

CHIMIE

OCÉANOGRAPHIE

32ÈME CONGRÈS

DES DOCTORANTS

Limitation des ressources
Enjeux et défis de demain

PROGRAMME

ÉCOLOGIE

ENVIRONNEMENT ET SANTÉ

ANTHROPOLOGIE

GÉOSCIENCES

Campus Saint-Charles
Amphi Sciences Naturelles

24-25 avril 2025

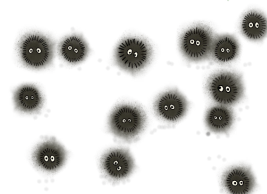


AVANT-PROPOS

Le 32^{ème} congrès de l'École Doctorale des Sciences de l'Environnement se tiendra les 24 et 25 avril 2025 à la Faculté des Sciences, sur le site Saint-Charles à Marseille. Organisé par le LCE, cet événement constitue une occasion annuelle pour les doctorants de présenter leurs travaux de recherche et de les partager avec l'ensemble de la communauté scientifique des sciences de l'environnement d'Aix-Marseille Université.

Le thème retenu cette année, « **Limitation des ressources : Enjeux et défis de demain** », guidera l'ensemble des échanges. Cette édition offrira à nouveau aux participants l'opportunité d'échanger sur leurs recherches innovantes lors de 24 présentations orales de 15 min, et 25 présentations par affiche commentée en 180 secondes par leurs auteurs devant l'ensemble du public. Un quiz final viendra récompenser les participants les plus attentifs à ces interventions éclairés – à condition de faire un sans-faute ! Les conférences invitées seront un fil d'Ariane, avec pour la première fois quatre interventions programmées : trois le jeudi 24, et une le vendredi 25 avril.

Benoît Laignel, Haut Fonctionnaire Développement Durable du MESR, professeur en géosciences et environnement et vice-président de l'Université de Rouen Normandie, ouvrira la première journée avec une intervention sur l'approche systémique des enjeux liés à la **transition écologique et au développement soutenable (TEDS)**, au changement climatique, et à l'épuisement des ressources. Il mettra en lumière les stratégies de l'État, ainsi que le rôle essentiel de l'enseignement supérieur et de la recherche dans la gestion de ces problématiques, en particulier autour des ressources minérales, alimentaires et de la biodiversité. L'après-midi, **Agathe Euzen**, directrice de recherche au CNRS en anthropologie et sciences de l'environnement et co-directrice du PEPR One-Water, explorera le rôle de la recherche dans la

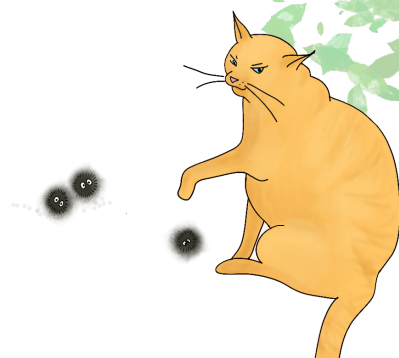


limitation des pressions exercées sur les ressources, avec un focus particulier sur l'eau. Elle plaidera pour une approche interdisciplinaire et systémique, essentielle pour répondre aux défis globaux, tout en intégrant les réalités locales et les Objectifs de Développement Durable (ODD). Suivra l'intervention de **Vincent Kulesza, chef du département Eau et Changement Climatique à la Société du Canal de Provence**, qui analysera les enjeux de la gestion de l'eau en Provence dans un contexte de changement climatique. Il présentera les stratégies d'adaptation mises en oeuvre face à la raréfaction croissante de cette ressource.

Le 25 avril, **Matthew England, spécialiste des interactions océan-climat à l'Université de Nouvelle-Galles du Sud**, évoquera le rôle central des océans dans l'atténuation du réchauffement climatique, tout en soulignant les impacts négatifs qu'ils subissent : perturbation des écosystèmes, événements météorologiques extrêmes, etc. Enfin, une table ronde réunissant trois anciens doctorants de l'ED251 viendra clore le congrès, offrant un moment d'échange sur leurs parcours professionnels respectifs.

Nous remercions chaleureusement toute l'équipe du **Laboratoire de Chimie de l'Environnement** pour son implication dans l'organisation de cette 32^{ème} édition, et ainsi qu'**Isabelle Hammad** pour sa coordination logistique exemplaire. Un **grand merci** également aux conférenciers invités et aux jeunes docteurs pour leur engagement et leur volonté de transmettre leurs expériences aux doctorants et à madame **Aurelie Biancarelli, Adjointe au Maire de Marseille, déléguée à l'enseignement supérieur, la vie étudiante et la recherche**, qui nous fera l'honneur de sa présence. Ce congrès sera, une fois encore, un moment précieux de partage et d'enrichissement mutuel, où les doctorants auront l'occasion de présenter leurs travaux, et aussi d'approfondir leur réflexion, grâce aux interventions de chercheurs de renommée internationale et aux échanges entre pairs.

Lionel Siame et Laure Malleret



JEUDI 24 AVRIL

8H30 - 9H00

Arrivée des participants

9H00 - 9H15

Présentation de Lionel Siame (Directeur de l'ED251)

9H15 - 9H25

Intervention d'Aurélié Biancarelli-Lopes - Adjointe au Maire de Marseille, Déléguée à l'enseignement supérieur, la vie étudiante et la recherche

9H25 - 9H40

Session 1 Oraux Amphi Sciences Naturelles
BOGGIO-PASQUA Atlantine (MIO)

Modeling the preferred habitats of mobula hypostoma, an endangered coastal pelagic ray

9H40 - 9H55

AUREGLIA Louis (LPED)

Racing against extinction : revisiting ravenea palms in Madagascar's biodiversity hotspot

9H55 - 10H10

ABBES Nawras (MIO)

Genomic species delimitation in eunicella gorgonians (octocorallia) from Tunisian coasts (southern mediterranean)

10H10 - 10H25

CZUCKERMAND Lola (IMBE)

Réponse de la mésofaune du sol à un gradient d'urbanisation dans les parcs de la ville de Marseille

10H25 - 10H40

JAMON-HAON Emma (MIO)

Exploring the sediment microbiome of an estuarine mangrove in French Guiana (South America) across two contrasting seasons

10H40 - 10H55

GUARINOS Vincent (CEREGE)

Exploration du ratio iode-calcium dans le test des foraminifères planctoniques : une approche intégrée en Méditerranée et au-delà

10H55 - 11H15

Pause café

11H15 - 11H30

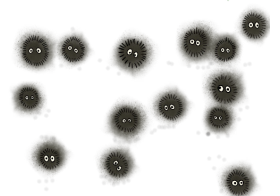
Mon Poster en 180s - Salles 7-001 et 7-002

11H15

Océane Pollet (CEREGE)

11H18

Mathilde Couteyen-Carpaye (MIO)



JEUDI 24 AVRIL

11H21
11H24
11H27
11H30
11H33

Arnaud Lec'Hvien (IMBE)
Agathe Gérardin (LCE)
Thomas Harmand (CEREGE)
Marius Molinet (MIO)
Josiane Azizi (MIO)

11H35 - 12H30

Conférence de Benoît Laignel, VP. Univ. Rouen
Normandie - Approche Systémique des Enjeux liés à
la TEDS et rôle de l'État

12H30 - 13H50

Repas et circulation parmi les posters
Salles 7-001 et 7-002

13H50- 14H40

Conférence d'Agathe Euzen, DR CNRS et co-direc-
trice du PEPR One Water - Quel rôle de la recherche
pour limiter les pressions sur les ressources ? Exemple
de l'eau

14H45 - 15H00

Session 2 Oraux Amphi Sciences Naturelles
ZHU Shengling (INRAE)

*Long-term trends in fire weather conditions over France, and
attribution to climate change for specific large fires*

15H00 - 15H15

DURAND Hugo (IRSN)

*Une approche interdisciplinaire de la gestion post-accidentelle de
l'environnement marin soumis à une contamination radioactive*

15H15 - 15H30

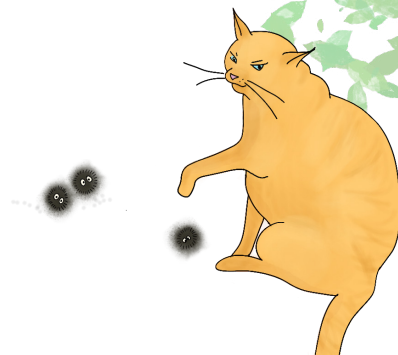
ROUIL Lucile (CEREGE)

*The chemical and mechanical couplings responsible for natural in-
terstitial pressures in the callovo-oxfordian clay formation*

15H30 - 15H45

FOUNAS Souhila (INRAE)

*Modélisation d'un système soumis à un risque natech à l'aide du
dépliage des réseaux de Petri*



JEUDI 24 AVRIL

15H45 - 16H00

ARNAUD Maxime (MIO)

A dive into ocean's ups and downs

16H00 - 16H15

VU Khanh (LCE)

Poly- and perfluoroalkyl substances: a first glimpse of the «forever chemicals» in water samples from red river

16H15 - 16H35

Pause café

16H35 - 17H45

Conférence de Vincent Kulesza, Chef du département Eau et Changement Climatique chez Société du Canal de Provence - La gestion de ressources en eau régionales dans une perspective de changement climatique en Provence

17H45 - 18H00

Mon Poster en 180s - Salles 7-001 et 7-002

17H45

Paul Botte (CEREGE)

17H48

Aude Joël (MIO)

17H51

Juliette Vallin (INRAE RECOVER)

17H54

Adrien Tanti (LCE)

17H57

Jialing Wu (CEREGE)

18H00

Axel Zarzuelo (MIO)

18H00 - 18H30

Circulation parmi les posters

Salles 7-001 et 7-002

18H30

Clôture de la 1^{ère} journée



VENDREDI 25 AVRIL

9H00 - 9H15

Session 3 Oraux Amphi Sciences Naturelles
BREZINS Mathilde (LCE)

Évaluation des sources élémentaires des PM₁₀ dans le bassin de de Marseille-Fos par une étude croisée Positive Matrix Factorization

9H15 - 9H30

LE CAM LIGIER Capucine (MIO)

*Bioluminescence regulation in photobacterium phosphoreum
ANT2200: the role of the TFOX gene*

9H30 - 9H45

LICHTERFELD Yohan (CEREGE)

Calibration de l'analyse des foraminifères individuels pour la reconstruction du climat dans l'Océan Indien ouest : évaluation de la variabilité saisonnière et interannuelle

9H45 - 10H00

MAINGOT-LEPEE Jeanne (MIO)

Analysis, quantification and identification of in situ bioluminescence signals by an innovative sensor (cemsor2)

10H00 - 10H15

BOUCHOT Claire (IMBE)

Isolated but not alone : pollination strategies of a rare endemic plant in the calanques national park

10H15 - 10H30

THIBAULT Hélène (MIO)

Modeling micronekton diel vertical migration contribution to carbon export in the mesopelagic zone

10H30 - 10H45

Mon Poster en 180s - Salles 7-001 et 7-002

10H30

Oumaima El Khattabi (CEREGE)

10H33

Clément Guénier (IMBE)

10H36

Fanny Karatchodjoukova (MIO)

10H39

Sarah Elie (IRSN)

10H42

Mathias Pineau (MIO)

11H00 - 11H30

Circulation parmi les posters
Salles 7-001 et 7-002



VENDREDI 25 AVRIL

11H30 - 12H20

Conférence de Matthew England, Professeur à l'Univ. de Nouvelles-Galles du Sud à Sydney, Australia - L'Océan protecteur, mais aussi destructeur : comment les océans ralentissent le réchauffement de la planète tout en semant le chaos

12H20 - 13H40

Repas et circulation parmi les posters
Salles 7-001 et 7-002

13H40 - 14H40

Table Ronde des Anciens Doctorants

14H45 - 15H00

Session 4 Oraux Amphi Sciences Naturelles
DERVIS Virgile (CEREGE)

Les terrasses, blocs erratiques et moraines de la moyenne durée : preuves des englacements au cours des différents cycles glaciaires et interglaciaires en bassin péri-alpin (Alpes du Sud)

15H00 - 15H15

DUMAS Mathieu (LCE)

Extractions et analyses de 8 familles de sous-produits de désinfection halogènes dans un sol et une matrice biologique

15H15 - 15H30

ARICI Francesca (MIO)

Associated bacteria alleviate diuron and copper stress for marine phytoplankton

15H30 - 15H45

CREVET Margot (IRSN)

Effet des rayonnements ionisants sur la reproduction des reines de l'abeille mellifère, Apis Mellifera

15H45 - 16H00

JACOB Elodie (MIO)

The physiology of vertically migrating zooplankton under pressure

16H00 - 16H15

GRISILLON Jim (LCE)

Rôle des tensioactifs dans la formation des nuages

16H15 - 16H30

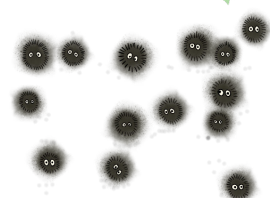
Mon Poster en 180s - Salles 7-001 et 7-002

16H15

Ellyn Auriol (CEREGE)

16H18

Jean Caraës (MIO)



VENDREDI 25 AVRIL

16H21
16H24
16H27
16H30
16H33

Cécile Latapy (IMBE)
Ngo Nghi Truyen Huynh (INRAE RECOVER)
Sybille Lebert (MIO)
Joséphine Amey (LCE)
Yutong Zhang (MIO)

16H35 - 17H15

Circulation parmi les posters
Salles 7-001 et 7-002

17H15 - 17H35

QUIZZ

17H35 - 18H00

Remise des Prix

18H30

Pot de Clôture du Congrès



COMITÉ D'ORGANISATION

LABORATOIRE CHIMIE ENVIRONNEMENT

Jean-Luc Boudenne *Professeur, Directeur du LCE*

Mathilde Brezins *Doctorante*

Mariane Domeizel *Maîtresse de Conférences*

Agathe Gérardin *Doctorante*

Patrick Höhener *Professeur*

Adrien Tanti *Doctorant*

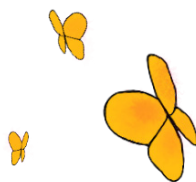
Ian Vedeau *Doctorant*

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (ED 251)

Isabelle Hammad *Assistante de Direction, CEREGE*

Laure Malleret *Directrice Adjointe, Maîtresse de Conférences, LCE*

Lionel Siame *Directeur, Maître de Conférences, CEREGE*



Congrès des Doctorants en Sciences de l'Environnement

24 & 25 avril 2025



Résumés des conférences

Congrès EDSE 2025

Benoit LAIGNEL

Professeur en géosciences et environnement et vice-président de l'Université de Rouen Normandie

Approche systémique des enjeux liés à la TEDS et rôle de l'état.

La présentation se fera selon 2 axes : les grands enjeux liés à la TEDS, au changement climatique et l'épuisement des ressources d'une part et la stratégie de l'état qui se poursuivra avec un focus sur le rôle fondamental de l'ESR

Un focus sera apporté à l'épuisement des ressources minérales, alimentaires et de la biodiversité. La question de l'eau sera ici abordée, dans la mesure où elle sera largement débattue lors des 2 autres conférences. Atténuation et adaptation.

Les points abordés précédemment permettront de faire le lien avec la stratégie nationale et le rôle de l'ESR (formation, recherche, décarbonation et discussion avec les ONR). L'importance d'une démarche transverse et transdisciplinaire sera ici abordée.

Agathe EUZEN

Directrice de recherche au CNRS en anthropologie et sciences de l'environnement et co-directrice du PEPR One-Water

Quel rôle de la recherche pour limiter les pressions sur les ressources ? Exemple de l'eau

L'approche traditionnelle, parfois trop disciplinaire, de faire de la recherche ne suffit plus. Il est nécessaire de développer des projets de recherche qui intègrent la complémentarité spatio-temporelle, en prenant en compte les enjeux locaux tout en adoptant une vision globale. Mobiliser autour des Objectifs de Développement Durable (ODD) et faire émerger des solutions adaptées requiert une action collective qui dépasse les frontières des disciplines et qui privilégie la synergie entre tous les acteurs impliqués.

L'accès à l'eau est limité et fait face à de fortes pressions liées, non seulement par la quantité disponible ou la surexploitation mais aussi par sa répartition géographique et les contraintes environnementales qui pèsent sur sa qualité. Pour répondre à ces défis, il est essentiel d'adopter une approche systémique et interdisciplinaire, qui va au-delà des solutions technologiques.

Dans ce cadre, l'Enseignement Supérieur et la Recherche (ESR) joue un rôle central dans la diffusion d'une information accessible au grand public, afin de sensibiliser aux enjeux de la gestion de l'eau, d'apporter des connaissances, mieux comprendre et de faire évoluer les pratiques. Cette évolution passe par une approche collaborative entre disciplines, où l'interdépendance des sciences, des technologies et des sciences humaines et sociales devient un atout. Il ne s'agit plus de proposer des solutions isolées, mais de mobiliser les savoirs pour développer des solutions adaptées aux contextes locaux et aux enjeux globaux.

Ainsi, pour répondre aux défis posés par les limites planétaires et les pressions sur les ressources, il est indispensable de repenser notre manière de mener la recherche.

Congrès EDSE 2025

Vincent KULESZA

Chef du département Eau et Changement Climatique à la Société du Canal de Provence

La gestion de ressources en eau régionales dans une perspective de changement climatique en Provence

La Société du Canal de Provence, gère depuis 1963 des ressources en eau régionales qui alimentent aujourd'hui 40% des usages en Provence avec 4% de la ressource issue du bassin versant Durance. Le contexte du changement climatique nécessite d'examiner ses impacts sur la raréfaction des ressources et l'évolution des besoins, et de chercher et mettre en œuvre les solutions pour s'adapter. Un encart sur le travail de quelques docteurs de la SCP sera fait : ce qu'ils apportent au sujet du jour et leurs autres activités.

Matthew ENGLAND

Spécialiste des interactions océan-climat à l'Université de Nouvelle-Galles du Sud

L'océan protecteur, mais aussi destructeur : comment les océans ralentissent le réchauffement de la planète tout en semant le chaos

Les vastes océans de la Terre jouent un rôle essentiel dans l'atténuation des effets les plus considérables du changement climatique. En absorbant la chaleur et le carbone, les océans ralentissent le réchauffement de l'atmosphère et modèrent la variabilité extrême du climat. Mais ces avantages sont le corollaire de graves inconvénients. En se réchauffant, en s'acidifiant et en se dilatant, les océans commencent également à perturber les écosystèmes, à décolorer les récifs coralliens, à faire fondre les calottes glaciaires, à remodeler les côtes et à provoquer des ouragans plus violents. Afin de bénéficier de la protection des océans sans subir ces désastres sur plusieurs générations, il est impératif que les pays puissants, comme les États-Unis, l'Australie et les pays Européens, agissent de manière radicale afin de réduire les émissions.

Résumés des présentations orales

MODELING THE PREFERRED HABITATS OF *MOBULA HYPOSTOMA*, AN ENDANGERED COASTAL PELAGIC RAY

#Oral

Atlantique Boggio-Pasqua^{1*}, Kim Bassos-Hull^{2,3}, Krystan A. Wilkinson^{2,3}, Breanna C. DeGroot⁴,
Matthew J. Ajemian⁴, Jessica N. Valek⁵, Alexander Q. Fogg⁵, Morgan A. Ferguson⁶, David Nérini¹,
Frédéric Ménard¹

(1) Aix-Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, Marseille, France

(2) Sharks and Rays Conservation Research Program, Mote Marine Laboratory, Sarasota, FL, USA

(3) Chicago Zoological Society's Sarasota Dolphin Research Program, c/o Mote Marine Laboratory, Sarasota, FL, USA

(4) Harbor Branch Oceanographic Institute, Florida Atlantic University, FL, USA

(5) Okaloosa County Coastal Resource, Fort-Walton Beach, FL, USA

(6) St. Petersburg College, St. Petersburg, FL, USA

* atlantique.boggio-pasqua@mio.osupytheas.fr

Identifying key habitats is essential for conserving threatened species and developing effective spatial management plans. However, for many marine species—especially those that are rare, migratory, or data-deficient—determining preferred habitats remains challenging. Habitat suitability models (HSMs) provide a valuable tool by integrating species occurrence data with environmental variables to predict habitat preferences and inform conservation efforts [1].

This study applies HSMs to identify key habitats for *Mobula hypostoma*, the Atlantic pygmy devil ray, in the northeastern Gulf of Mexico and along the U.S. southeast coast. This coastal pelagic ray is listed as globally endangered on the IUCN Red List, yet its regional distribution and habitat preferences remain poorly understood [2]. Preliminary telemetry data suggest high mobility along the northeastern Gulf coastline, including in Florida, Alabama, Mississippi, and Louisiana waters.

A presence-only dataset (n = 481) was compiled from literature, telemetry, fisheries and wildlife monitoring programs, social media, and citizen science sources. Using the biomod2 R package [3], 10 different algorithms were applied to model habitat suitability based on five key environmental variables: sea surface temperature, chlorophyll- α , slope, salinity, and distance to the -200m isobath. The best-performing models (TSS ≥ 0.7) were combined into ensemble models, with spatial projections generated for all calendar months to map habitat suitability. Core habitat was defined as areas with suitable conditions (RS ≥ 0.5) for at least six months per year.

In most ensemble models, chlorophyll- α was the strongest predictor of *M. hypostoma* distribution, followed by bathymetric slope, with SST having the least influence. A similar HSM approach for its larger relative, *Mobula birostris* (the oceanic manta), in the Western Central Atlantic yielded comparable variable importance rankings [4]. The extent of *M. hypostoma* suitable habitat remained relatively stable across months, with core habitats consistently located near the coast. These included the South Louisiana shelf, the Mississippi River mouth, the Alabama coast, and most coastal waters of Florida, from the Emerald Coast to the Keys in the west and along the east coast from the Treasure Coast to Georgia.

This study provides the first regional-scale assessment of *M. hypostoma* distribution and habitat preferences. Findings suggest the species occupies a wide coastal core

habitat in heavily populated areas, where it is occasionally habitats outside Florida—the only state currently protecting the species—underscores the need for broader conservation measures. Further analyses of telemetry and genetic data are needed to refine connectivity patterns and support spatial management strategies to effectively preserve this vulnerable species.

Remerciements

We sincerely thank all the scientists who contributed acoustic detections of tagged *M. hypostoma*, the citizen scientists who shared observations on dedicated platforms, and Calusa Horn, Nick Farmer, and Christian Jones (NOAA) for assisting with fisheries occurrence data collection.

Références

- [1] Robinson, N. M., Nelson, W. A., Costello, M. J., Sutherland, J. E., & Lundquist, C. J. A systematic review of marine-based species distribution models (SDMs) with recommendations for best practice. *Frontiers in Marine Science*, 4 (2017) 421.
- [2] Marshall A., Barreto R., Carlson J., et al. *Mobula hypostoma* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species (2022) e.T126710128A214399766.
- [3] Thuiller, W., Georges, D., Gueguen, M., Engler, R., Breiner, F., Lafourcade, B., Patin, R., Blancheteau, H. *biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling*. R package version 4.3-2 (2025).
- [4] Garzon, F., Graham, R.T., Witt, M.J. and Hawkes, L.A. Ecological niche modeling reveals manta ray distribution and conservation priority areas in the Western Central Atlantic. *Animal Conservation*, 24 (2020) 322-334.
- [5] Passeroti, M. S. and J. K. Carlson. Catch and bycatch in U.S. Southeast Gillnet Fisheries, 2008. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-583 (2009).
- [6] SEAMAP-SA Data Management Work Group. 2025, January 27. SEAMAP-SA online database.

RACING AGAINST EXTINCTION : REVISITING RAVENEA PALMS IN MADAGASCAR'S BIODIVERSITY HOTSPOT

Présentation
orale

AUREGLIA Louis ^{1*}, VILA Bruno ¹, HARDION Laurent ², RAKOTOARINIVO Mijoro ³

(1) Aix Marseille Univ, IRD, Laboratoire Population Environnement Développement (LPED), Marseille, France

(2) Université de Strasbourg, CNRS, Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE), UMR 7362, Strasbourg, France

(3) Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Mention Biologie et Écologie Végétales, Antananarivo 101, Madagascar

*louis.aureglia@gmail.com

Madagascar is one of the hottest hotspots of biodiversity due to its high species richness, significant levels of endemism, and considerable anthropogenic pressure on ecosystems [1-2]. Concerning palms, this land is home to 208 native palm species, 98% of which are endemic, making its palm flora one of the most distinctive in the world [3]. Furthermore, 84% of palms risk extinction due to habitat destruction, agricultural growth, and overharvesting. The genus *Ravenea* is Madagascar's second-largest palm group [4], yet it has not been thoroughly reviewed in over thirty years [5]. In this context, my work aims to fill this gap by integrating morphological, phylogenetic, and distribution modeling approaches to provide an overview of *Ravenea*'s taxonomy, ecology, and conservation status. A key part of this work involves examining herbarium collections as well as those from Aix-Marseille University, which contain the most important collection of *Ravenea* type specimens, collected in the early 20th century. Additionally, we conducted field expeditions in regions of Madagascar poorly prospected for *Ravenea* species, such as Andasibe, Fort-Dauphin, and Manongarivo-Tsaratanana. These newly collected specimens provide morphological insights and fresh material for DNA sequencing, laying the groundwork for an integrated taxonomic framework. For phylogenetic analyses, we will use targeted sequencing (PhyloPalm and Angiosperm353) to capture thousands of nuclear loci across multiple *Ravenea* species for robust phylogeny. [6]. Conventional markers, such as plastid and ribosomal DNA sequences, have often proven inadequate at the genus level for accurate taxonomic delimitation and population genetics questions. By integrating genetic and morphometric datasets, we aim to clarify the taxonomy of the genus, illuminate the evolutionary mechanisms driving the diversification of *Ravenea*, and assess species' ecological adaptations to distinct climatic niches [7]. Preliminary results highlight the limited knowledge regarding specific *Ravenea* populations, including likely undescribed variations of *R. sambiranensis* and *R. robustior*. In contrast, some species previously considered extremely rare or possibly extinct, such as *R. cycadifolia*, *R. latisepta*, and *R. madagascariensis* var. *monticola*, have been rediscovered during our fieldwork, highlighting the lack of knowledge regarding certain Malagasy palms. Moreover, we discovered a new species of *Ravenea* in the southeastern mountains, representing an important conservation view discovery. Based on our recent field observations, southeast Madagascar (Toalanaro region) is a notable *Ravenea* hotspot. Its location in the southern half of the area, previous biogeographic events, and distinct stable climate patterns may all contribute to this particular richness [8]. Ultimately, this research connects refined taxonomy to urgent conservation, driving updated IUCN Red List assessments and targeted management.

Acknowledgments

My gratitude extends to colleagues working on palms internationally, such as William Baker (RBG Kew), Wolf Eiserhardt (Aarhus University), and, of course, Mijoro Rakotoarinivo (Antananarivo University) for their

taxonomic expertise. Finally, I really want to thank my Malagasy collaborators, whose field knowledge and assistance were invaluable: Alycet, Dolain, Valérie, Germain, and Dieudonné.

