



Société
Géologique
de France

27^e RÉUNION DES 01 au 05 novembre 2021
SCIENCES DE LA TERRE

Centre de Congrès | LYON

www.rst-sgf.fr



Livre des résumés

Abstracts

Co-organisé avec



Soutiens





Rock typing et hétérogénéité de la formation des grès de Roda (Eocène inférieur, Bassin sud pyrénéen) : un analogue de terrain aux réservoirs deltaïques

Adrien Henry ^{*1}, Raphaël Bourillot ¹, Perrine Mas ², Rémy Deschamps ³, Benjamin Brigaud ², Eric Portier ², Bertrand Saint-Bezar ², Hugues Féliès ¹, Philippe Razin ¹

¹ Géoressources et Environnement – Université Bordeaux Montaigne EA4592 – Bordeaux INP, France

² Université Paris-Saclay, GEOPS, CNRS, Orsay, France

³ Institut Français du Pétrole, Energies Nouvelles (IFPEN), France

Les propriétés de porosité et de perméabilité déterminent en grande partie la qualité des réservoirs géothermiques. Il existe un réel risque qu'une opération nouvelle n'obtienne pas une ressource géothermique présentant des caractéristiques de porosité/perméabilité et de température suffisante pour assurer la rentabilité du projet pendant sa durée de vie. Ce risque géologique est en grande partie due à l'hétérogénéité du réservoir et à sa prédiction, ce qui constitue un obstacle au développement futur de la géothermie. La difficulté à prédire les hétérogénéités pousse les géologues à caractériser des analogues de réservoir à l'affleurement. Pour les réservoirs silicoclastiques, l'analogue ciblé est la formation des grès de Roda en Aragon, Espagne. Il s'agit d'une formation deltaïque datée de l'Yprésien, déposée dans le bassin de Tremp-Grauss. Cette formation constitue, de part une qualité d'affleurement exceptionnel et la présence de forages à proximité des affleurements, un excellent analogue aux réservoirs deltaïques. Sa position dans un bassin d'avant pays tectoniquement actif lors de son dépôt fait que cette formation a été particulièrement influencée par les variations du niveau marin et les plis synsédimentaires. Cette formation a été étudiée par Elf et l'IFPEN dans les années 80-90 et notre étude s'appuie sur de nombreuses données existantes.

Les premiers résultats de terrain et sur les carottes ayant traversés la barre Y montrent une vingtaine de faciès, du delta aux barres tidales. Les porosités, perméabilités, vitesses acoustiques et résonance magnétique nucléaire sur environ 300 plugs sont en cours d'acquisition dans le but de proposer des relations faciès-porosité-perméabilité précises. Les données pétrophysiques issues des échantillons sur carottes et de terrain seront comparées afin de discuter le potentiel rôle de la télogénèse, qui constitue un problème souvent difficile à quantifier dans les modèles réservoirs d'affleurement.

Mots-Clés : Rock typing, Analogues, Système deltaïque, Hétérogénéité réservoir, Géothermie profonde



Réalisation d'un modèle photogrammétrique d'affleurement des Grès de Roda (Eocène inférieur, Bassin sud-pyrénéen) pour l'étude des hétérogénéités réservoirs (projet UPGEO)

Perrine Mas ^{*1}, Benjamin Brigaud ¹, Raphaël Bourillot ², Adrien Henry ²,
Rémy Deschamps ³, Éric Portier ¹, Bertrand Saint-Bezar ¹, Hugues Fénies ²,
Philippe Razin ²

¹ Université Paris-Saclay, GEOPS, CNRS, Orsay, France

² Géoressources et Environnement – Bordeaux INP – UBM : EA4592, France

³ Institut Français du Pétrole, Energies Nouvelles (IFPEN), France

L'hétérogénéité des réservoirs à différentes échelles est complexe à prédire, et elle constitue un verrou important dans le cadre du développement de la géothermie profonde, car elle impacte entre autres, la réinjection du fluide géothermal dans les réservoirs. Un des objectifs du projet ANR UPGEO (UPscaling and heat simulations for improving the efficiency of deep GEOthermal energy) est de mieux prédire l'hétérogénéité des réservoirs en termes de géométries sédimentaires, de propriétés pétrophysiques (porosité et perméabilité), et de connectivité du réservoir. Dans cet objectif de prédiction, des analogues aux réservoirs géologiques sont recherchés à l'affleurement pour capturer les hétérogénéités sédimentaires à des échelles décimétriques à kilométriques, ce qui permettra d'améliorer la modélisation des réservoirs en subsurface dans les géomodeleurs.

