HAL
open science

Essais d'imbibition-drainage de solvants chlorés lourds en milieu poreux saturés : mesures et modélisations des effets des soutiens thermiques et chimiques

Stéfan Colombano, Hossein Davarzani, Eric D. van Hullebusch, Ioannis Ignatiadis, David Huguenot, Florence Rouyer, Jacques Deparis

To cite this version:

Stéfan Colombano, Hossein Davarzani, Eric D. van Hullebusch, Ioannis Ignatiadis, David Huguenot, et al.. Essais d'imbibition-drainage de solvants chlorés lourds en milieu poreux saturés : mesures et modélisations des effets des soutiens thermiques et chimiques. JEMP2016: 13èmes Journées d'Etudes des Milieux Poreux, Oct 2016, Anglet, France. 2016. hal-01343469

HAL Id: hal-01343469

https://brgm.hal.science/hal-01343469

Submitted on 8 Jul 2016

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.

Essais d'imbibition-drainage de solvants chlorés lourds en milieu poreux saturés : mesures et modélisations des effets des soutiens thermiques et chimiques

S. Colombano[a], H. Davarzani[a], E. van Hullebusch[b], I. Ignatiadis[a], D. Huguenot[b], D. Guyonnet[a], F. Rouyer[c], J. Deparis[a]

[a] *BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans cedex 2, France*

[b] *Laboratoire Géomatériaux et Environnement, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Institut Francilien des Sciences Appliquées, Bât. IFI 5, Boulevard Descartes, Champs sur Marne, 77 454 Marne La Vallée,France*

[c] *Laboratoire Navier, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, 5, Boulevard Descartes, Champs sur Marne, 77 454 Marne La Vallée, France*

Mots clés: imbibition, drainage, courbe de rétention, DNAPL, remédiation, récupération assistée

1 Introduction

La récupération de solvants chlorés sous forme de produit pur est principalement basée sur les techniques de pompage [1]. Pour autant, cette technique est lente et ne permet pas de traiter de manière significative les solvants chlorés sous forme de produit pur ainsi que les relargages associés. Une étude réalisée par McGuire et al. (2006) [2] a comparé, sur 59 sites pollués aux COHV aux Etats-Unis, les durées de traitement et les rendements épuratoires de certaines techniques de dépollution dans les nappes ; les durées moyennes de traitements par pompage/traitement classique sont de l'ordre de 50 ans avec un rendement épuratoire (en relargage) d'environ 50 % au bout de 20 ans.

Des techniques plus novatrices relatives à cette problématique émergent actuellement. Elles concernent la réduction chimique (ou biologique) *in situ*, la désorption thermique *in situ* et le lavage avec tensioactifs. L'étude de McGuire et al. (2006) présente également les rendements épuratoires moyens de ces techniques : i) technique de destruction par réduction biologique (95 %) ; ii) technique d'extraction (désorption thermique : 97 %, surfactant et co-solvant : 95 %). De plus, les périodes de traitement sont notablement plus courtes que pour le pompage /traitement classique (de 2 mois à 21 mois).

La présente études'intéresse à la compréhension des effets bénéfiques des soutiens thermiques et chimiques sur la récupération d'unDNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid) composé d'hexachlorobutadiène (55 %), hexachloroéthane (14%), perchloroéthylène (8%), tétrachlorure de carbone (4%), trichloroéthylène (2%), hexachlorobenzène (1%), autres (16%).

L'étude est scindée en troisparties : i. essais d'imbibition-drainage dans une petitecolonne, ii. expériences sur une colonne 1D et, iii. essaisde pompage en bac 2D.

Les premiers résultats des travaux relatifs aux essais d'imbibition-drainage (ainsi qu'aux caractérisations rhéologiques du DNAPL) seront présentés. Les résultats ont été confrontés à une modalisation multiphasique en milieu poreux à l'aide de COMSOL Multiphysics®.

2 Expérimentation

Les essais d'imbibition-drainage ont été réalisés sur des billes de verre de différents diamètres (0,1 ; 0,1-0,2 ; 0,5 et 1 mm) ainsi que sur le sol du site pollué.Ils ont été, dans un premier temps, réalisés sur unepetite colonne (diamètre : 5,6 cm ; hauteur : 5,6 cm)dans le but de déterminer les courbes de rétention du système diphasique (DNAPL-eau).

Les essais sur lapetite colonne ontété réalisés à différentes températures entre 20 °C et 45 °C et avec différents ajouts de tensioactifs (SDBS, Triton x-100, Aerosol MA-80, Tween 80) à différents pourcentages de leur Concentration Micellaire Critique (CMC).

