

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE France N° 129
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2020

Nom du Laboratoire d'accueil : LOV N° UMR : 7093
Nom du Directeur du laboratoire : Pr. Rodolphe Lemée
Adresse complète du laboratoire : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche
Sorbonne Université - CNRS
181 Chemin du Lazaret
06230 Villefranche-sur-mer
France

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire :
Equipe Computational Plankton Ecology (COMPLEX), LOV

Nom du Directeur de thèse **HDR** :
Fabien Lombard

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

Téléphone : +33 (0)4 93 76 38 18
Mail : lombard@obs-vlfr.fr

Téléphone :
Mail :

• **Titre de la thèse en Français :**

Impact des multiples limitations en nutriments sur les populations planctoniques de surface dans les eaux tropicales

• **Titre de la thèse en Anglais :**

Effect of multiple nutrient limitations on planktonic populations in tropical waters

• **Résumé Sujet en Français:**

Le plancton est un constituant essentiel des écosystèmes océaniques et est un compartiment clé pour comprendre les cycles biogéochimique océaniques (Falkowski, 1994 ;

Beaugrand et al., 2010) ainsi que les flux trophiques dans l'écosystème. Le plancton est par ailleurs soumis à de nombreuses contraintes environnementales telles que la température, le pH, ou encore la quantité de radiation lumineuse. Parmi ces derniers, la concentration en différents macro- (N,P, Si) ou micro-nutriments (métaux traces dont le fer) jouent un rôle prépondérant dans les limitations que peuvent subir l'intégralité du compartiment planctonique. Ces nutriments étant dans l'ensemble souvent limitants, notamment dans les zones tropicales des océans, le plancton est souvent contraint par les sources potentielles de ces derniers qui proviennent soit des couches profondes océaniques (upwelling, mélange de la colonne d'eau) ou encore des apports générés par les terres émergées. L'écosystème de surface (neuston) est donc soumis à une très forte contrainte (éloignement de la thermocline/pycnocline) qui limite les apports de nutriments venant des profondeurs. En retour, il est d'autant plus sensible aux apports venant soit directement des terres, soit indirectement (aérosols). L'étude du plancton de surface, servant de porte d'entrée à ces différents apports en nutriments, est donc importante pour comprendre comment l'écosystème planctonique réagit à des limitations et/ou des apports divers de macro et micro-nutriments.

La campagne Tara Pacifique (Planes et al 2019, Gorsky et al 2019) a permis d'échantillonner, avec une très fine couverture spatiale, l'essentiel du plancton de surface depuis les virus jusqu'aux macroplancton. En plus d'avoir échantillonné des structures majeures d'apport en nutriments (upwellings équatoriaux et de bord est), de nombreuses îles jalonnent l'océan Pacifique oligotrophe aboutissant à des enrichissements locaux en macro et micronutriments (Gove et al 2015). Les données, d'une résolution sans précédent, permettront d'appréhender les processus de macro et mésoéchelle afin de fournir une vue intégrée de l'écosystème en lien avec les processus physiques (Karsenti et al., 2011). Un grand nombre de variables environnementales ont été échantillonnées de manière simultanée et couvrent aussi bien des paramètres physiques (incl. la concentration en aerosols), chimiques (incl. Les macro et micro-nutriments) et différents proxies de l'activité biologique (GPP). Elles regroupent les caractéristiques des masses d'eau (température, salinité, chlorophylle, nutriments) et des indications qualitatives des communautés planctoniques via des données -omiques pour des fractions de taille allant des virus aux larves de poissons, auxquelles pourront être intégrées des données quantitatives (HPLC, cytométrie en flux, flowcam, zooscan) issues de la campagne.

Dans ce contexte, les objectifs de la thèse sont donc de (i) d'étudier l'abondance, la composition et la structuration des communautés planctoniques à l'aide de méthodes d'imagerie quantitative (ii) mettre en relations ces résultats avec les caractéristiques environnementales et notamment avec la présence de macro et micronutriments (iii) mettre en relation les informations quantitatives obtenues avec les données -omiques issues de séquençage haut débit qui donnerons accès à une composition taxonomiques plus fine, mais également permettrons de déterminer quels gènes sont potentiellement surexprimé en présence/absence de différents nutriments.