References

- [1] Ralimanana H., Perrigo A.L., Smith R.J., Borrell J.S., Wilkin P., Williams J., Ziegler T., Zizka A. & Antonelli A. 2022. Madagascar's extraordinary biodiversity: Threats and opportunities. *Science* 378 (6623): eadf1466. <https://doi.org/10.1126/science.adf1466>
- [2] Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772): 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- [3] Rakotoarinivo M., Dransfield J., Bachman S.P., Moat J. & Baker W.J. 2014. Comprehensive Red List Assessment Reveals Exceptionally High Extinction Risk to Madagascar Palms. *PLoS ONE* 9 (7): e103684. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103684>
- <https://doi.org/10.1126/science.adf1466>
- [4] Eiserhardt W.L., Hansen L.E.S.F., Couvreur T.L.P., Dransfield J., Ferreira P.D.L., Rakotoarinivo M., Bellot S. & Baker W.J. 2024. Explaining extreme differences in species richness among co-occurring palm clades in Madagascar. *Evolutionary Journal of the Linnean Society*: kzae026. <https://doi.org/10.1093/evolinnean/kzae026>
- [5] Beentje H.J. 1994. A Monograph of *Ravenea* (Palmae: Ceroxyloideae). *Kew Bulletin* 49 (4): 623. <https://doi.org/10.2307/4118064>
- [6] Loiseau O., Olivares I., Paris M., De La Harpe M., Weigand A., Koubínová D., Rolland J., Bacon C.D., Balslev H., Borchsenius F., Cano A., Couvreur T.L.P., Delnatte C., Fardin F., Gayot M., Mejía F., Mota-Machado T., Perret M., Roncal J., Sanin M.J., Stauffer F., Lexer C., Kessler M. & Salamin N. 2019. Targeted Capture of Hundreds of Nuclear Genes Unravels Phylogenetic Relationships of the Diverse Neotropical Palm Tribe Geonomateae. *Frontiers in Plant Science* 10: 864. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00864>
- [7] Vences M., Wollenberg K.C., Vieites D.R. & Lees D.C. 2009. Madagascar as a model region of species diversification. *Trends in Ecology & Evolution* 24 (8): 456–465. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.011>
- [8] Rakotoarinivo M., Blach-Overgaard A., Baker W.J., Dransfield J., Moat J. & Svenning J.-C. 2013. Palaeo-

Congrès EDSE 2025

precipitation is a major determinant of palm species richness patterns across Madagascar: a tropical biodiversity hotspot. Proceedings of the Royal Society B:

Biological Sciences 280 (1757): 20123048.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2012.304>

GENOMIC SPECIES DELIMITATION IN EUNICELLA GORGONIANS (OCTOCORALLIA) FROM TUNISIAN COASTS (SOUTHERN MEDITERRANEAN)

oral

Nawras ABBES^{1,2}, Raouia GHANEM³, Stéphane SARTORETTO⁴, Jamila BEN SOUISSI^{3,5}, Lamya CHAOUI⁶, Mohamed Hichem KARA⁶, Sabri JAZIRI⁷, Jean-Baptiste LEDOUX⁸, Lilia BAHRI SFAR^{2§}, Didier AURELLE^{1,9§}

- (1) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France.
 - (2) Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, LR08ES05 Biodiversité, Parasitologie et Ecologie des Ecosystèmes Aquatiques, 2092, Tunis, Tunisie.
 - (3) Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, LR11ES09 Biodiversité, Biotechnology and Climate Change Laboratory, 2092, Tunis, Tunisie.
 - (4) Ifremer, LITTORAL, 83500 La Seyne-sur-Mer, France.
 - (5) Institut National Agronomique de Tunisie, 43, Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.
 - (6) Laboratoire "Bioressources marines", Université d'Annaba, Badji Mokhtar, BP 230, Oued Kouba, 23008 Annaba, Algeria.
 - (7) Méditerranée Action Nature, 7000, Bizerte, Tunisia.
 - (8) CIIMAR/CIIMAR, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Porto, Portugal
 - (9) Institut Systématique Evolution Biodiversité (ISYEB), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, EPHE, Université des Antilles, CP 26, 75005 Paris, France.
- § Equal contribution

* nawras.abbes@mio.osupytheas.fr

Sound species delimitation is essential for studies on biodiversity, connectivity, and adaptation. In octocorals, species delimitation can be challenging due to morphological plasticity or cryptic diversity [1]. Reduced-representation approaches, such as Restriction Site-Associated DNA sequencing (RAD-seq), have proven effective in resolving species boundaries in octocorals and other taxa [1,2]. In this study, we applied RAD sequencing to putatively distinct *Eunicella* species sampled from the northern Tunisian coast. Our objective was to assess their species status and investigate potential hybridization.

We used an integrative approach, beginning with an analysis of sclerites, which are key diagnostic features in octocoral taxonomy. Additionally, we sequenced a portion of the mitochondrial COI-IGR locus to compare with previously published sequences. Finally, we conducted a RAD-seq analysis, incorporating reference samples of *E. cavolini*, *E. verrucosa*, and *E. singularis* from France.

The analysis of sclerites and mitochondrial DNA confirmed the presence of three species along the Tunisian coast: *E. cavolini*, *E. singularis*, and *E. gazella*, the latter having never been reported in this region. Genetic structure analysis based on RAD-seq data further supported the distinctiveness of *E. gazella*. Admixture was only suspected between *E. cavolini* and *E. singularis*, as previously observed near Marseille [3].

Pairwise FST estimates indicated a higher divergence of *E. gazella* from the three other *Eunicella* species analyzed. Genetic diversity, estimated through expected heterozygosity (Hexp), was higher in *E. gazella* in Tunisia compared to the other species. These results highlight the utility of integrative approaches in species delimitation. This study contributes to a better understanding of anthozoan biodiversity in the southern Mediterranean and provides valuable insights for biodiversity conservation along the North African coast.

Keywords: *Eunicella*, RAD sequencing, species delimitation, genetic structure, octocorals, north African coast

Acknowledgments

The RAD sequencing has been performed at the MGX platform (CNRS Montpellier). The bioinformatics analyses have been performed on the Core Cluster of the Institut Français de Bioinformatique (IFB) (ANR-11-INBS-0013). The project leading to this work has received funding from the European FEDER Fund under project 1166-39417. The project leading to this study has received funding from Excellence Initiative of Aix-Marseille University - A*MIDEX, a French "Investissements d'Avenir" programme. This work was financially supported by the "PHC-Utique" program of the French Ministry of Foreign Affairs and Ministry in charge Higher Education and Research and the Tunisian Ministry of Higher Education and Scientific Research in the CMCU project number 23G0803.

References

- [1] E. Pante, J. Abdelkrim, A. Viricel, D. Gey, S.C. France, M.C. Boisselier, S. Samadi, *Heredity*, 114 (2015) 450.
- [2] S. Herrera, T.M. Shank, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 100 (2016) 70.
- [3] D. Aurelle, A. Haguenaue, M. Bally, F. Zuberer, D. Guillemain, J.B. Ledoux, S. Sartoretto, C. Cabau, R. Lapeyre, L. Chaoui, H. Kara, *Biological Journal of the Linnean Society*, 143 (2024) blae116.

REPONSE DE LA MESOFAUNE DU SOL A UN GRADIENT D'URBANISATION DANS LES PARCS DE LA VILLE DE MARSEILLE

#oral

Czuckermant Lola^{1*}, Santonja Mathieu¹, Torre Franck¹, Masotti Véronique¹, Gauquelin Thierry¹, Baldy Virginie¹.

(1) Aix Marseille Univ, Univ. Avignon, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

*lola.czuckermant@imbe.fr

Environ 75% des européens vivent dans des écosystèmes urbains [1]. Dans la ville, le compartiment sol est fortement contraint, modifié et fragmenté par des aménagements urbains variés (e.g. constructions, voiries). Ces activités sont la plus sérieuse des dégradations qui puisse être faite au sol et, elles perturbent localement le déroulement de nombreux cycles biologiques et biogéochimiques (e.g. eau, carbone, azote) [2,3]. Pourtant, ce sol urbain est porteur de nombreux services écosystémiques, en particulier par l'accueil d'une biodiversité significative et la participation à la lutte contre l'effet d'îlots de chaleur urbains, et particulièrement sous climat méditerranéen [4]. Ce travail de thèse CIFRE mené à l'IMBE en partenariat avec la Ville de Marseille a pour objectif de caractériser les communautés de faune du sol selon un gradient d'urbanisation dans les Espaces à Caractère de Nature (ECN) situés dans la matrice urbaine de la ville de Marseille. Les sites d'étude sélectionnés sont 22 parcs et jardins de la ville. Des prélèvements de sol y ont été réalisés sous des pins d'Alep (*Pinus halepensis*), une essence commune et présente dans une grande majorité d'ECN marseillais. Le gradient d'urbanisation a été caractérisé à partir d'analyses cartographiques du mode d'occupation des sols à 1000 m autour du point d'échantillonnage. Celui-ci a permis de classer les ECN en trois catégories de l'épicentre à la périphérie de la ville. Les communautés de mésofaune du sol, extraites à l'aide de dispositifs de Berlese, ont été identifiées jusqu'à l'ordre. Dans les ECN échantillonnés, l'abondance moyenne des organismes de la mésofaune est de 30 000 individus par mètre carré, composé à 60% d'acariens oribates détritovores, à 15% d'acariens mésostigmates prédateurs et à 15% de collemboles. Les communautés de mésofaune du sol ont une tendance à homogénéisation selon un gradient d'urbanisation croissante. Ce résultat semble rejoindre des résultats déjà publiés selon lesquels les contraintes anthropiques (e.g. fragmentation de l'habitat et perturbations intenses fréquentes) affectent la biodiversité urbaine et sa résilience [5,6].

Remerciements

Merci à l'ANRT d'avoir permis de financer ce projet de recherche, à la ville de Marseille et au service SEUR de me permettre de m'immerger dans la planification urbaine publique. Merci à mes encadrants Virginie, Mathieu et Véronique pour leur patience, merci à Franck pour son soutien en statistiques et à tous les doctorants de l'équipe ECOSOM pour leur soutien moral.

Références

- [1] J. R. Cuadrado-Roura, *Reg. Sci. Policy Pract.*, 15(2023) 713-716
- [2] S. Tobias, F. Conen, A. Duss, L. M. Wenzel, C. Buser, et C. Alewell, *Land Degrad. Dev.*, 29(2018)2015-2024
- [3] L. S. Miles, L. R. Rivkin, M. T. J. Johnson, J. Munshi-South, et B. C. Verrelli, *Mol. Ecol.*, 28(2019)4138-4151
- [4] J. Fahed, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2019.
- [5] R. Yuan, N. Zhang, et Q. Zhang, *Sci. Total Environ.*, 931(2024)173004
- [6] M. F. J. Aronson, F. A. La Sorte, C. H. Nilon, M. Katti, M. A. Goddard, C. A. Lepczyk, P. S. Warren, N. S. G. Williams, S. Cilliers, B. Clarkson, C. Dobbs, R. Dolan, M. Hedblom, S. Klotz, J. L. Kooijmans, I. Kühn, I. MacGregor-Fors, M. McDonnell, U. Mörtberg, P. Pysek, S. Siebert, J. Sushinsky, P. Werner, M. Winter, *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 281(2014)1780

EXPLORING THE SEDIMENT MICROBIOME OF AN ESTUARINE MANGROVE IN FRENCH GUIANA (SOUTH AMERICA) ACROSS TWO CONTRASTING SEASONS

#oral

Emma Jamon-Haon ^{1*}, Cécile Militon ¹, Adriana Spedicato ², Emma Michaud ², Gérard Thouzeau ², Léa Sylvi ¹, Sandrine Chifflet ¹, Maud Fiard ¹, Loïc Michel ³, Olivier Grosso ¹, Philippe Cuny ¹

(1) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

(2) Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR - UMR 6539, F-29280 Plouzané, France

(3) Univ. Liège, ASD, 4000 Liège, Belgium

* emma.jamon.haon@gmail.com

Mangroves cover up to 75% of tropical coastlines [1], with some of the most well-preserved found along the Guiana Shield. Consequently, the **300 km** French Guiana coastline harbors near-continuous mangroves, extending from coastal mudflats to upstream tidal-influenced estuaries. Root-associated microbiomes play a key role in ecosystem functioning by mineralizing organic matter under often suboxic or anoxic conditions, promoting plant nutrient uptake [2]. While studies have highlighted the impacts of spatial and ad hoc environmental heterogeneities on these microbiomes [3], [4], [5], seasonal and precipitation-driven variations have scarcely been investigated, particularly in South America [6], [7], [8]. In the context of increasing extreme weather events, including prolonged droughts and record-breaking precipitations, we investigated how microbial structure, composition, and abundance respond to tropical seasonality in French Guiana's mangroves. To do so, we sampled three sites along the Cayenne Estuary during the **dry** (November 2017) and **wet** (March 2022) seasons at low tide peaks. Surface and subsurface sediments were analyzed using **16S rDNA sequencing** alongside environmental parameter assessments. Results revealed **contrasting estuarine states**: the dry season showed a greater oceanic influence, whereas the wet season exhibited stronger terrigenous signatures. Sediments were significantly more reduced hence anoxic during the wet season (**-152 mV vs. 77 mV**), with a threefold higher microbial biomass, a tenfold increase in bacterial populations, and a hundredfold decline in archaeal populations. Redundancy analysis revealed that dry season β -diversity was mainly driven by sand content, Eh and microbial biomass, whereas wet season β -diversity was better explained by $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and meiofauna density variations. Core microbial structure also differed markedly between seasons: the dry season microbiome was more structured across sites and depths, with the co-occurrence network displaying **higher modularity, smaller mean degree, and stronger edge weights**. In contrast, the wet season network reflected a **more homogenized community structure**, likely driven by intense runoff and freshwater influx into the estuary. These findings highlight the **remarkable plasticity** of microbial communities in response to extreme environmental fluctuations and emphasize the **critical role of temporal sampling** in capturing ecological variability, especially in a context of global change.

Acknowledgments

This study was funded in part by a doctoral fellowship from the ED251, by the *Office Français de la Biodiversité* (OFB) and the *Office de l'Eau de la Guyane*, in the framework of the European Water Directive. This work is also part of the CNRS Thematic Network *RT Mangroves*.

References

- [1] C. Giri *et al.*, 'Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data', *Glob. Ecol. Biogeogr.*, vol. 20, no. 1, pp. 154–159, Jan. 2011, doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x.
- [2] D. M. Alongi, 'The role of bacteria in nutrient recycling in tropical mangrove and other coastal benthic ecosystems'.
- [3] M. Fiard *et al.*, 'Mangrove microbiota along the urban-to-rural gradient of the Cayenne estuary (French Guiana, South America): Drivers and potential bioindicators', *Sci. Total Environ.*, vol. 807, p. 150667, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150667.
- [4] C. Militon *et al.*, 'In situ oil contamination in young mangroves: Biodegradation of petroleum hydrocarbons and effects on the microbial and benthic communities, an experimental study in French Guiana', *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 209, p. 117285, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.marpolbul.2024.117285.
- [5] E. Jamon-Haon, P. Cuny, A. Rossi, L. Sylvi, M. Fiard, and C. Militon, 'Global Biogeography of Prokaryotes in Mangrove Sediments: Spatial Patterns and Ecological Insights from 16S rDNA Metabarcoding', Dec. 20, 2024, doi: 10.1128/spectrum.01577-23.
- [6] S. O. Fernandes *et al.*, 'Seasonal variability in environmental parameters influence bacterial communities in mangrove sediments along an estuarine gradient', *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, vol. 270, p. 107791, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.ecss.2022.107791.
- [7] T. Thomson *et al.*, 'The Right Place at the Right Time: Seasonal Variation of Bacterial Communities in Arid Avicennia marina Soils in the Red Sea Is Specific to Its Position in the Intertidal', *Front. Ecol. Evol.*, vol. 10, p. 845611, Apr. 2022, doi: 10.3389/fevo.2022.845611.
- [8] P. Behera, M. Mohapatra, J. Y. Kim, T. K. Adhya, A. K. Pattnaik, and G. Rastogi, 'Spatial and temporal heterogeneity in the structure and function of sediment bacterial communities of a tropical mangrove forest', *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, no. 4, pp. 3893–3908, Feb. 2019, doi: 10.1007/s11356-018-3927-5.

EXPLORATION DU RATIO IODE-CALCIUM DANS LE TEST DES FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES : UNE APPROCHE INTEGRÉE EN MEDITERRANEE ET AU DELA

#oral

Guarinos V. ^{1*}, Tachikawa K. ¹, Chalk T. B. ¹, Garcia M. ¹, Siani G. ², Revel M. ³, Schulz H. ⁴, Sierro F. J. ⁵

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

(2) Laboratoire de Géosciences Paris-Saclay (GEOPS), CNRS, Paris Saclay, France

(3) Université de la Côte d'Azur, CNRS, OCA, IRD, Geoazur, Valbonne, France

(4) Department of Geosciences, University of Tübingen, Tübingen, Germany

(5) Dept. de Geología, Univ. de Salamanca, Plaza de los Caídos s/n, 37008, Salamanca, Spain

* guarinos@cerege.fr

Des observations directes montrent une tendance à la diminution en oxygène dissous dans les océans. Ce déclin n'est cependant pas quantitativement reproduit par les modélisations numériques. La dynamique de l'oxygénation est essentielle pour la santé des écosystèmes marins et est influencée par des facteurs physiques et biogéochimiques. Le rapport iode/calcium des tests de foraminifères planctoniques, I/Ca a été développé comme indicateur de la teneur en oxygène dissous, [O₂]¹. Ce proxy repose sur le fait que la spéciation de l'iode dépend de [O₂] et que seuls les ions iodate (IO₃⁻) peuvent être incorporés dans le réseau cristallin de la calcite en substitution des ions carbonate². Cependant, notre compréhension du comportement du I/Ca doit être améliorée, car la relation entre le rapport I/Ca et [O₂] dans la colonne d'eau jusqu'à 500 m de profondeur est empirique¹, et l'influence des paramètres physiques et biogéochimiques n'a pas encore été pleinement étudiée.

Dans cette étude, nous présentons les premières données de I/Ca provenant de sédiments de surface (Holocène tardif) en mer Méditerranée, ainsi qu'une compilation des données I/Ca précédemment publiées issues de sédiments de surface et de prélèvements planctoniques dans l'océan global. Nous utilisons cette base de données pour examiner l'influence des concentrations maximales et minimales [O₂], de la température, de la salinité, des nutriments, du pH, de l'alcalinité, de la chlorophylle, des vitesses des courants et de la profondeur de la couche de mélange sur le proxy I/Ca. De plus, nous évaluons les effets de la profondeur dans la colonne d'eau afin d'examiner l'hypothèse de l'accumulation d'iode lors de la sédimentation des tests de foraminifères dans la colonne d'eau et à l'interface eau-sédiment³. Nous explorons également la possibilité d'un comportement différentiel entre les espèces de foraminifères en les classant selon la présence ou l'absence de symbiotes, ainsi que leur profondeur de calcification⁴.

Nous avons trouvé des valeurs exceptionnellement basses de I/Ca, atteignant 1 µmol/mol, dans des échantillons du bassin occidental de la mer Méditerranée, fournissant ainsi les premières données de faibles valeurs de I/Ca dans des eaux actuellement oxygénées avec des concentrations minimales de 170 à 190 µmol/kg. Ce

résultat va à l'encontre de l'hypothèse d'une accumulation post-mortem d'iode. Une analyse en composantes principales (ACP) confirme la prédominance de [O₂] sur le I/Ca. Cependant, l'analyse des résidus du I/Ca des foraminifères après soustraction de la dépendance à l'oxygène suggère un rôle potentiel de la température. Aucune tendance claire n'est observée entre ces résidus et l'âge des échantillons, suggérant une influence négligeable de la diagenèse post-enfouissement. La cause des faibles valeurs de I/Ca des foraminifères dans des eaux oxygénées reste incertaine et pourrait impliquer une variabilité locale en oxygène mal contrainte, la dynamique de spéciation de l'iode, les mécanismes d'incorporation au réseau cristallin de la calcite ou d'autres paramètres encore inconnus.

Remerciements

Merci au programme Artemis pour avoir réalisé les datations radiocarbone. Je souhaite remercier Laurence Vidal, Corinne Sonzogni et Sandrine Conrod qui ont rendu ce travail possible. Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'ANR Medsens porté par KT que je remercie pour toutes ces opportunités.

Références

1. Lu, Z. *et al.* Oxygen depletion recorded in upper waters of the glacial Southern Ocean. *NATURE COMMUNICATIONS* 9 (2016).
2. Lu, Z., Jenkyns, H. C. & Rickaby, R. E. M. Iodine to calcium ratios in marine carbonate as a paleo-redox proxy during oceanic anoxic events. *Geology* **38**, 1107–1110 (2010).
3. Winkelbauer, H. A. *et al.* Planktic foraminifera iodine/calcium ratios from plankton tows. *Front. Mar. Sci.* **10**, 1095570 (2023).
4. Hess, A. V., Rosenthal, Y., Zhou, X. & Bu, K. The I/Ca paleo-oxygenation proxy in planktonic foraminifera: A multispecies core-top calibration. *Geochimica et Cosmochimica Acta* S0016703725000298 (2025) doi:10.1016/j.gca.2025.01.018.

LONG-TERM TRENDS IN FIRE WEATHER CONDITIONS OVER FRANCE, AND ATTRIBUTION TO CLIMATE CHANGE FOR SPECIFIC LARGE FIRES

#Poster
ou
#oral

Shengling ZHU ^{1*}, Renaud BARBERO ², François PIMONT ³, Benjamin RENARD ⁴

(1) Aix Marseille Univ, INRAE RECOVER, 3275 Route de Cézanne, 13182 Aix-en-Provence

(2) INRAE RECOVER, 3275 Route de Cézanne, 13182 Aix-en-Provence

(3) INRAE URFM, 228 Avenue de l'aérodrome, 84914 Avignon

(4) INRAE RECOVER, 3275 Route de Cézanne, 13182 Aix-en-Provence

*shengling.zhu@inrae.fr, renaud.barbero@inrae.fr, francois.pimont@inrae.fr, benjamin.renard@inrae.fr

Extreme fires have devastating impacts on ecosystems and society across the world, including parts of France. In 2022, wildfires burned 30,772 hectares in South-Western France, exceeding the 2006–2023 average by approximately 13 times and raising concerns about the potential role of anthropogenic climate change. Attribution studies of extreme events have predominantly focused on heatwaves, drought, or extreme rainfall, but little effort has been made to quantify how climate change has contributed to extreme fire seasons or specific fires.

Drawing from two reanalysis datasets (Safran and ERA-5) as well as the BDIFF fire dataset, we investigated the relationship between fire occurrences and local-scale fire weather conditions (viewed through the Canadian Fire Weather Index) within France [1]. Then, using Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis, we examined the main modes of variability of the FWI, their long-term trends over the last seven decades, and how they relate to trends in meteorological inputs. Finally, we sought to characterize fire weather conditions associated with some specific extreme fires observed in 2022 across South-western France and estimated, using GEV theory, their return periods across a range of different spatial (local vs regional) and temporal (monthly vs fire duration) scales.

Our results show that the warm season (May–September) FWI has gradually intensified over the 1959–2023 period, especially in South-Eastern France (a signal seen in both reanalysis datasets) through increasing temperature and diminished precipitation. The first leading EOF mode of FWI accounts for 59% of the total variance and its principal component displays a strong interannual variability alongside a consistent warming trend across France. The second EOF, accounting for 18 % of the total variance, shows a north-south dipole pattern, with FWI in Southern France varying out of phase with Northern France.

When considering all fires across France from 2006 to 2023, the FWI is, on average, 86% higher than normal with respect to the mean local seasonal cycle, confirming the strong association between the FWI and fire occurrences. Sensitivity analyses show that the return

period of extreme fire-related FWI such as those observed in 2022 may strongly change across scales, with typically larger return periods when reducing the spatial scale. However limiting the FWI to the fire duration generally decreases the return period. For instance, we found that the return period of the FWI associated with the largest fire in 2022 (Landiras-1), which burned 12,552 hectares between 12 July 2022 and 25 July 2022, may range from 24.5 to 211 years, depending on the scales considered.

These results may provide critical support for future attribution analyses using CMIP6 simulations and will help quantify the impact of anthropogenic climate change on extreme fire occurrences [2,3].

Remerciements

I sincerely thank my advisors, Renaud Barbero and François Pimont, for their guidance and support, as well as my colleague Benjamin Renard for his collaboration. I also appreciate the support from SCP company.

Références

[1] Renaud Barbero, John T. Abatzoglou, François Pimont, Julien Ruffault, Thomas Curt, *Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France*, *Frontiers in Earth Science*, Volume 8, 2020, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00104>.

[2] François Pimont, Hélène Fargeon, Thomas Opitz, Julien Ruffault, Renaud Barbero, Nicolas Martin-StPaul, Eric Rigolot, Miguel Rivière, Jean-Luc Dupuy, *Prediction of regional wildfire activity in the probabilistic Bayesian framework of Firelihood*, *Ecological Applications*, 2021, <https://doi.org/10.1002/eap.2316>.

[3] Marine Lanet, Laurent Li, Antoine Ehret, Solène Turquety, Hervé Le Treut, *Attribution of summer 2022 extreme wildfire season in Southwest France to anthropogenic climate change*, *npj Climate and Atmospheric Science*, 7 (2024), Article number: 267.

Congrès EDSE 2025

UNE APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE DE LA GESTION POST-ACCIDENTELLE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN SOUMIS A UNE CONTAMINATION RADIOACTIVE

#oral

Hugo Durand ^{1*}, Olivier Radakovitch ¹, Sophie Gambardella ², Céline Duffa ¹, Karine Beaugelin ³

- (1) ASNR/PSE-ENV/STAAR/Laboratoire de recherche sur les transferts de radionucléides dans les écosystèmes aquatiques (LRTA)
(2) DICE/CERIC-Droits International, Comparé et Européen / Centre d'études et de recherches internationales et communautaires (CERIC)
(3) ASNR/PSE-ENV/Service de développement des démarches d'expertises en radioprotection (SEDDER)

*hugo.durand-amu@asn.fr

La relance du nucléaire implique le maintien et la construction de nouvelles centrales. Malgré leur niveau de sécurité robuste, un rejet accidentel de radionucléides reste possible, et des dispositions doivent être prises en amont pour protéger l'homme et l'environnement dans cette éventualité. En France, la gestion de la phase post-accidentelle est fondée sur les éléments de doctrine proposés par le comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle [1]. Afin d'établir des éléments de gestion propres aux milieux marins ou littoraux, l'ASNR pilote depuis 2022 un groupe de travail « Gestion des milieux marins ». La complexité des interactions écosystémiques et la diversité des dimensions affectées (sociale, sanitaire, environnementale, etc.) exigent une approche pluridisciplinaire. Cofinancée par l'Institut OCEAN (Aix-Marseille Université), cette thèse vise à questionner le cadre juridique relatif à la gestion post-accidentelle : intègre-t-il les spécificités du milieu marin ? Est-il pertinent en l'état pour faire face à un accident nucléaire d'origine terrestre qui rejetterait des radionucléides artificiels en mer ?

Pour y répondre, la thèse adopte une approche interdisciplinaire. Dans un premier temps, elle s'attachera à définir le cadre juridique existant afin d'appréhender ensuite sa pertinence en prenant en compte les outils de modélisation comme pont entre la réalité juridique et scientifique. Cette partie consiste à simuler la dispersion de radionucléides rejetés en mer et à en évaluer l'impact radiologique sur l'environnement. Les modèles utilisés sont respectivement : le modèle STERNE, un modèle

eulérien de dispersion marine intégrant un calcul de transfert dynamique vers certains groupes biologiques ; et l'outil ERICA, permettant d'appliquer une approche intégrée et structurée afin d'évaluer le risque radiologique sur l'environnement.

Plusieurs simulations ont déjà été réalisées : une première avec un rejet accidentel au droit de la centrale du Blayais, et une seconde au droit de la centrale de Flamanville. Les résultats sont comparés aux niveaux réglementant la mise sur le marché des denrées susceptibles d'être contaminées par des substances radioactives, mais aussi à diverses valeurs de référence pour l'écotoxicité des radionucléides. De plus, un indicateur relatif à des fréquences de dépassement a été mis en place pour permettre de commenter de manière adéquate les textes juridiques. Concernant ce cadre juridique, une synthèse des conventions internationales applicables à une contamination radioactive du milieu marin a été réalisée. Les premiers résultats des simulations indiquent un dépassement des valeurs réglementaires uniquement à proximité des centrales côtières considérées.

Références

- [1] ASN. 2022. *Recommandations pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire*. <https://www.asn.fr/publications/2022/Recommandations-pour-la-gestion-post-accidentelle/>

THE CHEMICAL AND MECHANICAL COUPLINGS RESPONSIBLE FOR NATURAL IN-TERSTITIAL PRESSURES IN THE CALLOVO-OXFORDIAN CLAY FORMATION

#oral

Lucile Rouil^(1,2,3), Stephane Gaboreau⁽³⁾, Jean-Charles Robinet⁽²⁾, Jean Talendier⁽²⁾, Julio Gonçalves⁽³⁾

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France

(2) Andra, French national radioactive waste management agency, Chatenay-Malabry, France

(3) BRGM, French geological survey, Orléans, France

l.rouil@externe.brgm.fr

The storage of radioactive waste in deep geological layers requires a comprehensive understanding of the transport phenomena and flow regimes involved. To describe water and solute movements at the scale of the host formation and anticipate future circulations and migrations when waste is stored therein, interpreting pressure and solute concentration profiles established in the past allows for the identification and quantification of different transport phenomena developed within the formation. In the Callovo-Oxfordian (COx) clay formation studied by Andra in the Eastern Paris Basin as part of the Cigéo project, there exists an excess hydraulic head of several tens of meters compared to the theoretical hydrostatic profile that would establish between the two aquifers bounding the COx aquitard formation. An excess hydraulic head of varying intensity depending on depth and reaching up to 40 to 50 meters of water height is measured in various boreholes at the Meuse-Haute Marne Underground Laboratory (LSMHM).

Diverse causes of overpressures within the COx formation have been previously studied. The classical mechanisms for generating overpressures, which account for the high overpressures encountered in young sedimentary basins, are a priori excluded within the COx [4]. In the context of this thesis, the well-known phenomenon of disjoining pressure introduced by Langmuir [5] is investigated. Its volumetric average corresponds to a measurable macroscopic quantity: swelling pressure. Experimental tests on an oedometer cell have been conducted on an intact COx rock to assess the implication of this phenomenon in the observed overpressure profile. The theoretical aspect was addressed through a re-evaluation of the DLVO theory in the context of Stern layer superposition. The standard DLVO theory introduces two additive components of the disjoining pressure: the attractive van der Waals component at low inter-particle distances, and the electrostatic component associated with the repulsion of adjacent electrical double layers. However, this model fails to reproduce experimental measurement results from a water film thickness of 1.2 nm [7]. The application of the theoretical expression of the electrostatic component of the disjoining pressure is only feasible when the diffuse layer is developed and not in the case of adjacent Stern layer overlap. Indeed, the Boltzmann distribution appearing in the expression of the electrostatic component does not account for the variation in water permittivity near the surface of the clay particle, and for

the steric effect of ions, which is not negligible in concentrated media. The mathematical expression of the electrostatic component of the disjoining pressure can be found in Derjaguin et al., [1] and has been reproduced by Gonçalves et al., [3]

Some investigation could be carried out to include additional terms (one or more) in the expression for taking into account permittivity and steric effects of ions. This work relies on the outputs of molecular simulations in Stern layer situations, coupled with distributions of water permittivity at the interface with clay surfaces and ionic distributions. A reference estimation for inter-particle distances less than 1.2 nm will be made on the expression of total disjoining pressure via water activity and Gibbs free energy [6]

The second phenomenon investigated in this study is much less known, and it concerns thermo-osmosis. This corresponds to a flux oriented along a temperature gradient (from the hottest zone to the coldest). This flux is attributed by Derjaguin [4] to interactions between charged surfaces and the pore solution, which modifies the hydrogen bonding of water structure. This modification of hydrogen bonding structure leads to a variation in specific enthalpy within water films. The enthalpy of the water film would then be equal to the sum of the specific enthalpy of the equilibrium solution and the "excess" specific enthalpy due to surface interactions, which generates a temperature gradient. A model is proposed by Gonçalves et al., [2] to predict the thermo-osmotic permeability of COx. Although this model has some uncertainties due to limited data sets, it reproduces a large part of the overpressure in the Callovo-Oxfordian by coupling thermo-osmosis and chemical osmosis. Thermo-osmotic permeability has only been measured on COx in crushed and recompacted samples at a different density than that of intact rock [8] To confirm the predictions of this model and estimate the percentage of involvement in the hydraulic charge profile, it appears necessary to carry out experimental measurements of thermo-osmotic permeability on intact claystone samples. For this purpose, a unique original device was conceived during this thesis.

