

4/ 15h05 : Signal RMN dans les carbonates: exemple du forage Andra de Montiers-sur-Saulx

Benjamin BRIGAUD, Université Paris Sud - Orsay

Benjamin Brigaud¹, Benoît Vincent², Philippe Landrein³

¹ - Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Géosciences Paris-Sud, Bât. 504, 91405 Orsay, France

² - Cambridge Carbonates Ltd, 1 rue de Varoux 21120 Marey-sur-Tille, France

³ - Andra, Route Départementale 960, 55290 Bure, France

benjamin.brigaud@u-psud.fr

Abstract

Des mesures en résonance magnétique nucléaire (RMN) sur carottes et en diagraphie ont été réalisées dans les carbonates du Jurassique moyen et supérieur du forage profond de Montiers-sur-Saulx, s'inscrivant dans le cadre des recherches menées par l'ANDRA dans l'Est du Bassin de Paris. Un premier objectif a été de calibrer le signal RMN diagraphique sur ce puits afin de l'utiliser pour une modélisation des aquifères à partir de 26 puits, dont 12 possèdent une diagraphie de type « Combinable Magnetic Resonance (CMR) ». Environ 250 mesures de porosité hélium, porosités à l'air, et une dizaine de porosités mercures « Mercury Injection Capillary Pressure (MICP) » ont également été réalisées le long des 230 m de calcaires dans ce forage. Ces 250 échantillons ont également été observés en lames minces afin de déterminer leur microfaciès et type de pores.

Malgré les faibles porosités et perméabilités générales des calcaires étudiés, deux aquifères dont les porosités dépassent 15% ont été identifiés. Ces deux aquifères sont très différents en terme de caractéristiques faciologiques et pétrophysiques. Le premier aquifère (A1: aquifère 1) est une unité de calcaire à texture mudstone de 7 m d'épaisseur. A l'échelle de l'échantillon de carotte, les perméabilités de cet aquifère sont relativement faibles (environ 1 mD) et le signal RMN est unimodal avec un mode de T2 inférieur à 100 ms. Dans ce premier aquifère, l'espace poreux est dominé par une microporosité élargie avec des tailles d'entrée de pores ayant un rayon de 0,25 µm à 0,3 µm. Le second aquifère (A2: aquifère 2) forme une unité de calcaires grainstone oolitiques d'environ 15 m d'épaisseur. A l'échelle de l'échantillon, des macropores intergranulaires peuvent atteindre une taille de 100 µm, avec des tailles d'entrée de pores ayant un rayon 32 µm. Le signal RMN est bimodal avec deux modes de T2 respectivement à 700 ms et sous 100 ms, et une perméabilité atteignant presque 1 Darcy.

Malgré ces différences très significatives, les premiers calculs de perméabilités réalisés par l'opérateur, fondés sur le signal des logs RMN montraient des valeurs très proches pour les deux aquifères. Ces perméabilités étaient plutôt bien estimées pour l'aquifère A2, mais très surestimées pour A1. Ceci s'avérait être un problème majeur dans la mesure où la grande partie des niveaux aquifères dans les carbonates Jurassiques sont microporeux.

Suivant des travaux récents démontrant une possible optimisation des paramètres de calculs de l'équation KSDR en fonction du type de pore dominant dans les carbonates, de nouveaux calculs ont été réalisés et ont permis de différencier clairement les deux aquifères. Les valeurs de perméabilités calculées pour l'aquifère A1 se rapprochent nettement des valeurs mesurées sur plug, et une extension des paramètres de calculs a été réalisée pour tous les niveaux aquifères microporeux du Jurassique. Dans le détail, la comparaison entre les signaux RMN de laboratoire, avec échantillons saturés à l'eau, et diagraphiques, a permis de mettre en évidence un effet de l'huile utilisée dans la boue de forage sur les distributions de T2. Ce phénomène, déjà connu, entraîne un décalage des modes liés à la microporosité vers des valeurs plus élevées, et inversement un décalage vers des temps plus courts des modes liés à la macroporosité. Par conséquent, une certaine homogénéisation des moyennes logarithmiques de T2 est observée, sans que cela n'interfère de manière significative sur les calculs de perméabilité. Toutefois, pour une meilleure optimisation des calibrations des signaux RMN de forage, il est possible de proposer de réaliser des tests en laboratoire avec des fluides saturants se rapprochant des fluides de forage, ou d'un mélange entre ces fluides et les fluides mouillant les réservoirs. Les descriptions des carottes et l'utilisation des diagraphies sur 26 puits ont permis de construire un modèle géologique 3D habillé en faciès. La calibration très fine des calculs de perméabilités à partir des signaux RMN sur le puits de Montiers-sur-Saulx permet d'estimer de manière optimum la perméabilité sur 12 puits, soit un enregistrement continu de la porosité sur presque 2 km. L'utilisation du logiciel Petrel© permet de distribuer l'hétérogénéité de la porosité et de la perméabilité observées à l'échelle de l'échantillon à celle du réservoir dans le modèle 3D, composé de 109 millions de cellules mesurant 150 m de longueur, 150 m de large et 5 m de hauteur (surface d'environ 2000 km²). Cette modélisation statique optimisée a permis de mieux appréhender le comportement des écoulements mesurés lors de tests hydrogéologiques sur puits.

Mots-Clefs: Carbonate; Pétrographie, Modélisation 3D; Sédimentologie; Diagenèse; RMN