

## FOCUS

# l'étude Migration primaire d'hydrocarbures

Expulsion naturelle d'hydrocarbures des roches mères (2008-2012)

François RENARD

## CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Une question scientifique préoccupe les chercheurs depuis plus d'un demi-siècle : comment les roches mères imperméables, qui produisent des hydrocarbures, les laissent-elles migrer vers des réservoirs ?

Ce problème a été abordé d'une façon novatrice, en recréant en laboratoire le processus de mûrissement des hydrocarbures dans les couches géologiques et en étudiant la migration des fluides grâce à des technologies d'imagerie développées dans l'un des plus importants synchrotrons du monde, l'ESRF de Grenoble.

## POSITIONNEMENT AU REGARD DE LA RECHERCHE RHÔNALPINE ET FRANÇAISE

Cette étude a utilisé des techniques d'imagerie par tomographie aux rayons X, pionnières car utilisant le 4D. Elle a eu un impact international et connu diverses publications (notamment aux USA, où elle a inspiré une série d'études consacrées aux hydrocarbures).

## ILLUSTRATION

Le mûrissement naturel des hydrocarbures s'effectue par enfouissement des roches et par maturation à plusieurs kilomètres de profondeur, sous l'effet de la pression et de la température. Dans la nature, ce processus dure plusieurs millions d'années. Deux doctorants ont reproduit ce processus en laboratoire, par un chauffage à 350°C produisant les mêmes effets que le phénomène naturel en 48 heures seulement. Sur un échantillon de roche mère d'épaisseur millimétrique, contenant 10% de matière organique, ils ont observé le mûrissement des hydrocarbures et l'évolution interne de la roche grâce au tomographe du synchrotron de Grenoble et à des images 3D d'une extrême précision (avec une taille de pixels de 5  $\mu\text{m}$ ). La principale originalité de l'étude est d'avoir suivi ce mûrissement dans le temps.

### STATUT

Professeur des universités à l'Université Joseph Fourier de Grenoble et professeur associé à l'université d'Oslo (Norvège)

### DISCIPLINES

Sciences de la Terre

### FONCTIONS

- Directeur adjoint d'Environalp
- Responsable du laboratoire « Mécanique des failles » à l'ISTERRE

### AUTRES MISSIONS ET RESPONSABILITÉS

- Expert scientifique pour l'alliance ANCRE (Alliance nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie)
- Administrateur de l'Université Joseph Fourier de Grenoble
- Éditeur associé du Journal of geophysical research

### PRÉSENTATION DU LABORATOIRE ET DE L'ÉQUIPE

L'ISTERRE (ou Institut des Sciences de la Terre) est placée sous la tutelle des universités Joseph Fourier et de Savoie, du CNRS, de l'IRD et de l'IFSTTAR. Il regroupe environ 250 personnes, dont 100 chercheurs, 50 ingénieurs et techniciens, 100 doctorants et post-docs.

L'équipe « Mécanique des failles » regroupe 25 personnes dont 12 chercheurs. Elle se consacre à une meilleure compréhension des processus à l'origine des séismes, des glissements de terrain ainsi qu'aux impacts environnementaux de l'exploitation des réservoirs géologiques souterrains (contenant des hydrocarbures, du CO<sub>2</sub> ou des déchets nucléaires).

### POSITIONNEMENT VIS-À-VIS DE LA THÉMATIQUE SANTÉ-ENVIRONNEMENT

ISTERRE est impliqué sur plusieurs thématiques :

- les impacts environnementaux des gaz de schistes
- la géochimie, à travers l'étude des effets des nanoparticules minérales sur la santé
- la pollution des eaux et des sols par les métaux lourds



## BIBLIOGRAPHIE À CONSULTER

- Kobchenko, M., Panahi, H., Renard, F., Dysthe, D. K., Malthe-Sørenssen, A., Mazzini, A., Scheibert, J., Jamtveit, B., and Meakin P. (2011) 4D imaging of fracturing in organic-rich shales during heating, *Journal of Geophysical Research*, 116, B12201, doi:10.1029/2011JB008565
- Meakin, P., Huang, H., Malthe-Sørenssen, A. and Thøgersen, K. 2013, Shale gas: Opportunities and challenges, *Environmental Geosciences*, 20, 151–164.
- Panahi, H., Kobchenko, M., Renard, F., Mazzini, A., Scheibert, J., Dysthe, D. K., Jamtveit, B., and Meakin P. (2013) 4D X-ray tomography imaging of hydrocarbon escape pathway formation in heated organic-rich shales : a proxy for primary migration ?, *SPE Journal*, SPE162939, 366-377.
- Spencer, T., Sartor, O., Mathieu, M., 2014, Unconventional wisdom: an economic analysis of US shale gas and implications for the EU, *Etude de l'IDDRI/Sciences Po.*

### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Il a été observé qu'au cours de son mûrissement, l'hydrocarbure fluide s'échappe en créant son propre chemin, par autofracturation hydraulique de la roche mère.

Toutefois, ce phénomène n'a été observé que sur un échantillon d'épaisseur millimétrique. Il reste à vérifier que sur une épaisseur de roche correspondant à la réalité de terrain (de l'ordre du mètre), les fissures créées par le chauffage des hydrocarbures se connectent les unes aux autres en trois dimensions pour frayer véritablement un canal de sortie.

### QUELLE UTILISATION CONCRÈTE PAR LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ?

La compagnie pétrolière Shell a entamé une réflexion depuis 2005, dans le cadre d'un projet intitulé « Mahogany » : l'idée serait de chauffer la roche in situ, en profondeur, pour faire mûrir les hydrocarbures et favoriser le processus naturel d'autofracturation de la roche mère, et d'exploiter ensuite les huiles ainsi produites.

### PISTES D'AVENIR

Pour les pays qui ont décidé d'exploiter les hydrocarbures conventionnels ou non-conventionnels (gaz et huiles de schistes), une priorité est d'assurer à l'avenir la sécurité environnementale des exploitations. Il faut pour cela mieux comprendre le mécanisme de fracturation des roches afin d'éviter les fuites de gaz et analyser l'incidence des fractures existantes sur les techniques de fracturation hydraulique utilisées pour l'exploitation.

Dans ce but, il pourrait être intéressant de prolonger cette étude en recréant toutes les conditions rencontrées in situ en profondeur lors du processus de mûrissement et de migration des hydrocarbures, en associant chauffage et mise en pression (équivalente à 3 ou 4 km d'enfouissement). Une autre piste pourrait être d'augmenter l'épaisseur de l'échantillon de roche mère, soit par une étude in situ, soit par simulation numérique.