



**HAL**  
open science

## **Bioréactivité fer-argile en conditions de stockage géologique profond : approche multi-techniques**

Florence F. Mercier-Bion, Yoanna Leon, Laurent Urios, Charles Wittebroodt, Andréa Perez, Jérémy Desneux, Eddy A Foy, Jean-Paul Gallien, Delphine D. Neff, Margot Flachet, et al.

### ► To cite this version:

Florence F. Mercier-Bion, Yoanna Leon, Laurent Urios, Charles Wittebroodt, Andréa Perez, et al.. Bioréactivité fer-argile en conditions de stockage géologique profond : approche multi-techniques. XI-IIème Forum Biodétérioration des Matériaux du CEFACOR, Mar 2016, Toulouse, France. cea-02332777

**HAL Id: cea-02332777**

**<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/cea-02332777>**

Submitted on 25 Oct 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Bioréactivité fer-argile en conditions de stockage géologique profond : approche multi-techniques

Florence MERCIER-BION<sup>1</sup>, Yoanna LEON<sup>1</sup>, Laurent URIOS<sup>2</sup>, Charles WITTEBROODT<sup>3</sup>, Andréa PEREZ<sup>1</sup>,  
Jérémy DESNEUX<sup>2</sup>, Eddy FOY<sup>1</sup>, Jean-Paul GALLIEN<sup>1</sup>, Delphine NEFF<sup>1</sup>,  
Margot FLACHET<sup>4</sup>, Philippe DILLMANN<sup>1</sup>

1 LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette, France

2 IPREM-EEM, UMR 5254, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64013 Pau, France

3 IRSN, PRP-DGE/SRTG/LETIS, B.P.17, 92262 Fontenay-aux-Roses, France

4 IRSN, PRP-DGE/SEDRAN/B4S, B.P. 17, 92262 Fontenay-aux-Roses, France

\*Florence Mercier-Bion, florence.mercier@cea.fr

### Résumé

En France, le concept de stockage de déchets radioactifs en couche argileuse profonde au sein de la formation du Callovo-Oxfordien actuellement développé par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) prévoit notamment l'utilisation de composants métalliques. En effet, les colis de déchets de haute activité seront placés dans des surconteneurs en acier au carbone, dont l'étanchéité doit être assurée pendant plusieurs centaines d'années, puis mis dans des alvéoles de stockage revêtues d'un chemisage de même type d'acier. Or, la présence de microorganismes aux interfaces entre la roche hôte et l'acier pourrait accélérer la corrosion des composants métalliques (chemisages et surconteneurs) et ainsi affecter leur durabilité. Les conditions d'environnement de ces composants pourront être aérées pendant plusieurs années au cours de la phase d'exploitation du stockage et, après cette phase transitoire, devenir anoxiques et saturées en eau en se rapprochant de celles de la roche hôte.

L'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) conduit des recherches dans son laboratoire expérimental (Tournemire – Aveyron) situé dans une formation argileuse du Toarcien dont les propriétés physico-chimiques sont proches de celles du Callovo-Oxfordien, par exemple pour acquérir des données sur les processus de corrosion d'aciers au carbone en milieu argileux. Parmi les questions clés concernant la corrosion des composants métalliques, l'occurrence et, le cas échéant, l'impact de la formation de biofilms et de l'activité bactérienne sur la corrosion (produits de corrosion, vitesses de corrosion et compétition/synergie des souches bactériennes vis-à-vis de l'acier) restent à quantifier. Ainsi, le but de cette étude est d'évaluer l'impact des microorganismes sur la corrosion de l'acier dans des conditions représentatives de celles du stockage profond envisagé. Des coupons d'acier ont été placés dans des carottes d'argilite de Tournemire forées en leur centre au préalable, l'ensemble étant couvert par une enveloppe en PVC et bloqué avec une résine époxy. Une eau synthétique représentative de l'eau porale de l'argilite de Tournemire circule dans ces cellules. Des conditions aérées ou désaérées, en l'absence ou en présence de bactéries ajoutées, composées de souches bactériennes représentatives de la biodiversité de l'argilite de Tournemire [1-2], à deux températures (25°C et 50°C) ont été imposées pendant 1 ou 4 ou 9 mois.