3 Résultats et interprétation

L'augmentation de la température de 10 à 45 °C permet de diminuer la viscosité dynamique du DNAPL (respectivement de 0.0055 à 0.0028 Pa.s) et a une influence limitée sur la tension interfaciale (12 mN/m) et les angles de contact (70 °).L'ajout des différents additifs permet de diminuer les tensions interfaciales (de 12 mN/m à 1 mN/m dépendamment des surfactants et des concentrations).

Les courbes de rétention du système diphasique (DNAPL-eau) obtenus avec les essais sur lapetite colonne ont été comparés à différents modèles analytiques: van Genuchten – Mualem (VGM), Lognormal distribution – Mualem (LDM), Brutsaert – Burdine (BRB) etGardner – Mualem (GDM) [3]. La comparaison des résultats avec ces modèles, via la méthode des moindres carrés, a permis de mettre en lumière que le meilleur calage était obtenu avec les modèles VGM et BRB (SSE <0,0076).

Les résultats de courbes de rétention sont présentés en figure 1(représentation de la pression capillaire (P_c=P_{nw}-P_w) en fonction de la saturation en eau (S_w)).

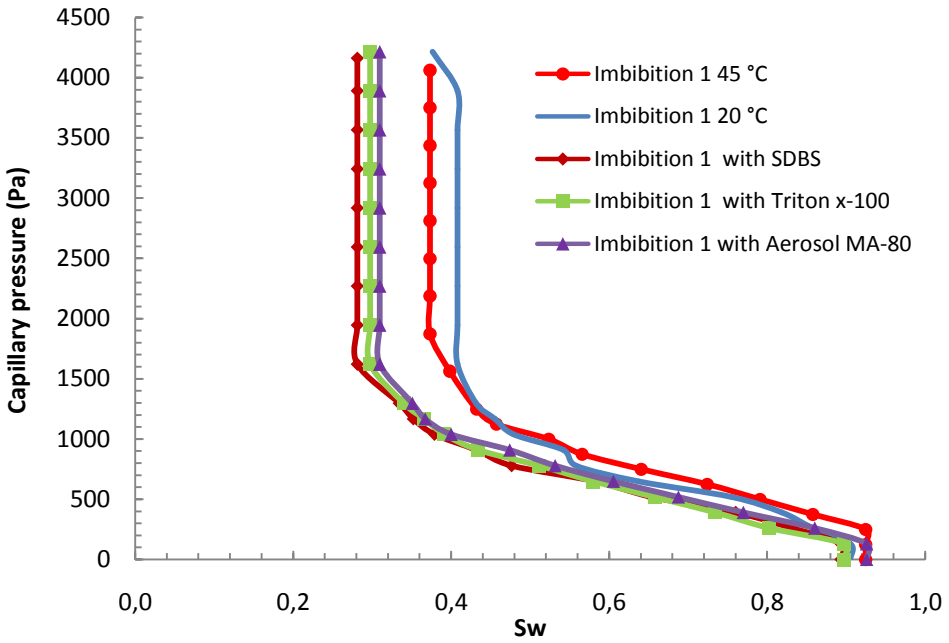

Figure 1: Effet des ajouts des tensioactifs et de l'augmentation de la température sur les courbes de rétention (billes de verre)

Ces résultats montrent que : i. la saturation résiduelle de DNAPL diminue d'environ 30% avec une augmentation de température de 10 à 45 °C. ; ii. l'ajout de tensioactifs permet de diminuer globalement la saturation irréductible en eau de 25% (ce qui montre que les tensioactifs peuvent, à pression constante, augmenter la mobilité des DNAPL) ; iii. l'Aerosol MA-80 peut aussi diminuer la saturation résiduelle de DNAPL de 24%.

Des hypothèses relatives aux changements d'échelleentre la petite colonne et la colonne 1D seront exposées ainsi que les résultats de comparaison des mesures et des simulations numériques.

Références

[1] ADEME et Ernst & Young, Taux d'utilisation et couts des différentes techniques et filière de traitement des sols et des eaux souterraines polluées en France, Synthèse des données 2010, 114 p. (2012).

[2] McGuire T.M., Mc Dade J.M. et Newell C.J., Performance of DNAPL Source Depletion Technologies at 59 chlorinated-Solvent-Impact Sites, Ground water Monitoring and Remediation, 26(1):73-84 (2006).

[3] Chen, Z., Huan, G. et Yuanle Ma.., Computational methods for multiphase flows in porous media, number ISBN: 978-0-898716-06-1, society for industrial and applied mathematics edn. 531 p. (2006).