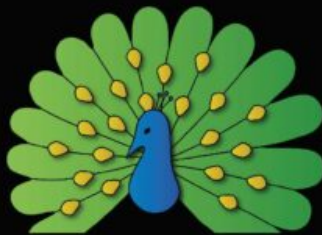
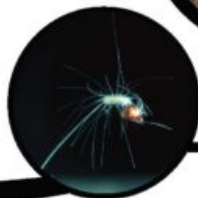


31ÈME CONGRÈS ED251

16-17 MAI 2024



TECHNOPÔLE DE L'ARBOIS MÉDITERRANÉE
BÂTIMENT PASTEUR



Sur le thème de...

“Down the Rabbit Hole”

Exploring new challenges of
Environmental Science,,



ORGANISATEURS :

CEREGE • Centre de recherche et
d'enseignement des géosciences de
l'environnement

ED251 • Ecole doctorale Sciences de
l'environnement



edse-congres2024@osupytheas.fr



edsecongres.osupytheas.fr



ED Sciences de
l'environnement

Aix-Marseille
université
Socialement engagée

Avant-propos

Le 31^{ème} congrès de l'Ecole Doctorale des Sciences de l'Environnement aura lieu cette année les 16 et 17 mai sur le site de l'Arbois. C'est le CEREGE qui porte cette année l'organisation de cet évènement essentiel de la vie de notre Ecole Doctorale. Le comité a choisi un thème intitulé « Down the Rabbit Hole : Exploring New Challenges of Environmental Sciences ». Ce thème se traduira notamment dans la sélection des conférenciers que nous recevrons.

Comme chaque année, ce sera l'occasion pour les doctorants de notre Ecole Doctorale de faire connaître leurs travaux et de partager leurs résultats avec l'ensemble de la communauté qui s'intéresse aux sciences de l'environnement sur le site d'Aix-Marseille Université.

Les présentations se feront à travers des exposés oraux ou sur posters. Comme nous le faisons depuis deux ans, les doctorants présentant des posters auront l'opportunité de les introduire à l'ensemble des participants à travers des courtes présentations de 180 secondes, qui feront l'objet d'un quiz en fin de congrès pour récompenser les plus attentifs !

Comme indiqué ci-dessus, des conférences réalisées par des personnalités invitées permettront d'illustrer le thème porté cette année. Nous accueillerons tout d'abord Evi Viza, Maîtresse de Conférences à l'Université de l'Ouest de l'Ecosse et spécialiste des méthodes de gestion et amélioration de qualité dans le monde de l'industrie et de l'artisanat, en particulier dans les économies à faibles ressources. Elle nous présentera ses travaux de recherche interdisciplinaires axés sur l'approche systémique et la durabilité. Ensuite Puri Lopez-Garcia, directrice de recherche au CNRS à l'Université Paris-Saclay, au laboratoire Écologie, systématique et évolution, et spécialiste de biologie évolutive, notamment de la vie microbienne en milieu extrême, nous éclairera sur l'apport des approches moléculaires à haut débit pour comprendre l'évolution de la vie sur Terre. Enfin, Mathieu Aubry, chercheur au Laboratoire d'Informatique Gaspard-Monge de l'Ecole des Ponts ParisTech (CNRS - Université Gustave Eiffel), nous apportera son regard éclairé sur les apports des Intelligences Artificielles dans des domaines de sciences de l'environnement. La deuxième journée, nous proposerons également aux doctorants d'échanger avec des jeunes docteurs issus de l'école doctorale des Sciences de l'Environnement et ayant eu ensuite des parcours variés. Ils viendront présenter leur parcours depuis la thèse et répondront aux questions des participants.

Nous tenons particulièrement ici à remercier toute l'équipe du CEREGE qui a conçu cette nouvelle édition de notre congrès. Et encore une fois, Isabelle Hammad apporte efficacement son expérience et ses conseils. Elle s'assure que la logistique soit en place pour l'évènement, nous tenons à l'en remercier chaleureusement. Et bien sûr, nous souhaitons également remercier ici les personnalités invitées et les jeunes docteurs qui ont accepté de donner de leur temps pour partager leur expérience et leur savoir avec nos doctorants.

Nous vous souhaitons à toutes et à tous un excellent 31^{ème} congrès !

Jean-Christophe POGGIALE et Laurence VIDAL

Table des matières

Avant-propos	1
Programme	3
Présentation des conférences	8
Présentations des docteurs de l'ED251	10
Présentations orales	11
Posters	37

Programme

Jeudi 16 mai 2024

8h15-8h50 : Accueil et affichage des posters

8h50-9h00 : Mot de Jean-Christophe POGGIALE

Oraux session 1

9h00-9h15 : **Anaëlle ALCAÏNO** (CEREGE)

Contamination par les microplastiques en baie de Marseille :
diagnostic de la surface aux profondeurs

9h15-9h30 : **Clémentine BACCATI** (IMBE)

Antimicrobial metabolites identification combining biological screening and
molecular networking in complex plant extracts

9h30-9h45 : **Marie BORRIGLIONE** (MIO)

Impact de rugulopteryx okamurae sur les communautés benthiques dans le parc
national des calanques

9h45-10h00 : **Maria BOU SAAD** (LCE)

Caractérisation organique des fumées émises par des matériaux routiers
incorporant des agrégats d'enrobés recyclés

10h00-10h15 : **Alice COPIE** (URFM)

Adaptation aux changements climatiques de populations hybridées au sein du
complexe d'espèces des sapins euro-méditerranéens

10h15-10h30 : **Anna MUSOLINO** (CEREGE)

Exploring the conditions of formation of impact glasses and tektites

Mon poster en 180 secondes : session 1

10h30	AÏT OUFELLA	Lounis	CEREGE
10h33	BAGNON	Andrea	IMBE
10h36	BAROLLIER	Danaé	LCE
10h39	BEN HAJ YAHIA	Nour	CEREGE
10h42	BOSCHET	Arthur	INRAE
10h45	BOSIO	Pauline	IMBE
10h48	CALLENS	Lauralie	MIO

11h00-11h30 : Forum posters session 1

11h30-12h30 : Conférence de **Purificación LOPEZ-GARCIA**

Exploring the physicochemical limits of life and microbial adaptations to polyextreme ecosystems

12h30-13h40 : Repas et posters

13h40-14h40 : Conférence de **Evi VIZA**

Everything, Everywhere, all at once: the reasons for a systems approach towards sustainability

Oraux session 2

14h45-15h00 : **Thi Thao NGUYEN** (LCE)

Microplastics' occurrence in vietnamese red river surface water and sediments: characteristics and seasonality

15h00-15h15 : **Emma CLEMENT** (CEREGE-CIRAD)

LE MODELE USEtox D'EVALUATION DE L'ECOTOXICITE TERRESTRE DES ELEMENTS TRACES EST-IL ADAPTE AU RECYCLAGE AGRICOLE DES PRODUITS RESIDUAIRES ORGANIQUES ?

15h15-15h30 : **Hugo MAURER** (IMBE)

Opérationnaliser un "petit cycle des sols" à l'échelle d'un bassin versant en mutation : une recherche-action pour prendre soin du fleuve caravelles-aygalades

15h30-15h45 : **Léonore FLIPO** (IRSN)

Caractérisation de la dynamique de fractionnement solide/liquide de radionucléides en rivière : application aux modèles numériques

15h45-16h00 : **Tom GIRARD** (CEREGE)

Pseudomonas brassicacearum mineral weathering activity is linked to iron homeostasis and can participate to soil organic carbon stabilization

16h00-16h15 : **François GUILLORY** (IRSN)

Caesium-137 module integration in a watershed-scale hydrosedimentary transfer model

Mon poster en 180 secondes : session 2

16h45	COËT	Arthur	MIO
16h48	DURAND	Hugo	IRSN
16h51	ELMI ADANEH	Abdillahi	LCE
16h54	ESTOUP	Paul	MIO
16h57	ETTALBI	Mouad	INRAE
17h00	GAYE	Cheikhouna	IMBE

17h05-17h30 : Forum posters session 2

Vendredi 17 mai 2024

Oraux session 3

9h00-9h15 : **Célia BREAUD** (IMBE)

Exploration du potentiel antituberculeux de la flore de guyane française par une étude métabolomique

9h15-9h30 : **Quentin GUNTI** (LCE)

Impact des navires à la pollution urbaine par déconvolution des sources au port de toulon

9h30-9h45 : **Anna KHARLANOVA** (CEREGE)

Caractérisation et estimation des volumes de dépôts débordement d'un bras fossile du Rhône, Bras de fer (France), au Petit Âge de Glace par le biais d'outils de géomatique, de sédimentologie et de géophysique

9h45-10h00 : **Mostafa KHAZMA** (LCE)

Fertipas : les émissions des fertilisants organiques comme précurseurs d'aérosols organiques secondaires

10h00-10h15 : **Marine MEUCCI** (ADES)

Gestion des morts en temps de guerre : exemple du premier conflit mondial

10h15-10h30 : **Maëlis DIJOUX** (LCE)

Occurrence des résidus per- et polyfluoroalkylés (PFAS) dans la zone de Fos-Berre : analyse des lichens, eaux souterraines et eaux potables

Mon poster en 180 secondes : session 3

10h30	POPALL	Rabja	MIO
10h33	SABOUR	Naryereh	CEREGE
10h36	SORO	Petanki	CEREGE
10h39	VEDEAU	Ian	LCE
10h42	VELIA	Florence	LCE
10h45	PINEAU	Erwan	CEREGE

11h00-11h30 : Forum posters session 3

11h30-12h30 : Conférence de **Mathieu AUBRY**

Introduction to deep learning for Earth imagery

12h30-13h40 : Repas et posters

13h40-14h40 : Table ronde des anciens doctorants de l'ED251

Oraux session 4

14h45-15h00 : **Laurina OMS** (MIO)

Modelling and observing phytoplankton community transitions in the oligotrophic ocean: a mediterranean sea case study

15h00-15h15 : **Santiago PARRA BULACIO** (LPED)

Pastoralism-induced shaping of plant community structure and composition in andalusian mountain rangelands

15h15-15h30 : **Charlotte RAULT** (IMBE)

Determinants of migratory bird community composition in the sud-paca hot spot

15h30-15h45 : **Eduardo ROEMERS DE OLIVIERA** (CEREGE)

Anatomy and stacking pattern of palustrine-dominated carbonates from 'la barre du cengle', paleocene, se france

15h45-16h00 : **Boulos SAMIA** (LCE)

Réactivité atmosphérique hétérogène des pesticides couramment utilisés en viticulture

16h00-16h15 : **Sarah WAGON** (CEREGE)

Rhizodeposition plant-properties and previous land-use control both microbial communities and soil carbon additional storage

Mon poster en 180 secondes : session 4

16h15	JARIEL	Chloé	MIO
16h18	KUZNETSOV	Petr	IMBE
16h21	LATAPY	Cécile	IMBE
16h24	GONZALES GUILLEN	Anaïs	CEREGE
16h27	LAZZERONI	Océane	MIO
16h30	LECOQ	Pauline	MIO

16h35-17h15 : Forum posters session 4

17h15-17h35 : Quizz

17h35-17h50 : Remise des prix

18h00 : Cocktail de clôture

Exploring the physicochemical limits of life and microbial adaptations to polyextreme ecosystems

Purificación López-García

Ecologie Systématique Evolution, CNRS & Université Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette, France

In this talk, I will summarize recent studies of our team to determine the physicochemical limits of life along gradients of polyextreme conditions combining high concentrations of chaotropic salts, high temperature and low pH in the north Danakil Depression (Ethiopia). I will comment on the difficulties and confounding factors to unambiguously determine the occurrence or absence of microbial life, and show evidence suggesting that some of these highly chaotropic systems are devoid of life. I will then describe the structure of communities inhabiting the most polyextreme sites harboring life and discuss the adaptations of the archaea dominating these microbial communities as inferred from metagenomic data. Finally, I will comment about the discovery of novel archaeal families, their metabolism and their evolution, and show that the adaptation to hypersaline environments evolved convergently in archaea several times.

