

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT  
D'ILE DE France N° 129**

**Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2019**

Nom du Laboratoire d'accueil : Laboratoire d'Océanographie Microbienne N° UMR : 7621

Nom du Directeur du laboratoire : Fabien Joux

Adresse complète du laboratoire : Observatoire Océanologique Avenue Pierre Fabre s/n 66650 Banyuls sur Mer

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire :

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Ingrid Obernosterer

Téléphone : 04 6888 7353

Mail : ingrid.obernosterer@obs-banyuls.fr

Nom du co-directeur de thèse **HDR** :

Téléphone :

Mail :

**OU**

Nom du co-encadrant **non HDR** : Eva Ortega-Retuerta

Téléphone : 04 6888 7353

Mail : ortegaretuerta@obs-banyuls.fr

- **Titre de la thèse en Français : Rôle de la pompe microbienne dans le cycle du carbone en Mer Méditerranée**
- **Titre de la thèse en Anglais : Assessing the role of the microbial carbon pump in carbon cycling in the Mediterranean Sea**
- **Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :**

L'océan absorbe environ 30% du CO<sub>2</sub> anthropique et contient une grande quantité de carbone sous la forme de matière organique dissoute (DOM; 660 Gt). Plusieurs mécanismes de production et de transformation de la DOM dans l'océan sont encore mal connus. Ils sont cependant essentiels pour prédire les futurs changements dans la capture de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère par l'océan.

Les bactéries hétérotrophes jouent un rôle fondamental dans le cycle du carbone : 50% du carbone produit par le phytoplancton passe par les bactéries, pour produire de la biomasse (production bactérienne) ou du CO<sub>2</sub> (respiration). Cependant, le rôle des bactéries comme producteurs de DOM est moins connu. La "pompe microbienne de carbone" (MCP) correspond à la production par les bactéries de DOM récalcitrante, c'est-à-dire de composés organiques qui s'accumulent dans l'océan pendant des milliers d'années. Ce processus est particulièrement important dans les écosystèmes marins oligotrophes, tel que la mer Méditerranée, où la MCP pourrait contribuer à une part importante dans la séquestration du carbone. Les facteurs environnementaux et biologiques qui modulent la production de DOM d'origine bactérienne et sa biodisponibilité restent malgré tout à explorer.

Dans le cadre de ce projet de thèse, l'étudiant(e) précisera le rôle de la MCP dans la dynamique de la DOM en mer Méditerranée, un écosystème très vulnérable au réchauffement climatique. On observe dans cet écosystème une accumulation de carbone organique dissous pendant la période stratifiée (fin d'été), décalée de la période de maximum production primaire (fin d'hiver). L'origine de cette DOM (phytoplanctonique vs. bactérienne) aura des conséquences sur sa qualité (labile vs réfractaire) et affectera sa destination finale

(reminéralisée vs. accumulée) une fois qu'elle sera exportée dans l'océan profond par mélange vertical.

La thèse s'organisera en trois tâches :

1. Des expériences avec des souches bactériennes modèles en culture. Des souches bactériennes diversifiées en terme de taxonomie et d'écologie seront sélectionnées parmi la collection de souches de l'Observatoire Océanologique de Banyuls. Elles seront incubées avec un source de carbone simple (glucose) en ajoutant de quantités contrastées de N et P. La DOM produite par les souches en culture sera caractérisée (stœchiométrie CNP, concentration des sucres et acides aminés, propriétés optiques et composition moléculaire) pour l'exploration des marqueurs de DOM bactérienne à rechercher dans des écosystèmes naturels.
2. La dynamique temporelle de la qualité de la DOM sera suivie *in situ* à un site d'observation se trouvant à 20 miles au large (MOLA, inclus dans le réseau MOOSE), échantillonné tous les mois, depuis la surface jusqu'à 500 m. L'évolution temporelle de la qualité de la DOM sera comparée avec l'activité et la diversité microbiennes (concentration de chlorophylle, abondance et activité bactérienne, composition des communautés phytoplanctoniques et bactériennes) pour mieux comprendre les sources de DOM à chaque période de l'année.
3. La biodisponibilité et donc la destination finale de la DOM dans les différents périodes de l'année sera exploré au moyen d'expériences d'incubation en microcosmes avec des communautés naturelles de surface et de profondeur dans des moments clés de la dynamique de la DOM (maxima de production de DOM par le phytoplancton, maxima de carbone accumulé). La consommation de DOM et les changements de sa qualité seront suivis parallèlement aux changements du métabolisme bactérien (production et respiration, expression génique).