Références

- [1] Derjaguin, B. V., Churaev, N. V., Muller, V. M., & Kisin, V. I. (1987). *Surface forces*. Springer.

Congrès EDSE 2025

- [2] Gonçalves, J., de Marsily, G., & Tremosa, J. (2012). Importance of thermo-osmosis for fluid flow and transport in clay formations hosting a nuclear waste repository. *Earth and Planetary Science Letters*, 339–340, 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.03.032>
- [3] Gonçalves, J., Rousseau-Gueutin, P., De Marsily, G., Cosenza, P., & Violette, S. (2010). What is the significance of pore pressure in a saturated shale layer? *Water Resources Research*, 46(4).
- [4] Gonçalves, J., Violette, S., & Wendling, J. (2004). Analytical and numerical solutions for alternative overpressuring processes: Application to the Callovo-Oxfordian sedimentary sequence in the Paris basin, France. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B2).
- [5] Langmuir, I. (1938). The role of attractive and repulsive forces in the formation of tactoids, thixotropic gels, protein crystals and coacervates. *The Journal of Chemical Physics*, 6(12), 873–896.
- [6] Low, P. F. (1987). Structural component of the swelling pressure of clays. *Langmuir*, 3(1), 18–25.
<https://doi.org/10.1021/la00073a004>
- [7] McBride, M. B. (1997). A critique of diffuse double layer models applied to colloid and surface chemistry. *Clays and Clay Minerals*, 45, 598–608.
- [8] Rosanne, M., Paszkuta, M., & Adler, P. M. (2006). Thermodiffusional transport of electrolytes in compact clays. *Journal of Colloid and Interface Science*, 299(2), 797–805.

Congrès EDSE 2025

MODÉLISATION D'UN SYSTÈME SOUMIS À UN RISQUE NATECH À L'AIDE DU DÉPLIAGE DES RÉSEAUX DE PETRI.

Oral

S.Founas^{1*}, C.Curt¹, F.Taillandier¹, C.Gaucherel², S.Haar³.

(1) UMR RECOVER (INRAE, Aix Marseille Univ) Aix en Provence.

(2) INRA – AMAP Montpellier.

(3) INRIA and Université Paris-Saclay Gif-sur-Yvette.

*souhila.founas@inrae.fr

Les dernières années ont été marquées par une série de records de températures, selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM). En raison du changement climatique, dès 2022, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) prévoyait l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes climatiques, à l'échelle mondiale. En 2024, des incendies records ont eu lieu dans plusieurs pays d'Amérique latine, tels que la Bolivie, le Suriname, la Guyane et le Venezuela... Par ailleurs, l'expansion de l'occupation des sols entraîne une proximité croissante entre zones de déclenchement d'aléas naturels ou technologiques et les enjeux naturels ou anthropiques. Ceci peut générer des événements multirisques. Le multirisque peut être défini comme « un système complexe composé de différents aléas (naturels et/ou technologiques), qui peuvent agir en combinaison - avec ou sans coïncidence dans le temps - et avoir un impact sur des enjeux et leur vulnérabilité, potentiellement dépendants » [1]. Un événement Natech correspond à un événement technologique induit par un aléa naturel. En raison des interactions entre des risques de natures différentes, la gestion multirisque nécessite l'implication de plusieurs domaines d'expertise. Pour mieux comprendre et prévenir ce type d'événement, un défi majeur réside dans la formalisation des connaissances et la représentation de scénarios. Peu de travaux portant sur les événements multirisques, et encore moins avec un enjeu de modélisation, ont été recensés dans la littérature scientifique [1]. Parmi les approches utilisées, figurent les Réseaux de Petri [2]. Cependant, aucun de ces travaux ne tirent bénéfices des approches de dépliage de ces réseaux pour la construction de scénarios.

Ce travail propose ainsi d'avoir recours aux réseaux de Petri et à leur dépliage pour analyser les dépendances causales et les conditions menant à des scénarios différents. L'approche est appliquée à un événement NaTech. Tout d'abord la définition du système permet de définir les composantes entrant dans la modélisation. À partir de ces composantes, des variables binaires sont extraites et les interactions entre ces variables sont formulées dans un système de règles « Conditions – Réalisations » [3] (avec l'outil Ecco [4]) coconstruit selon une approche multi-acteurs. Ces règles permettent de construire des réseaux de Petri. Il est possible alors de déplier ces réseaux. Le dépliage fournit une représentation exhaustive, sur un même graphique, des processus possibles du réseau de Petri sous la forme d'un ensemble de configurations, représentant chacune un processus possible [5] (avec l'outil Ecofolder [6, 7]). Le dépliage constitue ainsi un outil d'analyse, mais également de communication des résultats de la modélisation.

Le système étudié ici est constitué d'une forêt, d'une zone industrielle, ainsi que d'une unité de pompiers. La forêt est initialement menacée par un incendie, causé par une cigarette. Ce feu menace, à son tour, la zone industrielle comportant une usine, pouvant provoquer un événement Natech. Des moyens de prévention sont en place pour éviter l'explosion de l'usine : l'unité de pompiers peut se déplacer entre trois sites (caserne, forêt et zone industrielle) pour éteindre le feu, un pare-feu protège la zone industrielle de la propagation du feu provenant de la forêt, tandis qu'un système de sécurité (de type sprinkler), permet de prévenir l'explosion de l'usine. La modélisation à l'aide du dépliage des réseaux de Petri, sur la base de 10 variables et 18 règles, a permis de construire un modèle avec une représentation exhaustive des scénarios possibles sous forme graphique. Ces scénarios couvrent différentes situations allant de celle souhaitable (extinction du feu dans la forêt) à celle à éviter (explosion de l'usine). L'analyse de ces scénarios permet d'analyser les possibles bifurcations de la dynamique du système, et d'envisager comment éviter les scénarios catastrophiques.

L'étape suivante vise la modélisation d'un système plus complexe, avec l'ajout d'un effet Domino. Cela passe par l'inclusion d'une deuxième zone industrielle, l'intégration de moyens de prévention supplémentaires et la prise en compte d'impacts environnementaux (e.g., pollution d'une rivière).

Remerciements

Nous remercions G.K. Aguirre-Samboní et T. Curt pour leur participation.

Références

- [1] C. Curt, « Multirisk: What trends in recent works? - A bibliometric analysis », *Sci Total Environ*, 2021.
- [2] T. Murata, « Petri nets: Properties, analysis and applications », *Proc. IEEE*, 1989.
- [3] M. Cosme et al., « Risk assessment and recovery trajectories of a social-ecological system with a discrete-event model after a volcanic eruption », *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, 2023.
- [4] F. Pommereau and al., « Petri Nets Semantics of Reaction Rules (RR): A Language for Ecosystems Modelling », in *PETRI NETS*, 2022.
- [5] J. Esparza and al., « An improvement of McMillan's unfolding algorithm », in *TACAS*, 1996.
- [6] G. K. Aguirre-Samboní and al., « Avoid One's Doom: Finding Cliff-Edge Configurations in Petri Nets », *EPTCS*, 2022.
- [7] G. K. Aguirre-Samboní, « Reset Petri Net Unfolding Semantics for Ecosystem Hypergraphs », in *PNSE 2023*

Maxime Arnaud ^{1*}, Anne Petrenko ¹, Jean-Luc Fuda ¹, Caroline Comby ¹, Anthony Bosse ¹, Yann Ourmières ¹, Andrea Doglioli ¹, Francesco D'Ovidio ², Gerald Gregori ¹, Stéphanie Barrillon ¹

(1) Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, MIO, 13288, Marseille, France

(2) Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN-IPSL), Sorbonne

Université, CNRS, IRD, MNHN, Paris, France

*maxime.arnaud@mio.osupytheas.fr

As oceans cover more than 70% of our planet, understanding their dynamics constitutes one of the pillars of today's physical oceanography.

Ocean dynamics are active on different scales. The planetary scale (hundreds of km / months), is mainly characterized by geostrophic balance and horizontal movements. At the microscale (meters / minutes), buoyancy and energy dissipation dominate. Between those extremes, lies the fine scales (1-100 km / days to weeks) involving high energy transfers and processes such as fronts and eddies [1].

These fine-scale processes can involve strong vertical velocities whose intensities are nonetheless typically several orders of magnitude below the horizontal ones (mm/s versus dozens of cm/s). Measuring such vertical velocities is challenging, which led to their modelling approximation or neglect during the past decades. However, these vertical velocities play a key role in ocean-atmosphere exchanges [2], and physical or biological surface-bottom interactions. Combined dynamical and biogeochemical observations enable to understand the impact of fine-scale processes on biodiversity [7] through high spatio-temporal resolution measurements.

This work focuses on *in situ* 3D velocities analysis in two different types of environments: coastal and offshore deep sea. It includes Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) instruments, that measure 3D-currents using acoustic beams and Doppler effect.

The coastal site JULIO (<https://people.mio.osupytheas.fr/~petrenko/julio.htm>) is a moored ADCP (offshore Marseille). The time series data since 2012 as well as satellite observations and wind model outputs are analyzed. After applying a biology filtering method, dynamics analysis reveals the occurrences of wind-induced upwellings (ascending waters, positive vertical velocities) [3] and downwellings. Vertical velocities are compared with two innovative measuring methods developed at the MIO laboratory. The autonomous Vertical Velocity Profiler (VVP) combines pressure measurement and a flight model [4]. And the Free-Fall ADCP method, based on the same principle as the carousel lowered ADCP technique [5], but in free fall.

Ship-mounted ADCPs, as well as FF-ADCP and VVP were used during the BioSWOT-Med cruise [6], conducted in the Western Mediterranean Sea in spring 2023. The FF-ADCP used a new ADCP with an additional

vertical 5th beam, providing new vertical velocities measurements. During this cruise, the North Balearic front, between dense saline old Atlantic waters and light fresh newer Atlantic waters, was extensively sampled both physically and biologically, together with a strong anticyclonic eddy. Vertical velocities are analyzed and compared to the theoretical expectation of front dynamics. Vertical velocities, despite being hard to measure, can have strong impacts on nutrient fluxes to the lighted surface, and hence biogeochemical cycles, as well as on carbon export to depths, hence linking them to climate change.

Remerciements

We thank the doctoral school of environmental sciences for allowing us to conduct this work. We also thank the MIO laboratory and especially the OPLC team, the observation national service MOOSE and the research facility ILICO. We address thanks to the BioSWOT-Med scientific team and Atalante vessel's captain and crew. We also thank Antedon vessel's captain and crew.

Références

- [1] Mahadevan A. Ann Rev Mar Sci. (2016) 8:161-184.
- [2] Boyd, P. W., Claustre, H., Levy, M., Siegel, D. A., & Weber, T. Nature, 568 (2019), 327–335.
- [3] Barrier, N., Petrenko, A.A. & Ourmières, Y. Ocean Dynamics 66, (2016) 313–327
- [4] J. -L. Fuda, S. Barrillon, C. Comby, A. Doglioli, P. Le Gal & A. Petrenko, IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), La Valletta, Malta, 2023. 6-10.
- [5] Comby, C., S. Barrillon, J. Fuda, A. M. Doglioli, R. Tzortzis, G. Grégori, M. Thyssen, and A. A. Petrenko J. Atmos. Oceanic Technol., 39 (2022) 1669–1684
- [6] Doglioli A.M., Grégori G., D'Ovidio F., Bosse A., Pulido E., Carlotti F., Lescot M., Barani A., Barrillon S., Berline L., Berta M., Bouruet-Aubertot P., Chirurgicalien L., Comby C., Cornet V., Cotté C., Della Penna A., Didry M., Duhamel S., Fuda J.-L., Gastauer S., Guilloux L., Lefèvre D., Le Merle E., Martin A., Mc Cann D., Menna M., Nunige S., Oms L., Pacciaroni M., Petrenko A., Rolland A., Rousselet L., Waggonet E.M. BioSWOT-Med cruise report (2024)
- [7] Tzortzis, R., Doglioli, A. M., Messié, M., Barrillon, S., Petrenko, A. A., Izard, L., Zhao, Y., d'Ovidio, F., Dumas, F., and Gregori, G. Biogeosciences, 20 (2023) 3491–3508

POLY- AND PERFLUOROALKYL SUBSTANCES: A FIRST GLIMPSE OF THE “FOREVER CHEMICALS” IN WATER SAMPLES FROM RED RIVER

#Oral

Khanh VU^{1,2,3*}, David RIBOUL⁴, Pauline MARTINOT⁵, Catherine GUIGUE⁵, Van Hoi BUI³, Laure MALLERET¹, Vincent FAUVELLE²

¹ Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Laboratoire Chimie Environnement, FR ECCOREV, ITEM, Aix-en-Provence, France

² Université de Toulouse, LEGOS (CNES/CNRS/IRD/UPS), Toulouse, France

³ University of Science and Technology of Hanoi (USTH), Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), Hanoi, Vietnam

⁴ Univ Toulouse 3 Paul Sabatier UT3, Univ Toulouse, Ctr Rech Biodivers & Environm CRBE, CNRS, IRD, Toulouse INP, Toulouse, France

⁵ Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288 Marseille, France

khanh.vu@etu.univ-amu.fr

The Red River is one of the most important watercourses in northern Vietnam, providing water for agriculture, manufacturing industries and domestic uses. Given the proximity of various metropolitan areas, agricultural and industrial zones, the Red River is under strong anthropogenic influence and susceptible to contamination by persistent substances, such as Poly- and Perfluoroalkyl substances (PFAS). Being highly resistant to extreme heat and repellent to both water and oil, PFAS have been widely used in aqueous firefighting foam and in various consumer goods, e.g. cooking wares, food packaging, textile [1,2]. However, epidemiological studies have suggested that PFAS can induce cancers, immunotoxic and neurotoxic effects, and other health problems [3,4]. Hence, PFAS have been listed as priority substances by several regulatory agencies and added as Persistent Organic Pollutants (POPs) by the Stockholm Convention.

Being a member state of the Stockholm convention, Vietnam has restricted the usage of Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) in the industrial sector (Decree 82/2022/ND-CP). However, PFAS are until now not included in the national environmental quality standards and a deficit of PFAS research effort makes their occurrence in the Red River unknown. Therefore, the aim of this research is to i) apply a targeted approach for analyzing 53 PFAS in water samples collected in the Red River (from Hanoi city center to the Balat Estuary) in June and September 2023 and ii) estimate their flux towards the ocean. After filtration and solid phase extraction on mixed mode weak anion exchange cartridges, samples were analyzed by Ultra-High Performance Liquid Chromatography coupled with Mass Spectrometry Orbitrap Exploris™ 120.

While twenty-one PFAS were detected in samples from June (from 2.1 to 107 ng.L⁻¹), it was only thirteen for September samples (from 0.7 to 6.3 ng.L⁻¹). Perfluorobutanoic acid (PFBA) and Perfluorosulfonic acid

(PFBS) were the most predominant PFAS in samples from June and September, respectively. An exception was reported in one sample in June where the 6:2-Fluorotelomersulfonic acid (6:2-FTS) concentration reached up to 99.9 ng.L⁻¹. The concentrations of PFOA and Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), the two most extensively targeted PFAS, were well below the European and American standard limits, contributing to less than 10% of the PFAS burden. Besides the legacy perfluoroalkyl acids (PFAAs), emerging PFAS analogs could also be quantified in water samples namely the fluorotelomer sulfonic acids and the ether sulfonic acids. The occurrence of emerging PFAS suggests they are being used as substitutes for the regulated PFOA and PFOS in industrial and commercial applications. Positive correlations (Pearson's $p < 0.05$) between certain PFAAs and dissolved organic carbon (DOC) suggest either common sources for both DOC and PFAAs or the preferential binding of PFAAs to DOC. The estimated average riverine flux of PFAS varied from several kg to ton.yr⁻¹, depending on the flow variability.

Acknowledgement:

We are grateful for the support of French Embassy in Vietnam and LMI-LOTUS.

Reference:

- [1] Schmidt et al., *Marine Pollution Bulletin*, vol. 149 (2019), p 110491, doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2019.110491
- [2] Evich et al., *Science*, vol. 375 (2022), doi: 10.1126/science.abg9065
- [3] Fenton et al., *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 40 (2021), pp 606-630, doi: 10.1002/ETC.4890
- [4] Kim et al., *Environmental Pollution*, vol 279 (2021), p. 116929, doi: 10.1016/J.ENVPOL.2021.116929

ÉVALUATION DES SOURCES ÉLÉMENTAIRES DES PM₁ DANS LE BASSIN DE MARSEILLE-FOS PAR UNE ÉTUDE CROISÉE ROLLING POSITIVE MATRIX FACTORIZATION

#oral

M. Brezins^{1*}, B. Chazeau¹, N. Marchand¹, A. Durand¹, G. Gille², J.L. Jaffrezou³, G. Uzu³ et B. D'Anna¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Marseille, France

(2) AtmoSud, Réseau Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Marseille, France

(3) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IGE (UMR 5001), 38000 Grenoble, France

*mathilde.brezins@univ-amu.fr

Le bassin de Marseille-Fos est caractérisé par des conditions météorologiques spécifiques et une forte pression anthropique, notamment avec le bassin industriel de Fos-sur-Mer et la zone du Grand Port Maritime de Marseille. Ces conditions exposent la cité phocéenne à diverses sources d'aérosols.

Bien que de nombreuses études aient examiné l'apport des sources d'aérosols organiques dans la région, les informations détaillées sur la composition élémentaire des sources d'aérosols restent rares. Cependant, les éléments traces sont émis par diverses sources anthropiques, notamment le transport maritime (Corbin et al., 2018) et les émissions industrielles (Sylvestre et al., 2017). La plupart de ces émissions se trouvent dans la fraction submicronique, qui présente des risques sanitaires sérieux en raison de sa capacité à pénétrer profondément dans le système respiratoire (Manigrasso et al., 2020).

Les récents développements dans l'instrumentation XRF en ligne (Xact 625i) permettent désormais une surveillance haute résolution des PM élémentaires. Dans cette étude, nous présentons une analyse croisée des ensembles de données Xact PM₁ provenant de deux stations de surveillance dans le bassin de Marseille-Fos : MRS-LCP (Marseille-Longchamp), un site de fond urbain, et FOS (Fos-Carabins), situé dans la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer.

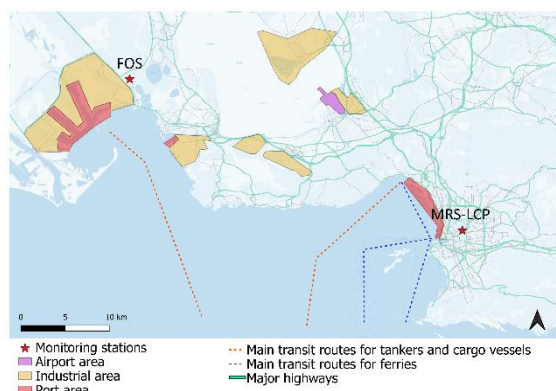


Figure 1 : Carte du bassin de Marseille-Fos.

Des données horaires ont été collectées tout au long de l'année 2023 sur ces deux sites, avec 18 éléments sélectionnés pour l'analyse par Positive Matrix Factorization (PMF) : S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni,

Cu, Zn, As, Se, Br, Cd, Pb, ainsi que le Pd (pour MRS-LCP) et le Rb (pour FOS).

L'analyse PMF statique ne permet pas de capturer correctement les variations saisonnières des profils de facteurs. Par conséquent, la méthode Rolling PMF a été développée et récemment appliquée à des ensembles de données provenant de divers instruments, mais elle n'a encore jamais été appliquée à un an de données Xact. Basée sur la méthode Rolling PMF organique (Canonaco et al., 2021), une approche innovante de Rolling PMF éléments traces a été appliquée pour traiter les ensembles de données Xact des deux stations de surveillance. Finalement, huit facteurs ont été retrouvés à MRS-LCP et neuf à FOS, dont sept facteurs communs aux deux sites.

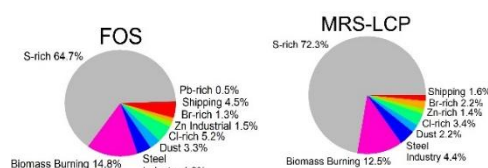


Figure 2 : Diagramme circulaire de la contribution massique des facteurs PMF pour FOS (à gauche) et MRS-LCP (à droite).

Remerciements

Ce travail a été financé par l'Agence National de la Recherche, via l'ANR SHIPAIR - ANR-21-CE22-0015.

Références

- [1] Corbin, J. C. et al., *Environ. Sci. Technol.*, 52 (2018) 6714–6722.
- [2] Sylvestre, A. et al., *Atmospheric Environment*, 152 (2017) 180–190.
- [3] Manigrasso, M. et al., *Environment International*, 141 (2020) 105714.
- [4] Canonaco, F. et al., *Atmos. Meas. Tech.*, 14 (2021) 923–943.

BIOLUMINESCENCE REGULATION IN *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* ANT2200: THE ROLE OF THE *TFOX* GENE

Oral

Capucine Le Cam Ligier^{1*}, Gwénola Simon¹, Corinne Valette¹, Elisa Lefeuvre², Marc Garel¹, Florian Haitz¹, Léna Girolami³, Charlotte Berthelie⁴, Laurie Casalot¹

(1) *Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), Marseille, France*

(2) *Université de Bordeaux, France*

(3) *Lycée Marie Curie, Marseille, France*

(4) *Station biologique de Roscoff, France*

* capucine.lecam-ligier@mio.osupytheas.fr

The bioluminescence reaction in bacteria is an essential ecological process in deep-sea environments [1,2]. The bacterial bioluminescence is predominantly controlled by the *lux* operon, a genetic system encoding the genes essential for light production [3,4]. While the *lux* operon itself is well characterized, various genetic regulatory factors throughout the genome that influence overall light emission remain poorly understood [5].

In this study, we investigated novel regulatory elements affecting bioluminescence by comparing the genome and transcriptome of two strains of *Photobacterium phosphoreum* ANT2200: a wild-type strain Lum and a spontaneous DimLum mutant with significantly reduced luminescence. Comparative analyses identified the gene *tfoX* as a potential key factor in modulating light emission. *tfoX* encodes a transcription factor known for its role in regulating natural competence in Gram-negative bacteria [6]. However, its potential involvement in bioluminescence regulation had not been previously reported. Using bacterial conjugation, we introduced the wild-type *tfoX* gene into the DimLum strain, successfully restoring luminescence to wild-type levels.

Furthermore, ongoing high-pressure incubation experiments aim to assess how deep-sea environmental conditions influence the growth, luminescence intensity, and emission wavelength [7, 8, 9] in the three strains. By characterizing Lum, DimLum, and the *tfoX* conjugant under identical conditions, we hope to understand how *tfoX* plays a crucial role in regulating light emission in *P. phosphoreum*. This study uncovers previously unknown aspects of bioluminescence control and provides new insights into light and growth conditions.

References

[1] S. H. D. Haddock, M. A. Moline, and J. F. Case, 'Bioluminescence in the Sea', *Annu. Rev. Mar. Sci.*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, 2010, doi: 10.1146/annurev-marine-120308-081028.

[2] L. Tanet, S. Martini, L. Casalot, and C. Tamburini, 'Reviews and syntheses: Bacterial bioluminescence – ecology and impact in the biological carbon pump', *Biogeosciences*, vol. 17, no. 14, Art. no., 2020, doi: 10.5194/bg-17-3757-2020.

[3] E. A. Meighen, 'Bacterial bioluminescence: organization, regulation, and application of the *lux* genes', *FASEB J. Off. Publ. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, vol. 7, no. 11, pp. 1016–1022, 1993, doi: 10.1096/fasebj.7.11.8370470.

[4] J. Mancini, M. Boylan, R. Soly, S. Ferri, R. Sztittner, and E. Meighen, 'Organization of the *lux* genes of *photobacterium phosphoreum*', *J. Biolumin. Chemilumin.*, vol. 3, no. 4, Art. no. 4, 1989, doi: 10.1002/bio.1170030407.

[5] E. A. O'Grady and C. F. Wimpee, 'Mutations in the *lux* operon of natural dark mutants in the genus *Vibrio*', *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 74, no. 1, pp. 61–66, 2008, doi: 10.1128/AEM.01199-07.

[6] L. C. Metzger, N. Matthey, C. Stoudmann, E. J. Collas, and M. Blokesch, 'Ecological implications of gene regulation by TfoX and TfoY among diverse *Vibrio* species', *Environ. Microbiol.*, vol. 21, no. 7, pp. 2231–2247, 2019, doi: 10.1111/1462-2920.14562.

[7] B. Al Ali *et al.*, 'Luminous bacteria in the deep-sea waters near the ANTARES underwater neutrino telescope (Mediterranean Sea)', *Chem. Ecol.*, vol. 26, no. 1, Art. no. 1, 2010, doi: 10.1080/02757540903513766.

[8] S. Martini *et al.*, 'Effects of Hydrostatic Pressure on Growth and Luminescence of a Moderately-Piezophilic Luminous Bacteria *Photobacterium phosphoreum* ANT-2200', *PLOS ONE*, vol. 8, no. 6, Art. no. 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0066580.

[9] M. Garel *et al.*, 'Pressure-Retaining Sampler and High-Pressure Systems to Study Deep-Sea Microbes Under in situ Conditions', *Front. Microbiol.*, vol. 10, p. 453, 2019, doi: 10.3389/fmicb.2019.00453.

CALIBRATION DE L'ANALYSE DES FORAMINIFÈRES INDIVIDUELS POUR LA RECONSTRUCTION DU CLIMAT DANS L'OCEAN INDIEN OUEST : EVALUATION DE LA VARIABILITE SAISONNIERE ET INTERANNUELLE

#oral

LICHTERFELD Yohan^{1*}, LEDUC Guillaume¹, THIRUMALAI Kaustubh², VIDAL Laurence¹, DE GARIDEL-THORON Thibault¹, SONZOGNI Corinne¹, BOLTON Clara¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France

(2) Department of Geosciences, University of Arizona, 1040 E, 4th Street Tucson AZ 85721, USA

*lichterfeld@cerege.fr

L'évolution des variabilités climatiques aux échelles saisonnières et interannuelles sous-tendent celle des événements climatiques extrêmes. Afin de mieux appréhender leurs sensibilités, et leurs conséquences sur le cycle hydrologique et les populations vivant autour du bassin, il est essentiel de reconstruire cette variabilité climatique sous des conditions climatiques éloignées de celles observées lors de la période instrumentale. Le nord de l'Océan Indien est marqué par l'influence des vents de moussons sur la dynamique de l'océan de surface à l'échelle de la saison [1] et par différents modes de variabilité climatique à l'échelle interannuelle tel que le Dipôle de l'Océan Indien (IOD) interagissant avec d'autres modes majeurs comme « El Niño Southern Oscillation » (ENSO) dans l'Océan Pacifique [2]. Les projections futures suggèrent que les modes de variabilité climatique de l'océan Indien pourraient être amplifiés sous des scénarios de réchauffement [3], mais un manque d'archives passées complique notre compréhension de la manière dont les modes de variabilité de l'océan Indien pourraient changer sous des régimes climatiques différents.

Une approche basée sur l'analyse en $\delta^{18}\text{O}$ répétée des foraminifères individuels (IFA pour Individual Foraminifera Analysis) permet cependant de capturer cette variabilité rapide dans le passé, mais nécessite encore des efforts de calibration [4]. La littérature récente sur les efforts de calibration et de reconstitution basées sur les IFA sont rares, et se limitent principalement à l'étude du Pacifique équatorial [5,6]. Dans l'océan Indien, une analyse récente basée sur les IFA suggère l'émergence d'une variabilité équatoriale de type ENSO pendant le dernier maximum glaciaire à partir de séquences sédimentaires marines collectées au large de Sumatra [7].