Everything, Everywhere, all at once: the reasons for a systems approach towards sustainability

Evi Viza

University of the West of Scotland, UWS, School of Computing Engineering and Physical Sciences

The presentation gives an overview on certain factors that play a role towards achieving the three pillars of sustainability (people, planet, profit). These range from macro level such as geopolitics and business models to micro level such as everyday habits and awareness of the public. The case for a systems approach is made and that to achieve the sustainable development goals, a holistic approach is needed and a new mindset.

Introduction to deep learning for Earth imagery

Mathieu Aubry

Imagine team, LIGM, École des Ponts ParisTech (ENPC)

In this presentation I will first introduce the basic concepts of supervised, unsupervised and deep learning on the example of satellite image time series classification [1]. I will then present how more complex deep architectures can be used to perform more complex tasks such as semantic segmentation and change detection [2]. Finally, I will show some recent results for unsupervised object discovery in aerial LIDAR point clouds.

[1] Pixel-wise Agricultural Image Time Series Classification: Comparisons and a Deformable Prototype-based Approach, E. Vincent, J. Ponce, M. Aubry, ArXiv 2023

[2] Satellite Image Time Series Semantic Change Detection: Novel Architecture and Analysis of Domain Shift, E. Vincent, J. Ponce, M. Aubry, in submission

[3] Learnable Earth Parser: Discovering 3D Prototypes in Aerial Scans, R. Loiseau, E. Vincent, M. Aubry, L. Landrieu, CVPR 2024

Présentations des docteurs de l'ED251

Quentin Pillot

Evolution de l'écologie marine et du climat au cours du Miocène supérieur, un regard croisé entre données sédimentaires marines et modélisation numérique du Système Terre.

Doctorat obtenu en février 2024



Adrien Delaval

Modélisation du transfert de ^{137}Cs dans le continuum fleuve-mer Rhône-Méditerranée

Doctorat obtenu en octobre 2021



Quentin Schenkelaars

Origine et évolution des voies Wnt chez les métazoaires : étude comparée de diverses espèces d'éponges

Doctorat obtenu en mai 2015



Présentations orales

Jeudi 16 mai 2024

CONTAMINATION PAR LES MICROPLASTIQUES EN BAIE DE MARSEILLE : DIAGNOSTIQUE DE LA SURFACE AUX PROFONDEURS

#Oral

Anaëlle Alcaïno^{1*}, Laetitia Licari¹, Laurence Vidal¹, Pailès¹, Sandrine Conrod¹, Cristèle Chevalier², Christel Pinazo³, Josué Dauvier¹, Michaël Grelaud³, Sylvain Rigaud⁴, Doriane Delanghe¹

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

(2) Mediterranean Institute of Oceanography UM 110, Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Campus de Luminy, Marseille, France

(3) Institute of Environmental Science and Technology (ICTA-UAB), Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain

(4) Université de Nîmes

*alcaïno@cerege.fr

Les océans seraient pollués par 4,8 à 12,7 millions de tonnes de plastiques, qui seraient déversés chaque année dans les milieux océaniques [1]. Depuis 1950, entre 117 à 320 millions de tonnes de plastiques flotteraient donc dans nos océans. Pourtant, seulement 1,65 millions de tonnes de plastique ont été décomptées par les recherches scientifiques. Ce phénomène, nommé « Ocean Missing Plastic Paradox », suggère que le plastique est soit éliminé dans des processus océaniques (dégradation UV, élimination bactérienne, accumulation sédimentaire, ...), soit qu'il est encore non-référencé par la communauté scientifique (surestimation des flux vers l'océan, compartiments marins non pris en compte, ...).

Ce paradoxe s'applique aussi à la fraction microscopique des plastiques, les microplastiques (< 5 mm). Il est connu que les microplastiques (MP), polluent tous les compartiments marins, de la surface aux eaux profondes [1]. Pourtant, les concentrations de MP sont très souvent sous-estimées, ne prennent compte que les MP présents en surface et peu de données sont disponibles pour le compartiment profond. Ce focus sur la contamination par les MP en surface pourrait être en partie à l'origine du « Ocean Missing (micro)Plastic Paradox ».

Identifiée comme une zone sensible aux pressions anthropiques, la mer Méditerranée cumulerait 7% de l'ensemble des MP à sa surface [2], et pourrait donc être encore plus polluée si l'on prenait en compte tous les compartiments marins. A notre connaissance, seules quelques études quantitatives en baie de Marseille ont été publiées et principalement des études sur la surface de l'eau et des sédiments [3,4].

Dans cette étude, nous avons cherché à établir un diagnostic de la contamination par les MP en Baie de Marseille de la surface océanique aux sédiments. L'évolution spatiotemporelle des MP a été analysée dans l'eau de surface et les sédiments à sept stations au printemps et à l'automne de 2020, 2021 et 2022. Un suivi de la distribution des MP dans la colonne d'eau a été effectué de manière biannuelle en 2021, 2022 et en 2023 sur cinq stations dans la baie de Marseille, dans les Calanques et au large de la baie. Des échantillons ont été prélevés sur toute la colonne d'eau à chaque station, de la surface (filet manta, 0 m de profondeur) allant jusqu'à 10m du fond (filets multinet, de 5 m à 40 m – 70 m de profondeur selon les stations). Des échantillons de sédiments de surface supplémentaires ont été échantillonnés en 2023.

En surface, des concentrations moyennes de $5,83 \pm 1,97$ MP.m⁻³ ont été observées. Aucune tendance spatiotemporelle n'a été statistiquement démontrée, excepté pour les échantillons prélevés en février 2020, présentant une concentration en MP anormalement élevée ($22,47 \pm 8,85$ MP.m⁻³ en moyenne). Le modèle MARS3D RHOMA, adapté aux conditions hydrométéorologiques de 2020, a permis d'étudier les conditions météo-hydrodynamiques afin de comprendre cette accumulation de MP en février 2020.

Dans la colonne d'eau, des MP ont été trouvés à toutes les profondeurs avec des concentrations moyennes à 5 m de profondeur de $1,43 \pm 0,38$ MP.m⁻³ et au fond de la colonne d'eau de $0,59 \pm 0,38$ MP.m⁻³ (concentration moyenne globale $1,04 \pm 0,46$ MP.m⁻³). Les MP légers se concentrent à la surface mais peuvent être dispersés dans la colonne d'eau lors de mélange vertical dû à un fort vent ; les données ont été comparées à une estimation prenant en compte le mélange vertical dû au vent [5].

Les concentrations dans les sédiments sont en moyenne de 865 ± 63 MP.kg sédiment sec⁻¹. La séquestration des MP dans les sédiments pourrait être une solution au « Missing (micro)Plastic Paradox », et pourrait être ici estimée en carottant pour avoir un suivi historique de l'accumulation des MP dans les fonds marins.

Références

[1] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. *Science*, 347 (2015) 768-771.

[2] Suaria, G., Avio, C. G., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G., Moore, C. J., Regoli, F., & Aliani, S. *Scientific Reports*, 6 (2016).

[3] G rigny, O., Pedrotti, M.-L., El Rakwe, M., Brun, M., Pavec, M., Henry, M., Mazeas, F., Maury, J., Garreau, P., & Galgani, F.. *Marine Pollution Bulletin*, 175 (2022), 113353.

[4] Schmidt, N., Thibault, D., Galgani, F., Paluselli, A., & Semp r , R. *Progress in Oceanography*, 163 (2018), 214-220.

[5] Chevalier, C., Vandenberghe, M., Pagano, M., Pellet, I., Pinazo, C., Tes n Onrubia, J.A., Guilloux, L., Carlotti, F. *Marine Pollution Bulletin*, 189 (2023), 114674.

ANTIMICROBIAL METABOLITES IDENTIFICATION COMBINING BIOLOGICAL SCREENING AND MOLECULAR NETWORKING IN COMPLEX PLANT EXTRACTS

#Oral

Clémentine Achard-Baccati ^{1*}, Carole Di Giorgio ², Agn s Masnou ³, Yen Vo-Hoang ⁴, Patricia Licznar-Fajardo ⁴, Elnur Garayev ¹ & B atrice Baghdikian ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS 7263, IRD 237, Avignon Université, IMBE, 27 Blvd Jean Moulin, Service of Pharmacognosy and Ethnopharmacology, Faculty of Pharmacy, 13385 Marseille, France

(2) Aix Marseille Univ, CNRS 7263, IRD 237, Avignon Université, IMBE, 27 Blvd Jean Moulin, Laboratoire de Mutag nese Environnementale, Faculté de Pharmacie, 13385 Marseille, France

(3) HSM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, Montpellier, France (4) HSM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, CHU Montpellier, Montpellier, France

*clementine.baccati@imbe.fr

Regarding the decline of traditional medicine knowledge, especially in Western countries, it is imperative to actively participate in their conservation. This project aims to preserve both Provence traditional medicine knowledge and local plant biodiversity, using an ethnopharmacological approach to develop active plant extracts.

First, a list of non-endangered plants used in traditional Provençal medicine for cutaneous purposes has been established, based on ethnobotanical surveys carried out in Provence [1,2]. Then, these plants have been harvested and subjected to eco-extraction using 'green solvents' such as water and ethanol, and fractionated using different organic solvents. The extracts and fractions obtained were analyzed using liquid chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry (HPLC-MS/MS), enabling the characterization of their chemical composition using a molecular network approach, allowing structural dereplication and facilitating the annotation [3]. Extracts and fractions have undergone a pharmacological screening to evaluate their therapeutic potential in accordance to their traditional uses for skin disorders. Among the various therapeutic properties described for these plants (antioxidant, anti-inflammatory, wound healing and antimicrobial properties), a strong anti-microbial activity is frequently reported. Therefore, the antimicrobial activities have been investigated.

