

Titre : Fonctionnement biogéochimique des écosystèmes transitionnels colonisés par les bactéries filamenteuses électriques : impact sur la meiofaune benthique

Laboratoire : UMR CNRS 6112 LPG-BIAF

Directrice de thèse : Emmanuelle Geslin

Co encadrement : Edouard Metzger,

Contact : emmanuelle.geslin@univ-angers.fr

Partenariat : C. Dupuy (Liens, La Rochelle) Nils Risgaard Petersen (Aarhus University)

Ce sujet de thèse émane des recherches préliminaires engagées au sein d'un projet LEFE CYBER (CB-FOR 2019-2020) intitulé *Les "cable bacteria" : amies ou ennemies des foraminifères ?*

Le fonctionnement des écosystèmes benthiques des milieux transitionnels est classiquement régi par les processus de diagenèse précoce (biogéochimie conventionnelle). La succession des fronts redox de l'oxygène au sulfure est conservée mais l'extension de ces fronts est très réduite. Les processus diagénétiques sont fortement influencés par la bioturbation, qui peut être intense dans ces milieux, provoquant une variation spatiale importante accompagnée par une forte variation temporelle à nos latitudes due aux marées et aux saisons contrastées.

Mais récemment la compréhension de ces processus diagénétiques dans les sédiments marins a été remise en question par la découverte surprenante de courants électriques liées à la présence de bactéries filamenteuses électriques appelées « Cable Bacteria » (CB) (Nielsen et al., 2010, Nature ; Pfeiffer et al., 2012, Nature). La découverte de ces courants électriques dans les sédiments marins vient d'une simple observation que la biogéochimie conventionnelle ne peut pas expliquer : l'oxydation des sulfures dans la zone profonde anoxique est étroitement couplée à la réduction de l'oxygène à la surface du sédiment, réactions pouvant prendre place à des distances de plusieurs centimètres (Fig. 1). La séparation spatiale des processus d'oxydation et de réduction par les CB représente un clivage dans la cascade conventionnelle de processus redox (Nielsen and Risgaard-Petersen, 2015).

Les CB sont relativement faciles à mettre en évidence par micro-profilage. Leur signature géochimique est caractérisée par la formation d'une zone suboxique à plusieurs cm de profondeur (pas de H₂S, pas d'O₂) avec un profil de pH montrant la consommation nette des protons liée à la consommation cathodique de l'oxygène ($O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$) et d'un pH minimum près du front des sulfures lié à l'oxydation anodique des sulfures en sulfate ($H_2S + 4H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$) (Fig. 2) [Nielsen et al., 2010 ; Risgaard-Petersen et al., 2012]. Leur présence est aussi décelable par mesure du potentiel électrique (Risgaard-Petersen et al., 2014).

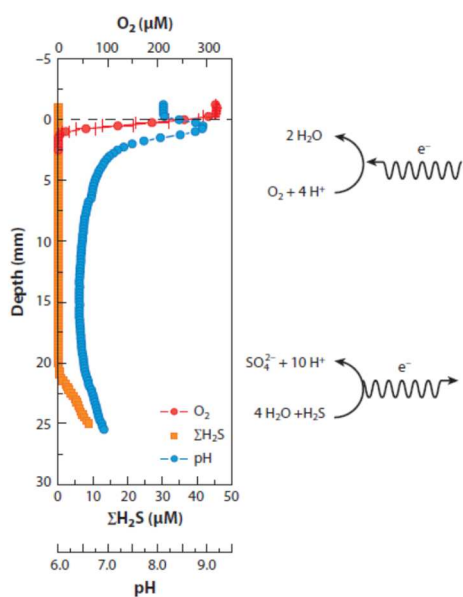


Fig. 1 : Profils d'oxygène, de sulfure et de pH mettant en évidence la réaction électrochimique engendrée par les « cable bacteria » - Nielsen and Risgaard-Petersen et al. (2015)