Le système sédimentaire des Grès de Roda constitue un très bon analogue géologique à certains réservoirs silico-clastiques. Ce système sédimentaire est très riche en données, avec des affleurements continus de grande qualité et des forages carottés (entre 50m et 80m d'épaisseur carottée par forage) très près de ces derniers, à quelques centaines de mètres. Il s'agit d'un système deltaïque développé à l'Yprésien (Eocène inférieur) dans le Bassin de Tresp (sud des Pyrénées), ayant fait l'objet de nombreuses études depuis les années 1980 par des entreprises comme ELF, TOTAL et l'IFPEN ainsi que de nombreuses excursions pour les étudiants et les professionnels du domaine des géosciences. Dans le cadre du projet UPGEO, plusieurs acquisitions photos par drone ont été réalisées pour construire un modèle photogrammétrique d'affleurement. Des coupes acquises sur le terrain ont été replacées dans le modèle et ont aidé à l'interprétation et à la reconstitution 3D des corps sédimentaires.

Les données issues de l'échantillonnage sur le terrain ou des puits carottés ont permis, après analyses pétrophysiques d'établir un rock typing (Henry et al., même session). Celui-ci permettra d'associer des valeurs de porosité et de perméabilité pour chaque faciès identifié sur le terrain ou sur les carottes pour construire un modèle géologique habillé en faciès et propriétés réservoir. L'objectif final du modèle sera de constituer une base pour des simulations d'écoulement et de déterminer l'impact des hétérogénéités sédimentaires dans les systèmes réservoir deltaïques.

Mots-Clés : Photogrammétrie, Analogues, Système deltaïque, Hétérogénéités réservoirs, Géothermie profonde



Contribution de la photogrammétrie par drone à la modélisation 3D des hétérogénéités des réservoirs carbonatés (carrière de Massangis, Bassin de Paris)

Hadrien Thomas¹, Benjamin Brigaud¹, Hermann Zeyen¹,
Bertrand Saint-Bezar¹, Thomas Blaise¹, Elodie Zordan², Simon Andrieu³,
Benoît Vincent⁴, Eric Portier^{1,5}, Emmanuel Mouche⁶, Hugo Chirol¹

¹ Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France

² Schlumberger, Software Integrated Solutions, Le Palatin 1, 1, Cours du Triangle, 92 936, La Défense, Cedex, France

³ BRGM, 3 Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060, Orléans, France

⁴ Cambridge Carbonate Ltd., 1 rue de Varoux, 21120, Marey-sur-Tille, France

⁵ CV Associés Engineering, 7 Chemin de la Marouette, 64100, Bayonne, France

⁶ Université Paris-Saclay, CNRS, CEA, UVSQ, Laboratoire des sciences du Climat et de l'environnement, 91191, Gif-sur-Yvette, France

Une acquisition par drone équipé d'un appareil photo, associée avec les techniques de photogrammétrie, a permis de réaliser une modélisation 3D virtuelle d'un affleurement de roches calcaires avec une précision centimétrique. Celui-ci est ainsi rapidement « transportable

» au laboratoire, et permet de localiser les échantillons prélevés, la levée de logs supplémentaires, une cartographie complète et la corrélation des faciès observés sur le terrain. Des données complémentaires peuvent être extraites telles que des mesures de fractures ou de pendages (exemple ici : <https://skfb.ly/6RYGF>). A titre d'exemple, les calcaires du Bathonien de la carrière de Massangis (Bourgogne) ont été investigués avec cette technique. La carrière couvre une superficie de 0,4 km² et a longtemps été considérée comme un analogue à l'affleurement du réservoir géothermique de l'Oolithe Blanche, réservoir situé à environ 1500 m de profondeur en région parisienne. Dans notre cas d'étude, le modèle de la carrière de Massangis représente un bon analogue pour représenter un réservoir microporeux et/ou dominé par une porosité secondaire associée à la dédolomitisation. Les espaces poreux rhomboédriques de type moldique associés à la dédolomitisation sont bien exprimés au sein de très grandes dunes sous-marines de 15 à 20 m de hauteur. La photogrammétrie par drone combinée à l'utilisation du Géomodeleur Petrel® est utilisée pour créer un modèle géologique qui reproduit fidèlement l'architecture des faciès observés dans la carrière. La photogrammétrie par drone peut être combinée avec des travaux de terrain pour décrire et localiser les faciès et ainsi contraindre la distribution spatiale des propriétés pétrophysiques. Elle permet également de contraindre les formes des corps réservoir dans une grille fine (XYZ = 1 m x 1 m x 0.5 m) pour des modèles géologiques statiques plus réalistes. Cette méthodologie rapide va aider à fournir des modèles pétrophysiques 3D, de l'échelle micrométrique (pore) à kilométrique, à partir d'un analogue d'affleurement pour les réservoirs géothermiques et va permettre de développer des simulations hydro-dynamiques de meilleure qualité.