Agar disk-diffusion method was first used to détecter whether or not the plant extracts and fractions could inhibit the growth of selected bacterial and fungal strains, namely *Acinetobacter baumannii* (ATCC 13932), *Candida albicans* (ATCC 10231), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213 and ATCC T237-1), and *Staphylococcus epidermidis* (ATCC 12228) [4]. Samples showing an inhibition zone equal to or greater than 10 mm underwent further investigation about their potential antimicrobial activity. Their Minimum Inhibitory Concentration (MIC) using a wide range of concentration of tested samples: 1 mg/mL to 31,25  g/mL. In addition, the cytotoxicity of the samples was investigated to ensure that active samples could be used safely on human cells, using an *in vitro* culture of human keratinocytes and a vital red dye [5].

The results of anti-microbial screening are integrated into the molecular network, obtained with metabolomic data acquired by UHPLC-MS/MS. Thus, compounds from active fractions or extracts are highlighted as potentially responsible for the bioactivity. This approach allows priority identification and structure description of bioactive compounds, in combination with computational *in silico* tools and manual annotation.

Acknowledgments

This work is funded by a grant "Emploi Jeune Doctorant 2022-2025" from the Sud-PACA Region, in partnership with IES Labo and the Natural Regional Park of Luberon.

References

- [1] *Les cueillettes de confiance*. M. Amir (Ed.), Mane, Les Alpes de Lumière, 1998.
- [2] *Badasson & Cie : tradition médicinale et autres usages des plantes en Haute-Provence*. P. Lieutaghi (Ed.), Arles, Actes Sud, 2009.
- [3] Y. Zhao, O. Gericke, T. Li, L. Kjaerulff, K.T. Kongstad, A.M. Heskes, B.L. Møller, F. S. Jørgensen, H. Venter, S. Coriani, S. J. Semple, D. Staerk, *Analytical Chemistry*, 95(9) (2023), 4381-4389. [4] M. Othman, H. San Loh, C. Wiart, T.J. Khoo, K.H. Lim, K.N. Ting, *Journal of Microbiological Methods*, 84(2) (2011), 161-166.
- [5] R.D. Magnini, M. Nitiéma, G. G. Ouédraogo, S. Ilboudo, A. Bancé, H. Millogo-Koné, C. DiGiorgio, J.M. Pagès, A. Hilou, A. Davin-Regli, *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1) (2021), 178.

IMPACT DE RUGULOPTERYX OKAMURAE SUR LES COMMUNUTES BENTHIQUES DANS LE PARC NATIONAL DES CALANQUES

#oral

Borriglione Marie ^{1*}, Sandrine Ruitton ¹, Florian Boyer ¹, Aurélie Blanfuné ¹, Delphine Thibault ¹, Dorian Guillemain ², Marc Verlaque¹, Charles-François Boudouresque¹, Thierry Thibaut ¹

¹MIO, Aix Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, UM 110, Marseille, France

² Institut Pythéas : Observatoire des Sciences de l'Univers, France

*marie.borriglione@univ-amu.fr

Au fil des siècles, la mer Méditerranée a été fortement touchée par les invasions biologiques, avec plus de 1 000 espèces non indigènes. Les espèces invasives sont reconnues comme des contributeurs majeurs à la perte de biodiversité mondiale, ce qui peut réduire la résilience des écosystèmes, entraînant des dommages irréversibles aux écosystèmes et des altérations profondes sur le fonctionnement des communautés natives [1]. Au début des années 2000, l'algue brune *Rugulopteryx okamurae*, originaire du nord-ouest de l'océan Pacifique, a été introduite à l'étang de Thau (Occitanie, France) probablement due à l'importation de l'huître japonaise *Magallana gigas* destinée à l'ostréiculture [2]. Actuellement, cette espèce a étendu sa colonisation à de vastes zones, englobant le golfe du Lion, les régions méridionales de l'Espagne de part et d'autre du détroit de Gibraltar [3], ainsi que divers endroits le long de l'océan Atlantique, tels que les côtes du Portugal, de Madère [4] et des Açores [5]. Depuis 2016, cette espèce a proliféré, recouvrant jusqu'à 100% des habitats rocheux de 5 à 15 m de profondeur le long des côtes de Marseille (Provence, France) et devenant l'algue dominante [6]. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'impact de *R. okamurae* sur la flore et la faune en comparant les communautés benthiques des sites envahis et non envahis par l'algue. Nous avons mis en place des prélèvements saisonniers à deux sites dans le parc national des Calanques. Les résultats ont montré un changement dans les communautés, avec une diminution significative de la diversité des espèces et une homogénéisation des populations d'algues et d'invertébrés dans les sites envahis. *R. okamurae* peut être qualifiée d'espèce transformante, puisqu'elle a totalement modifié l'habitat dans lequel elle a été introduite. Actuellement, aucun impact sur la structure fonctionnelle de la communauté algale n'a été observé. Ceci est probablement dû au fait que la zone d'étude, bien que située dans le parc national des Calanques, est fortement dégradée en raison d'un surpâturage intense par des poissons herbivores tels que *Sarpa salpa* et des oursins. Néanmoins, l'impact de *R. okamurae* sur le fonctionnement des écosystèmes benthiques ne peut être exclu. Il convient de noter que *R. okamurae* est une espèce d'affinité d'eau froide, pourtant depuis son introduction dans le golfe du Lion, elle a montré une résistance aux successives vagues de chaleur marines, ce qui lui a permis de continuer à se répandre et à dominer les communautés algales sans être affectée.

Remerciements

Ce projet a été mené lors d'études de terrain en collaboration avec des installations marines utilisant des navires de surface, ainsi qu'avec le soutien des équipes de l'Institut Pythéas de l'OSU et de l'Institut National des Sciences de l'Univers. Les auteurs tiennent à remercier les équipes du parc national des Calanques pour leur partenariat. Nous tenons à remercier également la Région Sud ainsi que le parc national de Port-Cros pour leur soutien financier dans le cadre de cette étude.

Références

- [1] S.L. Maxwell, R.A. Fuller, T.M. Brooks, J.E.M. Watson, *Nature*, 536 (2016)143-145.
- [2] M. Verlaque, F. Steen, O. De Clerck, *Phycologia*, 48 (2009) 536-542.

- [3] J. C. García-Gómez, J. Sempere Valverde, E. Ostalé Valriberas, M. Martínez, L. Olaya Ponzzone, A. Roi González, F. Espinosa Torre, J.E. Sánchez Moyano, C. Megina Martínez, J. A. Parada, *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltareños*, 49 (2018) 97-113.
- [4] A. Bernal Ibáñez, S. Chebaane, J. Sempere Valverde, J. Faria, P. Ramalhosa, M. Kaufmann, M. Florido, A. Albert-Fonseca, J. Canning-Clode, I. Gestoso, E. Cacabelos, *BioInvasions Records*, 11 (2022) 912-924.
- [5] J. Faria, A. C. L. Prestes, I. Moreu, G. M. Martins, A. I. Neto, E. Cacabelos, *Botanica Marina*, 65 (2022) 45–50.
- [6] S. Ruitton, A. Blanfuné, C.F. Boudouresque, D. Guillemain, V. Michotey, S. Roblet, D. Thibault, T. Thibaut, M. Verlaque, *Water*, 13 (2021) 2306.

CARACTERISATION ORGANIQUE DES FUMÉES EMISES PAR DES MATERIAUX ROUTIERS INCORPORANT DES AGREGATS D'ENROBES RECYCLES	#oral
---	-------

Maria Bou Saad^{1*}, Henri Wortham¹, Pierre Doumenq¹

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

*maria.bou-saad@univ-amu.fr

En France, la Convention d'Engagement Volontaire (2009) et la loi de transition énergétique (2015) visent respectivement à maximiser le taux de recyclage des agrégats d'enrobés (AE) bitumineux pour transformer un déchet en matière première et favoriser l'économie circulaire. Les matériaux AE issus du fraisage ou de la démolition des routes recèlent un potentiel de propriétés techniques qu'il est fondamental de valoriser. Face à cet enjeu majeur, des travaux, notamment épidémiologiques, suggèrent la toxicité/génotoxicité des fumées émises par les liants routiers « vierges » lors de leur mise en œuvre.

Cependant très peu, voire pas de données existent au niveau des émissions des AE lors de leur recyclage. Des données existent sur les risques encourus par les travailleurs exposés aux fumées générées durant les phases de fabrication et de mise en œuvre à chaud de ces produits [1,2] mais ces recherches se sont principalement focalisées sur l'identification et la quantification des 16 HAP prioritaires priorisés par l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency) [3].

Toutefois, des recherches plus récentes menées par l'ANSES [4] ont montré qu'il existe de nouvelles classes de composés organiques aromatiques dans les fumées de bitume et de bitume/goudron ou dans les lixiviats issus des AE comme les dérivés de HAP N-, S- O- et Me nommés ci-après HAP+ [5].

Le Benzo(a)pyrène (B(a)P), un marqueur toxique couramment utilisé, est détecté dans les fumées à des niveaux très faibles, remettant en question sa pertinence en tant que traceur de toxicité. En effet, le choix du B(a)P pour estimer l'exposition aux espèces cancérigènes présents dans les mélanges bitumineux, peut-être remis en cause s'il est peu abondant et si d'autres substances aux effets cancérigènes plus marqués sont présentes à des concentrations plus élevées.

C'est dans ce contexte que s'inscrivent les objectifs de ma thèse, qui consistent à étudier et analyser les différentes familles des dérivés de HAP et mettre en relation la composition étendue (HAP+) des AE issus d'anciennes chaussées incorporant potentiellement des résidus de goudrons avec la composition et la génotoxicité des fumées émises lors du recyclage.

Afin de répondre à cette exigence, diverses méthodologies analytiques ont été élaborées en mode hors ligne, exploitant une gamme d'instruments spécialisés. La GC/MS/MS QQQ (Gas Chromatography– tandem Mass Spectrometry (Triple Quadrupole)) a été utilisée pour caractériser les composés soufrés et méthylés, tandis que la LC/MS/MS OrbiTrap (APCI) (Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry) a été privilégiée pour l'analyse des composés nitrés et oxygénés, ainsi que pour les analyses ciblées et non ciblées.

En parallèle, une méthodologie analytique innovante basée sur un spectromètre de masse de mesure en temps réel et en continu (CHARON-PTR-ToF-MS) est en cours de développement afin de permettre l'analyse simultanée des espèces semi-volatiles dans les phases gazeuse et particulaire des fumées.

Les méthodes d'analyse développées seront appliquées pour étudier la composition chimique des fumées d'enrobés dans des conditions de laboratoire simulant les conditions routières. Les enrobés bitumineux étudiés seront formulés en tenant compte de paramètres influents tels que la température et la teneur en AE recyclé, conformément aux normes du réseau routier français. Les résultats seront présentés sous forme de facteur d'émission. De plus, ces méthodes seront testées sur au moins un chantier routier réel, permettant de suivre la dynamique des émissions pendant le travail sur le chantier.