Les CB sont présentes dans tous les sédiments marins, des environnements côtiers riches en sulfures en passant par les bassins océaniques hypoxiques, aux zones hydrothermales, aux mangroves et aux vasières côtières (Burdorf et al. 2017; Larsen et al. 2014; Malkin et al. 2014; Nielsen and Risgaard-Petersen 2015; Rao et al. 2016; Seitaj et al. 2015). Les CB des sédiments des côtes Atlantiques Européennes ont été surtout étudiées sur les côtes danoises et néerlandaises (Burdorf et al., 2017). Ces études montrent une activité saisonnière des CB (Seitaj et al., 2015 ; Rao et al., 2016 ; Sulu-Gambari et al., 2016). Jusqu'à aujourd'hui et à notre connaissance, aucune étude mettant en évidence la présence des CB sur les côtes Atlantiques françaises n'a été publiée. Les résultats préliminaires du projet CB-FOR ont montré la présence de CB dans le bassin d'Arcachon, le Golfe du Morbihan (rivière d'Auray), ainsi que sur les vasières de l'anse du Ledano à Paimpol. Par contre elles semblent absentes des vasières de la Couplasse dans la Baie de Bourgneuf, où un suivi biogéochimique a été mené mensuellement pendant 3 ans, ainsi que sur la vasière de Brillantes dans l'estuaire de la Loire où différentes campagnes d'études biogéochimiques ont été menées à différentes saisons.

Le premier objectif de ces recherches doctorales est de mieux comprendre les paramètres environnementaux favorables au développement des CB dans les écosystèmes transitionnels des côtes Atlantiques françaises en comparant les processus biogéochimiques de vasières intertidales colonisés par les CB (Auray et Paimpol) et de vasières jusqu'à aujourd'hui non colonisés par les CB (La Couplasse dans la baie de Bourgneuf, estuaire de la Loire). Un des moyens de répondre à ce premier objectif consistera à mieux étudier la dynamique saisonnière de l'activité des CB dans un des sites pré-cités.

Le deuxième objectif est de déterminer l'impact de l'activité des CB sur la meiofaune benthique et notamment sur les foraminifères. En effet les CB altèrent significativement la géochimie des 2 à 5 premiers cm de la colonne sédimentaire, et elles induisent des pH extrêmes (Fig. 1) ce qui accélère la dissolution des oxydes de fer et des carbonates dans les couches de subsurface, alors qu'elles induisent la formation d'oxydes de fer et de carbonates à la surface du sédiment (Risgaard-Petersen et al. 2012; Sulu-Gambari et al. 2016). Cette perturbation du système des carbonates dans les couches superficielles du sédiment devrait avoir un impact sur les développements des organismes carbonatés tels que les foraminifères. Les premiers résultats du programme CB-FOR (programme LEFE-CYBER) tendent à montrer une altération des assemblages typiques de foraminifères dans les premiers centimètres des sédiments colonisés par les CB. La disparition des formes carbonatées au niveau des pH extrêmes est observée laissant place à un assemblage composé exclusivement de formes

agglutinées. Aussi des dissolutions partielles mais différenciées de 2 espèces de foraminifères carbonatés ont été constatées. En effet il semble que le genre *Ammonia* (espèce hétérotrophe omnivore) est plus sensible à la dissolution que l'espèce *Haynesina germanica* (mixotrophe cléptoplaste). Le deuxième objectif de la thèse est de confirmer la signature des CB sur l'altération des assemblages de foraminifères en étudiant plusieurs sites colonisés par les CB. Ces recherches doctorales chercheront aussi à comprendre les processus différenciés de dissolution des espèces dominantes des vasières. De courtes expériences en laboratoire devraient permettre de comprendre si les spécificités physiologiques de ces espèces permettent d'expliquer leurs sensibilités différenciées à la dissolution liée à l'activité des CB.

Enfin, **le troisième objectif de la thèse** va tenter de répondre à la question « depuis quand les CB ont colonisé nos côtes ? ». L'hypothèse est qu'elles soient apparues dans les années 2000. Un travail bibliographique approfondi sur les études antérieures des assemblages de foraminifères dans des milieux transitionnels sera fait pour confirmer ou non cette hypothèse. Puis une carotte longue intégrant un bon enregistrement historique sera étudiée de préférence sur le site où le suivi saisonnier aura été réalisé. Les changements de composition des assemblages carbonatés vs agglutinés devraient nous permettre de dater la colonisation des CB sur nos côtes.

L'ensemble de ce travail permettra de documenter les changements potentiels du fonctionnement des écosystèmes transitionnels des côtes Atlantique françaises impactés par la colonisation apparemment récente des bactéries filamenteuses électriques.