

Proposition de sujet de thèse 2021

Lien entre régulation génique et biogéochimie chez les cyanobactéries diazotrophes unicellulaires

Mots clefs : Exsudation Cyanobactéries marines, fixation de N₂, Phosphore, Signalisation

1. Contexte

La fixation de l'azote (N₂) atmosphérique, aussi appelée diazotrophie, est un processus de réduction opérée par l'enzyme nitrogénase. Dans cette réaction enzymatique, la solide triple liaison de la molécule de N₂ est clivée, pour produire deux molécules de NH₃ qui, lui, est biodisponible pour la croissance de tous les autres organismes vivants non diazotrophes. Seules certaines bactéries ont cette capacité : ainsi, aucune des algues eucaryotes composant le phytoplancton n'est capable d'utiliser le N₂ pour sa croissance, à l'exception de quelques espèces ayant développé une relation symbiotiques avec un diazotrophe (Thompson et al., 2012). De ce point de vue, la fixation de N₂ revêt un caractère exceptionnel. Néanmoins, elle représente la seule voie biologique assurant l'apport d'azote nouveau dans l'océan ouvert et constitue donc un processus fondamental de la biogéochimie des milieux marins (Karl et al., 1997; Carpenter et al., 2004), qui compense les pertes d'azote par dénitrification et anammox (Gruber, 2008). La fixation de N₂ alimente le flux vertical de matière organique, ce qui peut mener à une séquestration du CO₂ atmosphérique et son export vers le fond (Eppley and Peterson, 1979), processus communément appelé la « pompe biologique de carbone ».

Si l'azote leur est donc plus accessible, les diazotrophes restent en compétition avec le phytoplancton pour toutes les autres ressources, comme par exemple le fer, le phosphore, ou encore la lumière. Une meilleure compréhension de la réponse des diazotrophes à leur environnement est nécessaire pour décrire comment ils modifient en le milieu : à ce jour, la quantité d'azote qu'ils apportent à l'océan mondial reste mal estimée par les modèles. La fixation de N₂ est opérée par des organismes aux physiologies diverses. Historiquement, la cyanobactérie filamenteuse *Trichodesmium* spp. était considérée comme le principal diazotrophe dans l'océan ouvert (Capone et al., 1997), jusqu'à ce que l'avènement des techniques moléculaires révèle une phylogénie de diazotrophes diversifiée chez des cyanobactéries unicellulaires (nommées alors UCYN - Zehr et al., 2001; Moisander et al., 2010; Zehr, 2011). **La physiologie de ces UCYN est encore mal connue. Notamment, l'exsudation de matière dissoute par les cellules est peu décrite et quantifiée**, et le lien entre exsudation et fixation de C et N n'est pas encore clairement établi. Cette matière exsudée est susceptible de stimuler la croissance bactérienne ou les communautés phytoplanctoniques et contribuer à l'export.

2. Objectifs et méthodes

Ce projet doctoral a pour objectif d'étudier les processus de croissance à l'échelle de la population, en regard de la disponibilité en phosphore (P) et en lumière (I). Il visera d'une part à déterminer le contrôle de l'exsudation et la quantifier. D'autre part, il s'agira d'analyser l'impact de la limitation en phosphate sur l'activité photosynthétique, l'expression de gènes clef du métabolisme phosphoré, et les processus métaboliques. Des systèmes de perception et de transduction du signal sont requis afin de réguler l'expression des gènes impliqués dans le métabolisme du phosphore par rapport aux concentrations en phosphate disponible dans l'environnement.

Une approche multidisciplinaire sera mise en œuvre, basée sur des expériences en cultures au laboratoire. Parallèlement à la mesure des activités photosynthétique, diazotrophique et d'exsudation, l'impact des variations des paramètres clés (P et I) sur la régulation de l'expression génique sera évalué par le suivi de la transcription de gènes marqueurs de la carence en phosphate et en azote.

3. Cadre de travail et plus-value de cette formation doctorale

Ce projet doctoral, qui combine écophysiologie, biogéochimie et biologie moléculaire, prend place au cœur d'une action de recherche multidisciplinaire en cours, en collaboration avec une équipe de l'Université d'Arizona spécialiste du phosphore et une équipe du GEOMAR Kiel spécialiste de modélisation en biogéochimie. L'objectif de cette action est de proposer de nouveaux modèles mathématiques de la croissance des UCYN afin de quantifier ces deux processus et d'évaluer leur impact à large échelle sur la biogéochimie des océans. Le programme de travail du/de la doctorant(e) prévoit un temps partagé entre les deux équipes encadrantes (LOMIC et LCB).

Ce projet de thèse se situe aux frontières de la biologie moléculaire et de l'océanographie biologique. Le/la doctorant(e) développera ainsi une double compétence méthodologique et scientifique. Une expertise en biologie moléculaire constitue aujourd'hui un atout fort dans les domaines de l'océanographie et de l'écophysiologie.

4. Laboratoires d'accueil et candidature

Attention, date limite de candidature le 5 avril 2021. Pour candidater, merci d'adresser par email vos cv, lettre de motivation, notes et classements de M1/M2 ou école ingénieur ainsi que les coordonnées de deux ou trois personnes vous ayant encadré ou employé précédemment, à :

Sophie Rabouille, rabouille@obs-banyuls.fr

Laboratoire d'Océanographie Microbienne, UMR 7621, Avenue P. Fabre, 66650 Banyuls sur Mer

Et

Amel Latifi, latifi@imm.cnrs.fr

Laboratoire de Chimie Bactérienne , UMR 7283, 31 Chemin Joseph Aiguier, 13009 Marseille, France

Références

Capone, D.G., et al. (1997) *Science* 276:1221–1229. **Carpenter, E.J. Subramaniam, A. & Capone, D.G.** (2004) *Deep-Sea Res Pt I* 51: 173-203. **Gruber, N.** (2008) in *Nitrogen in the Marine Environment*, 2nd ed., chap. 1, pp. 1–50. Academic Press, San Diego, Calif. **Karl, D., et al.** (1997) *Nature* 388: 533-538. **Moisander, P.H., et al.** (2010) *Science* 327: 1512-1514. **Thompson A.W. et al.** (2012) *Science* 337(6101):1546-50. **Zehr, J.P.** (2011) Nitrogen fixation by marine cyanobacteria. *Trends Microbiol* 19: 162-173. **Zehr, J.P. et al.** (2001) *Nature* 412:635-638.