

Impact des aérosols sahariens (fer, phosphates) sur le développement des cyanobactéries diazotrophes unicellulaires

Equipe d'accueil :

DIAZOTROPHIE-IRD

Nom des co-responsables de l'encadrement : **Isabelle Biegala**¹ (CR1, IRD) **Sophie Bonnet**² (CR2, IRD)

¹UR 103 CAMELIA, Centre d'Océanologie de Marseille (COM), Station Marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille ; Tel : 04 91 04 16 62; biegala@univmed.fr; <http://www.ird.nc/CAMELIA/>

²UR 167 CYROCO, COM, Facultés des Sciences de Luminy, case 901 13288 Marseille Cedex 9 ;
Tel : 04 91 82 95 60; sophie.bonnet@univmed.fr; <http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/cyroco/>

Contexte

La majeure partie de la surface des océans est oligotrophe. Dans ces zones oligotrophes, certains procaryotes ont un avantage écologique par rapport aux autres espèces du phytoplancton car ils peuvent assimiler le diazote (N₂) dissous non limitant, provenant du diazote atmosphérique. Cette assimilation, très coûteuse en énergie, se fait grâce à la présence d'une enzyme, la nitrogénase. La diazotrophie des zones oligotrophes peut correspondre jusqu'à 50% de la production nouvelle et contribue significativement à la séquestration du CO₂ atmosphérique dans les sédiments (Karl et al. 1997). L'autre partie de la matière organique est utilisée par le réseau trophique. La compréhension de ces flux de carbone, leur contrôle et leurs conséquences sur la concentration en CO₂ atmosphérique ainsi que sur la productivité des zones oligotrophes font partie des enjeux scientifiques majeurs à l'heure actuelle (Falkowski 1997).

Au cours des dix dernières années il a été montré que la diazotrophie a été largement sous estimée. Alors que cette activité métabolique a été généralement imputée aux cyanobactéries filamenteuses du genre *Trichodesmium*. (>10 µm), de récentes études ont permis de mettre en évidence que les diazotrophes unicellulaires (< 10 µm) renfermaient une grande richesse taxonomique et qu'ils pouvaient contribuer de façon très importante à la diazotrophie (Zehr et al. 2001, Montoya et al. 2004, Bonnet et al. soumis). Parmi ces diazotrophes unicellulaires, on distingue deux groupes nanoplanctoniques (3 – 10 µm) représentés par les *Crocospaera* et les *Cyanothece* disponibles en cultures. Jusqu'à très récemment on pensait qu'il n'y avait pas de cyanobactéries diazotrophes de taille picoplanctonique, puis que l'analyse des génomes des *Prochlorococcus* et *Synechococcus* a montré qu'ils n'étaient pas diazotrophes. Or des travaux menés par l'équipe encadrante ont montré pour la première fois la présence de fortes concentrations de cyanobactéries diazotrophes de taille picoplanctonique dans le Pacifique et en mer Méditerranée (Biegala et Raimbault 2008, Bonnet et al. soumis, Le Moal et Biegala soumis). Ces nouveaux organismes diazotrophes de répartition mondiale semblent occuper une niche écologique plus large que celle des autres cyanobactéries diazotrophes.

Dans le milieu naturel, il est souvent observé une ségrégation spatiale entre les cyanobactéries unicellulaires diazotrophes et les espèces filamenteuses (e.g. Bonnet et al., soumis ; Campbell et al., 2005). Afin de comprendre la distribution spatiale de ces deux types d'organismes dans l'océan, il est nécessaire de connaître les facteurs environnementaux qui contrôlent leur taux de croissance et leur activité diazotrophe. En conditions d'oligotrophie et de températures élevées, l'addition de phosphate, de fer et de poussières Sahariennes (riche en ces éléments) a permis de stimuler la croissance et l'activité de diazotrophes, tel que *Trichodesmium* (Mills et al. 2004). Les récentes études qui se sont intéressées aux diazotrophes unicellulaires comme *Cyanothece* et *Crocospaera* ont montré qu'elles avaient des quotas cellulaires en fer 11 à 150 fois inférieures à ceux de *Trichodesmium*. On peut donc supposer que le fer joue un rôle dans la distribution océanique des diazotrophes. Cette hypothèse sera en partie vérifiée dans le cadre de ce stage.

Dans les zones oligotrophes telles que la mer Méditerranée le dépôt de poussières Sahariennes constitue une source significative de fer et de phosphate qui stimule la production phytoplanctonique (Ridame et Guieu 2002, Bonnet et al 2005). Ces éléments nutritifs devraient favoriser le développement et/ou l'activité de fixation du N₂ des diazotrophes et stimuler ainsi la production nouvelle en zones oligotrophes. Cette hypothèse sera également vérifiée dans le cadre de ce stage.