Références bibliographiques

- Beaugrand G, Edwards M, Legendre L (2010) Marine biodiversity, ecosystem functioning, and carbon cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:10120–10124. doi: 10.1073/pnas.0913855107
- Falkowski PG (1994) The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis research* 39:235–258. doi: 10.1007/BF00014586
- Gorsky G, Bourdin G, Lombard F, Pedrotti ML, Audrain S, Bin N, Boss E, Bowler C, Cassar N, Caudan L, Chabot G, Cohen NR, Cron D, De Vargas C, Dolan JR, Douville E, Elineau A, Flores JM, Ghiglione JF, Haëntjens N, Hertau M, John SG, Kelly RL, Koren I, Lin Y, Marie D, Moulin C, Moucherie Y, Pesant S, Picheral M, Poulain J, Pujo-Pay M, Reverdin G, Romac S, Sullivan MB, Trainic M, Tressol M, Troublé R, Vardi A, Voolstra CR, Wincker P, Agostini S, Banaigs B, Boissin E, Forcioli D, Furla P, Galand PE, Gilson E, Reynaud S, Sunagawa S, Thomas OP, Thurber RLV, Zoccola D, Planes S, Allemand D, Karsenti E (2019) Expanding Tara Oceans Protocols for Underway, Ecosystemic Sampling of the Ocean-Atmosphere Interface During Tara Pacific Expedition (2016–2018). *Frontiers in Marine Science* 6:750. doi: 10.3389/fmars.2019.00750
- Gove JM, McManus MA, Neuheimer AB, Polovina JJ, Drazen JC, Smith CR, Merrifield MA, Friedlander AM, Ehses JS, Young CW (2016) Near-island biological hotspots in barren ocean basins. *Nature communications* 7
- Karsenti E, Acinas SG, Bork P, Bowler C, De Vargas C, Raes J, Sullivan M, Arendt D, Benzoni F, Claverie J-M (2011) A holistic approach to marine eco-systems biology. *PLoS Biol* 9:e1001177
- Planes S, Allemand D, Agostini S, Banaigs B, Boissin E, Boss E, Bourdin G, Bowler C, Douville E, Flores JM, Forcioli D, Furla P, Galand PE, Ghiglione J-F, Gilson E, Lombard F, Moulin C, Pesant S, Poulain J, Reynaud S, Romac S, Sullivan MB, Sunagawa S, Thomas OP, Troublé R, de Vargas C, Vega Thurber R, Voolstra CR, Wincker P, Zoccola D, the Tara Pacific Consortium (2019) The Tara Pacific

• **Résumé Sujet en Anglais:**

Plankton are an essential constituent of ocean ecosystems and are a key compartment for understanding ocean biogeochemical cycles (Falkowski, 1994; Beaugrand et al., 2010) as well as trophic flows in the ecosystem. Plankton are also subject to many environmental constraints such as temperature, pH, or the amount of light radiation. Among these, the concentration of different macro- (N, P, Si) or micro-nutrients (trace metals including iron) play a major role in the limitations that may affect the entire plankton compartment. These nutrients being often limiting, in particular in the tropical zones of the oceans, plankton are often constrained by their potential sources which come either from deep oceanic layers (upwelling, mixing of the water column) or generated by the land. The surface ecosystem (neuston) is therefore subject to a very strong constraint (distance from the thermocline / pycnocline) which limits the supply of nutrients from the depths. In return, it is very sensitive to inputs coming either directly from the land or indirectly (aerosols). The study of surface plankton, serving as a gateway to these different nutrient inputs, is therefore important to understand how the planktonic ecosystem reacts to limitations and / or various inputs of macro and micro-nutrients.

The Tara Pacific campaign (Planes et al 2019, Gorsky et al 2019) sampled, with very fine spatial coverage, most of the surface plankton from viruses to macroplankton. In addition to having sampled major nutrient rich structures (equatorial and eastern current upwellings), many islands in the oligotrophic Pacific Ocean are creating local enrichments in macro and micronutrients (Gove et al 2015). The data, of unprecedented resolution, will allow us to understand macro and mesoscale processes in order to provide an integrated view of the ecosystem linked to physical processes (Karsenti et al., 2011). A large number of environmental variables have been sampled simultaneously and cover physical parameters (incl. Aerosol concentration), chemical parameters (incl. Macro and micro-nutrients) and different proxies of biological activity (GPP). They bring together the characteristics of water masses (temperature, salinity, chlorophyll, nutrients) and qualitative indications of planktonic communities via -omics data for size fractions ranging from viruses to fish larvae, with which the quantitative data (HPLC, flow cytometry, flowcam, zooscan) can be integrated.

In this context, the objectives of the thesis are therefore to (i) study the abundance, composition and structure of planktonic communities using quantitative imaging methods (ii) relate these results to the environmental characteristics and in particular with the presence of macro and micronutrients (iii) relate the quantitative information obtained with the -omic data from high-throughput sequencing which will give access to a finer taxonomic composition, but also allow us to determine which genes are potentially overexpressed in the presence / absence of different nutrients.

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

Pas de financement pour le salaire de l'étudiant(e) en thèse, mais du financement pour l'environnement :

- Ce projet bénéficiera d'une collaboration avec le Génomoscope (CEA), impliqué dans le traitement des données -omiques de TARA PACIFIQUE. Le traitement des données d'imagerie sera réalisé en collaboration avec la plateforme d'imagerie (LOV).
- Différentes collaborations seront mises en place avec l'University of Maine (E. Boss, G. Bourdin ; paramètres optiques, pigments du phytoplancton), Weizmann Institute (Aerosols), Duke University (métaux traces), Station biologique de Roscoff (meta-barcoding)

Contexte programmatique :

Ce sujet s'intègre dans le cadre du Consortium international Tara Pacifique, dont l'échantillonnage est entièrement réalisé. Soutiens analytiques à l'échantillonnage et à l'analyse génétique : ANR Coralgène (800k€), Soutiens acquis : IUF (75k). Soutiens demandés : ANR Regulnut ; ANR Corr-resilience ; Biodiversa HOLISTIC.

• Encadrement :

. Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1^{er} janvier 2020

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

Ophélie Da Silva, SU, ED 129, soutenance prévue en octobre 2021. Initialement 50 % F. Lombard et 50 % L. Guidi.

Réorientation de la thèse d'Ophélie Da Silva vers plus de génomique et la part d'encadrement de F. Lombard diminue fortement.