



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 10499

<p><b>To cite this version</b> : Lefort, Philippe and Prat, Marc and Talandier, Jean Drainage hyperlent. (2012) In: Colloque TRANSFERT 2012, 20 March 2012 - 22 March 2012 (Lille, France).</p>
---

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# DRAINAGE HYPERLENT

P. LEFORT<sup>a,b</sup>, M.PRAT<sup>a,b</sup>, J.TALANDIER<sup>c</sup>

*a. Université de Toulouse, INPT, UPS, IMFT, Avenue Camille Soula, 31400 Toulouse*

*b. CNRS ;IMFT 31400 Toulouse*

*c. ANDRA, 1-7, rue Jean Monnet 92298 Chatenay-Malabry*

**Mots clefs:** Drainage, percolation d'invasion, réseau de pores

## 1) Introduction

L'étude présentée ici est développée en liaison avec le problème du stockage profond des déchets nucléaires. En raison notamment de mécanismes de corrosion, on s'attend à la formation d'une quantité importante d'hydrogène au sein du stockage. La roche-hôte, étant resaturée par l'eau quand intervient cette production d'hydrogène, l'hydrogène est susceptible de pénétrer dans l'espace des pores en phase gaz en déplaçant l'eau présente dans les pores. Ce déplacement gaz-liquide se distingue des déplacements usuels en raison de son caractère très lent (qui est lié au taux de production très faible du gaz). On s'attend ainsi à une très faible désaturation de la roche hôte. Ceci rend le calcul de ce déplacement à partir du modèle diphasique classique basé sur les équations de Darcy généralisées difficile du fait du comportement particulier (voisinage d'un seuil de percolation) des paramètres phénoménologiques (courbe de rétention et perméabilité relative au gaz) dans la gamme des très grandes saturations. Par ailleurs, le fluide injecté étant beaucoup moins visqueux que le fluide déplacé (de l'eau), la question de la stabilité de l'écoulement se pose, l'apparition d'éventuelles digitations visqueuses pouvant remettre en cause l'utilisation du modèle biphasique classique. Cette question est étudiée dans le cadre de la théorie du drainage, cf. [1], qui indique que le déplacement est de type IPSCG (percolation d'invasion dans un gradient stabilisant) et donc compatible avec le modèle diphasique classique. L'étude peut alors se focaliser sur l'étude de la courbe de rétention et des perméabilités relatives.

## 2) Principe de l'étude

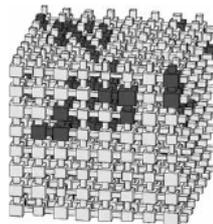


FIG.1 - Le milieu poreux modèle : un réseau de pore cubique

Pour évaluer les performances du modèle diphasique, le principe de l'étude est de calculer des solutions de référence à partir de simulations sur réseau de pores et de comparer ces solutions aux prédictions du modèle diphasique classique. Les paramètres du modèle diphasique (perméabilité, perméabilité relative, courbe de rétention en drainage) sont également calculés et étudiés à partir de simulations sur réseau de pores. On considère pour cela un réseau cubique simple. Un repère cartésien étant choisi, on dispose  $N_x$  (resp.  $N_y$ ,  $N_z$ ) sites régulièrement suivant la direction  $x$  (resp. les directions  $y$  et  $z$ ). La taille du réseau est alors  $N_x \times N_y \times N_z$ . Les pores (sites) sont des cubes de côté  $d_p$  distribués aléatoirement et les liens des tubes à section carrée eux aussi distribués aléatoirement.

### 3) Comparaison réseau de pores - modèle continu

L'influence de la courbe de rétention peut être étudiée indépendamment de celle de la perméabilité relative en considérant un écoulement à gradient constant (déplacement hydrostatique dans le champ de la gravité, de l'air injecté par le haut déplaçant de l'eau par exemple). Cette étude est présentée en détail dans [1]. Le résultat principal est qu'il est essentiel de caractériser soigneusement le comportement de la courbe de pression capillaire au voisinage de la percée (seuil de percolation) pour obtenir des prédictions fiables à partir du modèle diphasique classique. L'écart avec la solution de référence déduite de la simulation sur réseau de pore du déplacement peut devenir rapidement très grand dans le cas contraire.

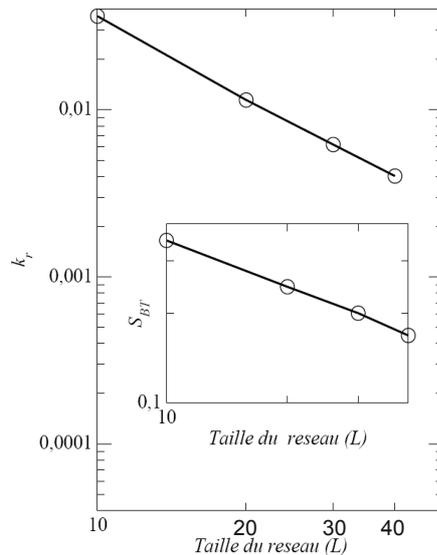


FIG 2. Evolution en loi puissance de la perméabilité relative au gaz à la percée et de la saturation à la percée ( $S_{BT}$ ) en fonction de la la taille du réseau.

Comme cela est attendu dans le cadre de la théorie de la percolation, [2], l'étude de la perméabilité relative du fluide non-mouillant (l'hydrogène dans le problème du stockage) montre qu'il n'existe pas de VER (Volume Élémentaire Représentatif) à la percée (cf; Fig.1) ainsi qu'au voisinage de la percée.

Il est à noter que ces calculs de  $k_r$  sont effectués dans une limite quasi-statique (succession d'équilibres capillaires, effets visqueux complètement négligés). Expérimentalement, cet effet d'échelle est difficilement observable dans un matériau comme l'argilite en raison des effets visqueux liés à la taille des échantillons et la durée nécessairement limitée des expériences (sans parler d'autres phénomènes éventuels liés par exemple à des interactions écoulement / déformations à l'échelle du réseau de pores). Ceci sera illustré et discuté à partir de calculs de  $k_r$  à la percée à nombre capillaire fini.

Les effets visqueux imposent une longueur de coupure dans la dépendance d'échelle. Ceci oriente la sélection (parmi l'infinité de courbes obtenues dans la limite quasi-statique en faisant varier la taille du réseau) de la courbe de  $k_r$  la mieux adaptée à la simulation de l'écoulement. Cet aspect sera illustré à travers une comparaison entre la solution basée sur le modèle diphasique classique et la solution de référence obtenue par simulation sur réseau de pores pour le cas d'un écoulement IPSG capillaro-visqueux.

### Références

- [1] Sarrot V., Prat M., Hyperslow drainage in a porous medium. Influence of retention curve. *Advances in Water Resources*, 33, 987–996, 2010.
- [2] Stauffer D., Aharony A., *Introduction to percolation theory*. Taylor & Francis, London, 1992.