Objectif du stage

Il sera de contribuer à l'analyse d'échantillons provenant d'expérimentations en mésocosmes et microcosmes visant à comprendre l'impact des poussières Sahariennes et plus précisément du fer et du phosphate sur la croissance et

l'activité des cyanobactéries unicellulaires diazotrophes pico et nanoplanctoniques associées ou non aux *Trichodesmium*. Les échantillons en mésocosmes proviennent d'expérimentations de fertilisation en poussières Saharienne réalisées en milieu naturel en Corse. Les échantillons provenant d'expérimentations en microcosmes proviennent d'expériences de compétition réalisées en cultures entre diazotrophes unicellulaires et filamenteuses en différentes conditions nutritives (fer et phosphates).

Programme

- Le stage, d'une durée de 5 à 6 mois, aura pour objet de répondre à ces hypothèses à l'aide d'une technique de biologie moléculaire le TSA-FISH (Tyramide Signal Amplification Fluorescent *In Situ* Hybridisation) associée à de la microscopie à épifluorescence, où des sondes moléculaires fluorescentes spécifiques s'hybrident sur la petite sous-unité 16S du ribosome (Fig. 1). Les sondes seront testées sur des cultures et des échantillons picoplanctoniques du milieu naturel, puis appliquées aux échantillons des mésocosmes réalisées dans le cadre du programme ANR DUNE réalisé en Corse en Juillet 2007 et Juin 2008

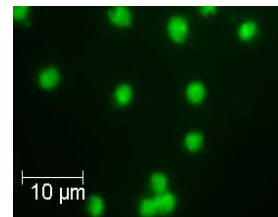


Fig 1. Cellules détectées par TSA-FISH.

- Des comptages microscopiques et en cytométrie en flux seront ensuite réalisés pour étudier plus spécifiquement les effets de différentes concentrations en fer et phosphates sur le développement conjoint de cultures mixte de *Crocospaera* et de *Trichodesmium*.

Equipe proposante

L'Equipe « diazotrophie » d'accueil de l'IRD est actuellement à cheval sur deux unités de recherches (UR103 CAMELIA et UR1637 CYROCO) toutes deux basées à Marseille. Le stage sera effectué conjointement entre les deux unités et les deux encadrants. Céline Ridame (maître de conférences Université Paris 6) interviendra également comme correspondante sur la discussion des données liées au projet DUNE.

Ce stage pourra se poursuivre soit en **thèse** soit en contrat **ingénieur**. Parmi les différentes sources de financement possibles pour une thèse, on peut citer les financements classiques, tel que l'Allocation de Recherche Ministérielle (sous réserve d'attribution), mais aussi les Bourses Régionales (pour tout étudiant), les bourses BDI (pour tout étudiant, ingénieur ou non) et les Bourses IRD (pour les étudiants provenant d'un pays du Sud). Une demande de financement Ingénieur d'Etude a été également effectuée par l'équipe.

Publications de l'équipe sur le sujet (Les 4 plus significatives)

I.C. Biegala, F. Not, D. Vaultot et N. Simon (2003). Quantitative assessment of picoplanctonic in natural environment using taxon specific oligonucleotide probes in association with TSA-FISH (Tyramide Signal Amplification - Fluorescent In Situ Hybridization) and flow cytometry. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 : 5519-5529.

I.C. Biegala et P. Raimbault (2008). High abundance of diazotrophic pico-cyanobacteria (<3µm) in a South-West Pacific coral lagoon. *Aquatic Microbial Ecology*, 51:45-53.

Bonnet, S. & Guieu, C. (2006). Atmospheric forcing on the annual in the Mediterranean Sea. A one year survey. *Journal of Geophysical Research*, *Journal of Geophysical Research*, 111 , C09010, doi:10.1029/2005JC003213.

Bonnet, S., Guieu, C., Chiaverini J., Ras J., Stock, A. (2005). Impact of atmospheric inputs on the phytoplanktonic dynamic in a low nutrient low chlorophyll system. *Limnology and Oceanography*, Vol. 50(6), 1810-1819.

Références citées

- Campbell, L., E.J. et al. 2005. Picoplankton Community Structure Within and Outside a *Trichodesmium* Bloom in the Southwestern 603 Pacific Ocean. **Vie et Milieu** 55: 185-195. 604
- Falkowski P. G. (1997). Evolution of the nitrogen cycle and its influence on the biological sequestration of CO₂ in the Ocean. **Nature**, 387 : 272-275.
- Karl D. et al. (1997). The role of nitrogen fixation in biological cycling in the subtropical North Pacific Ocean. **Nature**, 388 : 533-538.
- Mills, M.M., C. Ridame, et al. 2004. Iron and Phosphorous co-limit nitrogen fixation in the eastern tropical North Atlantic. **Nature** 429:292-294.
- Montoya, J.P., C.M. Holl, J.P. Zehr et al. 2004. High rates of N₂ fixation by unicellular diazotrophs in the oligotrophic Pacific ocean. **Nature** 430:1027-1031.
- Ridame C. et C. Guieu. 2002. Saharan input of phosphate to the oligotrophic water of the open western Mediterranean sea. **Limnology and Oceanography** 47: 856-869.
- Zehr J. P. et al. (2001). Unicellular cyanobacteria fix N₂ in the tropical North Pacific Ocean. **Nature**, 412 : 635-638.