

La biominéralisation comme bioinspiration pour le développement de solutions anti-corrosion.

Régine, Basséguy¹ ; Maria Joao, Marques^{1,2}

1 : LGC, Université de Toulouse, CNRS, INP, UPS, Toulouse, France

2 : LMR - Laboratório de Materiais e revestimentos, LNEG, Lisbonne, Portugal

Mots-clés : Corrosion et protection ; MIC and MIC-Inhibition ; Biominéralisation ; acier ; alliage d'aluminium

Dans le domaine de la corrosion, la nature se révèle être une source d'inspiration pour développer de nouveaux concepts de protection verts. En effet, il est largement reconnu que les micro-organismes sont capables non seulement d'accélérer la corrosion mais ils peuvent également l'inhiber et/ou protéger les matériaux qu'ils colonisent [1]. Ce constat a ainsi conduit à proposer des stratégies à base microbienne pour l'inhibition de la corrosion des métaux. En particulier, le processus de biominéralisation à la surface des matériaux, tels que les pierres, le béton et divers métaux, a récemment été considéré comme une nouvelle approche respectueuse de l'environnement pour produire des couches protectrices [2-3]. Jusqu'à peu, la majorité des publications concernaient les aciers, matériaux historiquement utilisés dans les infrastructures. Au cours des dernières années, de nouveaux matériaux tels que les alliages d'aluminium, sont apparus sur le marché comme des alternatives possibles. Dans le cas spécifique de l'alliage Al-Mg, souvent utilisé dans les applications marines, peu d'études ont évalué l'influence de la biominéralisation sur la corrosion [4-6]. L'objectif de cette présentation est de montrer, à travers deux études de cas, comment la précipitation minérale influencée par l'activité microbienne sur les matériaux métalliques peut être envisagée comme une nouvelle approche pour le développement de solutions anti-corrosion.

*Le premier exemple présente une analyse thermodynamique pour expliquer la formation de vivianite (minéral phosphaté de fer (II) stable et insoluble) sur l'acier au carbone en présence de *Geobacter sulfurreducens*, une bactérie réductrice de fer [7]. Cette couche de vivianite ancrée au métal confère à ce dernier une bonne résistance à la corrosion. Lors de l'étude réalisée dans une solution contenant des espèces phosphatées, la grande disponibilité des ions Fe (II), produits par les bactéries qui réduisent le Fe (III), favorise la formation de la couche de vivianite. Cette couche d'oxyde de Fer-phosphate serait formée par la combinaison de la diminution du potentiel redox dans la solution et du transfert direct d'électrons entre les bactéries et les produits de corrosion.*

Le second cas concerne la formation d'un revêtement naturel par un processus de biominéralisation sur la surface d'un alliage Al-Mg pendant son immersion dans un environnement marin. Les travaux menés à trois échelles différentes (terrain, semi-terrain et laboratoire) ont permis de conclure que l'activité biologique a un effet significatif sur l'évolution de la surface de l'alliage Al-Mg. Les observations de différentes électrodes immergées en mer pendant des temps différents ont clairement montré que la typologie du fouling joue un rôle décisif sur le développement et les performances de la couche protectrice sur les alliages d'aluminium. En effet, les micro- et macro-organismes photosynthétiques (comme les algues vertes, rouges et brunes), nommés « soft-fouling », induisent la formation d'un système hybride organique/inorganique doté de bonnes propriétés d'inhibition de la corrosion. Au contraire, les surfaces recouvertes d'un « hard-fouling », composé de bernacles et de vers tubicoles calcaires, présentent une couche monostructurée moins protectrice (de nombreux points de corrosion localisée ont été observés à la surface) [8-9].

En conclusion, cette nouvelle approche en matière de prévention de la dégradation des matériaux, bioinspirée des processus d'interaction entre les matériaux métalliques et les milieux naturels nécessite une recherche fortement pluridisciplinaire ainsi qu'une expérimentation à différentes échelles.

Remerciements : une partie des travaux de cette présentation a été soutenue financièrement par l'ANR, dans le cadre du projet MICOATEC (ANR-19-CE08-0018) coordonné par R. Basséguy-LGC.

Références :

- [1] Kip N & Van Veen JA, The ISME Journal 2015, 9; 10.1038/ismej.2014.169
- [2] Liu T *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10 ; 10.1021/acsami.8b14991
- [3] Comensoli L *et al.*, Materials 2020, 13 ; 10.3390/ma13051176
- [4] Marques MJF *et al.*, Bioelectrochemistry 2023, 149 ; 10.1016/j.bioelechem.2022.108321
- [5] Jaume J *et al.*, Corrosion Science 2021, 194 ; 10.1016/j.corsci.2021.109934.
- [6] Gao Y *et al.*, Corrosion Science 2021,180 ; 10.1016/j.corsci.2020.109188
- [7] Cote C *et al.*, Corrosion Science 2015, 94 ; 10.1016/j.corsci.2015.01.044
- [8] Marques MJF *et al.*, presentation at Eurocorr 2022, Berlin, Germany.
- [9] Marques MJF *et al.*, Corrosion Science, 2024, 233, 10.1016/j.corsci.2024.112053