Remerciements

La région PACA et la société C2S soutiennent financièrement la thèse, tandis que l'ADEME finance la partie expérimentale.

Références

- [1] S. Binet, A. Pfohl-Leszkowicz, H. Brandt, M. Lafontaine, M. Castegnaro, *Sciences of the Total Environment*, 37-49(2002)300.
- [2] A. Jullien, P. Monéron, G. Quaranta, D. Gaillard, *Resources Conservation and Recycling*, 356-374(2006)47.
- [3] S. Pouget, P. Marsac, A. Pedraza, C. Sauzéat, H. Di Benedetto, V. Gaudefroy, L. Boulangé, A. Pévère and V. Mouillet, *Road Materials and Pavement Design*, 388-409(2023)24.
- [4] V. Gaudefroy, C-K. Huynh, G. Plateel, N. Hopf, J. Hechon, A. Pevère, V. Mouillet, I. Louvet, J. Hermez, M. Millet, *Projet de Recherche ANSES, Produits routiers bitumineux : vers une nouvelle méthodologie d'évaluation des matériaux et de leurs émissions*, 2014-CRD-03.
- [5] A. Lin, A. Timshina, J. Magnuson, J. Bowden, T. Townsend, *Chemosphere*, 333 (2023) 138937.

ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE POPULATIONS HYBRIDÉES AU SEIN DU COMPLEXE D'ESPÈCES DES SAPINS EURO-MÉDITERRANÉENS	#oral
---	-------

Alice Copie^{1*}, Caroline Scotti-Saintagne¹, Nicolas Martin-StPaul¹, François Lefèvre¹, Ivan Scotti¹

(1) *Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes, URFM-INRAE, 228 route de l'Aérodrome – CS 40509, Domaine Saint Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France*

*alice.copie@inrae.fr

Les sécheresses et les vagues de chaleur causent des dépérissements massifs dans les forêts. Leur intensification est une source d'inquiétude et d'incertitude pour les gestionnaires forestiers [1]. Le sapin pectiné (*Abies alba*) occupe une place importante dans les forêts françaises mais cette espèce est particulièrement vulnérable aux changements globaux : déficits hydriques annuels accrus, propagation de pathogènes (scolytes, tordeuses, fomes), déséquilibre sylvo-cynégétique, pollution atmosphérique (SO₂) [2].

L'enrichissement des peuplements existants avec des sapins méditerranéens plus résistants à la sécheresse est une stratégie possible pour préserver les sapinières. Ces pratiques soulèvent néanmoins des questionnements sur l'évolution des peuplements car tous les sapins euro-méditerranéens s'hybrident naturellement très facilement entre eux [3].

Le premier objectif de cette thèse est de caractériser la résistance à la sécheresse des différentes espèces de sapins méditerranéens ainsi que de leur descendance hybride, grâce à des mesures de traits écophysiologiques et de dendrochronologie intégrées dans le modèle écophysiologique SurEau [4].

Le second objectif est de transférer la variabilité des réponses fonctionnelles à la sécheresse issues de l'approche écophysiologique vers le modèle démo-génétique Luberon2 pour ensuite évaluer les effets combinés de la sylviculture et de l'hybridation sur l'évolution des performances du peuplement sur quelques générations.

Remerciements

Ces travaux sont financés par le métaprogramme CLIMAE de l'INRAE, la région Sud-PACA ainsi que l'Office National des Forêts.

Merci à Caroline Scotti-Saintagne, Nicolas Martin-StPaul, François Lefèvre et Ivan Scotti pour leur soutien, leurs conseils avisés et leur très grande disponibilité depuis le début de ma thèse. Merci à Florence Jean, Nicolas Mariotte, William Brunetto et Damien Gounelle pour leur aide sur le terrain.

Références

- [1] C. D. Allen, A. K. Macalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. McDowell, M. Venetier, T. Kitzberger, A. Rigling, D. D. Breshears, E. T. Hogg, P. Gonzalez, R. Fensham, Z. Zhang, J. Castro, N. Demidova, J.-H. Lim, G. Allard, S. W. Running, A. Semerci and N. Cobb. *Forest Ecology and Management*, 259(4) (2010) 660-684.

[2] A. Mauri, D. de Rigo and G. Caudullo. *European Atlas of Forest Tree Species*, (2016) 48-49.

[3] F. Balao, M. T. Lorenzo, J. M. Sánchez-Robles, O. Paun, J. L. García-Castano and A. Terrab. *Annals of Botany*, 125(3) (2020) 495-507.

[4] J. Ruffault, F. Pimont, H. Cochard, J.-L. Dupuy and N. Martin-StPaul. *Geoscientific Model Development*, (2022).

EXPLORING THE CONDITIONS OF FORMATION OF IMPACT GLASSES AND TEKTITES

#Oral

Anna Musolino ^{1*}, Bertrand Devouard ¹, Pierre Rochette ¹

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

*musolino@cerege.fr

Impact glasses and tektites are glassy rocks originating from high-energy impacts of extraterrestrial bodies on the Earth's surface. Impacts are natural processes that generate extreme conditions at the terrestrial surface: a huge amount of energy is released in a very short period of time (seconds), causing temperatures and pressures >1700 °C and >10 GPa, respectively [1]. When rocks are exposed to such extreme conditions, some of them can melt and be ejected away from the crater, quench at the contact with the atmosphere and form glass. 'Impact glasses' are the glasses falling in the proximity of the source crater, instead 'tektites' can be found at larger distances (even thousands of km away) [1]. The identification of these impact-related siliceous glass objects can be complicated considering the existence of many other glasses produced on the Earth's surface, magmatic or not [2,3]. However, evidence of their origin can be recorded in the glass, for example, for the presence of elemental traces left by the impactor (i.e., the meteorite) [4], or of geothermobarometers, i.e. minerals stable only in certain P-T conditions (e.g., lechatelierite [high-temperature amorphous SiO₂], coesite [high-pressure SiO₂], and others).

My work aims to shed light on the use of a geothermobarometer commonly used to recognize impact glass: decomposed zircon. When exposed to high-temperature conditions (~1670°C), zircon crystals (ZrSiO₄) decompose according to the reaction: ZrSiO₄ → ZrO₂+SiO₂ [5,6]. Through high-temperature experiments, we show that the decomposition of zircons can occur in natural systems at lower temperatures than the ones predicted by models. At T=900-1000°C (P=1 bar, exposed to air), in the presence of Ca-sulfates and NaCl-rich soil called 'caliche' (from the Atacama Desert, chosen for its relation with one of the most recent debated case, that of Pica glass – [7,8,9,10]), zircons decomposed forming the typical bright rims. Using FEG-SEM-EDS, Raman spectroscopy, and TEM (on thin foils prepared using FIB), however, we show that the Zr-rich rim mineralogy in our experiments differs from previous petrographic descriptions, with assemblages of baddeleyite, baddeleyite + CaZrO₃, or only CaZrO₃.

In conclusion, we demonstrate that decomposed zircons could also result from lower temperature processes than impacts (or airbursts) and should be used more carefully in assessing the origin of glasses. Also, we suggest that a more detailed mineralogical characterization of decomposed zircons (rarely done after their detection) is needed to correctly assess the formation conditions of samples containing such rims.

Acknowledgements

This work was supported by ANR ET-Megafire contract.

References

- [1] B.O. Dressler, W.U. Reimold, *Earth Sci. Rev.*, 56 (2001) 205–284
- [2] B.P. Glass, *International Journal of Applied Glass Science*, 7(4) (2016) 435-445
- [3] M.R. Cicconi, et al., *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 87(1) (2022) 965-1014
- [4] L. Folco, et al., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 222 (2018) 550-568
- [5] A. Kaiser, et al., *Journal of the European Ceramic Society*, 28 (2008) 2199-2211
- [6] N.E. Timms, et al., *Earth-Science Reviews*, 165 (2017) 185-202
- [7] P. Roperch, et al., *Earth and Planetary Science Letters*, 469 (2017) 15-26

[8] P. Roperch, et al., COMMENT. *Geology*, 50.5 (2022) e550

[9] P.H. Schultz, et al., *Geology*, 50.2 (2022) 205-209

[10] P.H. Schultz, et al., REPLY. *Geology*, 50 (2022) e551

**MICROPLASTICS' OCCURENDCCE IN VIETNAMESE RED RIVER
SURFACE WATER AND SEDIMENTS:
CHARACTERISTICS AND SEASONALITY**

#Oral

Thi Thao NGUYEN ^{1*}, Van Hoi BUI ², Stéphanie LEBARILLIER ¹, Pascal WONG WAH CHUNG ¹, Vincent FAUVELLE ³, Laure MALLERET ¹.

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

(2) *Department of Water-Environment-Oceanography, University of Science and Technology of Hanoi (USTH), Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi 100000, Vietnam*

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

*thi-thao.NGUYEN@univ-amu.fr

Microplastics (MPs), defined as plastic particles with a size smaller than 5 mm [1], are prevalent across marine, freshwater, terrestrial, and atmospheric environments [2-3]. Due to their widespread distribution and persistent nature, MPs have emerged as significant environmental contaminants. Whenever entering a marine organism, microplastics can induce various damages, such as obstruction of the digestion tract and other internal injuries leading to starvation and the death of these animals [4-5].

On a global scale, Vietnam ranks as the 4th largest emitter of plastic to the world's ocean with 1.83 million metric tons (MMT) in 2010 and an estimated 4.17 MMT in 2025 [6]. The Red River, the largest river in Northern Vietnam [7], is particularly sensitive to a range of problems associated with microplastics from inputs such as sewage treatment plants, agricultural practices, and related human activities.

This study aimed to investigate the abundance of microplastics in surficial water and sediment of the Red River. For this purpose, samples from 21 sites along the Red River (from Hanoi capital to Ba Lat estuary) and its distributaries were collected in two seasons, in March 2023 (dry season) and September 2023 (rainy season) by Plankton net for waters with the rotor constant is 26,873 in 4 mins and with grab sampler for sediment. The analytical procedure involved three main steps: digestion by hydrogen peroxide 20% (v/v), flotation by potassium carbonate, and filtration. The filters were analyzed by microscope 50x (Nikon SMZ645) to depict the shapes and colors and by the μ -FTIR (PerkinElmer Spotlight 400) to determine the abundances and the types of polymers.

The results showed that the range concentration of microplastics over the entire river was 10 - 203 items/m³ in surface water and ranged 653 - 8069 and 990 - 21610 items/kg dried weight in sediment (rainy and dry season, respectively). MPs were classified into two main shape groups i.e. fiber or fragment, of which fibers were predominant, representing 82% and 75.5% in water and sediment, respectively. The main colors identified were white/transparent, black, blue, and red. The μ -FTIR analyses revealed that polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polyethylene terephthalate (PET) were the major polymers, accounting for a total of 72.2% and 68.6% in water and sediment, respectively.