L'étudiant(e) se familiarisera avec des techniques pour caractériser à la fois la DOM (acides aminés par HPLC, propriétés optiques d'absorbance et de fluorescence) et l'activité (cytométrie en flux, production et respiration bactériennes, activités enzymatiques) et diversité (gènes 16s, métagénomés).

Le financement pour la thèse sera couvert par le projet LEFE-Cyber ODISEA (IP Eva Ortega-Retuerta). Des propositions aux appels d'offres complémentaires (ANR JCJC sélectionnée pour la seconde étape, Emergence Sorbonne Université) ont été aussi déposées.

### • **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

The ocean absorbs 30% of anthropogenic CO<sub>2</sub>, and it contains a vast amount of carbon in the form of oceanic dissolved organic matter (DOM; 660 Gt). However, many of the mechanisms that produce and recycle DOM in the ocean are still to be resolved, but essential to predict further changes in CO<sub>2</sub> capture.

Heterotrophic bacteria play a key role in DOM processing in the ocean. Roughly 50% of carbon that is fixed by photosynthesis is channeled by them, either to produce biomass (bacterial production) or CO<sub>2</sub> (respiration). Less known, however, is the role of bacterial as DOM sources. The so-called microbial carbon pump (MCP) states that bacteria produce refractory DOM, this is, compounds that resist further remineralization and are thus stored in the ocean for thousands of years. In oligotrophic ecosystems, such as the Mediterranean Sea, the MCP is predicted to play a major role in carbon sequestration. However, the ultimate reasons why this DOM is produced and which are the conditions that make it refractory remain unclear.

In the proposed thesis, the student will aim to understand the role of the MCP on DOM dynamics in the Mediterranean Sea, an oligotrophic ecosystem highly vulnerable to climate change. In this marine system, an accumulation of dissolved organic carbon during the stratified period (end of summer) is uncoupled from phytoplankton productivity maxima (early spring). The ultimate source of this DOM (phytoplankton vs. bacterial) will impact its lability and thus its final fate in the ocean, that is, remineralized

vs. accumulated, once entering the deep ocean by water mixing. The thesis work will be organized in working packages as follows:

1. Experiments using bacterial model strains in culture will be performed. Strains from different taxa and lifestyle will be selected (strain collection hosted at Banyuls) and grown a sole carbon source under contrasting N:P ratios, to allow understanding how taxonomy vs. nutrient stoichiometry affects bacterial DOM generation rates and quality. Chemical characterization of DOM (C:N:P stoichiometry, amino acid and carbohydrate composition, optical properties, molecular signatures) will help identify bacterial DOM compounds that can be further identified in the field.
2. Temporal dynamics of DOM quality will be followed *in situ* in the open sea site MOLA, included in the Moose Network (monthly sampling, 6 depths from surface to 500 m). Changes in DOM quality will be compared to the variability of microbial activities (chlorophyll concentration, bacterial abundance and enzyme activity) and composition (phytoplankton and bacterial community composition) in order to elucidate the main sources of the different DOM pools.
3. To understand the fate of DOM at different periods of the year (remineralized vs. accumulated), experimental incubations will be carried out with surface DOM and deep bacterial communities at key moments of the year (maxima of productivity vs. maxima of accumulated DOM). DOM consumption and quality changes over the incubation time will be studied in parallel to changes in biomass production and respiration, and gene expression.

The PhD student will use different techniques for DOM characterization (dissolved amino acids by HPLC, fluorescence and absorbance properties of DOM, DOM molecular signatures by FT-ICR-mass spectrometry) as well as for microbial activity (abundance by flow cytometry, bacterial production, respiration, enzyme activity) and diversity (16s genes, metagenomics).

Funding for this PhD project will be covered by the LEFE-Cyber project ODISEA (PI Ortega-Retuerta). Applications for additional funding have been submitted to ANR-JCJC (preselected for the second round) and Emergence (Sorbonne Université) programs.

**• Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

**• Encadrement :**

**. Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 2019**

(Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Ingrid Obersnosterer :

- Ms. Pavla Debeljak, Sorbonne Université, ressources propres, soutenance septembre 2019.
- Ms. Yan Liu, Sorbonne Université, China Scholarship Council, soutenance septembre 2019.

Eva Ortega-Retuerta :

- Ms. Marina Zamanillo, Universitat Politècnica de Catalunya, ressources propres, soutenance octobre 2019.