Ensuite, plusieurs approches ont été combinées :

- Détermination de la nature et de la morphologie des produits de corrosion par  $\mu$ Raman, DRX et MEB-FEG ;
- Mise en évidence des morphologies bactériennes par MEB-FEG à basse tension d'accélération ;
- Détermination de la biodiversité sur les coupons corrodés par extraction et amplification de l'ADN ;
- Détermination des vitesses de corrosion par perte de masse de l'acier.

Il est à noter que les phénomènes de corrosion par piqûration n'ont pas été étudiés dans le cadre de ce travail.

Les résultats confirment que la cristallinité des produits de corrosion augmente avec la durée de corrosion ainsi que la présence de morphologies bactériennes et de biofilms sur la surface des coupons d'acier. En l'absence de bactéries ajoutées, les produits de corrosion sont typiques de chaque milieu : présence majeure d'oxyhydroxydes de Fe<sup>III</sup> principalement en milieu aéré, prédominance de magnétite et de carbonates de Fe<sup>II</sup> pour le système désaéré.

Les résultats montrent aussi que les bactéries ajoutées ont une influence sur la nature des produits de corrosion. À titre d'exemple, pour le système aéré sans inoculum, la couche de corrosion est uniquement constituée d'oxyhydroxydes de Fe<sup>III</sup>. Avec l'inoculum, la couche de corrosion est constituée d'une bicouche : la couche d'oxyhydroxydes de Fe<sup>III</sup> est recouverte d'une couche de magnétite couverte localement par des morphologies bactériennes avec l'apparition très localisée de carbonates de Fe<sup>II</sup> (Figure 1). L'évolution des vitesses de corrosion en fonction de la durée de corrosion, de la température et de la présence ou non de bactéries, suit la même tendance en système aéré qu'en désaéré.

Les hypothèses envisagées sur les mécanismes à l'origine des évolutions observées sur les différents systèmes seront présentées lors de ce forum.

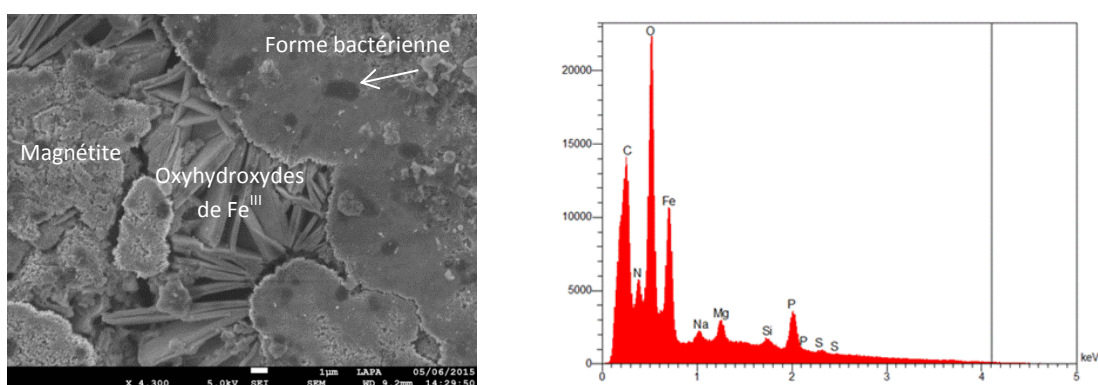


Figure 1 : Image MEB-FEG en électrons secondaires de la surface d'un coupon corrodé pendant 9 mois à 25°C en conditions aérées en présence de bactéries et spectre EDS correspondant à un pointé sur les empreintes bactériennes (tension d'accélération : 5 kV).

## Références

- [1] Laurent Urios, François Marsal, Delphine Pellegrini, Michel Magot, Microbial diversity of the 180 million-year-old Toarcian argillite from Tournemire, France, *Applied Geochemistry* 27 (2012) 1442–1450
- [2] Laurent Urios, François Marsal, Delphine Pellegrini, Michel Magot, Microbial diversity at iron-clay interfaces after 10 years of interaction inside a deep argillite geological formation (Tournemire, France), *Geomicrobiology Journal* 30 (2013)442-453