Dans ce travail, nous nous intéressons à trois sites d'archives marines. Le site ODP722 en mer d'Arabie, le site MD96-2060 proche de la côte de la Tanzanie et le site U1467 localisés au Maldives. Dans un premier temps, nous modélisons avec des données de températures et salinité provenant de réanalyses, la sensibilité des IFA à chaque site vis-à-vis de la variabilité saisonnière et interannuelle dans des conditions climatiques modernes. Nous modifions ensuite manuellement la saisonnalité et/ou des événements extrêmes (fréquence et amplitude) afin d'évaluer l'impact de ces modes sur la variance totale du $\delta^{18}\text{O}$ que nous modélisons. Dans un deuxième temps, nous

comparerons des données IFA sur des espèces de foraminifères planctoniques vivant en surface et dans la thermocline entre l'Holocène tardif et le Dernier Maximum Glaciaire, deux périodes climatiques différentes afin de voir comment évolue la variabilité du $\delta^{18}\text{O}$ pour chaque site puis de la comparer aux données précédemment simulées.

Les résultats préliminaires de modélisations suggèrent que les sites les plus au Nord sont plus sensibles à la variabilité saisonnière liée à la dynamique d'upwelling et les vents de moussons. En revanche à la profondeur de la thermocline le site MD96-2060 plus au sud témoigne d'une plus grande sensibilité à la variabilité interannuelle liée à des événements comme l'IOD ou l'ENSO. Les analyses futures sur des échantillons permettront de comparer cette variabilité dans deux périodes bien distinctes et de proposer une interprétation aux échelles spatiale et temporelle.

Remerciements

Je remercie Aix-Marseille université et l'école doctorale 251 de pouvoir faire ma thèse dans de bonnes conditions et d'organiser ce congrès pour permettre aux doctorants de présenter leurs travaux.

Références

- [1] F.A. Schott, J.P. McCreary Jr, *Progress in Oceanography*, 51(1) (2001) 1-123
- [2] N.J. Abram, J.A. Hargreaves, N.M. Wright, K. Thirumalai, C.C. Ummenhofer, M.H. England, *Quaternary Science Reviews*, 237 (2020)
- [3] P. N. DiNezio, M. Puy, K. Thirumalai, F. F. Jin, J. E. Tierney, *Sciences Advances*, 6 (2020) eaay7684.
- [4] J. Groeneveld, S.L. HO, A. Mackensen, M. Mohtadi, T. Laepple, *Paleoceanography and Paleoclimatology* 34 (2019) 775-773
- [5] G. Leduc, L. Vidal, O. Cartapanis, E. Bard, *Paleoceanography*, 2 (2009), 3
- [6] H.L. Ford, A.C. Ravelo, P.J. Polissar, *Science*, 347 (2015), 255-258
- [7] K. Thirumalai, P. N. DiNezio, J. E. Tierney, M. Puy, M. Mohtadi, *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34 (2019) 1316-1327

ANALYSIS, QUANTIFICATION AND IDENTIFICATION OF IN SITU BIOLUMINESCENCE SIGNALS BY AN INNOVATIVE SENSOR (CEMSOR2)

Oral

Jeanne Maingot-Lépee^{1*}, Laurent De Knyff², Amandine Caillat³, Jacques Benoit², Fabien Soulier², Florence Azais², Karim Mahiouz³, Didier Louber³, Carl Gojak³, Jean-Jacques Fourmond³, Sylvain Bonhommeau⁴, Serge Bernard², Séverine Martini¹

(1) MIO - Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, Marseille, France

(2) LIRMM, University of Montpellier, CNRS, 34095 Montpellier, France

(3) Division Technique de l'INSU, UAR CNRS 855, La Seyne sur Mer, France

(4) IFREMER DOI, Rue Jean Bertho, Le Port, France

*jeanne.maingot-lepee@mio.osupytheas.fr

Bioluminescence, the light emitted naturally by marine organisms, is the main light source in the mesopelagic zone. Nearly 75% of marine organisms, from the surface to the deep sea [1][3], use this capability for communication with diverse ecological goals (predation, repulsion...). Bioluminescence detection thus offers an indirect way of tracking the presence, distribution and migrations of organisms. Such detection can lead for example to a better understanding of vertical migrations of organisms and consequently of a better quantification of the active carbon export in the mesopelagic ocean. However, current technologies still limit large deployments, and high frequency observations of in situ bioluminescence.

To overcome these limitations, the CEMSOR2 project, led by several institutions (including LIRMM, MIO and IFREMER), aims to develop an innovative, low cost, compact, multi-instrumented sensor capable of measuring bioluminescence in situ. The CEMSOR2 is designed to be easily deployable on a wide range of vectors (such as underwater gliders, CTDs, buoys, trawls, living organisms). The sensor being easy to deploy will enable us to collect a wide range of bioluminescent data with high spatiotemporal resolution, while recording environmental and behavioral variables related to the organisms.

Validation of this sensor relies on a series of tests in a controlled environment to verify its robustness under marine conditions (pressure, water), and to calibrate and characterize it. Field testing of the CEMSOR2 is an essential part of the project. Controlled experiments have been performed on several luminous species (*Pennatula Rubra*, *Pteroides Griseum*, and *Veretillum Cynomorium*). By hypothesizing that each species or individual emits distinct bioluminescent flashes, we mechanically stimulated these organisms with a water current in a dark room, detected their light signals with the sensor, and then analyzed their light emissions [2]. These results are essential for calibrating the sensor and refining detection algorithms. This research highlights distinct light signatures for these species of cnidarians.

Once deployed, a template script allows to analyse bioluminescence signals according to their spatio-temporal distribution in the water column. By classifying light peaks according to their characteristics (shape, intensity, duration [4]), we aim to link these events to species behavior and environmental variables. The aim is to develop on-board algorithms to detect and process these signals within the sensor.

Remerciements

This project has obtained financial support from the CNRS through its interdisciplinary programs, from the MITI through its exploratory research program, from NUMEV 2022 funding, from ANR-ASTRID funding (2024-2026), from LEFE funding (2023-2024).

The plans, schematics, software and instrumental realizations within the framework of the CEMSOR2 project were made with the support of the Technical Division of the Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) of the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Références

- [1] Martini, S. and Haddock, S. H. D. (2017). Quantification of bioluminescence from the surface to the deep sea demonstrates its predominance as an ecological trait. *Scientific Reports* 7, 45750. doi:10.1038/srep45750
- [2] Letendre, F., Twardowski, M., Blackburn, A., Poulin, C., and Latz, M. I. (2024). A review of mechanically stimulated bioluminescence of marine plankton and its applications. *Frontiers in Marine Science* 10. doi:10.3389/fmars.2023.1299602
- [3] Martini, S., Kuhnz, L., Mallefet, J., and Haddock, S. H. D. (2019). Distribution and quantification of bioluminescence as an ecological trait in the deep sea benthos. *Scientific Reports* 9, 14654. doi:10.1038/s41598-019-50961-z
- [4] Nealson, K. H., Arneson, A. C., and Huber, M. E. (1986). Identification of marine organisms using kinetic and spectral properties of their bioluminescence. *Marine Biology* 91, 77–83. doi:10.1007/BF00397573

ISOLATED BUT NOT ALONE : POLLINATION STRATEGIES OF A RARE ENDEMIC PLANT IN THE CALANQUES NATIONAL PARK.

Oral

Claire Bouchot ^{1*}, Laurence Affre ¹, Clément Beaumont ¹, Gabriel Nève ¹ and Benoît Geslin ²

(1) Aix Marseille Univ, Univ. Avignon, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

(2) Université de Rennes (UNIR), UMR 6553 ECOBIO, CNRS, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes cedex, France.

*claire.bouchot@imbe.fr

The Mediterranean region is a biodiversity hotspot, home to an exceptional diversity of plant and animal species. Within this region, the Calanques national park (Mediterranean France) harbors over 900 plant species and numerous pollinators [1,2] both on continental and insular areas such as the Frioul archipelago. As the plant and pollinator communities on small islands are particularly vulnerable to current threats [3], understanding the pollination mechanisms of rare and endangered plants is essential for their conservation.

Teucrium polium subsp. *purpurascens* is a rare, endangered and protected plant, endemic to the Calanques of Marseille. While most of its populations are found on the Frioul archipelago, a few individuals also occur on the mainland. The presence of *T. p. purpurascens* on these islands raises important questions about its survival, reproductive strategies, and the conservation of this endangered species.

To explore the pollination mechanisms of *T. p. purpurascens*, we conducted a comparative study with *Teucrium flavum*, the only species of the same genus also present on the Frioul archipelago. Unlike *T. p. purpurascens*, *T. flavum* is widely distributed in southern France. On Pomègues island (Frioul archipelago), we studied various floral traits and local ecological parameters that could influence *T. p. purpurascens* and *T. flavum* pollinator guilds, particularly through insect captures and nectar sampling.

Our results mainly show that *T. p. purpurascens* appears to be a generalist plant, as it attracts a wide variety of pollinating insects unlike *T. flavum*, which seems to rely mainly on bees for its pollination. The guilds of bee species visiting the two *Teucrium* plant species on the island are

also very clearly distinct. In terms of attractiveness factors, *T. p. purpurascens* produced more concentrated nectar than *T. flavum*, but in smaller quantities. Surprisingly, no correlation was found between the nectar produced by the two plants (sugar concentration or quantity of nectar) and their pollinators. Only the number of flowers seems to have a positive effect on the attractiveness of *T. flavum*, but not of *T. p. purpurascens*.

These results suggest that *T. p. purpurascens* depends on the diversity of pollinators on the island for its survival and the maintenance of its populations. Consequently, conserving *T. p. purpurascens* require to conserve a large species richness of pollinators and therefore to protect their habitats.

Acknowledgements

We are thankful to the Calanques National Park for the financial support and for the access permission. We are grateful to M. Aubert and D. Genoud for the bee's identification. We thank M. Jurado who participated in sampling in the field.

References

- [1] M. Pires, D. Pavon, in *La Flore remarquable des Bouches du Rhône. Plantes, milieux naturels et paysages*. Biotope éditions, 2018, 468.
- [2] L. Ropars, L. Affre, M. Aubert, C. Fernandez, F. Flacher, D. Genoud, F. Guiter, et al. *Environmental Entomology*, 49 (2020) 947-55.
- [3] F. Médail, *Botanical Review*, 88 (2022) 63-129.

MODELING MICRONEKTON DIEL VERTICAL MIGRATION CONTRIBUTION TO CARBON EXPORT IN THE MESOPELAGIC ZONE

#oral

Hélène Thibault^{1*}, Frédéric Ménard¹, Jeanne Abitbol-Spangaro², Jean-Christophe Poggiale¹, and Séverine Martini¹

(1) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

(2) Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes, ENS de Lyon, CNRS, Lyon, France

*helene.thibault@mio.osupytheas.fr

Micronekton is a diverse group assemblage of aquatic animals in the ocean, described as active swimmers ranging from 2 to 20 cm. A part of this group perform diel vertical migrations, feeding on nutritious surface waters during the night and migrate several hundred meters at sunrise, descending to deeper waters to avoid predators and rest. These organisms play a significant but often overlooked role in carbon transport within the ocean. Using a one-dimensional trait-based model, we simulated the diel vertical migrations of micronekton and their carbon production through respiration, fecal pellets, excretion, and dead bodies. Our model allowed us to explore the biotic and abiotic variables influencing the active transport of carbon in the mesopelagic zone, where organisms experience low light levels. The functional approach highlighted the importance of size and taxonomy, in particularly considering fish, crustaceans, and cephalopods as key factors controlling the efficiency of carbon transport. Several metabolic parameters

accounted for most of the variability in micronekton biomass, organic carbon production, and transport efficiency, mostly linked to respiration rates. Our results suggest that in temperate regions, the export of particles in the mesopelagic zone induced by micronekton is greater in summer. However, in the context of global warming, the evolution of the impact of micronekton on carbon sequestration remains uncertain. This underscores the imperative for future research to deepen our understanding of micronekton metabolism and vertical dynamics through a functional approach and in relation to their environment.

Remerciements

This study contributes to the APERO project funded by the National Research Agency under the grant APERO [grant number ANR ANR-21-CE01-0027] and by the French LEFE-Cyber program (CNRS, INSU).

LES TERRASSES, BLOCS ERRATIQUES ET MORAINES DE LA MOYENNE DURANCE : PREUVES DES ENGLACEMENTS AU COURS DES DIFFÉRENTS CYCLES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES EN BASSIN PERI-ALPIN (ALPES DU SUD)

#oral

Dervis Virgile^{*1}, Nutz Alexis¹, Braucher Régis¹, Rizza Magali², Dietrich Pierre³, Tissoux Hélène⁴

- (1) ¹CEREGE, Aix-Marseille Université, 13545 Aix-en-Provence, France (dervis@cerege.fr ; nutz@cerege.fr ; braucher@cerege.fr)
(2) ²UQAM, Montréal, Québec, Canada (rizza.magali@uqam.ca)
(3) ³Géosciences Rennes, UMR 6118, 35000 Rennes, France (pierre.dietrich@univ-rennes.fr)
(4) ⁴BRGM, Orléans, 45100, France (H.Tissoux@brgm.fr)

Actuellement, dans les vallées et bassins situés en périphérie des Alpes, de nombreuses formes de relief témoignent de l'existence passée de cycles glaciaires et interglaciaires au cours du Quaternaire. En effet, l'alternance de périodes d'avancées et de retraits glaciaire sur les Alpes liées aux cyclicités climatiques quaternaires a été suggérée dès le XIXe siècle. L'existence de ces cycles glaciaires et interglaciaires quaternaires ont fait émerger de nombreuses questions sur les réponses morpho-sédimentaires des différentes vallées alpines [1].

Dans le cadre de ce projet, nous tentons de reconstituer la mise en place des multiples générations de terrasses visibles le long de la vallée de la Moyenne Durance (sud-est France) et notamment les impacts respectifs des cycles glaciaires-interglaciaires quaternaires et de l'évolution géodynamique à plus long-terme. La vallée de la Moyenne Durance a fait l'objet de nombreuses études au cours de la deuxième moitié du XXe siècle [2,3,4&5]. Ces études ont fourni une cartographie détaillée des formations superficielles, une délimitation des terrasses majeures [5], et une estimation des extensions glaciaires maximales au moins pour le Riss et le Wurm [2,3,4]. Cependant, aucune reconstruction dynamique n'existe à ce jour pour expliquer la mise en place de ces terrasses. De plus, l'essor de nouvelles techniques géochronologiques, tel que les Nucléides Cosmogéniques, la Luminescence Stimulée Optiquement (OSL) et la Résonance de Spin Electronique (ESR), permettent d'obtenir de nouvelles informations précieuses sur la dynamique sédimentaire quaternaire de ce type de vallée de montagne et en périphérie Alpine.

Grâce aux nouveaux relevés LiDAR, un nouveau Modèle Numérique de Terrain (MNT) à haute résolution a permis la réalisation de nouvelles cartes géomorphologiques détaillées. Ces nouvelles cartes mettent en évidence 11 niveaux de terrasses le long de la Moyenne Durance. Dans le cadre de cette étude, la nature sédimentologique et stratigraphique des terrasses est réexaminée et leur

chronologie de mise en place est réévaluée. Plusieurs transects transversaux et longitudinaux associés à des logs stratigraphiques ont permis d'attribuer ces 11 niveaux de terrasses à 4 cycles successifs aggradation/incision. Les datations en cours tentent de replacer ces 4 cycles aggradation/incision dans le contexte des cycles glaciaires/interglaciaires quaternaires.

Remerciements

Je remercie l'ED 251 de proposer aux doctorants, la composant, de présenter leurs sujets de thèse.

Références

- [1] Penck.A & Brückner.E, 1909. Die Alpen im Eiszeitalter, Fig. 127. 717-1199
[2] Bonifay Eugène 1967. Glaciaire et fluvio-glaciaire duranciens dans la région de Sisteron. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 4-3, 1967. 179-191
[3] Gidon Maurice. Essai de coordination des formations quaternaires de la Moyenne Durance et du Haut-Drac (Hautes-Alpes). In: *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, vol. 6, n°2, 1969. pp. 145-161;
[4] Tiercelin Jean-Jacques. Fronts glaciaires d'âge Würmien dans les environs du Poët, vallée de la Durance. In: *Géologie Méditerranéenne*. Tome 4, numéro 4, 1977. pp. 307-312;
[5] Rosique.T, 1996. Morphogénèse et évolution des paléoenvironnements alpins de la fin des temps glaciaires au début de l'Holocène : l'exemple de la moyenne Durance (Alpes françaises du sud). Carte des Formations superficielles de la Moyenne Durance.

EXTRACTIONS ET ANALYSES DE 8 FAMILLES DE SOUS-PRODUITS DE DESINFECTION HALOGENES DANS UN SOL ET UNE MATRICE BIOLOGIQUE

#oral

Mathieu Dumas ^{1*}, Jean-Luc Boudenne ¹, Bruno Coulomb ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Faculté de Saint-Charles, Laboratoire de Chimie de l'Environnement, 13003 Marseille, France

*mathieu.dumas@etu.univ-amu.fr

La pression croissante sur la ressource en eau conduit les différents acteurs à se tourner vers des pratiques plus durables pour sauvegarder cette ressource. Parmi les solutions proposées, la réutilisation des eaux usées traitées est déjà couramment employée à l'échelle internationale mais son utilisation reste encore très disparate en fonction des enjeux locaux. Pour l'irrigation agricole, 1 milliard de m³ sont réutilisés en Europe, le potentiel est estimé à 6 fois cette valeur et conduirait à une réduction du stress hydrique de l'ordre de 10% [1]. Face à ce constat, l'Union Européenne a récemment réglementé l'utilisation des eaux usées traitées pour un usage agricole via le règlement 2020/741 suivie en 2022 par des lignes directrices visant à soutenir son application. Ce règlement fixe des exigences de qualité minimale à atteindre en fonction du type de culture irriguée, notamment sur la qualité microbiologique. Selon la qualité, des mesures dites « barrières » peuvent être mises en place pour réduire les risques liés à la présence de micro-organismes, notamment la désinfection des eaux après traitement en station d'épuration.

Il est aujourd'hui admis que la désinfection d'une eau contenant de la matière organique naturelle ou d'origine anthropique conduit à la formation *in situ* de sous-produits de désinfection, dont de nombreuses espèces sont caractérisées comme toxiques [2]. Parmi les familles retrouvées, les composés halogénés sont connus pour leur potentiel toxique, sur les plus de 700 espèces halogénées déjà mises en évidence, seules quelques-unes sont réglementées dans l'eau destinée à la consommation humaine [3]. Dans le cas des eaux usées traitées, la charge en matière organique peut rester assez élevée (DBO₅ >10 mg/L), leurs désinfections conduisent donc à une production accrue de sous-produit de désinfection.

Ce travail de recherche vise ainsi à contribuer à quantifier l'impact de la formation de ces sous-produits dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées traitées et post-désinfectées pour un usage agricole. Ces travaux cherchent à identifier et quantifier les sous-produits de désinfection formés dans l'eau, mais également leur devenir dans l'environnement (sols et cultures) après irrigation. Cette présentation se focalisera uniquement sur le développement analytique nécessaire à la quantification de 8 familles de sous-produits de désinfection halogénés (couramment rencontrés dans les eaux) dans deux matrices solides complexes que sont le sol et la laitue. En effet, bien que la littérature soit conséquente sur l'extraction et l'analyse des sous-produits en phase aqueuse, elle est encore très pauvre concernant les sols et les végétaux, deux matrices potentiellement impactées par la démocratisation de cette pratique.

Ce travail a permis de développer 4 méthodes d'extraction solide-liquide couplées à une analyse par GC-ECD pour la quantification de 8 familles de sous-produits de désinfection halogénés dans un sol artificiel et de la laitue. Ces méthodes incluent une étape de purification sur cartouches Envi-Carb ou Florisil supplémentaire encore non présentée dans la littérature pour ces familles de composés. Cette étape vise à préserver les appareils des différents composants des matrices pouvant encrasser le système comme la chlorophylle et les acides organiques, et potentiellement réduire les effets matrices. Différents facteurs comme le pH, la quantité de sel et l'utilisation des ultrasons ont été testés pour déterminer les conditions optimales d'extractions. Les résultats actuels montrent une excellente récupération des analytes après purification (87-136% pour la cartouche Envi-Carb 250mg et 77-121% pour la cartouche Florisil 1000mg) ainsi qu'une réduction de l'effet matrice pour de nombreux composés. Les meilleurs rendements d'extraction ont été observés pour une extraction séquentielle avec du MTBE, de l'eau tamponnée à pH 4.5, en présence de sulfate de sodium et sous agitation horizontale, suivie d'une centrifugation pendant 5 min. La purification est réalisée en percolant 3mL d'extrait organique en mode Pass-Through sur une cartouche Envi-Carb (laitue) ou Florisil (sol). Pour la laitue, les rendements d'extraction (en ratio d'aire) sont disparates en fonction des familles de composé, ils sont compris entre 80 et 103% ($\bar{x}$ =94%) pour les HAA, 57 et 112% ($\bar{x}$ =77%) pour les HACAm, 75 et 97% pour les HA ($\bar{x}$ =84%) et entre 18 et 123% ($\bar{x}$ =76%) pour les THM, HK, HNM, HNM et HAL. Pour le sol, ils sont respectivement de 94-116% ($\bar{x}$ =108%), 51-130% ($\bar{x}$ =88%), 115-120% ($\bar{x}$ =118%) et 33-144% ($\bar{x}$ =110%).

Le travail de développement se poursuit pour déterminer les limites de détection/quantification des méthodes. Cette nouvelle approche par purification sur cartouche permet d'envisager d'importantes séries d'analyses de matrices complexes tout en préservant les systèmes. Lors des premiers essais d'irrigation de laitues avec de l'eau usée ultrafiltrée et désinfectée, ces méthodes ont d'ores et déjà permis de mettre en évidence la présence d'acide trichloracétique dans le sol et les laitues, composé absent des témoins arrosés avec de l'eau usée non désinfectée.

Références

- [1] Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Alcalde Sanz, L., Bouraoui, F., Gawlik, B., Grizzetti, B., Pastori, M., Vigiak, O. EUR 28980 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-7977210-8.
- [2] E. Wagner, M. Plewa, *Journal of Environmental Sciences*, 58 (2017) 64-76.

Congrès EDSE 2025

[3] W. Mitch, S. Richardson, X. Zhang, M. Gonslor *Nature Water*, 1 (2023) 336-3

ASSOCIATED BACTERIA ALLEVIATE DIURON AND COPPER STRESS FOR MARINE PHYTOPLANKTON

#Oral

F. Arici ^{1,2*}, L. Nimod ², M. Jarno ², G. Cheloni ², E. LeFloc'h ², C. Leboulanger ², O. Pringault ¹, L. Casalot ¹, E. Fouilland ²

(1) Aix Marseille Univ, IRD, Institute Méditerranéen d'Océanologie, MEB, Bât. Méditerranée, Campus de Luminy-Océanomed, 13009 Marseille, France (2) CNRS/IRD, MARBEC, Station Ifremer de Sète, 87 Avenue Jean Monnet, 34200 Sète, France

* francesca.arici@mio.osupytheas.fr

Chemical stress can not only impact the diversity and functionality of phytoplankton [1], but also disrupt interactions between phytoplankton and other organisms, including bacteria [2]. However, in marine coastal ecosystems, the role of bacteria associated with phytoplankton under toxic stress remains underexplored [3]. Heterotrophic bacteria, with their ability to degrade, metabolize, and immobilize a variety of organic and inorganic compounds [4], may play a crucial ecological role in protecting or facilitating phytoplankton communities, particularly in polluted environments.

To assess whether bacteria mitigate toxics-induced stress for the associated primary producers through the immobilization or degradation of contaminants, controlled experiments were conducted using natural microbial communities sampled from Étang de l'Or, a heavily contaminated lagoonal ecosystem in France [5]. Two microalgae strains, a green-flagellate (*Volvocales*-like) and a diatom (*Entomoneis* sp.), were isolated from this field and axenised. The effects of bacterial presence or absence on the sensitivity of laboratory-cultured microalgae to gradients of copper and diuron was assessed using 72-h algal growth-rate inhibition bioassays. The evaluation of the concentration of toxics causing 50% algal growth inhibition (EC50) allowed for a comparison of sensitivities for toxics between axenic and non-axenic strains [6]. The EC50 was 50% lower for the axenic green flagellate exposed to diuron and to copper than for the non-axenic strain. Similarly, the EC50 for the axenic diatom to copper was 50% lower than for non-axenic strain.

These results showed a significantly greater sensitivity to toxics for the phytoplankton without its associated bacteria. This suggests that algal-associated bacteria play a role in alleviating the impact of toxics on phytoplankton growth. This aligns with preliminary laboratory results [7] which showed that axenic microalgal cultures are more

sensitive to a cocktail of pesticides than those retaining their associated bacteria. However, it remains unclear which mechanisms underlie this stress protection arising from the presence of bacteria within the association. Few studies suggest that microbial assemblages develop toxic defense strategies such as the production of extracellular polymeric substances (EPS) for the immobilization of toxics, the degradation of toxic compounds or the horizontally transfer of resistance genes [3, 8]. Further studies will aim to elucidate whether the bacterial diversity of those non-axenic strains includes representatives with detoxifying abilities, such as immobilisation, active transformation, or degradation of copper and diuron.

Remerciements

Les travaux s'inscrivent dans le contexte du projet BARRIER (2023-2027) financé par l'ANR BARRIER, qu'associe cinq laboratoires académiques (MIO, MARBEC, HSM, IPREM et INRIA) ainsi qu'un partenaire industriel (Total Energies Onetech).

Références

- [1] E. J. Rochelle-Newall, V.T Chu, O. Pringault et al., *Marine Pollution Bulletin*, 62 (2011) 2317-2329
- [2] O. Pringault, M. Bouvy, C. Carre et al., *Chemosphere*, 278 (2021) 130457.
- [3] X. You, N. Xu, X. Yang, W. Sun, *Environmental pollution*, 276 (2021) 116723.
- [4] K. L. Smalling, C. M. Aelion. *Chemosphere*, 62 (2006) 188-196.
- [5] D. Munaron, B. Mérigot, V. Derolez et al., *Science of the Total Environment*, 867 (2023) 161303.
- [6] J. L. Levy, J. L. Stauber, S. A. Wakelin, D. F. Jolley, *Chemosphere*, 74 (2009) 1266-1274
- [7] E. Fouilland, A. Galès, I. Beaugelin et al., *Chemosphere*, 211 (2018) 449-455.
- [8] N. Ashraf, F. Ahmad, Y. Lu, *Trends in Microbiology*, 31(2023) 9-21.

EFFET DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LA REPRODUCTION DES REINES DE L'ABEILLE MELLIFERE, *APIS MELLIFERA*

#oral

Margot Crevet ^{1*}, Béatrice Gagnaire ¹, Guillaume Kairo ², Nicolas Dubourg ¹, Gianni Marcuccini ³,
Luc. P Belzunces ³, Jean-Luc Brunet ³

(1) ASNR, Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes, Saint Paul lez Durance, France

(2) ADAPI, Avignon, France

(3) INRAE, UR 406 Abeilles & Environnement, Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Avignon, France

* margot.crevet@asn.fr

La compréhension des effets écologiques de la contamination radioactive de l'environnement, mise en lumière par les catastrophes de Tchernobyl et Fukushima, représente un enjeu crucial pour mieux évaluer les impacts à long terme sur les écosystèmes et élaborer des stratégies de gestion durable. Ma thèse vise à étudier les effets d'une exposition chronique aux faibles doses de rayonnements ionisants (RI) sur l'abeille domestique, *Apis mellifera*, une espèce clé pour les écosystèmes et la société en raison de son rôle essentiel dans la pollinisation [1]. Ce travail vise à comprendre les impacts des RI à différents niveaux biologiques d'organisation, de la molécule à la population en mettant l'accent sur la reproduction, car elle conditionne directement la survie des colonies et leur capacité à se maintenir dans des environnements perturbés.

En tant qu'unique individu capable de pondre des œufs fécondés, la reine des abeilles mellifères est déterminante pour la reproduction et l'expansion de la ruche. Ainsi, il est nécessaire d'approfondir les études sur les reines visant à évaluer l'impact des rayonnements ionisants sur leur potentiel reproducteur. Les interrogations portent sur les conséquences potentielles d'un accident nucléaire sur la capacité reproductrice de la reine et, par extension, sur la stabilité de l'ensemble de la colonie [2].

Dans cette expérimentation menée au laboratoire, des reines ont été exposées pendant 14 jours à différents débits de dose de RI. Les résultats montrent une réduction significative du potentiel reproducteur à faible et fort débit

de dose (13 et 3500 µGy/h). Aucune différence significative de mortalité ni de variation des biomarqueurs physiologiques pris individuellement, ciblant l'activité neuronale, le métabolisme, la réponse au stress oxydatif et l'immunité, n'a été observée. En revanche, l'analyse multimarqueurs suggère une différence entre les reines irradiées à forte et faible débit de dose par rapport aux témoins.

Cette étude permet de mieux comprendre les impacts des RI sur les abeilles et leur capacité d'adaptation. Ces connaissances contribueront à éclairer les stratégies de gestion des colonies dans des environnements perturbés et à approfondir la compréhension des risques associés à une exposition chronique aux rayonnements ionisants.

Remerciements

Je tiens à remercier l'ASNR, l'INRAE et l'ADAPI, ainsi que mes encadrants pour leur accompagnement. Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'ANR (ANR-21-CE34-0002).