Acknowledgments

We extend our sincere gratitude to l'Institut des Sciences de l'Océan (OCEAN) and l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) for granting the PhD thesis of Thi Thao NGUYEN. We would like to express our special thanks to Dr. Duong Thi Thuy (Institute of Science and Technology for Energy and Environment, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam) for their assistance in sampling water with Plankton net and Dr. Frédéric GUITER (Institute Mediterranean Biodiversity Et D'ecologie, Website Arbois) for the Microscope.

References

- [1] J. P. G. L. Frias and R. Nash, "Microplastics: Finding a consensus on the definition," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 138, no. September 2018, pp. 145–147, 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.022.
- [2] A. L. Andrady, "Microplastics in the marine environment," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 62, no. 8, pp. 1596–1605, 2011, doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.
- [3] M. Cole, P. Lindeque, C. Halsband, and T. S. Galloway, "Microplastics as contaminants in the marine environment: A review," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 62, no. 12, pp. 2588–2597, 2011,

doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025.

- [4] E. A. Wicaksono, S. Werorilangi, T. S. Galloway, and A. Tahir, "Distribution and seasonal variation of microplastics in tallo river, Makassar, eastern Indonesia," *Toxics*, vol. 9, no. 6, pp. 1–13, 2021, doi: 10.3390/toxics9060129.
- [5] M. Sambandam et al., "Occurrence, characterization, and source delineation of microplastics in the coastal waters and shelf sediments of the central east coast of India, Bay of Bengal," *Chemosphere*, vol. 303, no. P2, p. 135135, 2022, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.135135.
- [6] J. R. Jambeck et al., "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science (80-.)*, vol. 347, no. 6223, pp. 768–771, 2015, doi: 10.1126/science.1260352.
- [7] MONRE (Vietnam Ministry of Natural Resource and Environment), 2019. Report on "National Environment Statement in 2018". Publisher Natural Resources – environment and Vietnam Map, ISBN: 978-604-952-409-7. (in Vietnamese)

LE MODELE USEtox D'EVALUATION DE L'ECOTOXICITE TERRESTRE DES ELEMENTS TRACES EST-IL ADAPTE AU RECYCLAGE AGRICOLE DES PRODUITS RESIDUAIRES ORGANIQUES ?

#oral

Emma Clément ^{1*}, Matthieu N. Bravin ², Angel Avadi ^{2,3}, Emmanuel Doelsch ²

(1) Ademe, 20 avenue du Grésillé, BP-90406 Angers cedex 01, France

(2) Cirad, UPR Recyclage et Risque, F-34398 Montpellier, France

(3) ESA/INP-HB, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

*emma.clement@cirad.fr

Le recyclage agricole des produits résiduels organiques (Pro) est un levier agronomique important pour favoriser la transition (agro-)écologique de nos sociétés à travers la substitution des engrais de synthèse et l'amélioration de la gestion des déchets [1]. Cette pratique occasionne cependant une contamination chronique des sols agricoles, notamment à travers l'apport d'éléments traces (ET) qui sont suspectés d'avoir des impacts toxicologiques et écotoxicologiques majeurs [2]. Ces impacts négatifs sont susceptibles de remettre en question la durabilité à long terme du recyclage agricole des Pro. Pour estimer l'impact des ET en termes d'écotoxicité terrestre, une méthode a été proposée dans le modèle USEtox [3]. Ce modèle calcule un indicateur de potentiel de toxicité (CTP), qui est déterminé à partir de quatre facteurs de caractérisation : les facteurs de devenir, de disponibilité, de biodisponibilité et de toxicité pour les organismes du sol. Ces facteurs sont calculés à l'aide de fonctions de pédo-transfert utilisant les propriétés physico-chimiques des sols. Au-delà de l'intérêt théorique de ce modèle, sa pertinence dans le contexte du recyclage agricole des Pro reste à être évaluée [4].

Une évaluation empirique de ce modèle a été menée pour vérifier son aptitude à estimer l'impact écotoxicologique du cuivre (Cu) et du zinc (Zn) dans un sol agricole amendé avec des Pro. Une incubation de 26 jours d'un sol avec ou sans Pro a été réalisée dans des conditions contrôlées de laboratoire imitant une application sur le terrain. Deux types de Pro ont été appliqués : lisier de porc ou fiente de poulet de chair et montrant des gammes distinctes de concentrations en Cu et de Zn. Les propriétés initiales du sol (argile, matière organique du sol, pH et oxydes d'Aluminium et de Fer) ont été analysées pour informer le modèle. La disponibilité de Cu et Zn dans le sol et la solution du sol, a également été mesurée à la fin de l'expérience d'incubation dans chaque mélange sol-Pro.

Les CTP déterminés expérimentalement diffèrent de près d'une unité logarithmique des CTP estimés par le modèle pour Cu et 0.2 unité logarithmique pour Zn. La gamme de valeur des CTP mesurée après l'application de Pro sur un sol dans notre expérience est comparable à celle observée précédemment pour les sols du monde entier [3]. Suite à ce constat, nous avons recherché les facteurs qui expliquaient les différences observées entre mesure et modélisation. Nous montrons que la surestimation de la concentration en matière organique dissoute (MOD) dans la solution du sol et l'absence de prise en compte des propriétés de liaison de cette MOD expliquent les disparités décrites précédemment pour Cu. Pour Zn, c'est la non prise en compte de l'évolution du pH du sol suite à l'apport de Pro qui est responsable des différences observées entre CTP modélisé ou CTP déterminé expérimentalement.

Nos résultats confirment donc la nécessité d'améliorer le modèle pour l'appliquer au recyclage agricole des Pro. Pour cela, les prochaines perspectives sont, la production expérimentale d'un jeu de données comprenant plusieurs sols agricoles mondiaux et divers apports de Pro. Et dans un second temps, une évaluation des différences de disponibilité des ET entre des sols historiquement amendés de Pro et des sols n'ayant reçu qu'une fertilisation minérale, ceci afin d'apporter une dimension de temps à la méthode.

Références

[1] Avadí A, *Int J Life Cycle Assess*, 25 (2020) 698–718

[2] Leclerc A et Laurent A, *Science of the Total Environment* 590-591 (2017) 452-460

[3] Owsianiak M, Rosenbaum RK, Huijbregts MAJ, Hauschild MZ, *Environ Sci Technol*, 47 (2013) 3241-3250

[4] Avadí A, Benoit P, Bravin MN, Cournoyer B, Feder F, Galia W, Garnier P, Haudin CS, Legros S, Mamy L, Nazaret S, Patureau D, Pot V, Vieublé Gonod L, Wassenaar T, Doelsch E, *Advances in Agronomy*, 174 (2022) 53-188

OPÉRATIONNALISER UN "PETIT CYCLE DES SOLS" À L'ÉCHELLE D'UN BASSIN VERSANT EN MUTATION : UNE RECHERCHE-ACTION POUR PRENDRE SOIN DU FLEUVE CARAVELLES-AYGALADES

#oral

Hugo Maurer^{1*}, Thierry Tatoni², Jérôme Dubois³

(1) IMBE, Aix-Marseille Université (2) CNRS, IMBE, Aix-Marseille Université (3) LIEU, IAUR, Aix-Marseille-Université

hmaurer@neo-eco.fr

Territoire méditerranéen par excellence, la rade de Marseille centralise de nombreux enjeux liés à la transition environnementale et sociétale. La proximité directe de grands centres urbains, de sites industriels, certes pourvoyeurs d'emplois, mais aussi émetteurs de polluants, et de parcs naturels protégés, en font un territoire particulièrement concerné par les conflits d'usages dès lors qu'un projet de renouvellement urbain est évoqué [1]. Cette tension grandissante entre la finitude écologique de la Terre et un système productif construit sur l'idée d'abondance nous pousse à réinterroger nos sociétés, et la manière dont elles régulent leurs relations à l'environnement [2]. La tâche du scientifique dans ce processus de questionnement est essentielle, notamment pour accompagner les processus de décision complexes qui en découlent et construire les chambres de résonances permettant d'ouvrir une discussion entre le politique, le social et l'environnement [3].

Pour dépasser ces paradoxes, il existe un effort collectif (mais pas encore coordonné) de la part des institutions locales pour renforcer les connaissances et les innovations organisationnelles et techniques, sur le sujet spécifique des sols et du végétal en milieu urbain. Afin de développer des outils accessibles et adaptés aux usages des institutions, un processus de recherche-action a été déployé avec un collectif de chercheurs interdisciplinaire pour activer une économie circulaire des terres, avec une approche holistique et multi échelles appelée « petit cycle des sols » sur le territoire marseillais. Sa portée opérationnelle tient au fait que les résultats alimenteront les arènes où s'élaborent les décisions des aménageurs portant des projets de réhabilitation écologique.

Cette recherche se concentre sur le socio-écosystème du bassin-versant des Aygaldes, dont les caractéristiques vont fortement évoluer avec l'aménagement du Parc des Aygaldes, une opération de développement d'un parc urbain de 19 ha incluant la renaturation du ruisseau des Aygaldes et la production de biomasses (végétation urbaine et agriculture urbaine), sur une friche industrielle (ancien faisceau ferré de la SNCF). Par son statut d'opération d'intérêt national [4], l'engagement de l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée (EPAEM) dans le projet a permis de mobiliser le comité technique du laboratoire collectif d'innovation urbaine regroupant l'EPAEM, l'État, la région Sud, le département des Bouches-du-Rhône, la Métropole Aix Marseille Provence et la ville de Marseille. Le développement local d'un « petit cycle des sols » est apparu comme un des enjeux principaux d'innovation à porter en commun par ces acteurs avec de nombreux sites présentant un enjeu de renaturation, et plus globalement d'aménagement durable.

Par la caractérisation, la formulation et la mise en œuvre des sols recomposés, l'objectif pour les institutions mobilisées dans cette recherche-action est donc de réinjecter les matières usagées du territoire dans la chaîne de valeur : les déchets deviennent des ressources, pour un usage ciblé. Il s'agit donc d'optimiser le métabolisme urbain, par la mise en place de synergies concrètes [5]. Le déploiement de ce type de synergies implique de nouveaux modèles organisationnels entre les porteurs de projet ainsi que des solutions opérationnelles pour maîtriser la gestion des risques et l'équilibre des budgets. La traçabilité des matériaux, la traduction des performances en bénéfices et la coordination des opérations deviennent donc des variables essentielles pour la réussite d'une synergie.

Les résultats à ce stade permettent de dessiner les grandes tendances en matière de métabolisme urbain des sols sur l'emprise de l'OIN, de mettre en avant comment les filières peuvent se structurer pour répondre à ce nouveau type de demandes des aménageurs, de poser les bases d'une gouvernance locale du « petit cycle des sols » et de revenir sur la structuration de la recherche-action, qui vise à monter un Living Lab d'ici la fin de l'année 2024.

