

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

Laboratoire d'accueil : Laboratoire d'Océanographie et du Climat (LOCEAN) (UMR 7159)  
Directeur : Jean-Benoît Charrassin  
Adresse : IPSL Boîte 100, 4 Place Jussieu. 75252 Paris CEDEX 09.

Nom de l'équipe d'accueil : PROTEO

Nom du Directeur de thèse HDR : Jean-Benoît Charrassin  
Nom du co-directeur de thèse: Cédric Cotté  
(C. Cotté s'engage à passer l'HDR avant fin 2020 afin de prendre la suite sur la direction principale de la thèse)

**Téléphone:** 07 50 42 15 80 **Mail:** cedric.cotte@locean-ipsl.upmc.fr, jean-benoit.charrassin@locean-ipsl.upmc.fr

- **Titre de la thèse en Français :** *Structuration spatiale et variabilité des écosystèmes mésopélagiques dans l'Océan Indien Sud*
- **Titre de la thèse en Anglais :** *Spatial structuring and variability of mesopelagic ecosystems in the southern Indian ocean*

**Résumé en Français**

Les conséquences du changement climatique sur les océans sont actuellement émergentes et les séries d'observations, provenant des satellites ou des mesures in-situ, sont essentielles pour mettre en évidence les effets sur les compartiments physiques, biogéochimiques et biologiques. Un réchauffement de l'océan austral a ainsi été mis en évidence (Swart et al. 2018). Mais les conséquences de ce réchauffement sur les écosystèmes pélagiques sont encore inconnus (Rogers et al. 2020) alors que des mesures de conservations se mettent en place dans les espaces marins nationaux (réserves) et que les terres et mers australes françaises ont tout récemment obtenu leur inscription au patrimoine mondial de l'Unesco.

L'océan Indien Sud présente un important gradient physique auquel correspond une gamme importante de communautés mésopélagiques (Behagle et al. 2016). Les biomasses de ces populations de zooplancton et de micronecton forment la ressource trophique pour les larges populations de prédateurs qui habitent les eaux subantarctiques et subtropicales. Or, ces populations de prédateurs (oiseaux et mammifères) montrent des signes clairs de grandes fluctuations et même de fortes décroissances comme récemment observées pour la plus grande colonie au monde de manchot royal à Crozet et qui a vu sa population s'effondrer de 88 % (Weimerskirch et al. 2018). A côté de ces compartiments les plus facilement observables, très peu d'information permet de comprendre quelles sont les causes de ces modifications des hauts niveaux trophiques des écosystèmes, c'est à dire la variabilité et les tendances des populations de zooplancton et de micronecton.

L'objectif de cette thèse sera donc de comprendre les liens entre les forçages physiques et biogéochimiques et la réponse des écosystèmes mésopélagiques sur lesquelles viennent se nourrir un grand nombre de prédateurs. Les données utilisées pour étudier la répartition des densités d'organismes mésopélagiques en 3 dimensions sur ce large gradient sud-Indien seront issues des programmes d'acoustique active menés sur le Marion Dufresne. Ce navire effectue une rotation annuelle de la zone tropicale à la zone antarctique permettant d'obtenir depuis 2013 un suivi des densités à haute résolution spatiale. Il sera ainsi possible à la fois :

(i) d'examiner les liens fins entre la présence des organismes et les structures océanographiques multi-échelles (fronts, tourbillons, masses d'eau).

(ii) d'étudier la variabilité des biomasses mésopélagiques et de dégager (ou non) des tendances spatiales et temporelles en accord avec celles observées dans les différents domaines océaniques.

(iii) d'identifier les « hotspots trophiques » dans le domaine pélagique et de mieux comprendre quelles sont les structures physiques qui sous-tendent ces importantes relations trophiques et si elles correspondent à des zones fortement touchées par les changements environnementaux.

De par sa nature interdisciplinaire, cette thèse fera appel à différentes données et approches méthodologiques qui nécessitent des collaborations fortes et déjà existantes au sein du laboratoire (F. d'Ovidio) et à l'extérieur (CEBC pour le biologging, laboratoire Ifremer de Boulogne pour les prélèvements in-situ).

