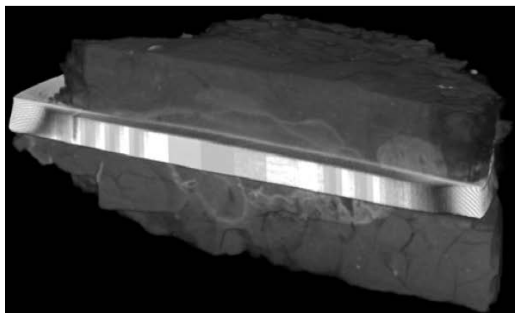


# Minéraux environnementaux : remédiation et dissémination

A. Gaudin, G. Aertgeerst, J.-P. Lorand, C. Monnier

*The LPG is involved in two different projects on clay minerals. The first one is a collaborative project with the French Institute for Radioprotection and Nuclear Safety (IRSN), which is conducting an experimental program on claystone/steel interactions in underground natural conditions at its Tournemire Underground Research Laboratory (URL, Aveyron, France). The aim of the project is to test several experimental conditions, i) the location in the geological formation, ii) the nature of the steel, iii) the claystone texture, and iv) the water content. This program has investigated, after 6 and 11 years of experimentation, the effect of these parameters on the degree of steel corrosion, the spatial transport of iron and the claystone/steel interaction processes. A second project is based on a partnership between LPG and BRGM Pays de la Loire in Nantes, to model the ability of supergene weathering to disseminate asbestiform fibers in the environment.*

Les concepts de stockage des déchets C (déchet radioactifs de haute activité) proposés par l'ANDRA prévoient la mise en place d'importants volumes d'acier (sur-conteneur, revêtement des alvéoles) en contact avec le bouchon en bentonite et la roche hôte (argilite). A ce titre, la caractérisation de l'argilite au contact de l'acier doit être menée car d'éventuelles réactions sont susceptibles de diminuer les propriétés de confinement (Fig. 1).



**Fig. 1** : Interface acier/argilite de Tournemire observée par micro-tomographie X.

**Fig. 1:** *Steel/Tournemire claystone interface observed by X-ray microtomography.*

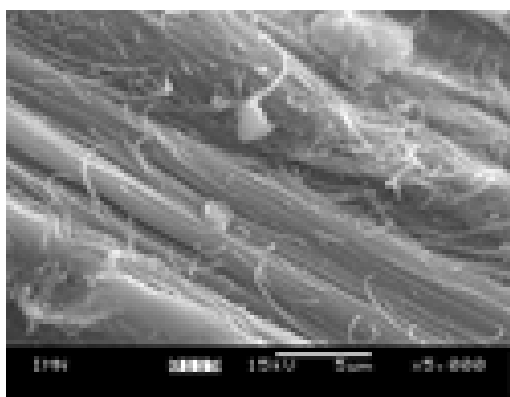
Dans cette optique, l'IRSN a introduit des échantillons d'acier (acier au carbone, acier inoxydable austénitique et

réfractaire) dans le massif d'argilite de Tournemire en 1999. Deux zones de forage ont été choisies : une zone perturbée par l'influence du tunnel de Tournemire et une zone saine non perturbée. Après 6 ans et 11 ans d'enfouissement, quatre sur-carottages ont été réalisés afin de récupérer les échantillons d'argilite au contact des différents types d'acier. Les échantillons à 11 ans ont fait l'objet d'une thèse effectuée par Anaïs Maillet entre 2010 et 2012 (co-encadrement Poitiers-Nantes, financement IRSN).

L'étude détaillée par DRX, MEB-EDX, Raman, ICP et tomographie x des échantillons nous a permis de caractériser les perturbations chimiques, minéralogiques et texturales subies par l'argilite liées à la corrosion de l'acier [1, 2]. Les principaux résultats indiquent des zones de diffusion du fer sous forme d'auréoles rouges millimétriques développées à l'interface dans lesquelles des hydroxydes de fer (goethite, lépidocrocite) et des gels ferrifères mal cristallisés ont précipité. Cette précipitation s'accompagne d'une part d'une dissolution des minéraux de calcite et des minéraux inter-stratifiés illite/smectite, et d'autre

part, d'une diminution de la porosité dans l'argilite. Cette approche expérimentale a été complétée par des modélisations géochimiques qui ont notamment permis de simuler l'effet de la baisse de la teneur en oxygène liée à la corrosion de l'acier et de montrer ainsi qu'en condition anoxique la goethite devient instable et que de la sidérite se forme.

Le projet dissémination des minéraux fibreux dans l'environnement en est à sa phase exploratoire. Les minéraux fibreux constituent des particules extrêmement fines (de l'ordre du micromètre) communes dans certaines roches de la croûte terrestre. Cette finesse est responsable, dans certains cas, de problème environnementaux, notamment lorsque ces particules possèdent les caractéristiques minéralogiques et physique des amiantes (Fig. 2). On parle alors d'habitus asbestiforme. De plus, associée à leur légèreté, ces mêmes caractéristiques les rendent facilement disséminables dans l'air.



**Fig. 2** : Image MEB, fibres de serpentine

**Fig. 2:** SEM image of fibrous serpentine

L'objectif de notre projet est d'étudier cette catégorie de minéraux fibreux «de très basse température» et plus largement les phénomènes de fibrogénèse se produisant à l'interface lithosphère-atmosphère afin de déterminer quels est le rôle des différents agents d'altération et des différents paramètres physico-chimiques (conditions rédox, pH, humidité, agents organiques, fracturation). Pour ce faire, nous projetons une étude d'un profil

d'altération supergène et en parallèle des expériences «batch» en laboratoire similaires à celles déjà développées au LPGN dans le cadre de la thèse d'Erwin Dehouck (2012) portant sur l'altération à la surface de Mars. L'approche expérimentale permettra ainsi de tester des paramètres de manière indépendante et ainsi de mieux contraindre les conditions physiques et chimiques favorables au développement de ces fibres. Les échantillons naturels et issus des expériences seront caractérisés (morphologie et composition) par microscopie électronique à balayage et en transmission, par micro-spectroscopie infra-rouge en réflectance et par microsonde électronique. La région Pays de la Loire se prête bien à une telle étude, avec deux sites retenus. Au sud de la Loire Atlantique, dans la région du Loroux Bottereauxaffleure un massif important de serpentine et d'amphibolite dans lequel des minéraux fibreux (serpentine et amphibole) ont été identifiés, en contact direct avec l'atmosphère dans une butte témoin. Au nord, dans la région de Saint-Omer-de-Blain, des roches similaires sont exploitées en carrière qui offre un profil d'altération remarquable.

## Collaborations

D. Bartier, L. Truche (GéoRessources- Univ. Lorraine), A. Dauzères (IRSN), El Albani, A. Vieillard, A. Maillet (Hydr'asa, Univ. Poitiers).

## Références associées

- 1- **A. Gaudin, D. Bartier, L. Truche, E. Tinsseau, F. Focht, V. Dyja, A. Maillet, D. Beaufort (2013)** First corrosion stages in Tournemire claystone/steel interaction: In situ experiment and modelling approach, *Applied Clay Science*, 83–84, 457-468.
- 2- **A. Dauzères; Maillet, A; Gaudin, A; El Albani, A; Vieillard, P (2013)** Ten years of Toarcian argillite - carbon steel in situ interaction. *Proceeding water-rock interaction 14*, *Procedia Earth and Planetary Science*, 7, 195-198.