



ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement

Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2021-2022

Datation de latérites du Bassin Amazonien, développements méthodologiques et relations avec l'évolution paléoclimatique.

Adresse courriel du contact scientifique : thierry.allard@upmc.fr

Description du projet de thèse :

Résumé : Les latérites sont des formations pouvant dépasser la centaine de mètres d'épaisseur, résultant d'une altération chimique intense des roches et couvrant 1/3 des surfaces émergées ou 80% du volume des sols des paysages continentaux (Tardy et Roquin, 1998 ; Nahon 1993). Elles participent au budget global de l'altération géochimique et de l'érosion, et à la consommation de gaz à effet de serre comme le CO₂. Malgré cela, leur formation et leur évolution en réponse aux forçages climatique et géodynamique demeurent mal connues, notamment parce que leur datation a longtemps constitué un obstacle important.

Ce projet de thèse porte spécifiquement sur une région relativement stable d'un point de vue géodynamique pendant le Cénozoïque, le Bassin Amazonien, qui constitue une unité dominante en termes d'altération et d'érosion, et où l'évolution des paysages a influencé une remarquable biodiversité (Hoorn et al. 2010). Ce travail doctoral cherchera à mieux comprendre la formation de ces latérites et à révéler des épisodes d'altération majeurs en relation avec les paléoclimats régionaux ou globaux. Le travail consistera à dater des populations de kaolinites par résonance paramagnétique électronique (RPE) (Balan et al. 2005; Allard et al., 2018 ; Mathian et al., 2019) et des oxydes ou oxyhydroxydes de fer par (U-Th)/He (Shuster et al., 2005; Allard et al., 2018). Ces méthodes ont émergé récemment et sont appropriées pour dater des phases de latéritisation, car elles s'appliquent à des minéraux secondaires majeurs des latérites et couvrent des échelles de temps géologiques. Les approches communes porteront sur la pétrologie, la minéralogie et la géochimie des échantillons. L'analyse RPE reposera sur la purification des kaolinites, des irradiations artificielles aux ions He⁺ (dosimétrie), le bilan des doses naturelles et les corrections associées (notamment liées à la distribution spatiale de l'uranium et potentiellement du thorium) et *in fine* la datation. La datation (U-Th)/He sera effectuée par spectrométrie de masse sur des microéchantillons de cuirasses ferrugineuses bien caractérisés minéralogiquement et rattachés aux différents faciès de leur contexte naturel.

Trois profils ont été échantillonnés en Amazonie centrale dans le cadre du projet ANR RECA "Relation entre le changement climatique et la formation des latérites", en choisissant des altitudes ou des roches mères différentes de celles des sites déjà étudiés. En amont des travaux de datation des kaolinites, la thèse sera associée à des projets nouveaux comme (i) la précision de l'identité des défauts d'irradiation (géochronomètres) par des méthodes avancées de RPE sur des échantillons naturels ou de synthèse; (ii) la correction de l'âge RPE basée sur la distribution microscopique des traces de thorium, potentiellement accessible grâce au rayonnement synchrotron (ex: ligne nanoscopium de SOLEIL, France). Les premières données de datation des kaolinites montrent l'importance de la période Neogène à Quaternaire dans le Bassin Amazonien. Avec l'apport de nombreuses données nouvelles sur kaolinites et oxydes de fer permettant de discuter les conditions de formation de ces minéraux, cette thèse conduira notamment à la confirmation ou l'infirmité de ces observations sur des sites représentatifs de l'Amazonie centrale. Les âges des kaolinites et oxydes de fer de latérites seront mis en perspective avec les grands changements orogéniques ou climatiques identifiés par ailleurs au cours du Cénozoïque dans le Bassin Amazonien.

Références :

Allard, T. et al. (2018) Combined dating of goethites and kaolinites from ferruginous duricrusts. Deciphering the Late Neogene erosion history of Central Amazonia. *Chemical Geology*, 479: 136-150.

- Balan, E. et al. (2005) Formation and evolution of lateritic profiles in the middle Amazon Basin: Insights from radiation-induced defects in kaolinite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(9): 2193-2204.
- Hoorn C. et al. (2010) Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science* 330, 6006, 927-931
- Mathian et al. (2019) Unraveling weathering episodes in Tertiary regoliths by kaolinite dating (Western Ghats, India). *Gondwana Research*, 69, 89-105.
- Nahon (2003) Altérations dans la zone tropicale. Signification à travers les mécanismes anciens et/ou encore actuels. *Comptes Rendus Acad. Sci. Geoscience*, 335, 1109-1119.

Dating laterites from the Amazon Basin, methodological developments and relations with the paleoclimatic record.

