



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2014

TITRE du SUJET : Contribution des isotopes stables et des gaz rares à la compréhension des origines multiples des fluides pétroliers des bassins sédimentaires brésiliens

Directeur : **MOREIRA, Manuel, Pr, moreira@ipgp.fr**

Co-encadrant : **ROUCHON, Virgile, DR, virgile.rouchon@ifpen.fr**

Equipe d'accueil : **IPGP- Géochimie et Cosmochimie – UMR7154
IFP Energies nouvelles- Dept. Géochimie-Petrophysique**

Financement : **Allocation de recherche IFP Energies nouvelles**

Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

La compréhension de l'origine des fluides et de leurs modes de migration (changements de phase, advection/diffusion, interactions polyphasiques, rôle des aquifères) dans les systèmes pétroliers et gaziers sont des préoccupations fondamentales pour améliorer les taux de succès en exploration. Plus particulièrement, les coût associés à la production de champs riches en gaz non-hydrocarbures (CO₂, N₂) nous incitent à améliorer la compréhension de leurs origines dans les systèmes pétroliers, afin de mieux appréhender leur distribution dans les phases exploratoires.

L'étude compositionnelle des gaz ainsi que de l'isotopie des espèces majeures (carbone et hydrogène) est aujourd'hui un outil de compréhension des système utilisé à l'échelle industrielle. Ces informations permettent de caractériser la maturité d'un système pétrolier (Prinzhofer et Battani, 2003), d'identifier la contribution de gaz bactériens (Whiticar, 1999), ainsi que de discriminer les origines organiques et inorganiques du CO₂ (Fleet et al., 1998). En revanche, ce type d'étude n'apporte une information que très partielle sur les gaz non-hydrocarbures, et sur la migration des fluides. Des méthodes de traçage complémentaires par les gaz rares sont développées dans le monde académiques afin de combler ce manque.

Les gaz rares (He, Ne, Ar, Kr, Xe) sont présents en traces dans tout fluide, qu'il soit naturel ou anthropogénique. Présents à l'état naturel uniquement sous forme de molécules monoatomiques inertes, les gaz rares sont les traceurs idéaux des phénomènes physiques de transport. Par ailleurs, leur répartition élémentaire et isotopique dans les différents réservoirs naturels terrestres (manteau, croûte, hydrosphère) en font les traceurs les plus discriminants de ces réservoirs dans des fluides aux origines complexes.

La complémentarité des gaz rares avec d'autres critères géochimiques tels que la composition moléculaire majeure (hydrocarbures, CO₂, N₂, O₂, H₂, H₂S) et les rapports isotopiques des éléments majeurs ($\delta^{13}\text{C}$, δD , $\delta^{15}\text{N}$) permet de dégager une information très riche à partir d'échantillons de gaz naturel.

Aujourd'hui, l'utilisation de ces traceurs a atteint une certaine maturité. Les pôles géochimiques utilisés dans les lois de mélange, les fractionnements élémentaires et isotopiques associés aux équilibres de phase, ainsi que les fractionnements diffusifs sont aujourd'hui bien connus (e.g. Porcelli et al., 2002). Cependant, il reste encore des travaux à mener pour pouvoir discriminer de manière quantitative les processus entre eux. Ceci implique de faire des efforts sur les méthodes de prélèvement et d'analyse, sur le traitement des résultats et leur interprétation dans le contexte géologique du bassin. De plus, l'acquisition d'un grand nombre de données requiert l'emploi d'outils statistiques afin de pouvoir en extraire une typologie, souvent mal contrainte du fait de la dispersion intrinsèque des données géochimiques (le classique « nuage de points » du géochimiste). L'objectif de cette thèse est donc de faire des progrès vers une utilisation plus quantitative des traceurs géochimiques pour construire des modèles de bassin mieux contraint. Il s'agira également d'inclure dans ces travaux un volet incertitudes sur la part de chaque processus.

Le territoire brésilien dispose de bassins sédimentaires variés, depuis les bassins Paléozoïques de Solimoes et Sao Francisco jusqu'aux bassins Méso-Cénozoïques de la marge passive de l'océan Atlantique. Ces bassins opérés par PETROBRAS présentent des âges et des contextes géodynamiques très différents et sont riches en champs d'hydrocarbures. L'accès à l'échantillonnage de ces champs permet l'étude de systèmes pétroliers ayant enregistrés des processus géologiques divers. Le travail du thésard sera constitué pour partie de l'exploitation des données existantes (plus de 200 analyses) afin d'en extraire des informations plus poussées sur l'origine des fluides. Ce travail d'interprétation fera suite à l'élaboration d'outils de calcul (mélange, fractionnements élémentaires et isotopiques) et de la structuration d'un schéma logique d'interprétation. Les nouvelles données géochimiques acquises au cours de la thèse sur les bassins pétroliers brésiliens permettront d'alimenter l'architecture d'interprétation créée. Aussi, un travail particulier sera porté sur l'analyse isotopique du Xe afin d'apporter des informations complémentaires essentielles sur les pôles mantelliques et crustaux des fluides des différents bassins.

Ce travail de thèse se conclura par une caractérisation approfondie des sources et de la migration des fluides hydrocarbures et non-hydrocarbure de plusieurs bassins de la marge Atlantique Sud brésilienne.

Programme de travail

- Bilan bibliographique des connaissances actuelles
- Développement d'une architecture de calcul associée à la base de donnée, permettant d'opérer un traitement intégré de toutes les analyses et de définir des schémas interprétatif
- Acquisition de nouvelles données sur des échantillons de nouveaux puits (à minima une centaine)
- Campagne d'analyse des isotopes du Xe et de l'azote sur une sélection d'échantillons présentant des excès d'azote ou des fortes proportions d'He mantellique (IPGP)
- Etude approfondie des sources et processus de migrations des fluides des bassins de l'offshore sud brésilien.

Prinzhofer, A. and Battani, A, 2003. Gas Isotopes Tracing: an Important Tool for Hydrocarbons Exploration. Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 58, No. 2, pp. 299-311

Whiticar, M., 1999. Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane. Chemical Geology 161, 291–314

A. J. Fleet, H. Wycherley, H. Shaw, 1998. Large volumes of carbon dioxide in sedimentary basins. Mineralogical Magazine, volume 62a, 460-461.

D. P. Porcelli, C. J. Ballentine, and R. Wieler, 2003. An Overview of Noble Gas Geochemistry and Cosmochemistry. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, v. 47, 1-19.