### **English summary**

The effects of climate change in the ocean begins to emerge now and time series of observations from satellite or in-situ are crucial to highlight the consequences on the physics, biogeochemistry and biology. A warming was recorded in the Southern ocean (Swart et al. 2018). Yet the effects of this environmental trend on pelagic ecosystems are largely unknown (Rogers et al. 2020) while conservation measures are implemented in national waters (reserves) and french southern territories and seas have just been inscribed as a UNESCO World Heritage Site

The southern Indian ocean is characterized by a large physical gradient together with a corresponding range of mesopelagic communities (Behagle et al. 2016). The zooplankton and micronekton biomasses sustained the large top predator populations inhabiting the subantarctic and subtropical waters. These populations of predators, birds and mammals, are clearly shown to vary and to decrease as recently reported for the largest king penguin colony located in Crozet with a dramatic drop of 88 % (Weimerskirch et al. 2018). While these surface physical parameters and land-based predators are easily accessible to observe, scarce information was obtained from the mid-trophic levels, i.e., zooplankton and micronekton which sustained top predators, and their population variability and/or trends.

The objectives of this PhD will be to understand the coupling between physical and biogeochemical forcing and the responses of mesopelagic ecosystems sustaining large top predator populations. The data used in this PhD to study the 3-D distribution of mesopelagic organisms on the large gradient in the south Indian ocean will be from active acoustique programs conducted on the Marion Dufresne. This ship carried out annual rotation survey from the tropical area to the Antartique zone which has offered the possibility to obtain a high resolution monitoring of mesopelagic organisms since 2013. This unique database will allow us to:

(i) examine fine linkages between the occurrence of organisms and oceanographic structures at multi-scale (fronts, eddies, water masses)

(ii) study the variability of mesopelagic biomasses and highlight (or not) spatial and temporal trends according the physical trends already observed in different oceanic domains

(iii) identify « trophic hotspots » in the pelagic domain and to better understand what kind of physical features sustain the important trophic relationship and if/how they correspond to areas where environmental changes occur.

Due to the interdisciplinary nature of the proposed PhD, different kind of data and methodologies will be used through strong and already existing collaborations within the lab (F. d'Ovidio) and outside (CEBC for the biologging, laboratoire Ifremer de Boulogne for in-situ sampling)

**Encadrement :** Il s'agit du premier encadrement de thèse de Cédric Cotté. Jean-Benoît Charrassin co-encadre une thèse SU qui prendra fin en 2020.

#### **Contexte inter-equipe:**

**Environnement :** La thèse se base sur une série de campagnes acoustiques pluriannuelle menée depuis 2013 (MyctO et Themisto) et sur 2 campagnes (MyctO et Mobydick) qui ont permis de développer les algorithmes de traitement des données. La thèse aura lieu sur le site de Jussieu et de Plouzané pour assurer l'encadrement sur les différents volets.

Une campagne de collecte de données par l'étudiant(e) sera prévue dans le cadre de la thèse à bord du Marion Dufresne (embarquement sur une période d'un mois et demi).

Les résultats obtenus dans la thèse intégreront le dossier scientifique en vue du renforcement du statut de protection des eaux de Saint-Paul et Amsterdam, et de l'extension de la réserve marine.

#### **Références**

1. Swart, N.C., J.C. Fyfe, N. Gillett and G.J. Marshall, 2015. Comparing Trends in the Southern Annular Mode and Surface Westerly Jet. *Journal of Climate*, 28 (22), 8840–8859, doi:10.1175/JCLI-D-14-00716.s1.
2. A.D. Rogers, B.A.V. Frinault, D.K.A. Barnes, N.L. Bindoff, R. Downie, H.W. Ducklow, A.S. Friedlaender, T. Hart, S.L. Hill, E.E. Hofmann, K. Linse, C.R. McMahon, E.J. Murphy, E.A. Pakhomov, G. Reygondeau, I.J. Staniland, D.A. Wolf-Gladrow, R.M. Wright. 2020. Antarctic Futures: An Assessment of Climate-Driven Changes in Ecosystem Structure, Function, and Service Provisioning in the Southern Ocean. *Annual Review of Marine Science* 2020 12:1, 87-120
3. Weimerskirch, H., Le Bouard, F., Ryan, P., & Bost, C. (2018). Massive decline of the world's largest king penguin colony at Ile aux Cochons, Crozet. *Antarctic Science*, 30(4), 236-242. doi:10.1017/S0954102018000226
4. Behagle N., Cotte C., Lebourges Dhaussy A., Roudaut G., Duhamel G., Brehmer P., Josse E., Cherel Y. (2017). Acoustic distribution of discriminated micronektonic organisms from a bi-frequency processing : the case study of eastern Kerguelen oceanic waters. *Progress in Oceanography*, 156, 276-289. ISSN 0079-6611