



## **Influence des interactions eau-roche sur le comportement à long terme de cavités souterraines dans la craie**

**Nom du doctorant : Ha Dat NGUYEN - [nguyen.ha-dat@cermes.enpc.fr](mailto:nguyen.ha-dat@cermes.enpc.fr)**

Thèse suivie à l'INERIS par : C. SORGI, J.B. KAZMIERCZAK (Direction des Risques du Sol et du Sous-sol)

Directeur de thèse : P. DELAGE, V. de GENNARO (ENPC)

L'effondrement des carrières souterraines exploitées ou en cours d'exploitation constitue une menace potentielle pour les populations et pour les enjeux économiques situés dans leur environnement. Pour progresser dans la compréhension des mécanismes physiques et physico-chimiques à l'origine de la perte de résistance de massifs rocheux dans le temps, un programme de recherche financé par l'INERIS et réalisé en collaboration avec le CERMES (École Nationale des Ponts et Chaussées), le SDICS (Service Départemental d'Inspection des Carrières Souterraines du Nord) et l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) est actuellement en cours afin de caractériser l'influence des interactions entre l'eau et la roche. La présente thèse s'inscrit dans ce programme de recherche et comporte une étude à l'échelle du site, de l'échantillon et de la microstructure. Il s'agit d'un travail à la fois expérimental (essais *in situ* et en laboratoire) et théorique (modélisation et simulation numérique). La carrière souterraine d'Estreux (Département du Nord, France) a été choisie comme site de référence.

Le changement d'hydratation ou la variation d'hygrométrie, associée à celui de la pression de vapeur d'eau dans l'atmosphère de la carrière modifie l'état de saturation de la roche. Ce changement d'hydratation modifie l'état de contrainte du matériau et la succion associée aux variations de teneur en eau ou du degré de saturation (Delage & Cui, 2000). C'est pourquoi, une étude de rétention d'eau de la craie a été faite par méthode « phase vapeur » et méthode « osmotique ». Un développement du dispositif expérimental pour la méthode phase vapeur a été mis en oeuvre en tenant compte de la déformation de l'échantillon au cours de l'essai. Les résultats montrent que la gamme de variation de l'humidité relative dans la carrière (80-100 %) peut être de nature à modifier sensiblement l'état de saturation/désaturation de la roche.

Une cellule triaxiale haute pression à succion contrôlée a été conçue pour l'étude du comportement hydro-mécanique de la craie. Le programme d'essai est en cours.

Une meilleure compréhension des mécanismes liés au comportement différé de la craie nécessite des recherches approfondies, tant sur le plan physico-chimique que mécanique. Une partie de la thèse sera consacrée à l'établissement d'un protocole pour réaliser des observations à l'aide du MEB Environnemental (à température, hygrométrie et composition de l'atmosphère contrôlées) dont l'INERIS est équipé. Ces observations ont permis de mettre en évidence les changements morphologiques et minéralogiques induits dans la craie par des cycles hydratation/ déshydratation. Par une méthode de stéréophotogrammétrie, ces changements peuvent désormais être quantifiés.

Une cellule de compression/traction Micro-test équipée dans le MEB Environnemental a permis l'étude du comportement mécanique de la craie à micro-échelle. Une influence de la vitesse de chargement a été étudiée : plus la vitesse de chargement est élevée, plus la limite élastique est forte.

Enfin, un modèle élasto-plastique basé sur le modèle de Barcelone (Alonso *et al.*, 1990) pour les sols non saturés est en phase de développement. L'effet de succion et le gonflement sont ainsi modélisés. Une constitution d'un modèle tenant en compte l'effet du temps et de la succion est en cours.