Références

- [1] N. Gallai, J.-M. Salles, J. Settele, B.E. Vaissière, *Ecological Economics*, 68 (2009) 810-821.
- [2] K.E. Raines, P.R. Whitehorn, D. Copplestone, M.C. Tinsley, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287 (2020) 20201638

THE PHYSIOLOGY OF VERTICALLY MIGRATING ZOOPLANKTON UNDER PRESSURE

#oral

Élodie Jacob^{1*}, Marc Garel¹, Kathryn Cook², Vincent Grossi¹, Daniel J. Mayor² & Christian Tamburini¹

(1) Aix Marseille Univ, IRD, Institute Méditerranéen d'Océanologie, MEB, Bât. Méditerranée, Campus de Luminy-Océanomed, 13009 Marseille, France

(2) Department of Biosciences, Hatherly Building, University of Exeter, Exeter EX44PS, UK

* elodie.jacob@mio.osupytheas.fr

The oceanic Biological Carbon Pump (BCP) removes substantial atmospheric carbon dioxide by transferring photosynthetically-fixed carbon into the ocean's interior [1,2]. In recent years, zooplankton have been increasingly recognized for their significant role in mediating this carbon flux in the upper water column, particularly through their vertical migration [3]. By migrating into deeper ocean layers, zooplankton actively transport carbon ingested at the surface and release it at their migration depth, primarily through respiration, which accounts for 10–50% of the organic matter they process [4]. This migration occurs on a daily and/or seasonally basis, with zooplankton either migrating daily or remaining at a specific depth for extended periods [5]. These seasonal vertical migrations of deep-dwelling zooplankton also contribute to the BCP by catabolizing lipids, which are rich in carbon, accumulated at the surface. However, migrating zooplankton encounter environmental gradients, such as changes in temperature (5–15°C) and hydrostatic pressure (0.1 MPa/m). The effect of temperature on zooplankton respiration rates has been extensively investigated [6], whereas our understanding of how pressure affects their physiological processes remains in its infancy. This knowledge gap limits our ability to accurately quantify how vertical migration influences the role of zooplankton in carbon cycling. To address this, respiration rates were measured at both atmospheric pressure and under hydrostatic pressure in various migrating copepod species from different regions, including *Neocalanus gracilis* from the Mediterranean Sea and *Calanoides acutus* from the Southern Ocean. Furthermore, individual lipid analyses were conducted after three days of incubation at both atmospheric and hyperbaric (10 MPa) pressure. Preliminary results suggest that pressure may affect the respiration rate of vertically migration copepods. Deeper organisms seem to have a higher oxygen consumption when exposed to a pressure equivalent to their sampling depths (1000m). However, the oxygen consumption of surface organisms (i.e., those sampled above 200 m) may only be affected by pressure at 20 MPa. These findings highlight the need to better understand the effects of hydrostatic pressure on the physiology of all aquatic organisms.

Acknowledgments

We thank the captains, crews and scientists of the RRS Sir David Attenborough cruise SDA046 as well as M. Moreau, F. Heitz, JM. Feueurstein and M. Didry for their technical support. This work was funded by the European Union under grant agreement no. 101083922 (OceanICU) and UK Research and Innovation (UKRI) under the UK government's Horizon Europe funding guarantee [grant number 10054454, 10063673, 10064020, 10059241,

10079684, 10059012, 10048179] ; the APERO project funded by the National Research Agency under the grant APERO [Grant No. ANR-21-CE01-0027] and by the French LEFE-Cyber program [Grant Lefe-Cyber CNRS-INSU HPZ - High-pressure effects on zooplankton].

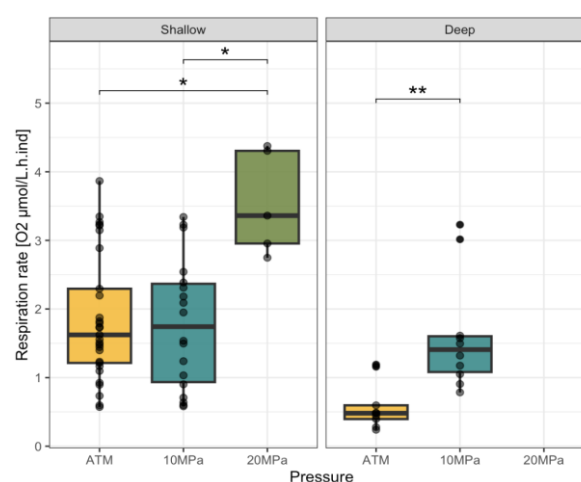


Figure 1. Effect of the pressure on the respiration rate of *Calanoides acutus* (Copepoda). The respiration rate ($\text{O}_2 \mu\text{mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ind}^{-1}$) has been measured at atmospheric pressure (ATM), 10 MPa and 20 MPa for shallow (0–200m, n=52) and deep organisms (500–1000m, n=19). * represent a p-value < 0.01 for the Dunn's test and ** a p-value < 0.001.

References

- [1] T. Volk & M. I. Hoffert, in *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present*, E. T. Sundquist, W. S. Broecker (Eds), Wiley, 1985, 99–110.
- [2] Y. Yamanaka & E. Tajika, *Global Biogeochemical Cycles*, 10 (1996) 361–382.
- [3] P. W. Boyd, H. Claustre, M. Levy, D. A. Siegel & T. Weber, *Nature*, 568 (2019) 327–335.
- [4] J. Pinti, S. H. Jónasdóttir, N. R. Record & A. W. Visser, 68 (2023) 1147–1160.
- [5] F. S. Russell, *Biological Reviews*, 2 (1927) 213–262.
- [6] T. Ikeda, Respiration and ammonia excretion by marine metazooplankton taxa: synthesis toward a global-bathymetric model. *Marine Biology*, 161 (2014) 2753–2766.

Jim Grisillon ^{1*}, Fabien Robert-Peillard ¹, Anne Monod ¹

(1) Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE), UMR 7376, Aix-Marseille Université, CNRS, Marseille, France

*jim.grisillon@univ-amu.fr

La formation des nuages regorge de mystères restés non résolus jusqu'à ce jour. Parmi eux, le rôle des tensioactifs est encore débattu à ce jour [1]. En effet, les tensioactifs peuvent diminuer la tension de surface et ainsi promouvoir la condensation de l'eau et la formation du nuage, mais ils peuvent également partitionner vers la surface de la goutte, d'où ils peuvent limiter la condensation de l'eau par des mécanismes à la fois cinétiques et thermodynamiques. À ce jour, les seules études sur ce sujet ont été conduites avec des tensioactifs synthétiques [1,2]. Certaines d'entre elles soulignent le besoin de plus de données sur les tensioactifs effectivement présents dans l'atmosphère [3]. Dans ce travail, une nouvelle méthode analytique sera présentée, incluant la mesure de la tension de surface et la quantification. Des résultats de tension de surface d'extraits d'aérosols seront également présentés, avec pour but la modélisation de la tension de surface de l'aérosol avant activation en gouttelette de nuage.

La tension de surface de tensioactifs préconcentrés extraits d'aérosols a été mesurée à l'aide d'un tensiomètre à goutte pendante. Une extraction sur phase solide (SPE) a également été réalisée afin de séparer les tensioactifs en quatre catégories : cationiques, non-ioniques, anioniques faibles, et anioniques forts. Chaque catégorie de tensioactifs a ensuite été quantifiée par une méthode

spectrophotométrique spécifique impliquant la formation d'un complexe colorant – tensioactif extrait dans un solvant. Des limites de détection de l'ordre du nanomolaire sont obtenus avec cette méthode. Cette méthodologie a été appliquée à des échantillons d'eau de nuage récoltés en Ardèche à l'aide d'un collecteur de brouillard attaché à un ULM. Des échantillons d'aérosol ont également été récoltés dans divers environnements à l'aide d'un collecteur haut débit.

Les résultats montrent que la majorité des tensioactifs sont de type anionique. Les tensioactifs anioniques faibles sont vraisemblablement d'origine naturelle, tandis que les anioniques forts sont probablement d'origine anthropique. Ces résultats montrent qu'une grande quantité de tensioactifs est présente dans l'atmosphère. Leur tension de surface sera présentée, ainsi que des conclusions quant au rôle des tensioactifs sur la formation des nuages.

Références

- [1] S. S. Petters, and M. D. Petters, *J. Geophys. Res. Atmos.* 121 (2016) 1878.
- [2] J. J. Lin, J. Malila, and N. L. Prisle, *Environ. Sci. Processes Impacts*, 20 (2018) 1611.
- [3] B. R. Bzdek, J. P. Reid, J. Malila, N. L. Prisle, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 15 (2020) 117

Résumés des présentations posters

DEVELOPMENT OF NEW METHODS FOR STUDYING BIOMARKERS IN SEDIMENTS – TOWARDS A SUSTAINABLE ANALYSIS OF ARCHAEOLOGICAL AND CLIMATIC ARCHIVES

#Poster

O Pollet^{1,2*}, L Spanneut^{1,3}, M Fernandez¹, E Badens⁴, E Bard¹, K Wilk⁵, C Crampon⁴, Y Fagault¹, A Joly⁵, B Legros⁵, I Lhoste⁵, A Mouahid⁴, K Seaudeau-Pirouley⁵, T Devière¹

¹ Centre de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France, Aix-en-Provence, France

² Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM), Aix-Marseille Université, CNRS, Marseille, France

³ Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA), Aix Marseille Université, CNRS, Ministère de la Culture, Aix-en-Provence, France

⁴ Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2), Aix Marseille Université, CNRS, Centrale Med, Marseille, France

⁵ Innovation Fluides Supercritiques (IFS), Valence, France

* pollet@cerege.fr

The ecoSCience project, a collaborative research initiative between CEREGE, the M2P2 laboratory at Aix-Marseille University and Innovation Fluides Supercritiques, aims to develop ecological methods for studying organic biomarkers in sediments. In the field of palaeo-environmental sciences, the characterization of these biomarkers contributes to a better understanding of climate change [1–3]. In archaeology, the organic matter preserved in cave sediments is also essential for reconstructing the lifestyles of ancient populations [4]. However, the preservation of this material in sediments is often preserved in very small quantities and trapped in a predominantly inorganic substrate, and it may also have undergone major diagenetic processes over time, making it particularly difficult to extract and characterize. Traditionally, the analysis of organic matter preserved in sediments has been based on extractions using large quantities of organic solvents, followed by analysis by chromatography and mass spectrometry. Although effective, the use of toxic solvents remains a major environmental problem for these analytical approaches.

In light of these challenges, the utilization of supercritical fluids, particularly CO₂, emerges as a highly promising alternative. Supercritical CO₂ exhibits unique solvation properties. Technologies such as supercritical fluid extraction (SFE) and supercritical fluid chromatography (SFC) viable options to reduce the environmental impact of analytical procedures. While SFE has already found applications in the study of sediments [5–8], SFC remains relatively underexplored [9,10].

This poster presents the methodologies employed to extract the organic matter preserved in the archaeological sediments from the Portel-Ouest site (Ariège) using supercritical fluids, as well as the initial results of the characterization of these extracts using SFC-MS.

Acknowledgements

This work received support from the French government under the France 2030 investment plan, as part of the Initiative d'Excellence d'Aix-Marseille Université - A*MIDEX - [ecoSCience project (AMX-2020-TRA-019); Institute for Mediterranean Archaeology ARKAIA (AMX-2019-IET-003)].

Thanks also for their scientific contribution to Isabelle Basile-Doelsch¹, Gaël Becam⁶, Perrine Chaurand¹, Christian Perrenoud⁶, Frauke Rostek¹, and Régis Vézian⁶.

⁶ MNHN/Université de Perpignan/CERP Tautavel, CNRS, HNHP, Tautavel, France

References

- [1] F. Rostek, G. Ruhlandt, F.C. Bassinot, P.J. Muller, L.D. Labeyrie, Y. Lancelot, E. Bard, *Nature*, 364 (1993) 319–321.
- [2] E. Bard, F. Rostek, C. Sonzogni, *Nature*, 385 (1997) 707–710.
- [3] G. Leduc, L. Vidal, K. Tachikawa, F. Rostek, C. Sonzogni, L. Beaufort, E. Bard, *Nature*, 445 (2007) 908–911.
- [4] C. Azemard, H. de Lumley, S. Khatib, T. Saos, D. Lebeau, N. Aychet, C. Lucas-Lamoureaux, *L'Anthropologie*, 117 (2013) 367–412.
- [5] M. Spiteller, *Organic Geochemistry*, 8 (1985) 111–113.
- [6] G. Hopfgartner, J.-L. Veuthey, F.O. Gülaçar, A. Buchs, *Organic Geochemistry*, 15 (1990) 397–402.
- [7] G. Klink, A. Buchs, F.O. Gülaçar, *Organic Geochemistry*, 21 (1994) 437–441.
- [8] R. Jaffé, D. Diaz, N. Hajje, L. Chen, C. Eckardt, K.G. Furton, *Organic Geochemistry*, 26 (1997) 59–
- [9] J. Planeta, P. Novotná, V. Pacáková, K. Štulík, M. Mikešová, J. Vejrosta, *Journal of High Resolution Chromatography*, 23 (2000) 393–396.
- [10] A. Liu, H. Hou, J. Du, L. Luo, M.Q. Abbas, N. Li, D. Shen, Z. Du, *Journal of Cultural Heritage*, 72 (2025) 59–70.

RECONSTRUCTION OF TRUNCATED VERTICAL PROFILES : INTEGRATING LOW AND HIGH FREQUENCY DATA USING FUNCTIONAL DATA ANALYSIS

#Poster

Mathilde Couteyen Carpaye^{1*}, Fabrice Garcia¹, Gérald Grégori¹, David Nérini¹, SOMLIT team and COAST-HF team

(1) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

* mathilde.couteyen@mio.osupytheas.fr

The long-term monitoring of phytoplankton assemblages is of crucial importance in order to facilitate our understanding of how these assemblages may be affected by environmental and human-induced changes, and how, consequently, the many ecosystemic services that they provide may be altered[1].

Phytoplanktonic communities are monitored by National Observational Services (SNO), such as the SNO SOMLIT, which conduct in situ surveys every two weeks along the French metropolitan coast. This kind of low-frequency monitoring is very useful in detecting trends and describing general patterns and dynamics of phytoplankton assemblages[2]. However, the coastal marine environment is prone to short-term and intense events with an impact on phytoplankton, such as upwellings and river discharge [3]. Therefore, low-frequency (twice a month) data alone may be insufficient for explaining certain phenomena.

Human sampling by ship allows for the coverage of a wide range of environmental and biological variables, and is fairly reliable[4]. However, these methods are costly and not feasible at high frequency (e.g. once a day). Instrumented buoys and moorings deployed in situ are therefore relied upon to collect high-frequency data.

The SNO COAST-HF network complements the SNO SOMLIT low-frequency data acquisition with temperature and salinity profiles collected once a day and surface data collected every three hours, thanks to automated equipment anchored at the SOMLIT sites. However, the harsh environment of the ocean imposes numerous constraints on such equipment with the occurrence of missing data (sampling dates or depths)

In the Mediterranean Sea, the seasonal thermocline and river inputs play a critical role in shaping phytoplankton assemblages[5], and vertical profiles are essential for capturing these phenomena. However, due to physical constraints, the upper part of the profile collected by the smart buoy may be truncated, potentially leading to the loss of crucial information typically contained within the first 10 metres of the vertical profile.

In this study, we propose a methodology based on functional data analysis (FDA), which involves the analysis of data presented as curves, such as vertical profiles. We utilise functional principal component analysis (FPCA)[6] on complete vertical profiles from SOMLIT data to establish the potential forms of vertical profiles of temperature and salinity at the Frioul site in Marseille. Subsequently, we employ principal component analysis through conditional expectation (PACE)[7] to reconstruct the truncated profiles from COAST-HF data at the Frioul site.

This approach has been proven to be both rapid and effective with the reconstruction of truncated vertical profiles[7, 8]. We achieved reconstruction of complete vertical profiles with an error < 0.9°C for temperature profiles and < 0.2 PSU for salinity profiles, in 95% of cases.

Remerciements

Ce travail est co-financé par l'Office Français de la biodiversité et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

Références

- [1] A. Abreu, E. Bourgois, A. Gristwood, R. Troublé, S. G. Acinas, *et al.* Priorities for ocean microbiome research. *Nature Microbiology*, (2022), 7(7), 937–947.
- [2] M. K. Barnes, G. H. Tilstone, D. J. Suggett, C. E. Widdicombe, J. Bruun, V. Martinez-Vicente, T. J. Smyth, Temporal variability in total, micro- and nano-phytoplankton primary production at a coastal site in the Western English Channel. *Progress in Oceanography*, (2015), 137, 470–483.
- [3] R. Fuchs, V. Rossi, C. Caille, N. Bensoussan, C. Pinazo, O. Grosso, M. Thyssen (2023). Intermittent Upwelling Events Trigger Delayed, Major, and Reproducible Pico-Nanophytoplankton Responses in Coastal Oligotrophic Waters. *Geophysical Research Letters*, 50(5).
- [4] E. Breton, N. Savoye, P. Rimmel-Maury, B. Sautour, E. Goberville, *et al.* Data quality control considerations in multivariate environmental monitoring: experience of the French coastal network SOMLIT. *Frontiers in Marine Science*, (2023), 10, pp.12.
- [5] C. Mena, P. Reglero, M. Hidalgo, E. Sintés, R. Santiago, M. Martín, G. Moyà, R. Balbín. Phytoplankton community structure is driven by stratification in the oligotrophic mediterranean sea. *Frontiers in Microbiology*, (2019), 10.
- [6] Functional data analysis. J.O. Ramsay & B.W. Silverman(Eds.) *Springer Series in Statistics*, 1998
- [7] F. Yao, H. G. Müller, J. L. Wang. Functional data analysis for sparse longitudinal data. *Journal of the American Statistical Association*, (2005), 100(470), 577–590.
- [8] N. Fonvieille, Structure des paysages océaniques tridimensionnels par l'analyse de données issues d'éléphants de mer du Sud. Thèse de doctorat, Aix-Marseille Université, 2024.

RE-ESTABLISHMENT OF PLANT-POLLINATOR INTERACTIONS AFTER SOLAR PARK CONSTRUCTION : THE EFFECTS OF THE SOLAR PANELS AND MANAGEMENT

#Poster

Arnaud Lec'hvien^{1,2*}, Louison Bienvenu^{3,4,5}, Francis Isselin-Nondedeu^{3,4}, Armin Bischoff², Raphaël Gros¹, and Bertrand Schatz²

1) Aix Marseille University, Avignon University, IRD, CNRS, Mediterranean Institute of marine and terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE), campus Etoile, Av. Escadrille Normandie Niémen, 13397, Marseille, Cedex 20, France

2) CEFE, CNRS, Univ Montpellier, EPHE, IRD, Montpellier, France

3) Avignon University, Aix Marseille University, IRD, CNRS, Mediterranean Institute of marine and terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE), IUT Avignon, Agroparc, BP 61207, 84911, Avignon Cedex 9, France

4) UMR CNRS 7324 CITERES (Cites, Territoires, Environnement et Sociétés), Université de Tours, 33, allée Ferdinand-de-Lesseps, BP 60449, 37204 Cedex 03 Tours, France

5) ENGIE Green - Tour T1 – 1, Place Samuel de Champlain, 92400 Courbevoie, France

* arnaud.lechvien@imbe.fr

Solar park construction usually destroys existing vegetation and thus the nutritional resources of pollinators. [1] The impact can be quite strong since solar parks often cover large areas of formerly semi-natural habitats. [2] Pollinators are under constant decline and there is thus an urgent need to restore plant-pollinator interactions. [3] However, management by grazing and/or cutting, and shading of solar panels may hamper restoration. [4] In this study, we analyse the effect of solar panels and of grazing versus mowing management on pollinators and plant-pollinator interactions. We studied 20 solar parks in two French regions (temperate Atlantic and Mediterranean) constructed 5 to 11 years ago. In order to test the influence of solar panels plots were established plots, under panels, outside panels and in panel inter-rows. Panel inter-rows are shaded in the morning and in the afternoon but receive the same precipitation as plots outside panels. The three situations were replicated in four blocks per solar park. Ten parks were mown and ten the ten others were grazed resulting in a split-plot design with 240 plots in total. Solar panels negatively affected pollinator abundance and plant-pollinator interactions. The lower pollinator abundance can be the result of a lower flower density under solar panels and/or a less quantity and quality of nectar under the panels. Both parameters were significantly higher in mown than in grazed solar parks indicating. Recommendations for solar park management need to account for the different positions and related microclimate inside solar parks. [5] Negative grazing effects may be mitigated by partial fencing or adjustment

of grazing periods. [6] Experiments involving active restoration by sowing will provide further information on mitigation of negative panel or management effects.

Références

- [1] Lambert, Q., Bischoff, A., Enea, M., & Gros, R., *Frontiers in Environmental Science*, 11, (2023) 1137845
- [2] Lafitte, A., Sordello, R., Ouédraogo, D.-Y., Thierry, C., Marx, G., Froidevaux, J., Schatz, B., Kerbirou, C., Gourdain, P., & Reyjol, Y., *Environmental Evidence*, 12(1) (2023)
- [3] IPBES, Zenodo (2016)
- [4] Blaydes, H., Gardner, E., Whyatt, J. D., Potts, S. G., & Armstrong, A., *Environmental Research Letters*, 17(4), (2022) 044002
- [5] Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R., & Higgins, C. W., *Scientific Reports*, 11(1), (2021) 7452
- [6] Tölgyesi, C., Bátori, Z., Pascarella, J., Erdős, L., Török, P., Batáry, P., Birkhofer, K., Scherer, L., Michalko, R., Košulić, O., Zaller, J. G., & Gallé, R., *Biological Conservation*, 285, (2023) 110242

A. Gérardin^{1*}, J. Grisillon¹, P. Amato², S. Chevaillier³, K. Desboeufs⁴, A. Durand¹, G. Durrieu⁵, KW. Fomba⁶, J.M. Gonzalez Sanchez¹, B. Language⁷, F. Mathonat², G. Noyalet⁴, B. Oursel⁸, S.J. Stuart⁷, S. Triquet⁴, D. Quaye⁶, F. Robert-Peillard¹, P. Formenti³ et Anne Monod¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, 13331 Marseille, France

(2) Université Clermont-Auvergne, CNRS, LMGE, 63170 Aubière, France

(3) Univ Paris Est Creteil and Université Paris Cité, CNRS, LISA, F-94010 Créteil, France

(4) Université Paris Cité and Univ Paris Est Creteil, CNRS, LISA, F-75013 Paris, France

(5) Université de Toulon, Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, MIO, Toulon, France

(6) Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS), Leipzig, Germany

(7) North-West University, Unit for Environmental Science and Management, Potchefstroom, South Africa

(8) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, 13288 Marseille, France

* agathe.gerardin@univ-amu.fr

La Namibie est un pays aride où de nombreux milieux ruraux et urbains dépendent des rivières éphémères pour leur approvisionnement en eau. Ces sources sont toutefois limitées et présentent une salinisation saisonnière. Le brouillard se produit le long de la côte et s'étend jusqu'à 100 km dans les terres. Considéré depuis longtemps comme une source d'eau potable, il est également une source vitale d'humidité pour la faune et la flore endémiques du désert du Namib. L'hypothèse principale pour la formation du brouillard namibien est l'advection de stratocumulus au-dessus du sud-est de l'océan Atlantique [1]. Les blooms phytoplanctoniques et l'éclatement des bulles, ou bubble bursting, permettent l'apport d'aérosols organiques et de sels dans l'atmosphère. Néanmoins, en raison des changements climatique et de la qualité de l'air, la fréquence et la composition du brouillard peuvent être affectées.

Dans le cadre de la campagne AEROFOG, la collecte d'échantillons de brouillard a été effectuée le long de la côte namibienne à Henties Bay (HB), en mai 2024, et à 60 km de la côte, au centre de recherche de Gobabeb (GB), en septembre 2024. L'objectif était de caractériser la composition chimique des brouillards (fractions dissoute et particulaire). La partie inorganique de la composition du brouillard a été étudiée dans des échantillons prélevés sur des collecteurs actifs CASC (Caltech Active Strand Cloud-water Collector) [2]. Deux CASC en acier inoxydable [3] ont été utilisés pour caractériser la matière organique. Pour étudier l'influence marine dans les brouillards namibiens, de l'eau de mer et de l'écume ont été échantillonnées au cours des deux campagnes.

De nombreuses analyses ont été effectuées pour caractériser la composition chimique du brouillard namibien. La conductivité, le pH, l'alcalinité, les ions majeurs et les éléments ont été mesurés pour la fraction inorganique. Le contenu organique a été étudié avec la concentration en carbone organique dissous (DOC), le rapport du carbone élémentaire et du carbone organique en phase particulaire (EC/OC), les composés absorbants dans l'UV-visible, les groupes fonctionnels fluorescents, les concentrations d'acides (di)carboxyliques, la

concentration en tensioactifs et la tension de surface des extraits de brouillard, la concentration en cellules et particules biologiques et les colonies obtenues par culture sur boîte de petri.

Les brouillards de HB étaient fortement influencés par des sources marines. Tandis que les brouillards de GB ont montré un modèle plus complexe avec des influences marines et crustales. Les brouillards de la côte et du désert ont été peu influencés par des masses d'air pollué.

Les concentrations de DOC étaient plus élevées dans les échantillons de brouillard ($11,9 \pm 7,3$ mgC/L à HB et $4,6 \pm 4,9$ mgC/L à GB) que dans les échantillons d'eau de mer ($2,3 \pm 1,3$ mgC/L). De plus, les mesures spectroscopiques ont révélé que la composition des brouillards côtiers et de l'écume étaient très similaires. Enfin, les brouillards de HB contenaient 20 % de DOC volatil, tandis que les brouillards de GB ne présentaient pas de quantités significatives. L'origine du DOC volatil côtier sera discutée en termes de production de micro-organismes et/ou de processus à l'interface dus à la présence de tensioactifs.

Remerciements

Ces travaux ont été soutenus par l'Agence nationale de la recherche française dans le cadre du financement ANR-22-CE92-0051.

Les auteurs remercient l'ensemble du Climatology Research Group de North-West University, le personnel de Gobabeb ainsi que l'équipe du LISA pour leur aide pendant les campagnes.

Références

- [1] H. Andersen, J. Cermak, I. Solodovnik, L. Lelli, R. Vogt, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19 (2019) 4383–4392.
- [2] B.B. Demoz, J.L. Collett Jr., B.C. Daube Jr., *Atmospheric Research*, 41(1) (1996) 47–62.
- [3] P. Herckes, M.P. Hannigan, L. Trenary, T. Lee, J.L. Collett Jr., *Atmospheric Research*, 64 (2002) 99–108

RETHINK REUSE GOVERNANCE: TOWARDS GLOBAL GUIDELINES FOR WATER MANAGEMENT TO PROMOTE ITS CIRCULARITY

#Poster

Thomas HARMAND^{1, 2, 3*}, Frédéric BOUIN², Barbara HOWES³, Jérôme Harmand⁴, Nicolas ROCHE^{1, 5}

- (1) Aix-Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, 13545 Aix en Provence, France
- (2) Université de Perpignan Via Domitia (UPVD), Centre de Droit Économique et du Développement (CDED UR 4216), 66860 Perpignan
- (3) Société du Canal de Provence, Le Tholonet - CS 70064 - 13182 Aix-en-Provence cedex 5
- (4) Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement-Institut National de la Recherche sur l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (LBE-INRAE), Université de Montpellier, Narbonne
- (5) International Water Research Institute (IWRI), Mohammed VI Polytechnic University, Ben Guerir, Morocco

*harmand@cerege.fr

Water reuse is already overly important in some parts of the world [1], and climate change is disrupting everything we know in Europe. Water shortages in France and Europe are becoming common, and water reuse appears as a mean to solve water shortages. It consists of replacing drinking water with other sources of water, for some uses, that don't require drinking water. However, water reuse has to be well addressed by an adequate legal framework.

Europe's countries' concerns about water raised recently. Consequently, the European Union issued a regulation in 2020 on minimum requirements for water reuse [2]. It sets quality requirements for agricultural irrigation and leaves to States the possibility to set requirements for other uses than agricultural irrigation. After that, France took measures to regulate on water reuse. Between August 2023, and today -April 2025-, 10 different texts have been adopted regarding water reuse. It ranges from wastewater reuse for irrigation or green spaces watering, to rainwater for domestic uses or uses in the industrial sector.

This article provides an initial inventory of the points in the regulations which, in our opinion, raise questions, whether in terms of relevance to current emergencies, certain factual inconsistencies or even imprecisions which would require further development. These inconsistencies can be related to water quality requirements (notably compared to bathing water or irrigation water) or related to the approach taken by the legal framework. According to the current framework, « water types » are defined regarding their source, and their use is allowed for few named uses. There are currently 15 “water types” defined by different texts. This approach creates many legal

vacuums and raises questions about the applicability of the texts. Is water reuse really encouraged by the current legal framework?

To make water reuse a real tool available to all stakeholders to promote water circularity under health and environmental constraints, it is essential to broaden its scope of application, to reflect on the role and conditions for developing so-called "decentralized" approaches, for example by considering the implications of no longer reducing water reuse to the water available at the outlet of the plant, to rethink water management in our cities (what about "source separation" approaches), and, in this new context which in reality aims for a real paradigm shift, to jointly address the issues of economic models, governance and the responsibility of the different stakeholders... The reflections carried out in this communication will aim to outline avenues of work, to lay the foundations for a reflection aimed at outlining the regulatory changes necessary to implement this global vision, and ultimately, to propose one or more trajectories to enable the transition from the linear approach to water management which currently prevails to a circular approach, the only one capable of guaranteeing the sustainability of the resource.

