



1. Modalités d'encadrement

Unité de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé :

ISTeP, UMR 7193 SU/CNRS, Sorbonne Université

Directeur de l'unité : **Sylvie Leroy, DR CNRS**

Directeur de thèse: **Olivier Lacombe**, Professeur ISTeP-SU

Co-encadrant: **Nicolas Beaudoin, chaire Junior E2S, LFCR, UMR UPPA/TOTAL/CNRS, Univ. Pau et des Pays de l'Adour**

Responsabilités spécifiques de chaque encadrant :

Olivier Lacombe : encadrement SU : tectonique, analyse des macles de la calcite, terrain, caractérisation géochimique des fluides

Nicolas Beaudoin : encadrement UPPA : tectonique, analyse des stylolites, terrain, caractérisation géochimique des fluides, datation U/Pb

2. Titre : Rôle de la déformation cassante à méso-échelle et de la pression-dissolution sur les migrations de fluides dans les réservoirs carbonatés plissés. Le cas de la chaîne provençale

3. Adresse courriel du contact scientifique : olivier.lacombe@upmc.fr

4. Description du projet de thèse.

Les carbonates contiennent une grande partie des géorressources (huile, gaz, minerais) qui sont distribuées/concentrées dans les strates via des migrations de fluides à plus ou moins grande échelle.

Dans les modèles récents, les migrations de fluides sont partiellement contrôlées par la distribution initiale des faciès et par les structures macroscopiques (ex : failles) et mésoscopiques (ex : joints) liées à la diagenèse (précoce, structurale, ...) des roches. Très peu d'attention a été portée sur l'impact de la pression-solution, *i.e.* la dissolution chimique le long d'une surface rugueuse sous pression (stylolites), sur les migrations de fluides, notamment à l'échelle d'un réservoir plissé (>km). Dans les carbonates, la pression-solution est un mécanisme très efficace pour accommoder la compaction sédimentaire ou le raccourcissement tectonique (jusqu'à 30% du raccourcissement total subi lors d'un épisode compressif).

Les stylolites sont fréquemment remplis par des phases insolubles. En parallèle, lors de la dissolution, une re-précipitation locale des carbonates dissous peut intervenir, soit dans des veines induites autour des stylolites soit dans la porosité des volumes rocheux adjacents. Ce phénomène est étudié pour sa capacité à affecter la porosité et la perméabilité (créant barrières et drains anisotropes), mais il offre aussi un accès indirect aux conditions d'âge et de température valides lors de la pression-solution, paramètres généralement peu contraints et dont la méconnaissance limite notre compréhension du phénomène de pression-solution.

Pour aborder la nature de drains ou barrières des stylolites vis-à-vis des migrations de fluides, il est nécessaire d'étudier l'impact de ces microstructures sur l'hydrologie d'un réservoir en reconstruisant celle-ci sans négliger les stylolites.

L'étude des paléo-fluides consistera à reconstruire la température, la source, les chemins de migration, les conditions chimiques et l'âge de précipitation de ces fluides. L'accès aux fluides passés est rendu possible par la précipitation de calcite dans les pores et dans les espaces ouverts lors de la déformation. Le travail s'appuiera sur des techniques analytiques variées (microthermométrie des inclusions fluides, isotopie de l'oxygène, du carbone et du strontium, isotopologues (Δ_{47}), microscopie électronique à balayage, géochronologie U/Pb, isotopie par nanoSIMS) sur (1) la calcite cimentant les principaux systèmes de veines ainsi que les grandes failles chevauchantes associées aux plis provençaux, et (2) à plus petite échelle la calcite de recristallisation de matrice et des micro-fentes de tension associées aux pics des stylolites.

Le calendrier de développement des stylolites sédimentaires et tectoniques sera établi à partir d'une étude microstructurale visant à établir leur chronologie relative (recoupement) par rapport à certaines phases diagénétiques et/ou veines dont l'âge absolu et la température absolue de cristallisation seront obtenus par datation U/Pb et thermométrie par isotopologues (Δ_{47}). Ceci permettra l'établissement précis de la séquence de développement des mésostructures et de la succession des contraintes par rapport aux événements de cristallisation des carbonates pendant les phases de subsidence et de déformation/uplift.

