



**HAL**  
open science

## Modélisation de l'injection des mousses en milieu poreux : application aux traitements des sols pollués

Hossein Davarzani, Njike Nteuga Sylvain, Stéfan Colombano, Antoine Joubert, Nicolas Fatin-Rouge, David Cazaux

### ► To cite this version:

Hossein Davarzani, Njike Nteuga Sylvain, Stéfan Colombano, Antoine Joubert, Nicolas Fatin-Rouge, et al.. Modélisation de l'injection des mousses en milieu poreux : application aux traitements des sols pollués. 12èmes Journées d'Études des Milieux Poreux 2014, Oct 2014, Toulouse, France. hal-01065965

**HAL Id: hal-01065965**

**<https://brgm.hal.science/hal-01065965>**

Submitted on 18 Sep 2014

**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.

# Modélisation de l'injection des mousses en milieu poreux : application aux traitements des sols pollués

Hossein Davarzani \*<sup>1</sup>, Sylvain Nteuga Njike <sup>1</sup>, Stéfan Colombano<sup>1</sup>, Antoine Joubert<sup>2</sup>,  
Nicolas Fatin-Rouge<sup>3</sup>, David Cazaux<sup>4</sup>

<sup>1</sup> BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2.

<sup>2</sup> SERPOL, 2 chemin du Génie, BP 80, 69633 Vénissieux Cedex.

<sup>3</sup> Institut UTINAM - UMR CNRS 6213, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex.

<sup>4</sup> SOLVAY ELECTROLYSE France, 1 Avenue de la République, 39501 Tavaux Cedex.

\* H.Davarzani@brgm.fr

*MOTS-CLÉS : mousse, modélisation, dépollution.*

## 1. INTRODUCTION

L'injection de mousses représente une alternative innovante et de grand intérêt pour la remédiation in situ des sols pollués. Les avantages potentiels de l'utilisation des mousses par rapport à l'injection classique de tensioactifs comprennent un meilleur contrôle du volume de fluide injecté, une meilleure homogénéité de contact polluants/tensioactifs, et de facto une meilleure capacité à dissoudre et désorber les polluants. La mousse peut également servir à vectoriser les nutriments dans le cas de bioremédiation. Par ailleurs, les mousses améliorent l'efficacité du transport de tensioactifs, même dans un milieu poreux hétérogène, entraînant ainsi une hausse des rendements épuratoires (Jeong et al., 2000). Il a même été constaté que l'injection de mousses est plus efficace que l'injection classique de tensioactifs, sur la base du poids de contaminants enlevés par gramme de tensioactifs utilisés (Tanzil et al, 2002).

Plusieurs mécanismes rendent difficile la compréhension des phénomènes de transport de la mousse en milieu poreux, notamment le nombre de bulles qui gouverne les caractéristiques de l'écoulement telle que la viscosité, la perméabilité relative, la distribution de fluide, et les interactions entre les fluides. Notre étude est axée sur la modélisation des processus de remédiation par injection des mousses en vue de mieux comprendre les différentes interactions mousses/polluants en milieu poreux. Dans cette étude, l'injection de mousse a été également comparée avec l'injection classique d'air (par air sparging).

## 2. MODELE MATHEMATIQUE ET SIMULATION

Les équations de Darcy généralisées ont été utilisées pour calculer la vitesse d'écoulement des phases (mousse/eau) en milieu poreux. Dans cette étude, la source de polluants a été considérée comme étant immobile et infinie. Le bilan massique de polluants dissous dans la solution et en équilibre avec sa phase vapeur exprime le transfert de polluants par diffusion et advection. Le modèle de Van Genuchten a été utilisé pour relier la pression capillaire à la saturation. Toutefois, la courbe de

rétenion a été tracée pour l'écoulement mousse/eau à partir de la courbe de rétenion pour le cas air/eau en intégrant le facteur de ratio de tension interfaciale.

Les simulations numériques ont été réalisées sur une colonne remplie avec du sable fin et initialement saturée en eau. Une partie des sols, en bas de la colonne, a été considéré comme étant polluée par du DNAPL. Afin de dépolluer le sol, les mousses qui contiennent des tensioactifs et de l'eau (10% volumique) et de l'air (90% volumique) sont injectées à une vitesse de 0.033 m/s, en bas au centre de la colonne. La modélisation numérique des écoulements multiphasiques et de transfert de polluants a été faite en utilisant Comsol Multiphysics®.

### 3. RESULTATS

L'efficacité de l'injection de la mousse a été comparée avec la méthode classique d'injection d'air en zone saturée (Figure 1). Les résultats de simulations montrent un front de propagation verticale et latérale plus importante pour la mousse (Figure 1a). Cette large différence de propagation latérale vient de la différence entre la mobilité de la mousse et de l'air ainsi que de la différence entre la force capillaire qui existe au niveau des interfaces air/eau et mousse/eau. Par ailleurs, la concentration en polluants des gaz en sortie de colonne est beaucoup plus élevée pour l'injection de mousses (vs l'injection d'air). Ce phénomène est dû à l'augmentation de la solubilité des polluants dans la solution de mousses (Figure 1b).

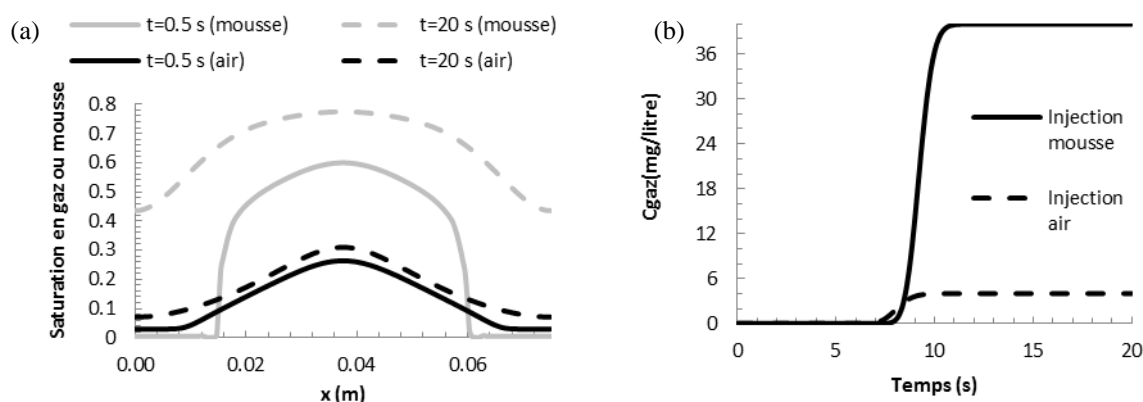


Figure 1: Comparaisons de l'injection des mousses et de l'air (a) front de propagation (b) concentration de vapeur de polluant récupérée en surface

Pour valider ces résultats théoriques, un essai en laboratoire d'injection des mousses est en cours de réalisation. Les futurs travaux de modélisation intégreront le bilan de dénombrement de bulles et la variation de la viscosité en fonction de vitesse d'injection et de la concentration de tensioactifs.

### 4. REFERENCES

- 1- Jeong S.W., Corapcioglu M.Y., Roosevelt S.E., *Micromodel Study of Surfactant Foam Remediation of Residual Trichloroethylene*, Environ. Sci. Technol, 34, 3456–3461 (2000).
- 2- Tanzil D., Hirasaki G.J., Miller C.A., *Mobility of Foam in Heterogeneous Porous Media: Flow Parallel and Perpendicular to Stratification*, Soc. Petrol. Eng. J. 7:203–212 (2002).