

Soutenance de thèse d'Aïda Mendieta Tenorio le 25 juin 2021

Salle virtuelle <https://us02web.zoom.us/j/81407632738?pwd=MHpCd0pLOVA3eU84MnBraI95c0ZHZz0>

Caractérisation des argiles en utilisant la polarisation provoquée spectrale

Résumé : Les argiles sont répandues dans la proche surface de la Terre, et ont un fort impact sur la perméabilité des formations géologiques. Leur très faible perméabilité fait des formations argileuses des "pièges géologiques" d'intérêt dans divers domaines d'étude des géosciences (notamment pour le pétrole et le gaz, la géothermie, le stockage des déchets nucléaires, entre autres). Les minéraux argileux présentent une charge de surface et une surface spécifique très importantes, ce qui génère le développement d'une double couche électrique particulièrement importante. La polarisation provoquée spectrale (PPS) est une méthode géoélectrique active qui permet d'obtenir de manière non-invasive la conductivité électrique complexe en fonction de la fréquence d'un géo-matériau du mHz au kHz. La conductivité complexe informe sur la capacité du matériau sondé à conduire un courant électrique et sur sa capacité à se polariser (à mobiliser de manière réversible des charges électriques).

Cette thèse présente un protocole de laboratoire détaillé pour obtenir des mesures de PPS sur différents types d'argiles à des salinités variables, ainsi que des mélanges hétérogènes artificiels d'illite et de montmorillonite. Les résultats de la première étude montrent que la partie réelle de la conductivité électrique augmente avec la salinité, mais la partie imaginaire augmente jusqu'à un maximum et puis diminue. Cette diminution est due à la coagulation des argiles à hautes salinités. Cette coagulation potentielle des argiles altérerait l'espace poral puis modifierait les mécanismes de polarisation en jeu. Par ailleurs, en comparant le rapport de la conductivité de surface (imaginaire versus réelle) et d'autres données de la littérature, on remarque que ce rapport diminue avec la teneur en argile. Pour la deuxième étude, on observe que la montmorillonite domine la polarisation par rapport à l'illite. Cependant, les deux argiles ont un effet sur la conduction des mélanges. Les lois de mélanges sont une approche efficace pour modéliser ce type de mélange hétérogène d'argiles. Les modèles de réseaux de conductance complexes sont également utiles pour prédire la forme des spectres de polarisation.

Les résultats de ce travail de thèse ouvrent de nouvelles perspectives pour la caractérisation des matériaux argileux avec la PPS.

Mots-clefs : polarisation provoquée spectrale, argiles, variation avec la salinité, mélanges hétérogènes, lois de mélanges, réseaux de conductance complexe

Clay characterization using spectral induced polarization

Abstract: Clays are ubiquitously present in the Earth's near surface and they have a high impact on the permeability of a system. Due to this property, clay formations are used in a variety of geology related applications (oil and gas, geothermal, nuclear waste storage, critical zone research, among others). Clays have a high surface charge and a high specific surface area, this property gives clays a particularly strong electrical double layer (EDL).

Spectral induced polarization (SIP) is an active geo-electrical method that measures in a non-invasive manner the frequency-dependent complex conductivity of a geo-material from themHz to the kHz. The complex conductivity informs about the ability the probed material has to conduct an electrical current and the ability to polarize (to reversibly store electrical charges). This thesis presents a detailed laboratory protocol to obtain SIP measurements of different types of clay at varying salinities, as well as an artificial heterogeneous mixture of illite and red montmorillonite with a salinity of around 10;2 mol L⁻¹. The results of the first study show that the real part of the electrical conductivity increases with salinity, but the imaginary part increases until a maxima and then decreases. An interpretation of the decrease can come from the fact that clays coagulate at high salinities.

The potential coagulation of clays would alter the pore space and then alter the polarization mechanisms in play. Furthermore, when comparing the ratio of the surface conductivity (imaginary versus real) of these results with other data in the literature, we notice that this ratio decreases with clay content. For the second study, we observe that red montmorillonite dominates the polarization with respect to illite. However, both clays effect the conduction of the mixtures. Mixing laws are an effective approach to model the complex conductivity of these heterogeneous mixtures. Complex conductance network models are better at predicting the shape of the polarization spectra.

The results of this thesis work open new opportunities for clay characterization using SIP.

Keywords: calcite reactivity monitoring, spectral induced polarization, clays, variation with salinity, heterogeneous mixtures, mixing laws, complex conductance networks