
Etude expérimentale du transport de gaz dans les roches silico clastiques et effet Klinkenberg

Didier Loggia*¹, Nathan Lavauzelle*², Marja Siitari-Kauppi*³, Paul Sardini*², Juuso Sammaljärvi*⁴, Daniel Beaufort*², Ana Laura Rainoldi*⁵, and D. Minisini*⁶

¹Géosciences Montpellier – Université Montpellier - CNRS – France

²IC2MP Poitiers – Université de Poitiers – France

³University of Helsinki – Finlande

⁴University of Helsinki – Finlande

⁵Universidad Nacional del Sur - UNS Argentina – Argentine

⁶ExxonMobil, Texas, USA – États-Unis

Résumé

Les mesures de perméabilité en laboratoire permettent d'estimer les hétérogénéités et la qualité des réservoirs ou des roches couvertures. Pour les roches très peu perméables, les perméabilités peuvent être mesurées avec des gaz plutôt qu'avec de l'eau, cela rend les expériences plus rapides et peut limiter les interactions entre le fluide et la roche. Cependant, lorsque les pressions de gaz sont faibles ou que les roches sont très peu perméables, les perméabilités obtenues doivent être corrigées, car elles sont surestimées à cause de l'effet Klinkenberg. Ce phénomène bien connu est alors accentué car dans ces 2 cas, le libre parcours moyen des molécules de gaz (l) devient du même ordre de grandeur ou plus élevé que la taille des pores (R), ajoutant au gaz une composante de glissement moléculaire. Cet effet est particulièrement important dans les roches à faible perméabilité, et devient critique lors de la déplétion du gaz dans un réservoir peu perméable.

Nous présentons ici des mesures expérimentales de perméabilité au gaz pour une série de roches silico-clastiques, des grès et de siltites fortement cimentées du réservoir tight gas de Lajas (Argentine). Les perméabilités obtenues varient sur 9 ordres de grandeur (de $1E-12$ à $1E-21$ m^2), avec des tailles de pores variant sur 5 ordres de grandeur (de $1E2$ μm à $1E-3$ μm). Cette large gamme de paramètres permet d'explorer les 4 régimes d'écoulements bien connus qui sont délimités par les valeurs du nombre adimensionné de Knudsen $Kn = l/R$ (écoulement moléculaire $Kn > 10$, transitoire $0.1 < Kn < 10$, régime de glissement $0.001 < Kn < 0.1$, puis régime d'écoulement continu Darcéen $Kn < 0.001$).

Les résultats de perméabilités sont étudiés en fonction de la pression du gaz et de la taille des pores, par le biais de 2 modèles théoriques : (1) l'équation de Klinkenberg, (2) le modèle de Hagen-Poiseuille (modifié par Beskok and Karniadakis, 1999). Notre étude montre que les 2 modèles suffisent amplement pour interpréter nos mesures. Les résultats sont reportés sur un digramme de perméabilité avec les frontières délimitant les 4 régimes d'écoulement.

Mots-Clés: perméabilité, Klinkenberg, roches sédimentaires, Knudsen

*Intervenant