Ainsi, il sera possible de caractériser quels types de fluides sont impliqués lors de la pression solution en les comparant aux autres structures, et donc d'illustrer le rôle possible de drains ou de barrières des stylolites à différents moments de leur développement, de l'échelle de l'échantillon jusque l'échelle du réservoir.

En parallèle, l'analyse inverse du signal de rugosité des stylolites sédimentaires permettra de mieux contraindre l'histoire d'enfouissement des terrains étudiés au cours de la déformation. Les orientations et grandeurs des contraintes tectoniques au moment des circulations de fluides seront reconstituées par la combinaison de l'analyse inverse du signal de rugosité des stylolites tectoniques et l'analyse des macles de la calcite qui permettra en outre de quantifier les pressions de fluides lors de la déformation.

Le travail comprendra plusieurs campagnes de terrain pour la collecte des données mésostructurales et d'échantillons. La chaîne provençale est un excellent exemple de chaîne plissée où la pression solution d'origine sédimentaire et tectonique est bien exprimée dans les calcaires méso-cénozoïques et est associée à des réseaux de fractures minéralisées. L'objectif du travail sera de caractériser le système de fluides actif lors des différentes étapes de la déformation compressive pyrénéo-provençale et les paramètres mécaniques et structuraux qui la contrôlent.

Les résultats aideront à proposer un modèle évolutif de la perméabilité des stylolites en fonction de leur géométrie/morphologie, de l'échelle individuelle à l'échelle de la population, et à mieux comprendre comment les fluides influencent en retour la pression-solution. Le travail de thèse devrait déboucher sur une image plus précise du rôle de la pression-dissolution dans la compartimentation et sur les propriétés hydrologiques d'un réservoir carbonaté, et donc améliorer la prédiction des capacités de production et de stockage de ce type de formation rocheuse sur des échelles de temps >ka.

5. Compétences et connaissances requises

Géologue-structuraliste ou géologue sédimentologue-géochimiste

Goût et capacité pour l'apprentissage des techniques d'étude de la diagenèse des carbonates (pétrographie, géochimie isotopique, interactions roche-fluide) ET de la géologie structurale (terrain, analyse des stylolites, fracturation, analyse des macles de la calcite).

Capacités d'observation, de réflexion, de synthèse et d'intégration

Capacité de rédaction et de présentation

Les travaux abordés permettront à l'étudiant d'intégrer des pratiques et des connaissances valorisables tant dans le monde académique que dans le monde industriel (sédimentologie et diagenèse, géochimie, microthermométrie, analyse micro- et méso-structurale, quantification des paléo-contraintes, hydrogéologie, ...).

6. Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche

Financement spécifiques obtenus pour le projet : **non**

Financement des missions nécessaires pour la réalisation du projet : **oui** : collaboration IStEP-LFCR

Accès à des bases de données spécifiques : **non**

Accès à des ressources documentaires spécifiques : **non**

Accès à des plateformes : **oui** plateformes analytiques IStEP/SU et LFCR/UPPA

7. Précisions sur les objectifs de valorisation des travaux issus du projet de recherche :

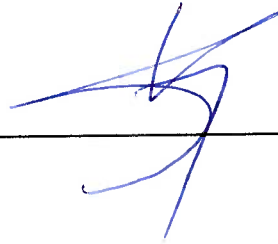
Elaboration de modèles conceptuels définissant les facteurs de contrôle des circulations de fluides et des cimentations associées dans les carbonates

Analyse paléopiezométrique couplée des macles de la calcite et des stylolites pour la quantification des paléo-enfouissements et des paléo-contraintes dans les réservoirs carbonatés

Réflexion pour la future intégration dans des modèles de bassin des effets de la compaction chimique et des paléo-contraintes sur les circulations de fluides dans les carbonates

Participations à congrès et soumission de publications

Visa de la Direction de l'Unité



Commentaires éventuels :

Sylvie LEROY
Directrice ISTeP - UMR 7101