

Les dentellières du port

La corrosion accélérée par les microorganismes pose problème pour l'entretien des ports. Philippe Refait et Sophie Sablé s'associent pour comprendre l'implication des bactéries dans le phénomène de la biocorrosion.

Par Elsa Dorey Photos Samuel Pineau et Alexandre Duval

Dans le port de La Rochelle comme dans tous les ports, les structures métalliques supportent parfois mal la biocorrosion, c'est-à-dire la corrosion influencée par les microorganismes. Les infrastructures portuaires sont censées supporter la corrosion pendant une cinquantaine d'années, mais il arrive que les palplanches et les pieux guides soient perforés en quelques années à cause de la présence de microorganismes au voisinage du métal.

Les chercheurs du laboratoire d'étude des matériaux en milieux agressifs (Lemma) et du laboratoire littoral, environnement et sociétés (Lienss) de l'Université de La Rochelle, associés au sein de la Fédération de recherche en environnement pour le développement durable (Fredd) du CNRS, collaborent pour comprendre ce phénomène. Sophie Sablé, enseignant-chercheur à Lienss, Philippe Refait, professeur responsable de la thématique corrosion en milieux aqueux et environ-

nements marins du Lemma, et les membres de leurs équipes immergent des coupons d'acier neufs dans l'eau de mer pour observer et analyser le processus. L'approche chimique et l'approche biologique sont complémentaires pour l'étude de la dégradation du métal. Sophie Sablé souligne «*qu'une telle approche pluridisciplinaire implique des efforts de dialogue entre les différentes communautés scientifiques*». Mais cette démarche est nécessaire en vue d'une compréhension fine des mécanismes, qui seule permet de diagnostiquer, d'anticiper et de résoudre les problèmes.

LA CORROSION DE L'ACIER

Que se passe-t-il sur le coupon d'acier ? La corrosion d'un métal en présence d'eau est un processus électrochimique. Rappelons qu'un atome est constitué d'un noyau de particules, qui est chargé positivement, et d'un cortège d'électrons satellites chargés négativement. L'un et l'autre s'annulent car les charges sont équivalentes, l'atome est donc un élément non chargé. La plupart des atomes tendent spontanément à perdre ou à gagner des électrons pour former un ion, chargé positivement ou négativement. C'est ce qui se passe lors de la corrosion des métaux. Philippe Refait explique : «*À la surface du coupon, un atome de fer (Fe) va perdre deux électrons et ainsi devenir un ion Fe^{2+} . Un autre composé chimique doit pouvoir capter ces électrons et être alors réduit. C'est l'oxygène qui les capte le plus couramment, dans les milieux aérés. La rouille se forme à partir de ces ions à l'issue d'une succession de processus complexes. Dans le milieu marin, la corrosion est accélérée par des composés agressifs comme les ions chlorures.*»

On pourrait imaginer que les bactéries «grignotent» le métal mais il n'en est rien, précisent les chercheurs. Lorsque les microorganismes s'en mêlent, le processus se complexifie. Ils peuvent le ralentir ou ne pas avoir d'effet du tout, mais c'est quand les microorganismes

Sophie Sablé et Philippe Refait.



Alexandre Duval



Alexandre Duval



accélèrent la corrosion que les problèmes arrivent. Les chercheurs veulent comprendre le phénomène pour apporter des réponses. Dès l'immersion du métal dans l'eau de mer, des bactéries se déposent à sa surface et forment un biofilm c'est-à-dire une communauté structurée de cellules microbiennes, enrobées dans une matrice polymérique autoproduite et adhérentes à la surface. «*Au cours du temps, la couche de rouille se forme et croît en épaisseur. Cette couche étant très poreuse, elle peut être colonisée par des microorganismes, ce qui conduit à la formation d'un biofilm composite. On observe que des espèces de bactéries très différentes y cohabitent*», explique Philippe Refait. Côté mer, on aura des bactéries qui respirent l'oxygène. Au bout de 6 à 12 mois, le biofilm est tellement épais à échelle bactérienne que l'oxygène n'atteint plus les couches profondes car il est entièrement consommé par les bactéries sus-jacentes. Des bactéries qui utilisent un autre composé que l'oxygène se développent alors, comme les bactéries sulfato-réductrices. Celles-ci «respirent» les ions sulfate et les transforment en sulfure d'hydrogène, composé agressif pour le métal. Au contact du fer il va donc se former des sulfures de fer. La nature des produits de corrosion est complètement changée.

ÉCOSYSTÈME DE LA ROUILLE

Parmi les questions que soulève cette étude, réside celle de l'identité des bactéries. Comment les identifier ? La détection de bactéries sulfato-réductrices par exemple se fait par détection d'une enzyme, la sulfite-réductase, indispensable aux bactéries pour transformer les sulfates en sulfures. «*On suppose qu'il n'y a pas que*

les bactéries sulfato-réductrices impliquées, affirme Sophie Sablé, *dans le laboratoire, une partie de notre travail consiste à les identifier.*» Les chercheurs se sont penchés sur l'étude des bactéries car ce sont les premiers organismes qui colonisent les surfaces métalliques. La complexité des mécanismes due à la diversité des organismes présents laisse de longues années de recherche aux deux laboratoires.

Car les bactéries n'ont pas le monopole du dépôt sur coupon. Peu après d'autres organismes plus importants viennent se déposer. «*Il y a des levures, des moisissures, des protozoaires, des microalgues et à la fin il peut même venir y adhérer des coquillages*, décrit Sophie Sablé, *alors on n'appelle plus cela un biofilm mais un "fouling", ce qui signifie "salissures marines".*» À la surface de l'acier dont sont constituées les infrastructures portuaires, c'est un écosystème spécifique qui se forme puisqu'une communauté de microorganismes s'y développe et transforme son environnement. ■

LES BIOFILMS

Cet amas de microorganismes n'a rien d'appétissant, pourtant les biofilms sont présents partout où il y a de l'eau : dans les rivières et la mer, mais aussi dans les stations d'épuration et sur les canalisations du réseau d'eau potable. Il y en a sur les cathéters et les prothèses de chirurgie, sur nos dents (même si on les lave tous les jours), et dans notre tube digestif. Généralement un biofilm est une structure qui prend de l'ampleur avec le temps et qui devient persistante. Le cas des vasières est particulier : là aussi, il y a formation d'un biofilm à chaque marée basse, mais quand la mer revient, les microorganismes sont remis en suspension jusqu'à la prochaine marée.

A gauche, corrosion d'un pieu induite par des microorganismes. A droite, les produits de corrosion changent par la présence des bactéries : oxyhydroxydes de fer en orange, sulfures de fer en noir.

<http://lienss.univ-larochelle.fr>