Références

- [1] M. Lafforgue, V. Lenouvel, *Techniques Sciences Méthodes*, 5 (2015) 66-85.
- [2] Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse

LINKING OCEANOGRAPHIC CONDITIONS TO FORAGING BEHAVIOUR OF SOUTHERN ELEPHANT SEALS BY CHARACTERISING MID-TROPHIC LEVELS WITH AN ANIMAL BORNE ECHOSOUNDER

#Poster

Marius Molinet^{1,2 *} - Antoine-Peio Uhart¹ - Nadège Fonvieille^{1,2} - Jade Chevassu¹ - Clément Castrec¹ - Martin Tournier¹ - Didier Goulet-Tran¹ - Mathilde Chevallay¹ - Ziad Sari El Dine^{1,3} - Baptiste Picard¹ - Roy El Hourany³ - David Nerini² - Christophe Guinet¹

¹ Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR 7372, CNRS-La Rochelle Université, 79360, Villiers-en-Bois, France

² Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

³ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Univ. Littoral Côte d'Opale, Univ. Lille, CNRS, IRD, UMR 8187, LOG, 62930 Wimereux, France

*Marius Molinet: marius.molinet@univ-amu.fr

Recent examinations of global ocean temperature show that an estimated 60–90 % of heat content change takes place in the Southern Ocean (Frölicher et al., 2015), while analysis of $\delta^{13}\text{C}$ isotopic signatures in top-predator blood hints at a decrease in diatom contribution to Southern Ocean primary production (Mestre et al., 2020). Thus, changes in Southern Ocean thermohaline conditions could drive modifications in phytoplankton community composition, propagating into upper-trophic levels, from the abundance and composition of mid-trophic level communities to foraging behaviour of top marine predators (Bost et al., 2015; Sydeman et al., 2015). However, studies exploring the ecological consequences of such changes are largely limited by our *in-situ* observation capacity. In this study, the simultaneous deployment of a miniature sonar tag (Goulet et al., 2019), combining active acoustics and movement sensors, with oceanographic tags on 4 adult female southern elephant seals from the Kerguelen Islands provided *in-situ* measurements of thermohaline conditions, mid-trophic level abundance and seal-foraging behaviour. In addition, chlorophyll-a concentration and relative abundance of different phytoplankton size classes were assessed from satellite ocean colour data (El Hourany et al. 2019). This study reveals that east of the Kerguelen Islands, the subsurface scatterer abundance (related to mid-trophic level organisms) assessed by the sonar tag was partly positively linked to surface satellite-derived microphytoplankton biomass (encompassing mainly diatoms), especially in colder waters and frontal zones. Female elephant seals were found to dive shallower with higher subsurface scatterer abundance, which indicated a better prey accessibility, and were found to catch more prey when foraging in shallow and/or frontal zones. This study highlights the usefulness of the sonar tag, deployed on deep-diving elephant seals, to link thermohaline conditions and phytoplankton community composition in mid-trophic levels. Our result suggests that in addition to phytoplankton biomass, mid-trophic level abundance and distribution might be key factors in influencing top-marine predator foraging performances.

Acknowledgments

Marine mammal data were gathered by the international MEOP Consortium, including the French National Observatory Mammals as sampler of the Ocean Environment (SNO-MEMO). Fieldwork in Kerguelen was supported by the French Polar Institute (Institut Polaire Français Paul Emile Victor). This research was financially supported by the CNES-TOSCA SOS-Bio Project, by the CNRS-funded SNO-MEMO and by the “Observatoire à Long terme du Vivant”. The fieldwork was financially and logistically supported by the French Polar Institute Paul-Émile Victor (Programmes 1201 and 1297). The 2018-2019 Kerguelen field team, who deployed and recovered the tags, are deeply thanked. We also wish to thank Mark Peter Johnson and Pauline Goulet who developed the micro-sonar.

References

- [1] Frölicher, T. L., Sarmiento, J. L., Paynter, D. J., Dunne, J. P., Krasting, J. P., & Winton, M. (2015). Dominance of the Southern Ocean in Anthropogenic Carbon and Heat Uptake in CMIP5 Models. *Journal of Climate*, 28(2), 862-886.
- [2] Mestre, J., Authier, M., Cherel, Y., Harcourt, R., McMahon, C. R., Hindell, M. A., Charrassin, J.-B., & Guinet, C. (2020). Decadal changes in blood $\delta^{13}\text{C}$ values, at-sea distribution, and weaning mass of southern elephant seals from Kerguelen Islands. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287(1933), 20201544.
- [3] Bost, C. A., Cotté, C., Terray, P., Barbraud, C., Bon, C., Delord, K., Gimenez, O., Handrich, Y., Naito, Y., Guinet, C., & Weimerskirch, H. (2015). Large-scale climatic anomalies affect marine predator foraging behaviour and demography. *Nature Communications*, 6(1), 8220.
- [4] Sydeman, W. J., Poloczanska, E., Reed, T. E., & Thompson, S. A. (2015). Climate change and marine vertebrates. *Science*, 350(6262), 772-777.
- [5] Goulet, P., Guinet, C., Swift, R., Madsen, P. T., & Johnson, M. (2019). A miniature biomimetic sonar and

Congrès EDSE 2025

movement tag to study the biotic environment and predator-prey interactions in aquatic animals. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 148, 1-11.

[6] El Hourany, R., Abboud-Abi Saab, M., Faour, G., Mejia, C., Crépon, M., & Thiria, S. (2019). Phytoplankton

Diversity in the Mediterranean Sea From Satellite Data Using Self-Organizing Maps. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(8), 5827-5843.

Congrès EDSE 2025

Enzymatic and Structural Characterization of iron oxidizing proteins from seafloor iron-rich microbial mats

#Poster

AZIZI Josiane^{1,2}, GAUSSIÉ Hélène¹, NOUAILLER Mathieu²

¹MIO, Institut Méditerranéenne d'océanologie, ²LISM, Institut de Microbiologie de la Méditerranée CNRS (UMR7255), Aix-Marseille Université, Marseille, France

Josianeazizi@gmail.com

Zetaproteobacteria are chemolithoautotrophic iron oxidizing bacteria that retain energy from iron oxidation at neutral pH under oxic conditions. Present in marine environments and specifically associated to iron rich hydrothermal vents; they are subjected to a certain hydrostatic pressure and are known as piezophiles. This research aims to study the iron oxidizing process of these microorganisms focusing on the marine bacterium *Ghiorsea bivora* by first verifying the presence of an iron oxidizing activity *in vitro* through biochemical assays, identifying the proteins responsible for this activity by mass spectrometry and finally studying their activity and structure under atmospheric and high pressure condition. As a first step, the presence of an iron oxidizing activity was verified by the appearance of rust in the presence of iron under microaerophilic conditions. Next, we managed to produce *Ghiorsea* outer membrane porin, cytochrome 2, in *E. coli* which is, based on metagenomics studies, responsible for the iron oxidation.

Références

1. Emerson D, Rentz JA, Lilburn TG, Davis RE, Aldrich H, Chan C, et al. A Novel Lineage of Proteobacteria Involved in Formation of Marine Fe-Oxidizing Microbial Mat Communities. Reysenbach AL, editor. PLoS ONE [Internet]. 2007 Aug 1.
2. Barco RA, Merino N, Lam B, Budnik B, Kaplan M, Wu F, et al. Comparative proteomics of a versatile, marine, iron-oxidizing chemolithoautotroph. Environ Microbiol [Internet]. 2024 Jun
3. Keffer JL, McAllister SM, Garber AI, Hallahan BJ, Sutherland MC, Rozovsky S, et al. Iron Oxidation by a Fused Cytochrome-Porin Common to Diverse Iron-Oxidizing Bacteria. Komeili A, editor. mBio [Internet]. 2021 Aug 31

THE EOCENE-OLIGOCENE TRANSITION IN CENTRAL ANATOLIA : LAKE RETREATS AND INCREASED ARIDITY

Poster

Paul Botté¹, Alexis Licht¹, Leny Montheil¹, Anne-Lise Jourdan¹, François Demory¹, Mustafa Kaya², Faruk Ocakoğlu³, Mehmet Serkan Akkiraz⁴, Deniz İbilioğlu⁴, Pauline Coster⁵, Grégoire Métais⁶, Benjamin Raynaud⁶ & K. Christopher Beard^{7,8}

¹ Aix Marseille University, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France

² Department of Geological Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye

³ Department of Geological Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Türkiye

⁴ Department of Geological Engineering, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye

⁵ Réserve naturelle nationale géologique du Luberon, Unesco Global Geopark, Parc naturel régional du Luberon, Apt, France

⁶ Centre de recherche en Paléontologie, Paris (CR2P), Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS, Paris, France

⁷ Biodiversity Institute, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA

⁸ Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA

The Eocene-Oligocene Transition (EOT; ~34 Ma) is one of the most significant climate shifts of the Cenozoic era, representing the transition from the last warmhouse state to a coolhouse state. The EOT had a significant impact on terrestrial ecosystems and was synchronous with the "Grande Coupure", a major episode of faunal turnover in western Europe associated with the influx of multiple clades of Asian tetrapods. The impact of the EOT displays considerable regional variability in sedimentary records, and its role in the opening of dispersal corridors for the Grande Coupure remains unclear [1,2].

In this study, we use sedimentology, magnetostratigraphy, biostratigraphy, and U-Pb geochronology to date a section comprising the EOT in the Çiçekdağı Basin, in central Anatolia, a region that sits on Balkanatolia, a biogeographic province proposed as a secondary dispersal pathway for the Grande Coupure that remains largely understudied [1]. We then analyze stable and clumped isotopes from pedogenic carbonates to investigate the local paleoenvironmental evolution through the EOT.

Our record captures a fluvio-lacustrine system spanning the Priabonian and the lower Rupelian, including the Oi-1 glaciation (~33.65Ma). Our sedimentological analyses reveal significant paleoenvironmental changes, including a major sedimentary unconformity in the latest Priabonian interpreted as a lake retreat related to a regional increase in aridity. This event also marks the onset of a long-term

aridity trend in our stable isotope data. Furthermore, the stable and clumped isotopes analysis provide preliminary surface temperature estimates (Δ_{47}) discuss the implications of these paleoclimatic findings for understanding the environmental drivers behind faunal dispersals of the Grande Coupure.

Remerciements

Remerciements à toutes les personnes impliquées de manière directe ou indirecte dans le projet.

Références

- [1] Licht, A. et al. *Balkanatolia: The insular mammalian biogeographic province that partly paved the way to the Grande Coupure*. *Earth-Science Reviews* **226**, 103929 (2022).
- [2] Hutchinson, D. K. et al. *The Eocene–Oligocene transition: a review of marine and terrestrial proxy data, models and model–data comparisons*. *Climate of the Past* **17**, 269–315 (2021).

OCEANIC FINE-SCALE CIRCULATION AND NUTRICLINE: UNVEILING UNCERTAINTY AND VARIABILITY.

#Poster

Aude Joël^{1*}, Andrea Doglioli¹, Léo Berline¹, Anthony Bosse¹, Léa Buniak¹, Francesco d'Ovidio², Gérald Grégori¹, Riccardo Martellucci³, Elena Mauri³, Milena Menna³, Thierry Moutin¹, Sandra Nunige¹, Massimo Pacciaroni¹, Anne Petrenko¹ and Elvira Pulido-Villena¹

(1) Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France.

(2) Sorbonne University, CNRS, IRD, MNHN, Oceanography and Climate Laboratory: Experiments and Numerical Approaches (LOCEAN-IPSL), 75005, Paris, France

(3) National Institute of Oceanography and Applied Geophysics – OGS, Sgonico (TS), Italy.

*aude.joel@mio.osupytheas.fr

Interactions between physical and biogeochemical processes have traditionally been studied at ocean basin scales or in regions with large mesoscale features. At finer scales, such as fronts and small eddies, modeling studies have offered valuable insights into how physical features influence biogeochemistry [1,2]. However, these interactions remain understudied using empirical data due to the challenges of identifying and sampling these ephemeral dynamic structures. In oligotrophic regions, the vertical distribution of nutrients plays a crucial role in shaping phytoplankton diversity. Nutrient profiles typically exhibit near-zero concentrations in the upper water column and higher concentrations at depth, separated by the nutricline – a transitional layer marked by sharp or gradual changes in nutrient concentrations. The depth of the nutricline (defined as its upper limit) and its strength (reflected in the associated concentration gradient) partially control nutrient fluxes into the photic layer, which are critical for sustaining new primary production.

In spring 2023, the BioSWOT-Med campaign [3] investigated the influence of fine-scale circulation on biogeochemical processes and phytoplankton biodiversity in the North Balearic Front (Western Mediterranean Sea). Coordinated with the initial CalVal phase of the SWOT (Surface Water and Ocean Topography) satellite mission, the campaign leveraged the high spatial resolution of SWOT, capable of detecting circulation features as small as 7–10 km and used an adaptive Lagrangian sampling strategy [4]. Three distinct fine-scale features within a region approximately 50 kilometers wide were targeted: a frontal zone separating an anticyclonic eddy from a cyclonic eddy, encompassing contrasting water masses. A comprehensive dataset of nitrate and phosphate concentrations was collected using a Niskin bottle carousel (discrete profiles down to 500 m), a high-resolution pumping system (sampling every 2–4 m down to 50 m) and one BGC-Argo float (measurement of nitrates down to 400 m).

Estimating nutricline depths and concentration gradients at this unprecedented scale was constrained by uncertainties associated with near-zero phosphate

concentrations in the upper water column and the discrete sampling methods. To address these challenges, innovative data processing techniques are employed. Statistical approaches to reconstruct continuous nutrient profiles enabled more precise estimates of nutricline depths and gradients, while facilitating the application of functional data analysis. Significant variability across the front is observed: concentration gradients (nitracline depths) were highest (shallowest) in the cyclonic feature and lowest (deepest) in the anticyclonic feature, emphasizing the link between fine-scale oceanic structures and distinct vertical nutrient distributions. The underlying processes driving the observed variability remain to be elucidated. This study opens interesting perspectives on nutrient supply to the photic layer driven by fine-scale oceanic circulation in oligotrophic regions, and their role in shaping phytoplankton communities.

Acknowledgments

The authors thank the TOSCA program of the CNES (French Spatial Agency) which funds the BIOSWOT-AdAC project and the ANR – FRANCE (French National Research Agency) for its financial support to the BIOSWOT ANR-23-CE01-0027 project.

The FOF (French Oceanographic Fleet) and, in particular, the captain Gilles Ferrand and the crew of the R/V L'Atalante are acknowledged for their precious support during the BioSWOT-Med cruise.

References

- [1] McWilliams, J.C., *Proc. R. Soc. A.*, (2016).
- [2] McGillicuddy, D.J., *Annu. Rev. Mar. Sci.*, (2016), 8, 125–159.
- [3] Doglioli, A.M., & Grégori, G. 2023. BioSWOT-Med cruise, RV L'Atalante. [doi:10.17600/18002392](https://doi.org/10.17600/18002392).
- [4] D'Ovidio, F., et al., *Front. Mar. Sci.*, (2019), 6, 168.

FRENCH RIVERS FACING GLOBAL CHANGE : LONG-TERM CHANGES IN HYDRO-CLIMATIC CONDITIONS AND BIOLOGICAL COMMUNITIES

#Poster

Juliette Vallin ^{1*}, Eva Teiletchea ¹, Mathieu Floury ², Anthony Maire ³, Martin Daufresne ¹, Arnaud Sentis ¹

(1) INRAE, Aix-Marseille University, UMR RECOVER, Aix en Provence, France

(2) INRAE, UR HYCAR, Antony, France

(3) EDF R&D, LNHE (Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement), Chatou, France

*juliette.vallin@gmail.com

Climate change is increasingly affecting ecosystems, both aquatic and terrestrial. In addition to the rise in the Earth's average surface temperature, climate change is driving an increase in the frequency and intensity of extreme climatic events, such as heatwaves, floods, and droughts [1]. Freshwater organisms are particularly vulnerable to the effects of climate change, as freshwater habitats are generally isolated and fragmented within the landscape, and most organisms living in these environments are ectotherms, meaning they rely directly on ambient temperature to regulate their vital functions [2].

The main objective of my PhD is to study the long-term evolution of river biological communities in France and to analyse the impacts of climate change on this evolution. To this end, I focus my work on two rivers: the Rhône River and the Loire River. More specifically, the data used in my research come from regulatory monitoring conducted upstream and downstream (after mixing) of the Nuclear Power Plants of Bugey on the Rhône River and Dampierre on the Loire River. These data cover a time span from 1978 to 2022 and include annual to daily records of the water physicochemical parameters, as well as inventories of fish and macroinvertebrate communities at these sites.

A first part of my work involves investigating the evolution of hydro-climatic conditions over the 40 years of monitoring. In addition to studying changes in average temperatures, I am particularly interested in extreme hydro-climatic events: the number, duration, and intensity of heatwaves, the number and intensity of flood events, and the duration and intensity of low-flow periods. The goal is to determine whether rising temperatures are accompanied by decreasing river flows, whether periods of strong thermal and hydric constraints increasingly coincide, and whether extreme events are becoming more frequent [e.g., 3]. Initial results from this work show an increase in the average temperature of both rivers, a decrease in flow rates, and a rise in the frequency of extreme events.

The second part of my work focuses on the temporal evolution of river biological communities. First, analysing the taxonomic evolution of communities (species richness and diversity) provides insights into species appearances and disappearances, shifts in species dominance within the

community, and other structural changes. However, I have placed particular emphasis on studying the functional evolution of communities. Functional traits (e.g., body size, thermal tolerance, reproductive strategies, life cycle characteristics, feeding traits, habitat preferences) offer valuable complementary information, allowing to assess the functional redundancy of species within a community, identify the types of organisms that benefit or suffer from climate change, and understand the characteristics of invasive exotic species, among other aspects [4,5,6]. My preliminary results indicate that over the past decades, river communities have undergone significant restructuring, with cold-water species being replaced by more tolerant species and a gradual shift in life-history strategies.

The final part of this work aims to examine the impact of hydro-climatic changes on the taxonomic and functional evolution of river communities. The objective is to identify the hydro-climatic parameters that most influence communities, determine whether certain times of the year are critical for species survival, assess whether fish and macroinvertebrates are affected in similar ways, and more. This step has not yet been conducted, but methodological considerations are currently being explored.

Acknowledgements

I would like to thank my supervisors and all the members of the FRESHCO team and, more broadly, my laboratory, for their support, kindness and good humour.

References

- [1] AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023, H. Lee, J. Romero (eds.), Geneva, Switzerland, 2023.
- [2] D. M. Perkins, J. Reiss, G. Yvon-Durocher, G. Woodward, *Hydrobiologia*, 657 (2010) 181.
- [3] E. Arevalo, G. Lassalle, S. Tétard, A. Maire, E. Sauquet, P. Lambert, A. Paumier, B. Villeneuve, H. Drouineau, *Science of The Total Environment*, 748 (2020) 141260.
- [4] D. Schmera, J. Heino, J. Podani, *Scientific Reports*, 12 (2022) 12283.
- [5] M. Friedrichs-Manthey, D. E. Bowler, J. Freyhof, *Science of The Total Environment*, 957 (2024) 177759.
- [6] J. Grabowska, M. Przybylski, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 25 (2015) 16.

REUTILISATION DES EFFLUENTS DE DIALYSE PAR COUPLAGE DES PROCEDES DE FILTRATION MEMBRANAIRE ET D'OXYDATION AVANCEE

#Poster

Adrien Tanti ^{1*}, Pascal Wong-Wah-Chung ¹, Stéphanie Rossignol¹, Stéphane Burtey ²

(1) Aix Marseille Univ, LCE, Marseille, France

(2) C2VN Centre de néphrologie et transplantation rénale hôpital de la conception AP-HM (AMU - INSERM 1263 - INRAE 1260)

*adrien.tanti@univ-amu.fr

La réutilisation d'eaux usées est une approche essentielle dans la préservation de la ressource en eau et nécessite de mettre en place des traitements adaptés et sans impact pour l'environnement. Peu d'études se sont encore intéressées à l'eau issue d'hémodialyse aussi appelée dialysat. L'hémodialyse est une technique utilisée dans le cadre de patients atteints des maladies rénales chroniques de stade 5. En France, en 2021, il a été estimé que 48245 patients ont recours à l'hémodialyse [1]. La consommation d'eau est d'environ 382 à 500 litres pour une séance de dialyse ce qui rapporté au nombre de patients et au nombre de dialyses effectuées en moyenne par semaine (entre 3 et 4), cela représente entre 2,8 et 3,8 millions de mètres cubes par an à l'échelle de la France [2]. Cet effluent hospitalier ayant une toxicité avérée est aujourd'hui rejeté directement dans les réseaux des eaux usées domestiques ne bénéficiant pas d'une valorisation [3].

Pendant la séance de dialyse, le dialysat va se charger en toxines urémiques et en médicaments passant la membrane de dialyse comme cela a été prouvé *in vitro* pour deux antibiotiques, la gentamicine et la vancomycine [4]. De plus, la plupart des médicaments ingérés sont métabolisés par l'organisme en métabolites plus ou moins nombreux et pouvant présenter une certaine toxicité [5].

Par conséquent, l'objectif de la thèse est de montrer la faisabilité de la réutilisation de cet effluent d'hémodialyse en s'appuyant sur l'utilisation d'un procédé couplant la filtration membranaire (FM) et des procédés d'oxydation avancée (POA). Il s'agit, dans un premier temps, d'identifier la présence de composés pharmaceutiques et de métabolites dans les effluents de dialyse. Ses analyses suspectées se baseront sur les prescriptions médicales des patients dialysés au CNTR de l'AP-HM [6]. Une fois les composés suspectés identifiés, leur élimination sera suivie au cours des étapes de traitement. Plusieurs procédés de filtration membranaire tel que l'ultrafiltration, la nanofiltration ou encore l'osmose inverse seront testés afin d'obtenir un perméat exempt de produits pharmaceutiques et de métabolites, répondant aux normes de réutilisation des eaux usées. La FM produit en parallèle un concentrat riche en produits pharmaceutiques, en métabolites et en constituants du dialysat tel que l'urée, le glucose et en anions/cations. Le traitement de ce concentrat sera réalisé par POA compte-tenu de leur capacité démontrée à éliminer de nombreux polluants organiques dont les produits pharmaceutiques

dans les eaux [7], [8], [9]. Plusieurs POA seront étudiés tel que l'ozonation, fenton, UV et UV/H₂O₂, UV/S₂O₈, électro-oxxydation, électrocoagulation ainsi que des systèmes de photocatalyse ou encore des combinaisons de POA. Les POA seront réalisés en parallèle de la FM afin de déterminer un facteur de concentration optimal permettant une oxydation efficace et un volume d'eau filtré important.

Pour compléter l'analyse des produits pharmaceutiques et métabolites issus de la FM et des POA, des tests d'écotoxicité seront effectués pour attester de la toxicité de ces deux effluents. Ces données permettront de choisir le traitement le plus adapté et ayant le moins d'impact sur l'environnement.

Remerciements

Je remercie les laboratoires partenaires à savoir le M2P2 et le CNTR de l'AP-HM pour leur support quant à la réalisation scientifique et technique du projet.

Références

- [1] Réseau Epidémiologie Information Néphrologie, « Rapport REIN », Réseau Epidémiologie, Information, Néphrologie, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.agence-biomedecine.fr/IMG/pdf/rapport_rein_2021_2023-06-26.pdf
- [2] M. Ben Hmida, T. Mechichi, G. B. Piccoli, et M. Ksibi, « Water implications in dialysis therapy, threats and opportunities to reduce water consumption: a call for the planet », *Kidney International*, vol. 104, n° 1, p. 46-52, juill. 2023, doi: 10.1016/j.kint.2023.04.008.
- [3] C. K. Machado *et al.*, « Potential environmental toxicity from hemodialysis effluent », *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 102, p. 42-47, avr. 2014, doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.01.009.
- [4] S. M. Jang, K. E. Cardone, T. D. Nolin, D. L. Mason, et D. W. Grabe, « Determination of vancomycin and gentamicin clearance in an in vitro, closed loop dialysis system », *BMC Nephrol*, vol. 15, n° 1, p. 204, déc. 2014, doi: 10.1186/1471-2369-15-204.
- [5] T. T. V. Tran, H. Tayara, et K. T. Chong, « Artificial Intelligence in Drug Metabolism and Excretion Prediction: Recent Advances, Challenges, and Future Perspectives », *Pharmaceutics*, vol. 15, n° 4, Art. n° 4, avr. 2023, doi: 10.3390/pharmaceutics15041260.
- [6] CNRT, « Liste des prescriptions médicales des patients traités au CNRT de l'APHM de Marseille en 2023 », 2023.
- [7] T. Song, G. Li, R. Hu, Y. Liu, H. Liu, et Y. Gao, « Degradation of Antibiotics via UV-Activated Peroxodisulfate or Peroxymonosulfate: A Review », *Catalysts*, vol. 12, n° 9, Art. n° 9, sept. 2022, doi: 10.3390/catal12091025.
- [8] J. Jiao *et al.*, « Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) by Free Radicals in Advanced Oxidation Processes », *Materials*, vol. 15, n° 22, Art. n° 22, janv. 2022, doi: 10.3390/ma15228152.
- [9] R. Meribout *et al.*, « Photocatalytic degradation of antiepileptic drug carbamazepine with bismuth oxychlorides (BiOCl and BiOCl/AgCl composite) in water: Efficiency evaluation and elucidation degradation pathways », *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 328, p. 105-113, sept. 2016, doi: 10.1016/j.jphotochem.2016.04.024.

RECYCLING ECONOMICS UNDER MINERAL RESOURCE SECURITY AND ENVIRONMENTAL AND HEALTH RISKS : SOCIAL COST- BENEFITS ANALYSIS OF RARE EARTH RECYCLING FROM BAUXITE

#Poster

Jialing Wu^{1,2*}, Dominique Ami², Clément Levard¹

(1) Aix-Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, 13545 Aix-en-Provence, France

(2) Aix Marseille Université, CNRS, LEST UMR 7317, 13626, Aix-en-Provence, France

*jialing.wu@etu.univ-amu.fr

Since 2010, rare earths have been listed as critical raw materials due to high economic importance and supply risk [1]. Even earlier, the resource issue of rare earth scarcity and the pollution issue of environmental and health contaminations were commonly raised about the rare earth sector supplied mainly by mining from primary resources. Recycling rare earths from secondary resources has been proposed in favor of a shift towards sustainable production, simultaneously recovering rare earths, reducing waste accumulation, and reducing environmental footprints. However, it remains unclear in the economic evaluation which kinds of rare earth production processes generate net and more social welfare and what can vary social welfare in the long term, given their resource, environmental and health impacts on human well-being. This study aimed to propose social cost-benefit analysis [2] to compare it with its contrafactual in absolute social welfare and with its alternatives in relative social welfare, focusing on bauxite residue-based rare earth recycling [3]. This method integrated the tridimensional impacts under the scope covering rare earth-containing resources, processing and post-processing, combined with life cycle assessment [4] and monetary valuation. From the methodological perspective, it is found the outcomes of absolute/relative social welfare are controversial, depending largely on the scope and delimitations, the economic value of bauxite residue resources and disposal, the production costs of resource inputs, the economic value of recycled rare earths, and legal regulations about emissions and international trades. The effects of these variables will be further tested in scenario analysis and sensibility analysis. The study can be expanded to other processes of rare earth production and even other fields of mineral and material production and ultimately can contribute towards a more

sustainable portfolio of supply mixing recycling with mining.

Remerciements

The authors acknowledge financial support from the CNRS through the MITI interdisciplinary programs (PRIME 2020: ExtraMet project), the Agence Nationale de la Recherche through the RECALL project (ANR-20-CE04-0007). We also acknowledge all our colleagues at Aix-Marseille University and other researchers who were involved in the PhD thesis.