Ainsi, cette recherche montre comment développer une méthode scientifique pour faire rentrer en synergie les donneurs d'ordre d'un territoire, ayant des projets de requalification de friches, de réhabilitation écologique et plus globalement de renouvellement urbain. En s'appuyant sur le cadre de référence du métabolisme territorial [6] et de l'écologie globale [7], la méthode permettra de relier qualité, fonctions et usages des sols pour produire des outils de pilotage capables de soutenir la capacité du territoire à « se réhabiliter en circuits-courts ». De fait, le caractère innovant de cette recherche réside principalement dans la manière de co-développer la méthode globale avec les donneurs d'ordre, pour produire les outils ergonomiques capables de construire les ponts conceptuels entre

la matière et le vivant [8]. L'objectif est à nouveau de répondre à des besoins d'un territoire, ce qui présuppose d'intégrer les utilisateurs finaux dans le processus de recherche et de développer les nouveaux récits permettant de mettre en mouvement les acteurs locaux sur des trajectoires de soutenabilité [9].

Références

- [1] Affre, L., Deschamps-Cottin, M., Montes, V., & Robles, C. 2021. Chapitre 5 : La biodiversité et les changements globaux. In Guiot, J., Mazurek, H., Curt, T., & Raimbault, P. (Eds.), *Marseille et l'environnement. Bilan, qualité et enjeux : Le développement durable d'une grande ville littorale face au changement climatique*. Aix-en-Provence : Presses universitaires de Provence.
- [2] Charbonnier, P. (2020). *Abondance et liberté: une histoire environnementale des idées politiques*. La Découverte.
- [3] Mathevet, R., & Bousquet, F. (2014). *Résilience et environnement: penser les changements socio-écologiques*. Buchet/Chastel.
- [4] Bertonecello, B., Dubois, J., & Dubois, J. (2010). *Marseille Euroméditerranée: accélérateur de métropole*. Marseille: Parenthèses.
- [5] Barles, S. (2017). *Écologie territoriale et métabolisme urbain: quelques enjeux de la transition socioécologique*. Revue d'Economie Regionale Urbaine, (5), 819-836.
- [6] Tatoni, T., Cramer, W., Piégay, H., & Galop, D. (2013). *Pour une écologie globale*.
- [7] Martial Viallex. (2021) *Les études de métabolisme territorial - État des lieux et perspectives*. Institut Paris Région.
- [8] Perrotti, D., & Stremke, S. (2020). Can urban metabolism models advance green infrastructure planning? Insights from ecosystem services research. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(4), 678-694.
- [9] Mazé, C. (2020). *Le concept de transformation vers la soutenabilité: de la science à l'(in) action publique. Le cas brûlant de la gouvernance des socio-écosystèmes marins et côtiers dans le climat du XXIe siècle* (conférence et soutenance HDR, La Rochelle Université).

CARACTERISATION DE LA DYNAMIQUE DE FRACTIONNEMENT SOLIDE/LIQUIDE DE RADIONUCLÉIDES EN RIVIERE : APPLICATION AUX MODELES NUMERIQUES	#oral
---	-------

Léonore Flipo^{1*}, Frédéric Coppin², Laurent Garcia-Sanchez², Philippe Ciffroy³, Olivier Radakovitch¹

(1) IRSN, STAAR, LRTA, Cadarache, 13115 Saint paul lez Durance, France

(2) IRSN, SPDR, LT2S, Cadarache, 13115 Saint paul lez Durance, France

(3) EDF R&D, LNHE, 78400 Chatou, France

[*leonore.flipo@irsn.fr](mailto:leonore.flipo@irsn.fr)

Le transfert et le devenir des éléments radioactifs (radionucléides) rejetés dans les fleuves par les installations nucléaires sont conditionnés par leur répartition entre les phases dissoute et particulaire. Dans les modèles utilisés pour l'évaluation du transfert en rivière, ce fractionnement solide/liquide est couramment défini par un coefficient empirique appelé Kd qui est le rapport entre les concentrations de l'élément dans les particules et dans l'eau lorsque l'équilibre est atteint [1]. Les radionucléides sont retenus par les particules ou libérés dans l'eau principalement par des phénomènes d'adsorption et de désorption ; et l'utilisation du Kd suppose donc que ces phénomènes sont à l'équilibre, instantanés et réversibles. Cependant, ces hypothèses sont très rarement vérifiées [2]. Si l'adsorption sur les particules est en réalité plus lente, la fraction dissoute peut être sous-estimée par le modèle à certains moments, or c'est elle qui peut avoir le plus d'effet sur des organismes biologiques. Ainsi, l'objectif de la thèse est d'évaluer si et dans quel(s) cas des modèles de transfert en rivière intégrant une ou plusieurs cinétiques pour décrire ce fractionnement [3] permettent des estimations plus fines et plus réalistes qu'une approche à l'équilibre [4].

Pour ce faire, des cinétiques d'adsorption et de désorption de radionucléides sur des matières en suspension naturelles de rivières ont été suivies en laboratoire pour cinq échantillons différents prélevés le long du bassin versant le plus nucléarisé de France (Rhône). Les radionucléides d'intérêt sont ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ⁵⁴Mn et ^{110m}Ag car ils sont présents dans différents types de rejets dissous autorisés des installations nucléaires.

L'échange de ces radionucléides entre phases solide et liquide a été suivi pendant 2 mois et a montré une cinétique d'adsorption qui se stabilise seulement après plusieurs jours et jusqu'à 2 semaines selon l'élément. Des dilutions de la suspension contaminée dans de l'eau propre ont été réalisées après 1, 3, 10, 21 ou 31 jours d'adsorption préalable pour simuler un changement de conditions environnementales telle une arrivée d'eau non contaminée depuis un affluent. Après la dilution, l'adsorption est de nouveau dominante pour les quatre radionucléides, indiquant que l'équilibre n'était pas atteint, et ce même après 31 jours. Ces données ont été ensuite utilisées pour ajuster les paramètres d'un modèle Kd et de modèles impliquant une ou plusieurs cinétiques de fractionnement. Contrairement au Kd qui est une constante, les modèles cinétiques ont été capables de prédire une modification du rapport d'activités solide/liquide avec le temps et lors d'un changement de conditions environnementales. Les différentes approches de modélisation ont été intégrées dans des modèles de transfert globaux développés par l'IRSN et EDF. Les paramètres ajustés grâce aux données expérimentales ont permis de débiter la réalisation de scénarios tests à l'échelle de la rivière en utilisant ces différentes approches. Ils permettront de comparer les résultats obtenus selon différents régimes hydrologiques ou conditions de rejets.

Références

- [1] L. Zhou, F. Wu, Y. Meng, P. Byrne, M. Ghomshei, and K. C. Abbaspour, *Sci. Total Environ*, 878 (2023) 163087.
- [2] W. Tomczak, P. Boyer, M. Krimissa, and O. Radakovitch, *Appl. Geochemistry*, 105 (2019) 68–77.
- [3] H. Chaif, A. Martin-Garin, S. Pierrisnard, D. Orjollet, V. Tormos, L. Garcia-Sanchez, *J. Environ. Radioact.*, 257 (2023) 107067.
- [4] P. Ciffroy, K. Beaugelin-Seiller, M. Luck, and F. Siclet, *Ecol. Modell.*, 206 3-4 (2007) 360-368

PSEUDOMONAS BRASSICACEARUM MINERAL WEATHERING ACTIVITY IS LINKED TO IRON HOMEOSTASIS AND CAN PARTICIPATE TO SOIL ORGANIS CARBON STABILIZATION	#oral
--	-------

Tom GIRARD^{1,2*}, Sylvain FOCESATO¹, Adrien DUVIVIER², Emmanuel DOELSCH³, Thierry HEULIN¹, Isabelle BASILE-DOELSCH², Wafa ACHOUAK¹

¹Aix-Marseille Université, CEA, CNRS, BIAM, LEMIRE, ITEM Saint Paul-Lez-Durance, France

²Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, ITEM, Aix-en-Provence, France

³CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-13545 Aix-en-Provence, France

*tom.girard@cea.fr

Interactions between organic matter and mineral surfaces have been proposed as a major driver of the soil organic carbon stabilization [1]. Recently, it has been shown that mineral weathering produces inorganic nanophases that can play a key role in stabilizing organic matter by [2,3]. The contribution of living organisms, including bacteria, to mineral weathering is now widely recognized [4]. However, we still do not fully understand the mechanisms driving bacterial weathering, particularly the genetic regulations governing the interaction [5].

We studied how the phyto-beneficial bacterial strain *Pseudomonas brassicacearum* NFM421 [6] interacted with biotite, a natural iron containing phyllosilicate. By constructing chromosomal mutants, we demonstrated that this bacterium increased biotite dissolution mainly through the production of two siderophores: pyoverdine and ornicorrugatine. Using molecular biology tools, we have also identified that the bacterial strains efficiently meet its iron requirements by weathering this mineral, leading to improved microbial growth. Another mechanism involving direct physical contact with the biotite allows the bacterium to get iron even if it cannot produce pyoverdine or ornicorrugatine. As the strain is weathering biotite for nutrients, it consequently releases structural ions (silicium, aluminium and iron not absorbed by bacteria). In soil solution, these elements could interact with surrounding organic metabolites to form carbon-stabilizing coprecipitates.

Understanding these mechanisms could lead to innovative agro-ecological techniques for increasing soil carbon storage and mitigating climate change.

Remerciements

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 (AMX-19-IET012).

