

Laboratoire de Morphodynamique
Continente et Côtère
UMR CNRS 6143 – Rouen

&
Laboratoire IDEES
UMR CNRS 6266 - Rouen

Rouen, le 20/11/2023

Stage M2 2023-2024

Karstologie : Apport de l'imagerie hyperspectrale à la caractérisation des lamines de croissances de spéléothèmes et des bandes de Liesegang

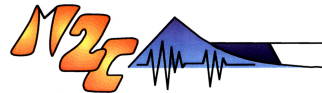
Le karst de la craie en Normandie recèle plusieurs dizaines de cavités souterraines naturelles et des carrières anthropiques qui ont été exploitées pour la craie en tant que matière première pour la construction. Le cas du système de grandes carrières de Caumont (Eure) est particulier avec plus de 10 km de galeries trépanant des conduits naturels. Les galeries naturelles sont couvertes de spéléothèmes (stalagmites) dont l'âge remonte à l'époque médiévale [Ballesteros et al., 2021]. Un deuxième site est celui de la grotte des Petites Dalles (875 m de développement) sur la commune de Saint-Martin-aux-Buneaux, connue pour ces remplissages détritiques avec plus de 7 m d'épaisseur et des bandes de Liesegang distribuées sur les parois des galeries.

D'un côté, la particularité des formations carbonatées dans les carrières de Caumont, réside dans leur structure laminée et leur capacité à enregistrer les changements des écosystèmes au cours du temps *via* le transfert hydrologique de traceurs géochimiques depuis le sol jusqu'au sous-sol: l'eau de pluie et le carbone dissous circulent dans la zone non saturée du karst, où s'opère une dissolution caractérisée par un transfert principalement vertical des signaux isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, éléments traces, MO) vers les carrières souterraines [Ford & Williams, 2007; Fairchild & Baker, 2012]. Par conséquent, la calcite des stalagmites/planchers précipitée dans les carrières renseigne sur les conditions de disponibilité de l'eau, de la variabilité de la température en surface et surtout du type de végétation en surface durant les périodes récentes et passées. D'un autre côté, les bandes de Liesengangs très abondants dans plusieurs cavités normandes, dont particulièrement la grotte des petites dalles, se forment en milieu saturé/noyé par redistribution de fer et de manganèse. Leur structure laminée sur les parois calcaires renseigne sur la succession de phases d'enneigement et d'assèchement des dépôts détritiques.

Ces deux objets d'étude (calcite précipitée ; Liesengangs imprégnant la craie) sont caractérisés par leur structure laminée et la reconnaissance de ces lamines passe souvent par des techniques d'observations (bino, microscope) peu automatisées, ou de scan à faible résolution. D'autres techniques de détection et de caractérisation sont disponibles mais coûteuses et parfois inaccessibles. L'imagerie hyperspectrale est un nouvel outil, initialement utilisée en imagerie spatiale et aéroportée, elle est maintenant utilisée pour une application en géosciences. Tout d'abord prévue pour l'analyse de carottes sédimentaires, elle sera utilisée dans ce sujet à des objets karstique pour la première fois. L'amélioration méthodologique de l'utilisation cette caméra automatisée, accompagnée d'une base de données des valeurs de réflectance conséquente, a permis de rendre l'outil performant pour la détection de structure laminée dans les sédiments terrestres, avec une résolution de 43 $\mu\text{m}/\text{pixel}$. Cette détection de lamines se fera au moyen de caméra visible et proche-Infrarouge (400-2500 nm). L'imagerie hyperspectrale n'a jusqu'à présent jamais été testé sur les supports carbonatés, notamment les spéléothèmes laminés et les bandes de Liesegang sur la paroi crayeuse des cavités.

Les objectifs de ce stage :

- Détecter les structures laminées à haute résolution de plusieurs spéléothèmes prélevés dans les carrières de Caumont et des bandes de Liesegang sur paroi prélevées dans la grotte des Petites Dalles
- Caractériser en qualitatif les différents types de géochimie sur les profils sédimentaire étudiés



- Observation sous un MEB les différentes structures laminées
- Essai de quantification des distances entre bandes ou de l'évolution de la largeur de ces bandes ; elles doivent suivre des règles mathématiques lié au processus de diffusion-réaction, les bandes observées en milieu karstiques suivent-elles ces mêmes règles (Nabika et al, 2019 ; Sadek et Sultan, 2010)

Profil recherché

Le candidat aura un profil en géosciences ou géographie ou géophysiques ou géochimie. Il sera capable de s'adapter à la méthodologie, l'imagerie hyperspectrale. Le candidat devra être à l'aise en programmation (Matlab ou Python ou R,...)

Informations administratives

Lieu du stage : Laboratoire M2C et IDEE à Rouen, Mont Saint Aignan

Durée : 6 mois

Rémunération : 591€/Mois

Début du stage : à adapter en fonction des disponibilités

CV et LM à envoyer aux adresses mails :

Maxime Debret M2C maxime.debret@univ-rouen.fr

Carole Nehme IDEE carole.nehme@univ-rouen.fr

Nicolas Lecoq M2C nicolas.lecoq@univ-rouen.fr