Research project outline

Abstract: Laterites are formations that can be more than 100 m deep, resulting from an intense weathering of rocks and covering 1/3 of emerged continents or 80% of continental soil volumes (Tardy et Roquin, 1998 ; Nahon 1993). They participate to the global budget of geochemical weathering and erosion, and to the consumption of greenhouse gases such as CO₂. Despite these properties, their formation and evolution under climatic and geodynamic forcing remain poorly known, in particular because their dating has been a strong barrier for a long time.

This thesis project is specifically focused on a relatively stable region on a geodynamic point of view during Cenozoic, the Amazon Basin, which represents a dominating unit in terms of weathering and erosion and where the evolution of landscapes contributed to an outstanding biodiversity (Hoorn et al. 2010). This doctoral study will search for a better understanding of these laterites, one aim being to reveal major weathering episodes related to global or regional paleoclimates. The study will consist in dating kaolinites by electron paramagnetic resonance spectroscopy (EPR) (Balan et al. 2005; Allard et al., 2018; Mathian et al., 2019) and iron oxides or oxyhydroxides by (U-Th)/He (Shuster et al., 2005 ; Allard et al., 2018). These methods appeared recently and are suitable for the dating of lateritisation episodes, because they concern major secondary minerals of laterites and cover geological time scales. The common approaches will consist in petrology, mineralogy and geochemistry of samples. The EPR analysis will rely on the purification of samples, artificial irradiations with He⁺ ions (dosimetry), the budget of natural doses together with associated corrections (among which those related to the spatial distribution of uranium and possibly thorium) and *in fine* the dating of kaolinite. The (U-Th)/He dating will be performed by mass spectrometry on microsamples of Fe-duricrusts well characterized and associated to different facies of their natural environment. Three profiles have been sampled in central Amazonia as part of the RECA ANR program « Relation between climatic change and formation of laterites », by selecting elevations or parent rocks different from those of already studied sites. In addition to kaolinite dating, the thesis will be associated to new projects such as (i) the specification of the radiation-induced defects nature through advanced methods of EPR on natural or synthetic samples ; (ii) the correction of the age based on the microscopic distribution of traces of thorium, potentially accessible through the synchrotron radiation (e.g. , nanoscopium line at SOLEIL, France).

The first data of kaolinite dating point to the importance of the Neogene to Quaternary period in the weathering record of the Amazon Basin. With the input of numerous new data on kaolinite and iron oxides allowing us to discuss the conditions of formation of these minerals, this thesis will lead to the confirmation or invalidation of these observations on representative sites of central Amazonia. The ages of laterite kaolinites and iron oxides will be put into perspective with the major climatic changes otherwise identified during Cenozoic at global or regional scale.

Références :

- Allard, T. et al. (2018) Combined dating of goethites and kaolinites from ferruginous duricrusts. Deciphering the Late Neogene erosion history of Central Amazonia. *Chemical Geology*, 479: 136-150.
- Balan, E. et al. (2005) Formation and evolution of lateritic profiles in the middle Amazon Basin: Insights from radiation-induced defects in kaolinite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(9): 2193-2204.
- Hoorn C. et al. (2010) Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science* 330, 6006, 927-931

Mathian et al. (2019) Unraveling weathering episodes in Tertiary regoliths by kaolinite dating (Western Ghats, India). *Gondwana Research*, 69, 89-105.

Nahon (2003) Altérations dans la zone tropicale. Signification à travers les mécanismes anciens et/ou encore actuels. *Comptes Rendus Acad. Sci. Geoscience*, 335, 1109-1119.

Shuster, D. et al. (2005) Weathering geochronology by (U-Th)/He dating of goethite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(3): 659-673.

Compétences et connaissances requises :

Cette thèse reposera sur plusieurs champs de connaissance permettant de caractériser finement la minéralogie et la cristallographie des échantillons naturels ou synthétiques. D'un point de vue technique, les différentes étapes du travail porteront aussi bien sur la pétrographie (microscopies optique et électronique), la minéralogie (diffraction des rayons X et affinement Rietveld), des spectroscopies (RPE, infrarouge, micro-fluorescence sur synchrotron) que sur des irradiations expérimentales avec faisceaux d'He⁺ ou neutrons (accélérateur linéaire de particules ARAMIS, Orsay ; FRMII, Munich, Allemagne). Le candidat devra avoir un master et posséder des connaissances en géosciences, minéralogie, géochimie ou science du sol, lesquelles seront très utiles pour la compréhension du sujet et la discussion des résultats.

This thesis will rely on several fields of knowledge allowing the fine characterization of mineralogy and crystal chemistry of natural or synthetic samples. Technically, the various steps of the study will address as well petrography (optical and electron microscopies), mineralogy (X-ray diffraction and Rietveld refinement), spectroscopy (EPR, infrared, X-ray microfluorescence), mass spectrometry as experimental irradiations with He⁺ beams or neutrons (ARAMIS linear particle accelerator, Orsay, France ; FRMII facility Munich, Germany). The candidate will have a master degree and possess knowledge in geosciences, mineralogy, geochemistry or soil