Mots-Clés : Modélisation, Drone, Carbonate, Jurassique



NMR contribution in sub-horizontal well for porosity-permeability heterogeneity characterization in limestones: implications for 3D reservoir prediction and flow simulation in a world class geothermal aquifer

Maxime Catinat ^{*1,2}, Benjamin Brigaud ¹, Marc Fleury ³, Miklos Antics ², Pierre Ungemach ², Mélanie Davaux ², Julien Gasser Dorado ², Hadrien Thomas ¹, Codjo Thomas Florent Essou ², Simon Andrieu ⁴, Emmanuel Mouche ⁵

¹ Université Paris-Saclay, GEOPS, CNRS, 91405 Orsay, France

² GEOFLUID, 165 Rue de la belle étoile, 95700 Roissy CDG, France

³ IFP Energies Nouvelles, 1-4 Avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France

⁴ BRGM, 3 Avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans, France

⁵ Université Paris-Saclay, CNRS, CEA, UVSQ, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, 91191, Gif-sur-Yvette, France

Background

The Paris suburban areas concentrate ca fifty, deep seated, geothermal district heating (GDH) systems which contribute to the French energy climate strategy ambitioning a 6,4 TWh_{th} production in year 2023 achieving a four fold increase as compared to the 1,5 TWh_{th} recorded in year 2016. In spite of a highly dependable geothermal resource, the current 70 MWh_{th} yearly development rate will not meet this objective which would require a six to ten fold higher rate instead. Hence, optimizing and mastering the French geothermal energy problematic stand as a major challenge for France at large, and the Ile-de-France region specifically which hosts a population nearing 12 million inhabitants.

Project descriptions

It aims at reconstructing and simulating the heat and mass transfer in the Paris Basin by implementing an innovative methodology addressing (i) reservoir lithological and petrophysical properties as to facies, porosity and permeability trends, and (ii) modelling, simulating and predicting regional hydrothermal flow patterns and reservoir performance at given locations. As a result the study workflow focuses on an area, South of Paris (Cachan and surroundings), concentrating a population of seventeen (nine producers, eight injectors) GDH wells.

At Cachan a subhorizontal GDH doublet, a world premiere in geothermal well architecture, has been drilled in 2018, seeking enhanced well productivities in medium to low permeability reservoir areas which otherwise would have remained unchallenged. Here, Nuclear Magnetic Resonance (NMR, T₂) logs have been recorded on the injector well (GCAH2), providing reliable information on pore size distributions, (connected vs non connected) porosities and permeabilities.

A variety of wireline logging data ranging from Gamma Ray to density, resistivity, sonic, neutron and NMR T₂ tools have been compiled on the nineteen wells of the area along 120 thin sections processed for facies description and nomenclature. A total of seven facies, grouped within four facies associations, coded over the whole nineteen wells according to depths and thirteen 3^d order stratigraphic sequences, have been identified. The cell size of the 3D modelling grid was set to 50 m x 50 m in the XY domain, the vertical Z size, which depends on the subzonal thicknesses, averaging 5 m, thus leading to a 3D grid nearing 800 000 cells. Further to upscaling, facies and stratigraphic surfaces set the basis for a reliable modelling exercise applying the « Truncated Gaussian With Trends » algorithm. The petrophysical distribution « Gaussian Random Function Simulation » is used to populate the entire grid with input properties including some 2 000 NMR data and former porosity- permeability data derived from oil well core plug tests.

The most attractive reservoir properties are located within the shoal oolitic grainstone deposits exhibiting porosity and permeability values overaging 12.5% and 100 md respectively. Ultimately, mass and heat transfers were simulated via the Pumaflow software in order to assess the risks induced by interfering doublets and provide guidelines respective to optimum well trajectories securing system hydraulic connectivities and thermal life.

In this respect NMR, especially permeability issued data, provided useful clues addressing the advent of thermal breakthroughs within areas showing a high density of GDH doublets.