

THESE

présentée à l'UFR de Sciences Physiques

pour l'obtention du Diplôme de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE LOUIS PASTEUR DE STRASBOURG

Spécialité : Mécanique des Fluides

par

Hocine BENREMITA

APPROCHE EXPÉRIMENTALE ET SIMULATION NUMERIQUE DU TRANSFERT DE SOLVANTS CHLORÉS EN AQUIFÈRE ALLUVIAL CONTRÔLÉ.

Soutenue le 09 septembre 2002 devant la commission d'examen

MM.	Y. BERNABE	Rapporteur interne
	R. HELMIG	Rapporteur externe
	J.P. HULIN	Rapporteur externe
	P. LE THIEZ	Examineur
	L. ZILLIOX	Directeur de thèse
	G. SCHÄFER	Directeur de thèse
	J.M. CÔME	Membre invité
	P. MUNTZER	Membre invité



Thèse préparée au sein de l'équipe d'Hydrodynamique et
Transferts en Milieux Poreux
IMFS - HTMP



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	1
SOMMAIRE.....	5
INTRODUCTION.....	7
CHAPITRE 1 : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES SOLVANTS CHLORES	11
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES.....	63
CHAPITRE 3 : DISPERSION PASSIVE ET DISSOLUTION DES VAPEURS DE TCE : IMPACT SUR LA POLLUTION DE LA NAPPE.....	97
CHAPITRE 4 : INTERPRETATION DES EXPERIENCES MENEES SUR SCERES A L'AIDE DE LA MODELISATION NUMERIQUE	129
CHAPITRE 5 : TRANSFERT DE MASSE DANS LE CAS D'UN MELANGE DE SOLVANTS CHLORES EN MILIEU POREUX	171
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	207
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	213
LISTES DES TABLEAUX.....	225
LISTES DES FIGURES	227
LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	234
TABLE DES MATIERES	241
ANNEXE A : NOTIONS DE BASE D'HYDROGEOLOGIE	247
ANNEXE B : APPAREILS D'ANALYSE.....	257
ANNEXE C : CODE DE CALCUL SIMUSCOPP	263
ANNEXE D : METHODES DE CALCUL POUR LES ESSAIS DE SORPTION.....	280

APPROCHE EXPÉRIMENTALE ET SIMULATION NUMÉRIQUE DU TRANSFERT DE SOLVANTS CHLORÉS EN AQUIFÈRE ALLUVIAL CONTRÔLÉ

RESUME

Dans le but d'approfondir la compréhension des mécanismes complexes de pollution des eaux souterraines par des solvants chlorés, il est indispensable de mieux appréhender les processus physico-chimiques de transfert de masse entre phases et les phénomènes d'échanges entre les différents compartiments du milieu souterrain et l'atmosphère.

Des expériences ont été menées sur la plate forme expérimentale contrôlée SCERES de dimensions $25\text{ m} \times 12\text{ m} \times 3\text{ m}$ reconstituant un aquifère alluvial. Elles ont montré que le développement et la distribution du panache des vapeurs de solvants chlorés sont fortement influencés par la température, l'advection par effet de densité et le flux de masse vers l'atmosphère. Cette pollution par les vapeurs peut engendrer une contamination significative de la nappe par dispersion verticale à travers la frange capillaire, et une contamination plus intense par lessivage des vapeurs avec des flux de plusieurs dizaines de fois plus importants.

La validation du code de calcul SIMUSCOPP sur la base des résultats de ces expériences a permis, d'une part, de tester le modèle numérique en montrant dans quelle mesure il est capable de reproduire les concentrations observées, et d'autre part, de montrer l'intérêt de la modélisation numérique ainsi que ses limites.

Mots clés : milieu poreux, pollution, solvants chlorés, transfert de masse, modèle numérique multiphasique.

EXPERIMENTAL APPROACH AND NUMERICAL SIMULATION OF CHLORINATED SOLVENTS TRANSFER IN A CONTROLLED ALLUVIAL AQUIFER

ABSTRACT

With the objective of the better understanding of the complex mechanisms of groundwater pollution by chlorinated solvents, it is essential to apprehend the physico-chemical processes of mass transfer between phases and the exchange phenomena between the various compartments of the subsurface medium and atmosphere.

Experiments were undertaken on controlled experimental platform SCERES with dimensions $25\text{ m} \times 12\text{ m} \times 3\text{ m}$ reconstituting an alluvial aquifer. It is observed that the development and the distribution of the chlorinated solvent vapor plume are strongly influenced by the temperature, density-induced advection and mass flux towards the atmosphere. This pollution by the vapor can cause a significant contamination of the water table by vertical dispersion through the capillary fringe, and a more intense contamination by vapor leaching with flux of several tens times more significant.

Validation of multiphase model SIMUSCOPP on the basis of the results of these experiments allowed, on one hand, to test the model under which condition it is capable of reproducing the observed concentrations and, on the other hand, to show the potentials as well as the limits of numerical modeling.

Keywords: porous media, pollution, chlorinated solvents, mass transfer, multiphase numerical model.