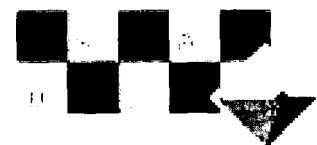
Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé
associées à la simulation numérique

Soutenance le 6 octobre 2003 devant le jury constitué de :

MM.	L. ZILLIOX	Directeur de thèse
	G. SCHÄFER	Directeur de thèse
	B. FRITZ	Rapporteur interne
	H. BERTIN	Rapporteur externe
	H. HÖTZL	Rapporteur externe
	J.L. MERCIER	Examineur



Thèse préparée au sein
du Groupe d'Animation de la Recherche
"IFARE" de l'IMFS



CARACTERISATION DE SOURCES DE POLLUTION COMPOSEES D'UN MELANGE DE SOLVANTS CHLORES EN AQUIFERE ALLUVIAL

Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique

Résumé

Deux expérimentations à grande échelle ont été conduites sur le site expérimental SCERES. L'objectif est d'étudier le transport d'un mélange de deux solvants chlorés dans les zones saturée et non saturée d'un aquifère et de quantifier les transferts de masse à travers la frange capillaire vers l'atmosphère ou la zone saturée. Ces essais ont consisté à injecter dans SCERES, en conditions contrôlées, le mélange de trichloréthylène (TCE) et de perchloréthylène (PCE) et à suivre les concentrations dans les gaz de la zone non saturée et l'eau de la frange capillaire et la nappe. Les transferts de masse de TCE et PCE de la zone non saturée vers l'atmosphère ont été quantifiés à l'aide d'une chambre à flux et calculés à l'aide d'une méthode semi-expérimentale.

SIMUSCOPP, code de calcul multiphasique multicomposant, a été utilisé afin de simuler le transport de vapeurs de la zone non saturée de SCERES. Les concentrations en gaz calculées sont en bon accord avec les valeurs observées. Les résultats montrent notamment que la dispersion verticale des vapeurs de solvants chlorés à travers la frange capillaire peut provoquer une pollution significative de la nappe malgré la lenteur du processus de diffusion aqueuse.

La seconde partie de ce travail concerne l'étude de la méthode du traceur bisoluble, permettant de quantifier et localiser des sources de pollution par TCE en zone saturée de l'aquifère. La transposition de la méthode du traceur bisoluble de la colonne au site expérimental ayant échoué, nous avons réalisé plusieurs expériences en colonne afin de déterminer le rôle du volume de polluant, de sa répartition dans le milieu poreux, de la présence d'hétérogénéités et de l'influence du temps de contact des traceurs avec la phase organique. Nous avons ainsi mis en évidence une cinétique de partage du traceur réactif entre le TCE et la phase aqueuse.

Mots clés : transfert de masse, site expérimental, aquifère, trichloréthylène, perchloréthylène, modélisation, traceur bisoluble, cinétique de partage, caractérisation de zones sources

SOURCE CHARACTERIZATION IN AN ALLUVIAL AQUIFER OF A MIXTURE OF CHLORINATED SOLVENTS

Laboratory and large-scale experiments coupled with numerical simulations

Abstract

Two large-scale experiments were conducted on the controlled site SCERES to study the transport of a mixture of two chlorinated solvents in the saturated and unsaturated zones of the sandy aquifer and to quantify the mass transfers across the capillary fringe and towards the atmosphere or to the groundwater. The experiments involved an injection of trichloroethylene (TCE) and perchloroethylene (PCE) in SCERES, under controlled conditions, with multidepth sampling of gas in the unsaturated zone and water in the capillary zone and the groundwater. The mass transfer of TCE and PCE vapors from the vadose zone to the atmosphere was quantified using a vertical flux chamber and calculated with a semi-experimental method.

The multiphase multicomponent code SIMUSCOPP was used in order to simulate the vapor transport in the unsaturated zone of the artificial aquifer environment. The calculated vapor concentrations were in good agreement with those observed. The obtained results point out that vertical dispersion of chlorinated solvent vapors across the capillary fringe can cause a significant groundwater pollution in spite of the slowness of the aqueous diffusion process.

The study of the partitioning tracer method for quantification and location of TCE sources in the saturated zone of the aquifer constitutes the second part of this work. As the transposition of the method from laboratory columns to the experimental site failed, we decided to realize several complementary column-tests to determine the role of the volume of pollutant, its repartition in the porous medium, the presence of heterogeneities and the influence of the contact time of the tracers with the organic phase. We could thus show a partitioning kinetics of the reactive tracer.

Keywords: mass transport; experimental site; aquifer; trichloroethylene; perchloroethylene; mathematical modeling; partitioning tracer; partitioning kinetics; source characterization