



Avis de Soutenance

Monsieur Benjamin MORIS

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Réorganisation structurale des matériaux carbonés lors de l'enfouissement et de la déformation : Expériences de déformation et exemples naturels

dirigés par Monsieur YAN CHEN

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : ISTO - Institut des Sciences de la Terre d'Orléans

Soutenance prévue le **mardi 07 décembre 2021** à 14h00

Lieu : Institut des Sciences de la Terre d'Orléans 1A rue de la Férollerie 45100 Orléans

Salle : Amphithéâtre ISTO

Composition du jury proposé

| | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| M. Bruno SCAILLET | CNRS Orléans | Examineur |
| Mme Whitney BEHR | ETH Zürich | Rapporteuse |
| M. Matt IKARI | University of Bremen | Rapporteur |
| M. Philippe Hervé LELOUP | CNRS Lyon | Examineur |
| M. Alberto VITALE BROVARONE | University of Bologna | Examineur |
| M. Romain AUGIER | Université d'Orléans | Co-encadrant de thèse |
| M. Hugues RAIMBOURG | Université d'Orléans | Co-encadrant de thèse |
| M. Abdeltif LAHFID | BRGM | Co-encadrant de thèse |
| M. Yan CHEN | Université d'Orléans | Invité |
| M. Marco HERWEGH | University of Bern | Invité |

Mots-clés : Microstructures, Matière carbonée, Réorganisation cristalline, Expérimental, Gradient de déformation, RSCM,

Résumé :

La matière carbonée (CM) est un composant commun des méta-sédiments, observée dans les zones de collisions et les prismes d'accrétions, et dérivée de la matière organique initiale contenue dans les sédiments, via les processus de diagenèse et de métamorphismes. L'évolution progressive lors d'une exposition à un chauffage, à travers les processus de carbonisation et de graphitisation, correspond à l'échelle nanoscopique à la réorganisation irréversible de la matière carbonée jusqu'au stade ultime du graphite, où la CM est parfaitement ordonnée. Les études précédentes attribuaient des anomalies localisées de cristallinité de la CM à l'effet de la déformation. Cependant, malgré la diversité des microstructures et des mécanismes de déformation à faible température, de 200 à 350°C, l'effet de la déformation sur la cristallinité de la CM faiblement organisée reste peu étudié à l'exception de déformation rapide provoquant un échauffement par friction. Dans cette étude, nous proposons d'explorer les effets de la déformation sur la cristallinité de la CM à travers l'étude d'objets naturels et expérimentaux. Les objets naturels consistent

des échantillons prélevés le long de gradients de déformation à plusieurs échelles et imbriqués dans d'anciens prismes d'accrétions exhumés (Shimanto Belt, Kodiak Accretionary Complex, Alpes). Ils nous ont permis d'observer à la fois des régimes de déformations liés à des phénomènes sismiques ou non-sismiques. La combinaison des microstructures avec l'approche du RSCM, grâce à coupes perpendiculaires aux structures de haute résolution, a permis de documenter ces effets sur la cristallinité. Le ratio d'intensité (IR), sensible à la déformation et évoluant de façon monotone sur la gamme de température étudiée ici, a montré une croissance significative de la cristallinité de la CM dans les deux régimes de déformations et à toutes les échelles. Cette augmentation de la cristallinité dans les zones déformées s'explique à l'échelle nanoscopique par la réorganisation des feuillets aromatiques du carbone et par l'agrandissement des cristallites. Une corrélation positive semble se dégager entre la quantité de déformation et l'augmentation de l'IR. En effet, les plus grandes valeurs de l'IR ont été mesurées dans le cœur des BFR où les microstructures telles que de l'ultra-comminution indiquent une grande quantité de déformation. A l'opposé, pour des augmentations de l'IR plus modérées dans les domaines déformés à faible vitesse, la localisation de la déformation ainsi que les processus d'affaiblissement rhéologique sont induits par la recristallisation de phyllosilicates ainsi que la déstabilisation des phases dites dures. De plus, les effets d'un métamorphisme de contact de courte durée ont été explorés à travers l'étude de sédiments immatures et matures en contact avec de corps de basaltes. Le « flash-heating », spatialement limité et détecté à l'aide du ratio D3/Gsl,, un nouveau RSCM paramètre, est remarqué sur les grains de CM pour tous les sédiments jusqu'à 300°C où le métamorphisme régional efface les vestiges de ce chauffage court et intense. L'utilisation de ce paramètre a également permis la détection de chauffages courts générés par friction lors de la rupture sismique formant les BFR et en définir leur processus de formation. Ces résultats renforcent l'idée que la déformation, qu'elle soit sismique ou non, est un facteur contrôlant la cristallinité de la CM et que l'interprétation des températures issues des thermomètres RSCM devrait être faite avec prudence dans le cas d'une utilisation pour des terrains déformés. De plus, la corrélation entre la quantité de déformation et l'augmentation de l'IR montre l'importance de la RSCM afin d'évaluer la quantité finie de déformation. Enfin, l'utilisation de la RSCM et du ratio D3/Gsl. ont démontré leurs utilités quant à la dissociation entre les effets du 'flash heating' et mécanique sur la cristallinité de la CM.