Références

- [1] M. Kleber, I. C. Bourg, E. K. Coward, C. M. Hansel, S. B. Myneni, and N. Nunan, “Dynamic interactions at the mineral-organic matter interface,” *Nat Rev Earth Environ*, no. 2, pp. 402–421 (2021)
- [2] C. Rasmussen et al., “Beyond clay: towards an improved set of variables for predicting soil organic matter content,” *Biogeochemistry*, vol. 137, no. 3, pp. 297–306 (2018)
- [3] W. Z. Tamrat et al., “Soil organo-mineral associations formed by co-precipitation of Fe, Si and Al in presence of organic ligands,” *Geochim Cosmochim Acta*, vol. 260, pp. 15–28 (2019)
- [4] B. Wild, R. Gerrits, and S. Bonneville, “The contribution of living organisms to rock weathering in the critical zone,” *npj Materials Degradation*, vol. 6, no. 1. Nature Publishing Group (2022)
- [5] S. Uroz, L. Picard, and M. P. Turpault, “Recent progress in understanding the ecology and molecular genetics of soil mineral weathering bacteria,” *Trends Microbiol*, vol. 30, no. 9, pp. 882–897 (2022)
- [6] W. Achouak et al., “*Pseudomonas brassicacearum* sp. nov. and *Pseudomonas thivervalensis* sp. nov., two root-associated bacteria isolated from *Brassica napus* and *Arabidopsis thaliana*,” *Int J Syst Evol Microbiol*, vol. 50, no. 1, pp. 9–18 (2000)

CAESIUM-137 MODULE INTEGRATION IN A WATERSHED-SCALE HYDROSEDIMENTARY TRANSFER MODEL

#oral

François Guillory ^{1*}, Hugo Lepage ¹, Sabine Sauvage ², José-Miguel Sánchez ², Clément Fabre ², Patrick Boyer ¹

(1) *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSE-SRTE-LRTA, Cadarache, France*

(2) *Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE), Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, 31400 Toulouse, France*

*francois.guillory@gmail.com

Nuclear accidents and nuclear tests have released significant quantities of radionuclides into the environment. Among these radioactive elements, cesium-137 (¹³⁷Cs) is a major concern due to its persistence in the environment and the impact it can have on human health and living organisms [1,2].¹³⁷Cs spreads throughout all environmental compartments (atmosphere, hydrosphere, geosphere, and biosphere) and resides there for varying lengths of time: from several months in the air to decades in soils [2,3]. Because of its properties, ¹³⁷Cs will become a continuous source of pollution for terrestrial and aquatic environments. Tools are therefore used to model, quantify and anticipate the fate of this pollutant in the environment, but few of them use spatial information such as land use or soil properties. In this study we propose to use the Soil and Water Assessment Tool (SWAT), a semi-distributed model initially developed to quantify pesticide and nutrient transfers at catchment scale, to model the concentration of ¹³⁷Cs in a catchment affected by the fallouts. This model considers 3 types of geographical information (topography, land use and pedology) and 5 types of meteorological information (temperature, wind, humidity, precipitation and solar radiation). In addition, this model is modular and recent developments show that it could be relevant for modeling the fate of ¹³⁷Cs.

The model was set up on the Ardèche basin (France), which has been instrumented for several years with suspended matter measurements at the outlet (model output), and on which a soil sampling campaign was conducted in 2022 (one of the inputs). The first step was to calibrate the hydrology (daily flow and suspended matter concentrations). For hydrology, we have calibrated the model over the 1980-2000 period and validated it over 2000-2022. For the rest, we have cut the period over which we have data (2016-2022) in two. This calibration phase, based on real environmental parameters, is rather long and was carried out with the help of experts, literature, and meteorological observations. A preliminary simulation of ¹³⁷Cs concentrations was carried out using a source term based on the soil sampling campaign and dependent on land use (forests, cultivated soils and natural soils), hydrological modeling (water flow and suspended sediments, including their granulometry), and a ¹³⁷Cs transfer equation considering particle diameter and available reactive exchange surface [4].

Flow modelling is extremely satisfactory, we obtained a R^2 of 0.86; NSE of 0.86; Pbias of 1.36. Suspended sediment modeling is still in progress, as we have a problem with the validity of the observed data. We are still working on the results for ^{137}Cs concentrations in suspended sediments, for the moment the results are within the order of magnitude (approximately 10Bq/kg).

The next steps will be to implement a more complex model based on the work of [5] and its application to the Rhône watershed, of which the Ardèche is a tributary, and to a Japanese watershed affected by fallout from the Fukushima nuclear accident.

Acknowledgements

Thanks to my thesis supervisors: Sabine Sauvage, José-Miguel Sánchez Pérez and Hugo Lepage, thanks to the specialists who helped me: Clément Fabre, Patrick Boyer and Frédérique Eyrolle, and thanks to David Mourrier for the sampling campaign and laboratory analysis

References

- [1] P. Lestaevel, R. Racine, H. Bensoussan, H. Rouas, Y. Gueguen, I. Dublineau, J.-M. Bertho, P. Gourmelon, J.-R. Jourdain, M. Souidi, *Médecine Nucléaire*, 34 (2010) 156.
- [2] *Impact of Cesium on Plants and the Environment*. DK. Gupta, C. Walther (Eds), Cham, Springer, 2017.
- [2] A. Pirie, *Nuclear Physics*, 15 (1960) 708.
- [3] T. Nakanishi, T. Matsunaga, J. Koarashi, M. Atarashi, *Journal of Environmental Radioactivity*, 128 (2014) 105.
- [4] W. Tomczak, P. Boyer, F. Eyrolle, O. Radakovitch, M. Krimissa, H. Lepage, M. Amielh, F. Anselmet, *Environmental Modeling and Software*, 145 (2021) 211.
- [5] C. Wang, R. Jiang, L. Boithias, S. Sauvage, J.-M. Sánchez-Pérez, X. Mao, Y. Han, A. Hayakawa, K. Kuramochi, R. Hatano, *Agricultural Water Management*, 175 (2016) 104.

Vendredi 17 mai 2024

EXPLORATION DU POTENTIEL ANTITUBERCULEUX DE LA FLORE DE GUYANE FRANCAISE PAR UNE ETUDE METABOLOMIQUE

#Oral

Célia Breaud ^{1*}, Clémentine Saunier ², Stéphane Canaan ², Sok-Siya Bun-Llopet ¹, Elnur Garayev ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS 7263, IRD 237, Avignon Université, IMBE, 27 Blvd Jean Moulin, Service de Pharmacognosie-Ethnopharmacologie, Faculté de Pharmacie, 13385 Marseille, France

(2) Aix-Marseille Univ, CNRS, LISM UMR 7255, IMM FR3479, 13402 Marseille, France

* celia.breaud@imbe.fr

Au sein de la diversité végétale du parc amazonien de Guyane, de nombreuses espèces sont utilisées par les populations locales à des fins médicinales. Ces plantes, et leurs usages traditionnels associés, ont fait l'objet de nombreuses études de recensement, et ont attiré l'attention des scientifiques pour leur potentiel thérapeutique, notamment dans le traitement des maladies infectieuses.

Les infections bactériennes telles que la tuberculose constituent un problème de santé publique majeur en Guyane française. Avec un taux d'incidence élevé et l'émergence de souches résistantes aux médicaments, il est urgent d'explorer des alternatives thérapeutiques [1-2]. Le savoir traditionnel local pourrait être une source de découverte de nouveaux agents antituberculeux.

Cette étude se penche sur la biodiversité de Guyane française, et explore la composition chimique de 11 espèces végétales. En s'appuyant sur la littérature, des résultats préliminaires indiquent des activités intéressantes pour les espèces végétales sélectionnées [3-4]. Certaines sont également utilisées en médecine traditionnelle dans le traitement des symptômes de la tuberculose (fièvre, toux, asthénie) [5].

L'objectif est d'approfondir l'étude de ces espèces végétales, en confirmant l'activité antituberculeuse, et en caractérisant les métabolites responsables de cette activité.

La méthode employée au cours de ce travail de recherche combine des outils récents de métabolomique computationnelle et une approche de réseau moléculaire basée sur la spectrométrie de masse. L'approche de réseau moléculaire facilite la dérégulation structurale, et rend possible l'analyse de grands ensembles de données. Cette étude métabolomique permet d'établir le profil de la composition chimique des extraits de plantes.

Simultanément, des essais biologiques ont été réalisés vis-à-vis de la souche bactérienne responsable de la tuberculose, *Mycobacterium tuberculosis*. L'intégration des résultats des essais biologiques dans un réseau moléculaire facilite l'identification des molécules bioactives.

Cette présentation illustrera la diversité chimique des 11 espèces végétales étudiées, leur potentiel thérapeutique antituberculeux, et détaillera les méthodes utilisées pour caractériser de nouveaux métabolites d'intérêt thérapeutique.

Remerciements

Ce travail est financé par l'ANR-22-CE43-0002 et le doctorat de CB est financé par une bourse ED 251 Sciences de l'Environnement.

Références

[1] M. Chaptal, C. Andrejak, T. Bonifay, E. Beillard, G. Guillot, S. Guyomard-Rabenirina, M. Demar, S. Trombert-Paolantoni, V. Jacomo, E. Mosnier, N. Veziris, F. Djossou, L. Epelboin, French Guiana PNTM working group, *PLoS Neglected Tropical Diseases*, (2022) 16(9).

[2] T. Succo, (2020). Tuberculosis control in French Guyana : a public health priority. *Monitoring data*, 2005-2017,7.

[3] F. R. Pavan, D. N. Sato, C. T. Higuchi, A. C. B. Santos, W. Vilegas, C. Q. E. Leite. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, (2009) 204-206.

[4] L. Carrion, D. Ramos, D. Martins, M. Osorio, L. Cursino, W. de Oliveira, C. Nunez, P. Silva. *International Journal of Phytomedicine*, 5, (2013) 479

IMPACT DES NAVIRES A LA POLLUTION URBAIN PAR DECONVOLUTION DES SOURCES AU PORT DE TOULON

Oral

Quentin Gunti^{1,2}, Benjamin Chazeau³, Brice Temime-Roussel¹, Irène Xueref-Remy⁴, Alexandre Armengaud², Henri Wortham¹, and Barbara D'Anna¹

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

²AtmoSud, Air Quality Regional Observatory in the South of France, Marseille, France

³Laboratory of Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen, Switzerland

⁴Aix Marseille Univ., Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

quentin.gunti@univ-amu.fr

Le trafic maritime peut avoir un impact local important, en particulier dans les zones portuaires pendant les phases d'accostage et d'appareillage. Les mesures de la qualité de l'air effectuées dans certaines villes portuaires montrent que les émissions des navires sont quantitativement comparables à celles du trafic routier et contribuent à une dégradation importante de la qualité de l'air. Cette pollution est désormais reconnue comme un véritable problème de société et un danger avéré pour la santé humaine [1, 2]. Depuis la réduction de la teneur en soufre des carburants des navires en 2020, peu d'études ont été menées pour analyser en détail la contribution du transport maritime à la pollution urbaine.

Une campagne de mesure d'un mois a été menée du 24 août au 21 septembre 2021 dans le port de Toulon, sur la côte méditerranéenne française. La concentration, la distribution granulométrique et la composition chimique des particules ainsi que les concentrations de gaz ont été mesurées à l'aide d'instruments de pointe, tels qu'un Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS, TSI), un High-Resolution Time-of-Flight Aerosol Mass Spectrometer (HR-ToF-AMS, Aerodyne), un Multi-Angle Absorption Photometer (MAAP, Thermo), un analyseur de concentration de gaz (G2401, Picarro), un Optical Particle Counter (OPC, Grimm), un Condensation Particle Counter (EnviCPC100, Palas), un éthalomètre (AE33, Magee) et divers analyseurs de gaz (100E, 200E and 400E de Teledyne), ainsi que des données météorologiques.

Dans cette étude, les facteurs d'émission des polluants émis par le transport maritime ont été déterminés à l'aide d'une approche de bilan carbone massique, ou méthode CO₂. Plus de 50 panaches d'échappement de navires ont été identifiés et quantifiés. En outre, la fraction organique des particules mesurées par spectrométrie de masse d'aérosols (HR-ToF-AMS), du ratio masse/charge 12 à 256, a été utilisée pour alimenter un modèle de déconvolution des sources basé sur la méthode de factorisation à matrice positive (PMF) [3], en utilisant les spectres de masse des ferries à quai pour contraindre cette approche PMF.