Références

- [1] EC (European Commission), 2023b. Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023. Final Report.
- [2] Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L., 2018. Cost-benefit analysis. Concepts and practice. 5th ed. Cambridge university press.
- [3] Lallemand, C., Ambrosi, J. P., Borschneck, D., Angeletti, B., Chaurand, P., Campos, A., Desmau, M., Fehlauer, T., Auffan, M., Labille, J., Roche, N., Poizat, L., Collin, B., Rose, J., Levard, C., 2022. Potential of Ligand-Promoted dissolution at mild pH for the selective recovery of rare earth elements in bauxite residues. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 10(21), 6942–6951. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c08081>.
- [4] Schreiber, A., Josefine, M., Zapp, P. Life Cycle Assessment Studies of Rare Earths Production - Findings from a Systematic Review. Science of The Total Environment. 791,148257. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148257>

CULTIVABLE MICROBIAL DIVERSITY IN THE ATLANTIS MASSIF SUBSEAFLOOR IODP 399 EXPEDITION)

Poster

Axel Zarzuelo¹, Marc Garel¹, Florian Haitz¹, Christian Tamburini¹, Gaël Erauso¹, Anne Postec¹, Marianne Quéménéur¹

(1) Aix-Marseille Univ, Univ Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, Marseille, France

axel.zarzuelo@mio.osupytheas.fr

The Atlantis Massif (30°N, Mid Atlantic Ridge) hosts near its summit the emblematic site of Lost City hydrothermal field (LCHF), discovered in 2001 at 750m depth. This hydrothermal system is driven by serpentinization, a geochemical process that generate hyperalkaline fluids enriched in hydrogen H₂, CH₄ and small organic compounds which sustain a unique community of chemolithotrophic microorganisms [1]. The IODP Expedition 399 "Building Blocks of Life, Atlantis Massif" of the International Ocean Discovery Program (IODP) aimed to recover rocks and fluids from the Atlantis Massif seafloor (12 April-12 June 2023). Fluids were sampled in the existing Hole U1309D using newly developed temperature-sensitive sampling tools [2] before deepening the hole to sample rocks. In addition, the deepest well ever drilled in mantle rocks (U1601C), near the LCHF, allowed the recovery of a long (1268m) section of serpentinized abyssal mantle peridotite interbedded with thin gabbroic intrusions [3]. In this study, the aim was to cultivate indigenous anaerobic microorganisms (fermenters, autotrophic and heterotrophic sulfate reducers) with the use of hyperbaric culture system, from hot fluids (96°C) sampled in Hole U1309D at 2600m depth (1500mbsl + 1100 mbsf). The microbial diversity and its active fraction were respectively assessed by the analyzes of 16S rRNA gene and associated cDNA (16S rcDNA). On board the R/V JOIDES Resolution, a hyperbaric conditioning system was used to store samples of fluids and rocks under high hydrostatic pressure (up to 30 MPa), as previously carried out during the previous IODP 357 expedition [4]. In the shore-based laboratory (Mediterranean Institute of Oceanography - MIO), several microbial enrichment cultures were conducted at 4 temperatures (30, 60, 90, 120°C) and 2 hydrostatic pressures (0.1 or 30 MPa), using three culture media targeting fermenters (yeast extract/peptone), heterotrophic sulfate-reducers (acetate/formate), and autotrophic sulfate-reducers (H₂/CO₂). Growth and H₂S production in enrichment cultures at 0.1 MPa and 60°C were associated with a high proportion of active *Desulfobacterota* (8%). Moreover, our analysis of the active prokaryotic communities (16S rcDNA) highlighted the metabolic activity of piezophilic and/or thermophilic organisms in enrichment cultures at 60°C. Epsilonproteobacteria families : *Arcobacteraceae* (50%) and *Sulfurimonadaceae* (12%) dominated cultures at 0.1 and 30MPa. They represent core bacterial taxa that can adapt to significant changes in environmental conditions (nutrients or hydrostatic pressure). *Geopsychrobacteraceae* (7%) and *Terasakiellaceae* (10%) were only detected at 0.1 MPa while both *Magnetospiraceae* (4%) and *Mariprofundaceae* (4%) were enriched only at 30 MPa, suggesting that these latter can grow exclusively at high hydrostatic pressures. The enrichment of these S or Fe-metabolizing taxa is consistent

in hydrothermal or subsurface environment and suggests thermo and piezo-tolerance or piezophily of these taxa. Future studies will focus on U1601C samples using hyperalkaline enrichment conditions to specifically target microbial inhabitants of the serpentinization-driven subsurface.

Keywords: serpentinization, subsurface, piezophile, anaerobic, deep biosphere.

Acknowledgment

This research used samples and data provided by the International Ocean Discovery Program (IODP). We thank the co-chief scientists Susan Lang and Andrew Mc Caig of IODP 399 expedition, Peter Blum, and the captain and crew of the JOIDES Resolution. We also thank the other members of the shipboard scientific team (especially W. Brazelton, J. Robare, and F. Wang) who enabled the collection of the samples used in this study. We would like to thank the ORIGINS Institute, for funding the internship of A. Zarzuelo, and the ANR HOT DOG.

References

- [1] D.S. Kelley, J.A. Karson, D.K. Blackman, G.L. Früh-Green, D.A. Butterfield, M.D. Lilley, E.J. Olson, M.O. Schrenk, K.K. Roe, G.T. Lebon, P. Rivizzigno, AT3-60 Shipboard Party, *An off-axis hydrothermal vent field near the MidAtlantic Ridge at 30 degrees N*, *Nature* 412:145-149, (2001)
- [2] C. Wheat, G. Kitts, C. Webb, R. Stolzman, A. McGuire, T. Fournier, T. Pettigrew and H. Jannasch, *A new high-temperature borehole fluid sampler: the Multi-Temperature Fluid Sampler*. *Sci. Drill.*, 28, 43-48, (2020)
- [3] C.J. Lissenberg, A.M. McCaig, S.Q. Lang, P. Blum, N. Abe, W.J. Brazelton, R. Coltat, J.R. Deans, K.L. Dickerson, M. Godard, B.E. John, F. Klein, R. Kuehn, K.Y. Lin, H. Liu, E.L. Lopes, T. Nozaka, A.J. Parsons, V. Pathak, M.K. Reagan, J.A. Robare, I.P. Savov, E.M. Schwarzenbach, O.J. Sissmann, G. Southam, F. Wang, C.G. Wheat, L. Anderson & S. Treadwell. *A long section of serpentinized depleted mantle peridotite*. *Science*, 385(6709), 623-629 (2024).
- [4] M. Quéménéur, G. Erauso, E. Frouin, E. Zeghal, C. Vandecasteele, B. Ollivier, C. Tamburini, M. Garel, B. Ménez, A. Postec, *Hydrostatic Pressure Helps to Cultivate an Original Anaerobic Bacterium From the Atlantis Massif Seafloor (IODP Expedition 357): Petrocella atlantisensis gen. nov. sp. Nov.*, *Frontiers in Microbiology* 10, (2019).

Oumaima EL KHATTABI^{1,2,3*}, Said EL HASNAOUI^{1,2}, Blanche COLLIN^{2,3}, Pierre PETRIACQ^{4,5}, Abdelaziz SMOUNI^{1,2}, Clement LEVARD^{2,3}, Mouna FAHR^{1,2}

(1) Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale - Faculté des Science Université Mohammed V de Rabat, Maroc

(2) Laboratoire Mixte International Activité Minière Responsable "LMI-AMIR", IRD/UM5/INAU, 10000 Rabat, Morocco;

(3) CEREGE - IRD, Aix Marseille University, 13100 Aix-en-Provence, France

(4) Univ. Bordeaux, INRAE, UMR1332 BFP, 33882 Villenave d'Ornon, France;

(5) Bordeaux Metabolome, MetaboHUB, PHENOME-EMPHASIS, 33140 Villenave d'Ornon, France;

*oumaima.elkhattabi@um5r.ac.ma

Le plomb (Pb) représente une menace majeure pour la santé humaine et l'environnement en raison de sa toxicité et de sa persistance dans les écosystèmes. Il affecte négativement la croissance et le développement des plantes. Cependant, certaines espèces ont développé des mécanismes de protection efficaces contre ce métal [1].

La Brassicacée *Hirschfeldia incana* est connue pour sa capacité à se développer naturellement dans les sites contaminés. Dans ces conditions, elle présente une biomasse importante et une forte capacité de tolérance et d'accumulation du Pb [2, 3]. Cette plante représente un bon modèle pour évaluer la réponse des plantes au Pb aux niveaux physiologique et moléculaire.

Pour comprendre les mécanismes de réponse au Pb chez *H. incana*, des plantes ont été cultivées en hydroponie en présence de 100µM de Pb pendant 3 et 15 jours et ont été analysées via une approche intégrative, combinant des analyses biochimiques, physiologiques, ultrastructurale et métabolomique.

Les résultats montrent que *H. incana* traitée au Pb subit une réduction significative du poids frais et de la teneur en chlorophylle b. Une augmentation des anthocyanes accompagnée d'une augmentation de l'activité de la peroxydase et des phénols, indique une réponse antioxydante de la plante visant à préserver l'équilibre des ROS et à prévenir les dégâts cellulaires notamment dans les racines. Les images STEM couplée à l'EDX ont montré que le Pb accumulé dans les racines se localise principalement dans les parois et l'apoplasme.

L'analyse métabolomique révèle que les racines présentent six fois plus de métabolites significativement régulés par le Pb que les feuilles et ce taux de métabolites régulés augmente en augmentant la durée du traitement avec le Pb. Dans les feuilles, 3 métabolites étaient significativement sous-exprimés après 3 jours d'exposition au Pb, tandis que 213 métabolites ont été affectés après 15 jours (71 % surexprimés, 29 % sous-exprimés). Dans les racines, un total de 426 et 1108 métabolites ont été significativement

modifiés après 3 et 15 jours de traitement, respectivement, avec 243 métabolites en commun entre les deux durées de traitement. Après 3 jours, 42 % des métabolites étaient surexprimés et 58 % sous-exprimés, tandis qu'après 15 jours, 58 % étaient surexprimés.

Les voies métaboliques les plus enrichies après 3 jours du traitement sont celles impliquées dans les mécanismes de défense antioxydante de la plante telles que la voie de la biosynthèse des phénylpropanoïdes. Après 15 jours, le traitement au Pb a affecté des voies clés, notamment le cycle de Krebs, le glutathion, les phénylpropanoïdes et le métabolisme des acides aminés (tyrosine, tryptophane).

H. incana parvient ainsi à tolérer des concentrations élevées de Pb en modulant son métabolome et en séquestrant le métal dans les parois cellulaires.

Références

[1] Sytar O, Ghosh S, Malinska H, Zivcak M, Brestic M. 2021. Physiological and molecular mechanisms of metal accumulation in hyperaccumulator plants. *Physiologia Plantarum* 173, 148–166.

[2] Fahr, Mouna, Laurent Laplace, Mohammed El Mzibri, Patrick Dumas, Najib Bendaou, Valérie Hoher, Didier Bogusz, et Abdelaziz Smouni. 2015. « Assessment of Lead Tolerance and Accumulation in Metallicolous and Non-Metallicolous Populations of *Hirschfeldia Incana* ». *Environmental and Experimental Botany* 109 (janvier): 186-92. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.07.010>.

[3] Auguy, F., Fahr, M., Moulin, P., Brugel, A., Laplace, L., Mzibri, M. E., Filali-Maltouf, A., Dumas, P., & Smouni, A. (2013). Lead Tolerance and Accumulation in *Hirschfeldia incana*, a Mediterranean Brassicaceae from Metalliferous Mine Spoils. *PLOS ONE*, 8(5), e61932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061932>

UTILISATION DE L'HABITAT ET CONDITION CORPORELLE DES TORTUES D'HERMANN APRES UN INCENDIE

#Poster

Clément Guénier ^{1,2*}, Arthur Baribeaud ², Laura Madona ², Xavier Bonnet ³, Sébastien Caron ², Alexandre Millon ¹, Laurence Affre ^{1†}, Nicolas Kaldonski ^{1†}, Jean-Marie Ballouard ²

(1) Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie, Campus Étoile Faculté des Sciences St-Jérôme Case 421 Av Escadrille Normandie Niémen, 13397 Marseille cedex 20, France

(2) Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux, 1065 Rte du Luc, 83890 Carnoules, France

(3) Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, 405 Rte de Prissé la Charrière, 79360 Villiers-en-Bois, France

† Co-directeurs de thèse

* clement.quenier@imbe.fr

Les incendies en milieu naturel impactent les populations animales immédiatement, mais aussi indirectement en affaiblissant ou en perturbant les survivants [1]. Alors qu'il apparaît comme évident que ces impacts indirects sont à intégrer pour optimiser la conservation des espèces touchées par les incendies, ils restent insuffisamment étudiés. Si les milieux peuvent redevenir favorables pour la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) plusieurs années après le passage du feu [2], rien n'est connu sur le devenir des tortues survivantes dans les premiers mois qui suivent un incendie. Dans un environnement perturbé, les tortues s'éloignent-elles des zones incendiées ? Leur survie et leur condition corporelle sont-elles impactées ?

En août 2021, un incendie très violent a ravagé plus de 2500 ha de la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures dans le Var (83). De nombreuses tortues sont mortes immédiatement ou en quelques jours, mais d'autres ont survécu [3]. Très rapidement après le passage du feu, trois groupes de tortues ont été étudiés et suivis par télémétrie : deux groupes de tortues survivantes - soit indemnes, soit blessées mais apparemment en bon état - et un groupe de tortues témoins dans une zone non impactée proche. Nos résultats montrent que malgré les bouleversements des habitats par l'incendie, les tortues n'ont pas émigré et sont restées sur leur zone de résidence initiale. Les indices relatifs aux déplacements des individus ne sont pas différents entre les groupes, dès les premiers mois. Cependant, les individus blessés présentent des domaines vitaux plus grands que les tortues témoins. Enfin, aucune perte marquée de condition corporelle n'a été observée chez les tortues des trois groupes.

Ces résultats très encourageants suggèrent que les habitats incendiés peuvent devenir rapidement favorables

pour les tortues. Si la capacité des individus survivants à se reproduire est primordiale pour la restauration de la population, cette dernière pourrait toutefois être accélérée et supportée par des opérations de renforcement. Parallèlement, des actions visant à limiter la mortalité directe (i.e. création de refuges) permettraient d'améliorer la résilience des populations face à de tels événements.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les partenaires impliqués dans le projet. L'équipe de la Réserve nationale de la Plaine des Maures, et en particulier Marie-Claude Serra, Dominique Guicheteau, Sophie Prunet, Patrick Albouy, Pascal Truon et Chloé Dambrine. Nous remercions également le Conservatoire du Littoral. Par ailleurs, nous remercions l'Office Français de la Biodiversité, la DREAL PACA et la Région Sud pour leur soutien financier à ce projet qui a débuté en 2021. Nous sommes également reconnaissants aux nombreux stagiaires et bénévoles qui nous ont aidés à collecter des données sur le terrain.

Références

- [1] R.T. Engstrom, *Fire Ecology*, 6 (2010) 115-130.
- [2] S. Lecq, J.-M. Ballouard, S. Caron, B. Livoreil, V. Seynaeve, L.-A. Matthieu, *et al.*, *Conservation Physiology*, 2 (2014) cou019.
- [3] J.-M. Ballouard, M. Aférial, G. Gillet, A. Daneluzzi, M. Yvin, E. Garnier, *et al.*, *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 183 (2023) 1-17.

CONNEXION À LA NATURE ET MOTIVATIONS INDIVIDUELLES : COMMENT PROTÉGER UN OcéAN INACCESSIBLE, INVISIBLE ET MÉCONNU ?

#Poster

Karatchodjoukova Fanny^{1,2*}, Bertoldo Raquel², Tamburini Christian¹.

(1) : Institut Méditerranéen d'Océanologie

Institut de Recherche pour le Développement, Aix Marseille Université, Institut National des Sciences de l'Univers, Université de Toulon, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche pour le Développement : UMR_D235, Aix Marseille Université : UM110, Institut National des Sciences de l'Univers : UMR7294, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7294, Université de Toulon : UMR7294

(2) : Laboratoire de Psychologie Sociale

Aix Marseille Université : EA849, Aix Marseille Université

*fanny.karatchodjoukova@mio.osupytheas.fr

Sous la surface, notre planète bleue abrite un immense territoire de profondeurs obscures – jusque dans nos esprits. Pourtant, l'Océan profond (en dessous de 200 mètres) constitue le plus grand écosystème de la planète et joue un rôle essentiel dans la régulation du climat, le stockage du carbone et contient des ressources cruciales pour notre espèce. Dans notre contexte de changement climatique et d'appétit économique croissant, l'Océan suscite un intérêt grandissant, qui se heurte à une distance physique et psychologique ainsi qu'à un fossé entre les connaissances scientifiques et la perception publique [1, 3, 5, 6]. Ensemble - la psychologie environnementale, la médiation scientifique et l'océanographie - essayent de répondre aux questions suivantes : Comment communique-t-on sur l'Océan profond ? Comment les gens perçoivent-ils cet environnement ? Comment peut-on sensibiliser aux impacts anthropiques sur un environnement inaccessible, invisible et méconnu ?

Dans le cadre de cette thèse interdisciplinaire, nous avons d'une part prêté attention à la couverture médiatique de l'Océan à travers l'analyse d'une émission TV exceptionnelle dédiée à l'Océan réunissant océanographes, journalistes, politiques et militants pour la préservation marine. Cette mise en scène a offert un terrain pertinent pour explorer les discours publics sur la valeur attribuée à l'Océan (instrumentale vs intrinsèque) ainsi que sur les motivations des individus à protéger ou à apprécier cet environnement.

D'autre part, à la suite de ce travail, nous nous sommes concentrés sur les leviers psychologiques favorisant des attitudes et des comportements pro-environnementaux. Nous avons ainsi mis en place un cadre expérimental qui vise à mesurer l'impact de la méditation guidée [2, 7] et du cadre émotionnel (optimiste VS éco-anxiogène) [4] sur le sentiment de connexion à la nature, les attitudes et les comportements pro-environnementaux. Enfin, pour aller

plus loin dans la médiation scientifique, nous souhaitons évaluer les effets de ces conditions sur la rétention d'informations scientifiques à la suite d'un parcours pédagogique.

Remerciements

Nous remercions la MITI du CNRS pour le financement de cette thèse (bourse Prime[80]). Nous remercions également le projet pluridisciplinaire ABYSSES, co-porté par Sophie Gambardella et Pascale Ricard (CERIC), pour l'inclusion et la collaboration. Nos remerciements vont enfin à la fondation Pure Ocean pour sa bourse de recherche, ainsi qu'à la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris pour leur soutien en acceptant d'accueillir notre expérimentation sociale.

Références

- [1] A. C. Arnold, *Department of Conservation, Wellington, New Zealand*, (2004).
- [2] G. Barragan-Jason, C. de Mazancourt, C. Parmesan, M. C. Singer, M. Loreau, *Conservation Letters*, 15 (2022) e12852.
- [3] F. Cava, S. Schoedinger, C. Strang, P. Tuddenham, *Report on Ocean Literacy*, (2005).
- [4] M. Innocenti, G. Santarelli, G. Lombardi, L. Ciabini, D. Zjalic, M. Di Russo, C. Cadetdu, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (2023).
- [5] L. Kaikkonen, I. van Putten, *People and Nature*, 3 (2021) 843-860.
- [6] A. C. Nepote, P. Medina-Rosas, *Journal of Science Communication*, 20 (2021) C09.
- [7] T. N. Ray, S. A. Franz, N. L. Jarrett, S. M. Pickett, *Environment and Behavior*, 53 (2021) 864-890.
- [1] X. Auteur, Y. Auteur, Z. Auteur, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 20 (2001) 537.

ALTERATION DES FONCTIONS MITOCHONDRIALES, IMPACT DES EXPOSITIONS CHRONIQUES A FAIBLE DOSE DE RAYONNEMENTS GAMMA SUR LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DU POISSON ZEBRE

#Poster

Sarah ELIE ^{1*}, Christelle Adam-Guillermin², Nicolas Diotel ³, Loïc Teulier ⁴, Damien Roussel ⁴, Dmitry Klovov ⁵, Josep Jiménez-Chillarón ⁶, Rodolphe Gilbin ⁷, Olivier Armant ¹

(1) ASNR/PSE-ENV/SERPEN/LECO

(2) ASNR/PSE-SANTE/SDOS/LMDN

(3) UMR INSERM/UFR Santé/Université de La Réunion

(4) Université Lyon 1, CNRS, UMR 5023/LEHNA

(5) ASNR/PSE-SANTE/SESANE/LRTOX

(6) School of Medicine, University of Barcelona

(7) ASNR/PSE-ENV/SERPEN

*sarah.elie@icloud.com

Les mitochondries jouent un rôle central dans de nombreux processus biologiques comme la respiration cellulaire et la production d'espèces réactives de l'oxygène. L'ADN mitochondrial est aussi transmis maternellement. Elles sont particulièrement abondantes dans les tissus à forte demande énergétique comme les muscles, ainsi plus vulnérables aux défauts mitochondriaux, et représentent donc des cibles préférentielles des effets des RI.

Les organismes vivants peuvent être exposés de manière chronique aux rayonnements ionisants (RI), notamment par suite d'accidents nucléaires. Ces expositions peuvent entraîner des effets biologiques significatifs, en particulier sur les mitochondries qui semblent être des organelles particulièrement sensibles aux RI. Une étude précédente a démontré, chez des embryons de poissons zèbres (*Danio rerio*), des altérations mitochondriales en réponse à des irradiations gamma à des débits de dose de 0,5 mGy/h à 50 mGy/h, notamment une altération de l'expression génique de facteurs impliqués dans la chaîne respiratoire, et la gestion du stress oxydant [1]. Par ailleurs, des défauts des jonctions neuromusculaires et des myofibrilles ont été observés, en lien avec une diminution de la motilité larvaire [1]. Dans une autre étude menée à Tchernobyl, des mutations dans des protéines impliquées dans la production d'énergie mitochondriale ont été relevées chez *Hyla orientalis* [2]. L'ensemble de ces résultats suggèrent que les mitochondries pourraient être une cible biologique privilégiée des expositions aux faibles doses de RI.

Ce projet vise à évaluer les impacts potentiels des faibles doses de rayonnements ionisants gamma (0,5 mGy/h à 5 mGy/h) sur les mitochondries de poissons zèbres au cours de leur développement embryonnaire, un stade particulièrement sensible au stress.

Ce projet est structuré autour de plusieurs axes :

1. Détection et vérification de l'apoptose et des pertes de potentiel membranaire mitochondrial.
2. Analyse des effets sur la chaîne respiratoire

mitochondriale.

3. Lien entre défauts mitochondriaux et comportement.

4. Transmission multigénérationnelle des effets.

Les impacts mitochondriaux ont été mesurés de manière fonctionnelle in vivo lors du développement embryonnaire par microscopie confocale. Les premiers résultats indiquent une perte de potentiel membranaire des mitochondries aux stades de 72hpf (heures post-fécondation), 96hpf et 120hpf, et une présence d'apoptose à 120hpf, dans les neuromastes de la ligne latérale pour des doses supérieures à 1 mGy/h. La ligne latérale est un organe sensoriel chez les poissons permettant de détecter les mouvements et vibrations de l'eau, essentiel pour la nage et la prédation. Son altération pourrait être en lien avec des perturbations de la motilité après les expositions aux RI.

Une section de références doit apparaître à la fin de l'abstract. Les références doivent être numérotées dans le texte et indiquées entre crochets (ex : [1,2])

Merci de suivre les styles suivants pour citer : un article de journal [1], une conférence [2], un livre [3] un article d'un livre [4]; NB : un maximum de 10 références est recommandé.

Remerciements

Merci à l'équipe du LECO, ainsi qu'à mon encadrant. Ce travail a été financé par l'ASNR.

Références

- [1] S. Murat El Houdigui, C. Adam-Guillermin, O. Armant, *International Journal of Molecular Sciences*, 10 (2020) 21.
- [2] C. Car, A. Gilles, E. Goujon, *BMC Biol*, 21 (2023).

La préservation sédimentaire de nouveaux pigments caroténoïdes suggère une réponse adaptative du phytoplancton aux conditions extrêmes du lac Dziani Dzaha (Mayotte)

#Poster

Mathias Pineau^{1*}, Pierre Adam², Philippe Schaeffer², Vincent Grossi¹

(1) Aix-Marseille Université, CNRS, Institut Méditerranéen d'Océanologie, MIO, Luminy, 13009 Marseille, France

(2) Université de Strasbourg, CNRS, Institut de Chimie de Strasbourg, 67000 Strasbourg, France

*mathias.pineau@mio.osupytheas.fr

L'eutrophisation des milieux aquatiques, conséquence des activités anthropiques et du réchauffement climatique, représente une menace majeure pour les écosystèmes marins et lacustres. Elle induit la mise en place de gradients physico-chimiques qui limitent les transferts d'oxygène et d'autres éléments nutritifs vers les eaux profondes et favorisent ainsi l'établissement de conditions (notamment anoxiques) limitantes pour le développement d'organismes aérobies [1]. L'étude de l'impact de ces changements sur les espèces planctoniques a gagné en intérêt au cours des dernières décennies. Toutefois, la réponse des populations phytoplanctoniques à de telles modifications environnementales et leurs possibles stratégies de survie et d'acclimatation restent peu étudiées, tout comme les signatures géochimiques qui peuvent en découler.

Les lacs salés stratifiés sont des écosystèmes fermés idéaux pour l'étude de la réponse de micro-organismes aux contraintes environnementales, et pour leur analogie avec les milieux marins. Le lac Dziani Dzaha (Mayotte) est un lac de cratère volcanique thalassohalin, stratifié à deux niveaux de profondeur. Sa colonne d'eau est totalement aphotique et anoxique au-delà de 2 mètres de profondeur en raison d'une intense productivité primaire en surface, essentiellement assurée par la cyanobactérie *Limnospira fusiformis* et le picoeucaryote *Picocystis salinarum* [2, 3]. Les eaux plus profondes sont marquées par des concentrations élevées (> 1 mM) en espèces chimiques réduites (sulfure, ammonium, méthane) [4]. Nous avons étudié les lipides d'origine phytoplanctonique présents dans le matériel particulaire de la colonne d'eau et préservés dans les sédiments du lac.

La forte diminution des abondances cellulaires et des concentrations en pigments photosynthétiques le long de la colonne d'eau témoigne d'une intense reminéralisation de la matière organique, influencée par la stratification [5]. Néanmoins, la détection de cellules phytoplanctoniques viables dans les couches profondes du lac suggère la capacité de survie d'une partie de ces organismes malgré l'absence de lumière et d'oxygène [3], et l'export de leur biomasse vers les sédiments sous-jacents. L'analyse par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) du contenu en lipides des sédiments récents (<1500 ans) a révélé une forte accumulation (plusieurs mg/gTOC) de pigments caroténoïdes dérivés du β -carotène, encore jamais décrits. Ces composés sont structuellement proches de composés observés au lac Cadagno (Suisse) qui résultent de la transformation

abiotique de certains pigments de bactéries phototrophes [6]. Toutefois, au lac Dziani Dzaha, la distribution et la structure de ces composés ne sont pas en accord avec une formation abiotique et indiquent plutôt une origine biosynthétique. La comparaison de profils quantitatifs de ces nouveaux pigments caroténoïdes avec d'autres biomarqueurs lipidiques d'origine connue supporte leur production par des organismes phytoplanctoniques. Mis en parallèle des données sédimentologiques, ces profils révèlent également que cette production biologique a été favorisée par un changement environnemental drastique, il y a environ 1000 ans BP, correspondant à la mise en place de la stratification 'moderne' du lac. Des observations complémentaires faites sur du matériel particulaire indiquent que ces composés sont formés dans certains compartiments profonds du lac, ce qui suggère que leur production est liée à une réponse adaptative du phytoplancton aux conditions extrêmes de la colonne d'eau du lac Dziani Dzaha.

De plus, la production de ces dérivés caroténoïdes, a priori plus résistants à la dégradation que les pigments caroténoïdes classiques de type β -carotène, pourrait constituer une voie de préservation inédite de ces composés dans le registre sédimentaire.

Remerciements

Ces travaux sont soutenus financièrement par le Programme Interne Blanc 2024 (CNRS-MITI) et a été rendu possible par le soutien financier de TotalEnergies lors du carottage en 2017. Nous remercions également l'ensemble des laboratoires et collaborateurs membres du consortium de recherche autour du lac Dziani Dzaha qui participent à la compréhension de cet écosystème.

Références

- [1] R. E. Keeling, A. Körtzinger, N. Gruber. *Ann Rev Mar Sci* 2, 199–229 (2010).
- [2] C. Lebourlanger, H. Agogué, C. Bernard, et al. *PLOS ONE* 12, e0168879 (2017).
- [3] C. Bernard, A. Escalas, N. Villeriot et al. *Microb Ecol* 78, 603–617 (2019).
- [4] G. Sarazin, D. Jézéquel, C. Lebourlanger et al. *Comptes Rendus. Géoscience* 352, 559–577 (2020).
- [5] D. Sala, V. Grossi, H. Agogué et al. *Geobiology* 20, 292–309 (2022).
- [6] Y. Hebling, P. Schaeffer, A. Behrens et al. *Science* 312, 1627–1631 (2006).

ETUDE DES EVENEMENTS SOLAIRES EXTREMES, DE L'ACTIVITE SOLAIRE ET DU CHAMP GEOMAGNETIQUE AU COURS DE LA DERNIERE DEGLACIATION ET DU DEBUT DE L'HOLOCENE, A PARTIR DU 10BE ET DU 36CL MESURES DANS LE FORAGE DE GLACE DU CITE TALOS DOME (ANTARCTIQUE)

Poster

Ellyn Auriol^{1*}, Mélanie Baroni¹, Edouard Bard¹, Alexis Lamothe¹, Mirko Severi² and ASTER Team¹

(1) Aix Marseille Univ, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

(2) Dept. of Chemistry "Ugo Schiff", University of Florence, Florence, Italy

*auriol@cerege.fr

L'étude des nucléides cosmogéniques, le béryllium 10 (10Be) et le chlore 36 (36Cl) dans les glaces polaires et le carbone 14 (14C) dans les cernes d'arbres, permet de reconstituer les variations de leur taux de production dans l'atmosphère. Ils sont constamment produits par l'interaction du rayonnement cosmique galactique sur des atomes cibles présents dans l'atmosphère terrestre. Leur taux de production dépend de l'intensité des champs magnétiques du Soleil et de la Terre qui modulent le flux de particules chargées sur Terre. En mesurant les cosmonucléides dans différentes archives, il devient donc possible de reconstituer les variations de l'activité solaire ou celles du champ géomagnétique pour des périodes passées pendant lesquelles les indicateurs directs n'étaient pas encore disponibles.

Les cosmonucléides permettent également de détecter des événements solaires singuliers liés à des émissions extrêmes de particules provenant du Soleil. Ces événements extrêmes provoquent une surproduction de cosmonucléides que l'on retrouve dans les archives géologiques au sens large. La découverte de ces pics de production de cosmonucléides remet en question les connaissances des tempêtes solaires qui sont basées sur les observations instrumentales du dernier siècle pendant lequel des éruptions solaires ont été beaucoup plus faibles que celles mises en évidence avec les cosmonucléides. Pourtant, il est nécessaire de déterminer la limite supérieure de l'énergie émise pendant ces événements afin de préparer nos sociétés aux risques qu'elles encourent telles que des pannes sévères ou des coupures d'électricité et des systèmes de télécommunications. La fréquence de ces événements solaires extrêmes est faible, mais les conditions dans lesquelles ils se sont produits restent à déterminer. Il est donc nécessaire d'améliorer nos connaissances afin de pouvoir espérer les prévoir.

Un événement solaire extrême a été détecté dans les données de delta14C de cernes d'arbres à 14300-14299 ans B.P. (Before Present, avant 1950), suivi d'un minimum d'activité solaire entre 14 000 et 13 900 ans B.P [1]. Ces nouvelles informations issues du 14C doivent être

confirmées par des données indépendantes. A ce jour, il n'existe pas de données de 10Be et de 36Cl de carottes de glace à une résolution suffisante pour discuter de ces deux périodes avec une grande précision. De plus, la détermination du spectre d'énergie d'un événement solaire est basée sur le rapport isotopique 36Cl/10Be. Il est donc primordial d'acquérir de nouvelles données de 10Be et de 36Cl. Trois autres événements solaires ayant eu lieu au début de l'Holocène, à 9124 ans B.P [2], à 7360 ans BP [3] et à 7209 ans BP [3], devront aussi être l'objet d'une telle étude.

Remerciements

Cette étude est une contribution au projet AEON, financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Le projet de forage de Dome Talos (TALDICE), un programme européen conjoint, est financé par des contributions nationales de l'Italie, de la France, de l'Allemagne, de la Suisse et du Royaume-Uni. Le soutien logistique principal a été fourni par le PNRA à Dome Talos. Nous remercions l'équipe logistique et de forage de TALDICE. Nous remercions M. Severi pour la CFA à Florence. Nous remercions la plateforme nationale ASTER AMS (Cerege, Aix-en-Provence).

Références

- [1] E. Bard, C. Miramont, M. Capano, C. Marschal, F. Rostek, T. Tuna, Y. Fagault, T. J. Heaton, *Phil. Trans. R. Soc. A*, 381 (2023) 2261
- [2] C. I. Paleari, F. Mekhaldi, F. Adolphi, M. Christl, C. Vockenhuber, P. Gautschi, J. Beer, N. Brehm, T. Erhardt, H.-A. Synal, L. Wacker, F. Wilhelms, R. Muscheler *Nature Communications*, 13 (2022) 1
- [3] N. Brehm, M. Christl, T. D. J. Knowles, ... *Nature Communications*, 13 (2022) 1

OPTIMISATION OF MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL THROUGH POLYEXTREMOPHILY AND VIRTUOUS SULFUR CYCLE

Poster

Jean Caraës^{1*}, Sylvain Davidson¹, Fabrice Armougom¹, Pierre-Pol Liebgott¹

(1) Aix-Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, Marseille, France

*jean.caraes@mio.osupytheas.fr

In the context of energy transition, electricity production remains problematic: it is poorly stored, mostly intermittent from renewables, and energy transport causes significant loss via the Joule effect. Microbial electrolysis cells (MEC) offer a promising solution [1], converting organic waste into bio-hydrogen – a storable, transportable, high-energy molecule. Electrogenic microorganisms oxidise organic matter and use unconventional electron acceptors such as conductive minerals (e.g., Fe(III) oxides) or an anode, instead of more usual ones, e.g. oxygen, nitrate, or elemental sulfur (S⁰). In MECs, these electrons are harvested at the anode to drive cathodic hydrogen production, often more efficiently than water electrolysis [1]. Improving MEC performance now requires (poly)extremophilic microorganisms [1], [2], such as salt-, acid-, or heat-tolerant electrogens. Hydrogen sulfide (H₂S) can also be oxidised abiotically at low anodic potential [3], producing S⁰. Using an S⁰-reducer in MECs could enable indirect current generation via H₂S (re)oxidation, regenerating S⁰ and enhancing metabolic thermodynamics. *Desulfurella amilsii* TR1[†] is a promising candidate: a thermophilic, acid- and salt-tolerant S⁰-reducer, isolated from the metal-rich Río Tinto River [4]. It expresses a Type IV pilus, involved in electrogeny in *Geobacter* spp. [5]. This study aimed to demonstrate its electrogenic potential with Fe(III) oxide or an anode and to explore a low-potential, polyextremophilic MEC coupled with an S⁰/H₂S cycle.

D. amilsii was cultivated in saline medium with acetate, lactate, and either S⁰ and/or amorphous Fe(III) oxide as electron acceptor(s). Two-chamber H-cell MECs were operated with graphite anodes poised at +0.1 or +0.5 V_{SHE}, with or without S⁰. Cell growth, biofilm formation, substrate consumption, Fe(III) reduction, current production, and gas emission (N₂, O₂, H₂, CO₂, H₂S) were, respectively, followed via microscopy, CLSM, HPLC, ferrozine assay, a SP-240 potentiostat, µGC, and CO₂ probe.

Fe(III)-reduction ability was confirmed with 0.31 ± 0.06 mM lactate and 2.10 ± 0.20 mM acetate were oxidised, reducing 7.93 ± 0.26 mM Fe(III). To assess anodic respiration, biofilms developed in acetate + S⁰ media were transferred to a sulfur-free media ("–S⁰") at +0.5 V_{SHE}. Four successive Batches reused 10% (v/v) of the previous one as inoculum.

- In Batch "–S⁰.1", 14.73 mM acetate was oxidised, with CO₂ produced at 265.66 µmol·h⁻¹·L⁻¹ and 5.80 A.U. H₂S. Current peaked at 153 mA·m⁻².

- In "–S⁰.2" and "–S⁰.3", acetate oxidation (8.14 and 1.03 mM) led to lower amount of H₂S production (0.29 A.U.), yet current peaked at 132 and 196 mA·m⁻².
- In "–S⁰.4", a maximum of 63 µM S⁰ was estimated due to dilution. However, 5.3 mM acetate was oxidised, equivalent to 10.56 mM S⁰ reduction (assuming 4 e⁻ per acetate), while H₂S release was minimal (0.16 A.U.) and current reached 121 mA·m⁻².

Overall, the system remained stable for six days without sulfur. CLSM images revealed a well-colonised anode with a 15 µm-thick biofilm, including mushroom-like structures up to 40 µm. In Batch "+S⁰" at +0.1 V_{SHE}, after a 43.3 h lag, exponential growth lasted 8 days. *D. amilsii* consumed 17.4 mM acetate, released 7.5 mM CO₂, and H₂S increased from 5.9 to ~90 A.U. Current peaked at 68.1 mA·m⁻². An abiotic control (2.5 g Na₂S) confirmed H₂S electro-oxidation and S⁰ deposition. CLSM revealed 30–50 µm-thick biofilms, comparable to *G. sulfurreducens* [5]. The fluorescence of abiotic test was negligible.

This study demonstrates a polyextremophilic, acetateclastic MEC at low potential (+0.1 V_{SHE}), sustained by an active S⁰/H₂S cycle. Further sulfur-free tests and H₂S quantification will clarify electrogeny and enable faradaic yield estimates.

Keywords: Microbial Electrolysis Cell, Electrogeny, Extremophile, Elemental sulfur, Sulfur cycle.

Acknowledgment

This work was financially supported by the IRD's LMI BIOTECH2 and A*Midex foundation (Aix-Marseille, France) "BIOBLUE" project. We would like to thank the M.I.O for providing the strain tested in this work. The authors thank the MIM platform (MIO, France) for providing access to their confocal microscopy facility.

References

- [1] A. Kadier, P. Jain, B. Lai *et al.*, *Biofuel Research Journal*, 25 (2020) 1128–1142.
- [2] J. Quehenberger, L. Shen, S.-V. Albers *et al.*, *Frontiers in Microbiology*, 8 (2017) 2474.
- [3] P. Qi, Y. Wan, D. Zhang *et al.*, *Electroanalysis*, 23 (2011) 2796–2801.
- [4] A. P. Florentino, C. Brienza, A. J. M. Stams *et al.*, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66 (2016) 1249–1253
- [5] G. Reguera and K. Kashefi, in *Advances in Microbial Physiology*, Elsevier, vol. 74, 2019, pp. 1–96.

DYNAMIQUE MILLENAIRE DE LA VEGETATION EN CRAU : INFLUENCE DES FEUX ET DE L'HERBIVORIE

#Poster

Cécile Latapy ^{1*}, Marion Lestienne ^{1,2}, Andy Hennebelle ^{1,2}, Aymeric LeGall ¹, Johanne Burmeister ¹, Gwendal Mouden ¹, Lisa Bajolle, Damien Rius ³, Cécile Albert ¹, Bérangère Leys ^{1,2}

(1) Aix Marseille Univ, Univ. Avignon, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

(2) CIRAD, CNRS, INRAE, IRD, UMR AMAP, University of Montpellier, Montpellier, France

(3) Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS, Université Marie et Louis Pasteur, Besançon, France

* cecile.latapy@imbe.fr

Le bassin méditerranéen est un point chaud de la biodiversité où les feux jouent un rôle important dans la composition de la végétation actuelle [1]. Comprendre la réponse à long terme des communautés végétales et de leur diversité face à des changements de régime de feux permet d'appréhender les futurs changements globaux. Nous nous demandons notamment si les feux favorisent la richesse et la répartition équitable de l'abondance des taxons, ou si ces indices diminuent à partir d'un certain seuil d'activité des feux comme cela a été montré pour deux sites de la région méditerranéenne [2, 3]. Pour cela, les feux ainsi que la dynamique de la végétation et de la densité d'herbivores sont reconstitués à partir de micro-charbons, de grains de pollen et de spores coprophiles extraits des sédiments lacustres de l'étang des Aulnes. Depuis 8000 ans les grands changements dans la communauté végétale sont synchrones avec des changements de régime de feux, vers 4000, 2400 et 1300 cal.BP et de la densité d'herbivores, vers 6200 cal.BP et le dernier millénaire. La fréquence des événements de feux présente une relation quadratique avec l'indice d'équitabilité où cet indice tend à diminuer à partir du seuil de 7.3 événements de feux/1000 ans. Une relation linéaire positive est également détectée avec la richesse taxonomique, lorsque les taxons liés aux activités anthropiques sont retirés des calculs de diversité. La relation linéaire s'explique par un changement de la réponse de la végétation aux feux avec l'expansion de la chênaie verte (végétation plus résiliente aux feux) à partir de 4000 cal.BP. La spécificité de cette zone d'étude se révèle aussi par l'influence du pastoralisme depuis 2400 ans, entraînant une nette diminution du régime de feu dès la construction des premières bergeries romaines [4].

Remerciements

Nous remercions Julien Didier pour sa contribution aux opérations de carottage, Élodie Brisset pour son aide au carottage et à l'analyse des sédiments, et Jacques-Louis de Beaulieu pour sa contribution aux analyses polliniques. Nous remercions le Département des Bouches-du-Rhône pour avoir autorisé l'accès au site d'étude. Ce travail a été soutenu par le gouvernement français dans le cadre du plan d'investissement France 2030, au titre de l'agence nationale de financement (ANR-22-CE02-0008-01), l'Initiative d'Excellence d'Aix-Marseille Université - A*MIDEX (AMX-19-IET-012, financement ITEM EV22_IMP) ; et par le Département des Bouches-du-Rhône (D2022/10059).

Références

- [1] B. Leys, T. Curt, C. Elkin, *International Journal of Earth Science and Geophysics*, 4 (2018) 1-7.
- [2] M. Lestienne, I. Jouffroy-Bapicot, D. Leyssenne, P. Sabatier, M. Debret, P. Albertini, D. Colombaroli, J. Didier, C. Hély, B. Vannière, *The Holocene*, 30 (2020) 244-257.
- [3] D. Colombaroli, W. Tinner, *The Holocene*, 23 (2013) 1625-1634.
- [4] O. Badan, G. Congès, J.-P. Brun, *Gallia*, 52 (1995) 263-310.

WhatLEARNING REGIONALIZATION WITHIN A DIFFERENTIABLE HIGH-RESOLUTION HYDROLOGICAL MODEL USING ACCURATE SPATIAL COST GRADIENTS

#Poster

Ngo Nghi Truyen Huynh ^{1*}, Pierre-André Garambois ¹, François Colleoni ¹, Hélène Roux ², Julie Demargne ³, Pierre Javelle ¹

(1) INRAE, Aix-Marseille Université, RECOVER, 3275 Route Cézanne, 13182 Aix-en-Provence, France

(2) Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), Université de Toulouse, CNRS, 31400 Toulouse, France

(3) HYDRIS Hydrologie, Parc Scientifique Agropolis II, 2196 Boulevard de la Lironde, 34980 Montferrier-sur-Lez, France

* nqo-nghi-truyen.huynh@inrae.fr

Estimating spatially distributed hydrological parameters in ungauged catchments poses a challenging regionalization problem and requires imposing spatial constraints given the sparsity of discharge data [1]. A possible approach is to search for a transfer function that quantitatively relates physical descriptors to conceptual model parameters [2]. This work introduces a Hybrid Data Assimilation and Parameter Regionalization (HDA-PR) approach incorporating learnable regionalization mappings, based on either multi-linear regression or artificial neural networks (ANNs), into a differentiable hydrological model. This approach demonstrates how two differentiable codes can be linked and their gradients chained, enabling the exploitation of heterogeneous data sets across extensive spatio-temporal computational domains within a high-dimensional regionalization context, using accurate adjoint-based gradients. The inverse problem is tackled with a multi-gauge calibration cost function accounting for information from multiple observation sites. HDA-PR was tested on high-resolution, hourly and kilometric regional modeling of 126 flash-flood-prone catchments in the French Mediterranean region. The results highlight a strong regionalization performance of HDA-PR especially in the most

challenging upstream-to-downstream extrapolation scenario with ANN, achieving median Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) scores from 0.6 to 0.71 for spatial, temporal, spatio-temporal validations, and improving NSE by up to 30% on average compared to the baseline model calibrated with lumped parameters. Multiple evaluation metrics based on flood-oriented hydrological signatures also indicate that the use of an ANN leads to better performances than a multi-linear regression in a validation context. ANN enables to learn a non-linear descriptors-to-parameters mapping which provides better model controllability than a linear mapping for complex calibration cases.

Références

- [1] Garambois, P.A., Roux, H., Larnier, K., Labat, D. and Dartus, D., 2015. Parameter regionalization for a process-oriented distributed model dedicated to flash floods. *Journal of Hydrology*, 525, pp.383-399.
- [2] Samaniego, L., Kumar, R. and Attinger, S., 2010. Multiscale parameter regionalization of a grid-based hydrologic model at the mesoscale. *Water Resources Research*, 46(5).

BACTERIAL ICE NUCLEATION AS A FREEZING SURVIVAL MECHANISM IN GLACIAL ENVIRONMENTS

#Poster

Sibylle Lebert^{1,2*}, Laura Molares Moncayo^{1,3,4}, Tina Šantl-Temkiv^{5,6,7,8}, Romé Voulhoux², Rey Mourot¹, James Bradley^{1,9}

- (1) Aix Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France
- (2) Aix-Marseille Université, CNRS, IMM, LCB, Marseille, France
- (3) School of Geography, Queen Mary University of London, London E1 4NS, United Kingdom
- (4) Natural History Museum, London SW7 5BD, United Kingdom
- (5) Department of Biology, Microbiology, Aarhus University, Aarhus, 8000, Denmark
- (6) iCLIMATE Aarhus University Interdisciplinary Centre for Climate Change, Roskilde, 4000, Denmark
- (7) Arctic Research Centre, Aarhus University, Aarhus, 8000, Denmark
- (8) Stellar Astrophysics Centre, Department of Physics and Astronomy, Aarhus University, Aarhus, 8000, Denmark
- (9) School of Biological and Behavioural Sciences, Queen Mary University of London, London E1 4NS, United Kingdom

* sibylle.lebert@mio.osupytheas.fr

Microbial communities in glacial habitats endure extreme conditions such as low temperatures, freeze-thaw cycles, and limited water availability [1,2]. Among the adaptations to these extremes, bacterial ice nucleation (IN), mediated by ice-nucleating proteins (INpro), may enhance microbial survival during freeze-thaw cycles by inhibiting intracellular freezing [3–6]. However, the ecological significance of IN in glacial environments remains poorly understood. This study investigates the presence, abundance and function of bacterial IN on glaciers, particularly in relationship with its role in promoting microbial survival, settling, and long-term persistence in these extreme habitats.

To explore the ecological significance of bacterial IN in Arctic glaciers, we use a three-part approach. First, we will carry out bioinformatics analyses of the distribution of the ice nucleation gene (*ina*) across Arctic cryospheric habitats by screening publicly available metagenomes. *ina* gene abundances will be compared to well characterized cold adaptations genes. Identification and relative abundance calculations will be performed using a curated DIAMOND database [7]. Second, using the ice-nucleation active *Pseudomonas syringae* R10.79 bacterium as a model organism, we will assess whether ice nucleation enhances bacterial survival under fluctuating temperatures [8]. A knock-out mutant (lacking the *ina* gene) will be constructed and compared to the wild-type strain in temperature conditions mimicking glacier surfaces. After exposing bacteria to freezing stress and freeze-thaw cycles, survival will be assessed via colony counts, live/dead staining, and flow cytometry, while ice nucleation activity will be measured using a droplet freezing assay [9]. Gene expression tracking via a GFP reporter strain throughout the entire experiment will further link *ina* expression, protein activity, and survival. Thirdly, environmental validation will involve analyzing Arctic glacial samples to quantify *ina* gene abundance (qPCR), measure IN activity, and assess microbial

viability post-freezing using FACS. Sorted fractions will undergo 16S rRNA sequencing to determine microbial composition.

Our study combines metagenomics, lab experiments, and environmental validation to determine whether ice nucleation is a key microbial adaptation in polar ecosystems. The results will shed light on its role in community dynamics and could reshape our understanding of microbial survival in extreme environments.

Références

- [1] A.M. Anesio, S. Lutz, N.A.M. Christmas, L.G. Benning, *Npj Biofilms Microbiomes* 3 (2017) 10.
- [2] J.A. Bradley, C.B. Trivedi, M. Winkel, R. Mourot, S. Lutz, C. Larose, C. Keusch, E. Doting, L. Halbach, A. Zervas, A.M. Anesio, L.G. Benning, *Geobiology* 21 (2023) 244–261.
- [3] C.E. Morris, D.C. Sands, B.A. Vinatzer, C. Glaux, C. Guilbaud, A. Buffière, S. Yan, H. Dominguez, B.M. Thompson, *ISME J.* 2 (2008) 321–334.
- [4] J.S.H. Lorv, D.R. Rose, B.R. Glick, *Scientifica* 2014 (2014) 1–20.
- [5] R. Margesin, T. Collins, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 103 (2019) 2537–2549.
- [6] G. Vali, P.J. DeMott, O. Möhler, T.F. Whale, *Atmospheric Chem. Phys.* 15 (2015) 10263–10270.
- [7] B. Buchfink, K. Reuter, H.-G. Drost, *Nat. Methods* 18 (2021) 366–368.
- [8] T. Šantl-Temkiv, M. Sahyoun, K. Finster, S. Hartmann, S. Augustin-Bauditz, F. Stratmann, H. Wex, T. Clauss, N.W. Nielsen, J.H. Sørensen, U.S. Korsholm, L.Y. Wick, U.G. Karlson, *Atmos. Environ.* 109 (2015) 105–117.
- [9] C. Wieber, M. Rosenhøj Jeppesen, K. Finster, C. Melvad, T. Šantl-Temkiv, *Atmospheric Meas. Tech.* 17 (2024) 2707–2719.

EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF THE SEA-TO-ATMOSPHERE TRANSFER OF MICRO- AND NANOPLASTICS (MNP) AND RELATED PHOTO-REACTIVITY

#Poster

Joséphine Amey^{1*}, Loyal Fayad¹, Stéphanie Rossignol¹, Pascal Wong-Wah-Chung¹, Coraline Mattei²

(1) Aix Marseille Univ, LCE, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

(2) Institut Méditerranéen d'Océanologie (M.I.O), Marseille, France

* josephine.amey@etu.univ-amu.fr

The bursting of bubbles within air bubble plumes, generated by the breaking of waves at the sea surface, leads to the large-scale emission of sea spray aerosols (SSA), a major constituent of the marine atmosphere. It was shown that the bubble bursting mechanism also emits MNPs to the atmosphere as part of SSA [1-3]. Generally, lighter plastics with densities of 0.90-1.10 g·cm⁻³, such as polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polystyrene (PS) [4], are found near the ocean surface and due to their hydrophobic nature, they tend to cling on to air bubbles. The bubbles act as transfer vector as they rise towards the surface [5]. When a bubble reaches the surface, the bubble cap bursts and ejects small droplets called film drops. Subsequently, the remaining bubble cavity collapses generating the so-called jet drops. This phenomenon allows particles such as polymers to be transferred towards the atmosphere as aerosol [5]. Jet drops can become over two orders of magnitude more enriched with plastics than film drops and can contain up to 10 000 times the plastic concentration of sea surface water (10-10⁹ particles/liter) [3, 5]. This applies in particular to the smallest, nano-sized particles inside the small jet drops, which are likely to remain suspended in the atmosphere [5]. Laboratory experiments confirmed that atmospheric MNPs emitted via bubble bursting are of small size ranges (<10 µm) down to the nanoscale, which are the size ranges of environmental and human health concern [6]. An important role in the composition of SSA is played by the sea surface microlayer (SML), which is typically rich in organic matter, especially surfactants. Components of the SML might interact with MNP and influence/alter their behavior/fate when transferred to the atmosphere [3].

PE (27 %), PP (19 %) and PS (5.3 %) together account for half of the 400 million tons of the polymers manufactured worldwide each year [4]. Therefore, these polymers are the main target in this study. The study intends to mimic the natural production of SSA containing MNP through laboratory experiments in a simulation chamber. This chamber consists of a 50 L glass tank filled with seawater enriched with MNP and a plunging jet to generate the bubbles. Once aerosolized, the MNP particles are collected in a cascade impactor that sorts them according to their size. Additionally, an optical particle counter (OPC) monitors both the concentration and the size distribution of the generated SSA.

The main objective is to quantify MNP in SSA as a function of polymer types, size range and surface properties, in order to implement a source function in atmospheric models and assess the total global emissions

of atmospheric MNP through sea spray. Quantification of MNP is conducted using pyrolysis-GC-MS, which gives back the mass and the polymer type.

A second part of this study focuses on the photoreactivity of MNP. MNP are known to 'age' when exposed to sunlight, making them more hydrophilic and altering their surface chemistry. Another observed phenomena is the formation of reactive oxygen species (ROS) on the particle's surface. These ROS will be identified and quantified in order to assess their impact on the immediate environment of MNP in the SML and SSA, including their influence on the fate of the MNP co-contaminants.

Acknowledgements

This research is funded by the Agence Nationale de la Recherche (ANR) and the Institut des Sciences de l'Océan.

References

- [1] S. Allen, D. Allen, K. Moss, G. Le Roux, V. R. Phoenix, and J. E. Sonke, "Examination of the ocean as a source for atmospheric microplastics," *PLOS ONE*, vol. 15, no. 5, p. e0232746, May 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0232746.
- [2] E. Caracci *et al.*, "Micro(nano)plastics in the atmosphere of the Atlantic Ocean," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 450, p. 131036, May 2023, doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.131036.
- [3] A. I. Catarino *et al.*, "Micro- and nanoplastics transfer from seawater to the atmosphere through aerosolization under controlled laboratory conditions," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 192, p. 115015, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.marpolbul.2023.115015.
- [4] Plastics Europe, "Plastics – the Facts 2022," Oct. 2022. [Online]. Available: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
- [5] L. Dubitsky, G. B. Deane, D. M. Stokes, and J. C. Bird, "Modeling the Concentration Enhancement and Selectivity of Plastic Particle Transport in Sea Spray Aerosols," *JGR Oceans*, vol. 129, no. 7, p. e2023JC020396, Jul. 2024, doi: 10.1029/2023JC020396.
- [6] M. Masry *et al.*, "Experimental evidence of plastic particles transfer at the water-air interface through bubble bursting," *Environmental Pollution*, vol. 280, p. 116949, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.116949.

SIMPLIFICATION SENSIBLE DES MODÈLES D'ÉCOSYSTÈMES COMPLEXES : INTÉGRATION D'INSIGHTS MÉCANISTIQUES POUR RÉDUCTION DES COÛTS ET PRÉCISION PRÉDICTIVE

#Poster

Yutong Zhang ^{1*}, Melika Baklouti ¹, Pierre Brasseur ², ...

(1) Aix Marseille Univ, IRD, Institute Méditerranéen d'Océanologie, MEB, Bât. Méditerranée, Campus de Luminy-Océanomed, 13009 Marseille, France

(2) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France

* yutong.zhang@mio.osupytheas.fr

Avec les défis majeurs posés par le changement climatique et les transformations significatives des systèmes terrestres, le besoin de prédictions climatiques précises et diversifiées s'est accru. Ces prévisions visent à explorer divers scénarios, tels que les Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) et les Representative Concentration Pathways (RCPs) [3]. Les avancées en puissance de calcul ont permis le développement de modèles complexes couplant physique, biogéochimie et écologie des systèmes marins. Cependant, ces modèles sont très gourmands en ressources informatiques et énergétiques, soulevant la question du niveau de complexité adéquat par rapport aux données disponibles pour une calibration correcte, et appelant ainsi à une simplification pour réduire le temps d'exécution [5].

Dans cette étude, nous cherchons à simplifier le modèle Eco3M-MED [1], un modèle biogéochimique complexe représentant les niveaux trophiques inférieurs (jusqu'au mésozooplancton) dans l'océan à travers 37 variables d'état, conçu pour être utilisé à l'échelle du bassin méditerranéen. Les méthodes courantes de simplification incluent l'analyse de conservation, l'agrégation, l'exploration temporelle et l'analyse de sensibilité [4]. La plupart de ces méthodes limitent cependant l'interprétabilité des résultats du modèle ou nécessitent des implémentations complexes. Nous avons donc choisi une approche simple et classique basée sur l'analyse locale de sensibilité (One-Factor-At-A-Time, OFAT [2]), qui préserve cette capacité d'interprétation. L'originalité de notre travail réside dans l'approche adoptée pour obtenir différentes déclinaisons du modèle réduit. Cette approche repose sur une stratégie originale de paramétrisation du modèle Eco3M-MED, développée depuis plusieurs années et récemment mise en œuvre. Elle consiste à construire un ensemble de paramètres cohérents en établissant des relations entre les paramètres dits "cœurs" et les paramètres dépendants. Les paramètres cœurs sont perturbés en fonction du niveau de connaissance de chaque paramètre.

L'objectif principal de cette étude est d'appliquer cette approche innovante pour identifier les processus biogéochimiques pouvant être supprimés avec un impact minimal sur la performance du modèle, permettant ainsi sa simplification et la réduction des coûts de calcul. Nous

considérons également que l'existence d'un unique modèle simplifié n'est pas forcément la meilleure solution. Nous cherchons plutôt à définir une famille de modèles simplifiés adaptés à différents objectifs d'utilisation, garantissant que chaque version simplifiée reproduise correctement certaines quantités spécifiques. Les critères utilisés pour dériver un modèle simplifié à partir de l'analyse de sensibilité sont aussi examinés afin d'évaluer leur influence sur le degré de simplification. Enfin, l'efficacité computationnelle et la précision des modèles simplifiés sont comparées au modèle complet pour identifier les meilleures simplifications selon les applications visées.

Les recherches futures se concentreront sur la réalisation d'une analyse globale de sensibilité sur les paramètres cœurs les plus influents afin d'évaluer les incertitudes des modèles complets et simplifiés.

Références

- [1] Baklouti, M., Pagès, R., Alekseenko, E., Guyennon, A., Grégori, G., 2021. On the benefits of using cell quotas in addition to intracellular elemental ratios in flexible-stoichiometry plankton functional type models. Application to the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography* 197, 102634. doi :<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102634>.
- [2] Czitrom, V., 1999. One-factor-at-a-time versus designed experiments. *The American Statistician* 53, 126–131. doi :[10.1080/00031305.1999.10474445](https://doi.org/10.1080/00031305.1999.10474445).
- [3] IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Report. IPCC, Geneva, Switzerland.
- [4] Snowden, T.J., Van Der Graaf, P.H., Tindall, M.J., 2017. A combined model reduction algorithm for controlled biochemical systems. *BMC systems biology* 11, 1–18. doi :<https://doi.org/10.1186/s12918-017-0397-1>.
- [5] Semtner Jr, A. (1986). History and methodology of modelling the circulation of the world ocean. In *Advanced physical oceanographic numerical modelling*, pages 23–32. Springer.