Une solution à huit facteurs a été retenue : trois facteurs organiques ont été associés au transport maritime (pour une contribution à la pollution totale de 16,7 %), un facteur d'aérosol organique de type hydrocarbure (HOA, 5,3 %) associé aux gaz d'échappement du trafic, un aérosol organique de type cuisson (COA, 5,5%), un facteur secondaire d'aérosol organique moins oxydé (LOOA, 19,4%), un facteur secondaire d'aérosol organique plus oxydé (MOOA, 41,5%) et un dernier facteur (11,6%), correspondant à un facteur de combustion primaire partiellement oxydé, appelé OxHOA (Oxygenated HOA). Cette approche fournit une nouvelle méthodologie pour séparer les sources maritimes et routières, en utilisant des contraintes spécifiques et des données à haute résolution temporelle, permettant de souligner l'influence significative des émissions maritimes sur la pollution urbaine dans la zone portuaire de Toulon.

Références

[1] J. Lelieveld, JS. Evans, M. Fnais et al. *Nature*, 525, (2015) 367-371.

[2] M. Sofiev, JJ. Winebrake, L. Johansson, et al. *Nat Commun* 9, (2018) 406.

[3] P. Paatero, U. Tapper, *Environmetrics*, 5, (1994) 111-126.

A. Kharlanova ^{1*}, C. Vella ¹, T.J. Fleury ¹, D. Delanghe ¹, V. Rinalducci ¹, S. Viseur ¹, Y. Quesnel ¹, M. Uehara ¹, F. Demory ¹, O. Bellier ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

*Kharlanova@cerege.fr

L'envergure et les variations d'hydraulicité peuvent être évaluées en étudiant les dépôts de débordement et les paléo-tracées des méandres [1,2,3]. Les caractéristiques géomorphologiques des méandres du Bras de Fer, bras fossile du Rhône, résultent de variation du régime hydraulique causés par conjonction de plusieurs facteurs environnementaux dans le contexte du Petit Âge de Glace (PAG) [4,5]. Les nombreux épandages de crevasse, déposés sur la rive concave du méandre de la Grande Ponche, présence d'un bras de recouplement dans le même méandre, ainsi que la formation et la maturation du méandre de Tampan plus au sud, témoignent d'un contexte environnemental favorable à la progradation deltaïque et à l'aggradation du Bras de Fer, dont l'une des particularités réside dans la durée de fonctionnement très brève [1,5].

Cette étude met en lumière une diversité de méthodes pour détecter, caractériser et comparer les morphologies spécifiques d'un chenal à méandre et leur stratigraphie [6,7,8]. Les différentes approches de reconnaissance stratigraphique ont permis d'identifier trois unités de dépôt fluvial sur la rive concave du méandre de la Grande Ponche, déposées sur des dépôts laguno-marins. Ces unités comprennent la plaine d'inondation limono-argileuse laminée (I), l'épandage de crevasse polyphasé de granulométrie variée, allant de sables fins aux limons fins (II) et l'épandage de crevasse homogène (III), séquence massive composée de sédiments fins limoneux homogènes. De plus, dans les zones adjacentes au chenal (à moins de 100 mètres), les unités II et III se présentent sous forme de levées de berge, caractérisées par des granulométries plus grossières et un grano-classement.

Spatialement, un gradient granulométrique, ainsi que celui de l'épaisseur des matériaux de débordements, ont été établis en fonction de la distance au chenal distributaire, le Bras de Fer. Les sédiments se déposent de préférence en proximité immédiate de la levée de berge, alors que les dépôts distaux, moins épais, se composent essentiellement de particules plus grossières témoignant des épisodes plus hydrodynamiques lors de la mise en place des épandages de crevasse.

Deux méthodes de quantification du volume du dépôt de débordement fluvial sur une partie de la rive concave du méandre de la Grande Ponche, celui d'interpolation de surface par la méthode d'interpolation fluide et discontinue (DSI) [9] et la méthode de krigeage [10] sont comparées afin d'évaluer les performances et les limites de chaque méthode de modélisation.

Afin d'améliorer la quantification et la caractérisation des apports de ce paléochenal au PAG, les mesures du bruit de fond H/V [11] sur la partie continentale la plus en aval pourraient potentiellement permettre de reconstituer la continuité entre les dépôts sédimentaires du Bras de Fer sur la partie continentale, et la partie marine du prodelta. Cette démarche s'inscrit dans le prolongement des mesures sismiques et de carottages réalisés lors de la campagne RHOSOS [12].

Remerciements

Nous remercions la Réserve Naturelle Nationale de Camargue, le Parc Naturel Régional de Camargue et en particulier à Monsieur Sylvain Ceyte du pôle gestion des espaces naturels du PNRC pour son aide logistique et l'accès à ses terrains. Cette étude a été financée par l'OHM Vallée du Rhône.

Références

- [1] G. Arnaud-Fassetta, Thèse de doctorat, Aix-Marseille 1, (1998), 320
- [2] J.M Hooke, Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, 9, Fluvial Geomorphology, 2013, 260–288.
- [3] B.T. Yuill, A.K. Khadka, J. Pereira, M.A. Allison, and E.A. Meselhe, *Geomorphology*, 259 (2016) 12–29.
- [4] T. Sclafert, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 4, (1959).

- [5] G. Pichard, M. Provansal, F. Sabatier, *Revue géographique des pays méditerranéens*, (2014), 43–59
- [6] S.J. Blott, K. Pye, *Sedimentology*, v. 59, (2012), 2071–2096
- [7] G.M. Maillet, E. Rizzo, A. Revil, C.Vella, *Marine Geophysical Researches*, 26, (2005) 317–328.
- [8] F. Demory et al., *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, (2019) 3186–3200.
- [9] J. L. Mallet, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 8(2), (1989) 121-144.
- [10] P. Goovaerts, *Oxford University Press*, USA, (1997).
- [11] S. Brûlé, E. Javelaud, *Revue française de Géotechnique*, (142), (2013) 3-15.
- [12] A.-S. Fanget, S. Berné, G.Jouet, M.-A. Bassetti, B. Dennielou, G.M. Maillet, M. Tondut, *Sedimentary Geology*, 305, (2014) 35–53.

FERTIPAS : LES ÉMISSIONS DES FERTILISANTS ORGANIQUES COMME PRÉCURSEURS D'AÉROSOL ORGANIQUES SECONDAIRES

#oral

Mostafa Khazma ^{1*}, Henri Wortham ¹, Brice Temime Roussel ¹, Julien Kammer ¹

(1) Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE), Aix-Marseille Université, 3 place Victor Hugo, 13003 Marseille, France

mostafa.khazma@etu.univ-amu.fr

L'agriculture représente une source importante de composés organiques volatils (COV), qui sont reconnus comme des précurseurs de polluants atmosphériques secondaires, tels que l'ozone et les aérosols. Ces COV réagissent avec les agents oxydants présents dans l'air, notamment le radical hydroxyle (OH), l'ozone (O₃) et le radical nitrate (NO₃), produisant des composés plus oxydés, dont certains ont une pression de vapeur saturante particulièrement faible. Ces composés à faible volatilité ont la capacité de condenser vers la phase particulaire, favorisant ainsi la formation d'aérosols organiques secondaires (AOS), qui constituent une fraction prédominante des aérosols atmosphériques [1,2]. Malgré leur influence indéniable sur la qualité de l'air, le climat et la santé humaine, les estimations des modèles atmosphériques sur la production d'AOS restent très incertaines, en raison de la complexité des processus de mis en jeu et de la diversité des précurseurs.

Ces dernières années, le développement d'une agriculture plus durable et écologiquement responsable s'est accompagné d'une utilisation accrue d'engrais organiques, tels que les boues d'épuration, le compost et les déchets animaux (fumier, lisier, etc.). L'épandage d'engrais organiques sur les cultures agricoles représente une source potentiellement importante de COV, considérant l'importance des surfaces agricoles [3,4]. Pourtant, leur impact sur l'atmosphère reste mal évalué, principalement à cause d'un manque d'études.

L'objectif de ce travail consiste donc à évaluer l'impact de l'épandage de ces engrais organiques sur la qualité de l'air, en tant que source de COV. Des études en laboratoire ont été menées pour analyser les émissions de COV provenant d'engrais organiques (boues d'épuration, compost et digestat de méthanisation), et évaluer l'impact de la température sur ces émissions.

Un dispositif expérimental utilisant un spectromètre de masse - à temps de vol - à transfert de protons (PTR-ToF-MS), une chambre d'émission et une multi vanne a été employé pour évaluer l'émission de COV à partir de trois engrais organiques distincts, à trois températures (10°C, 20°C et 30 °C).

L'analyse effectuée ici révèle une émission totale de 138 COV distincts provenant du digestat, de 101 provenant des boues et de 235 provenant du compost. Une observation notable est la diversité perceptible de la composition chimique de ces trois engrais organiques. Plus précisément, chaque engrais présente des composés hydrocarbonés, oxygénés et azotés, les hydrocarbures et les composés oxygénés étant majoritaires dans les trois engrais. En revanche, les composés soufrés sont seulement présents dans les boues et le compost alors que le digestat présente une prévalence nettement plus élevée de composés azotés. L'acétone (C₃H₆O) est le composé le plus émis du digestat et les boues d'épuration, tandis que le méthanol (CH₄O) prédomine dans les émissions du compost. En outre, des composés tels que les monoterpènes (C₁₀H₁₆), les crésols (C₇H₈O) et les phénols (C₆H₆O), précurseurs connus d'AOS, sont parmi les composés les plus émis par ces engrais organiques. Dans un second temps, une investigation a été menée pour vérifier l'hypothèse selon laquelle les émissions augmentent avec la température. Les résultats ont révélé que la majorité des composés répondent positivement à l'augmentation de la température. Plus précisément, certains composés, tels que les monoterpènes, ont montré une augmentation linéaire, tandis que d'autres ont affiché une croissance exponentielle. En revanche, certains COV, comme l'acide acétique, ont présenté une diminution des niveaux d'émission avec l'augmentation de la température. L'impact nuancé des variations de température sur les émissions de COV et les mécanismes sous-jacents à ces dynamiques seront discutés au cours de cette présentation.

Remerciements

Les auteurs remercient les sources de financement dont ces travaux ont bénéficié, notamment la région sud PACA (dispositif emplois jeunes doctorants 2022) et l'ADEME au travers du programme THESES 2022, et l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du projet ANR SOFORA (ANR PRC 2021)

Références

[1] M. Mahilang, M. K. Deb, S. Pervez, *Chemosphere* 262 (2021), 127771.

[2] O. Favez, et al, *Atmosphere* 12, (2021), 207.

[3] S. Houot, et al. Agronomic Value and Environmental Impacts of Urban Composts Used in Agriculture. in *Microbiology of Composting*, 457–472 (Springer, 2002).
[4] A. Bianchini, L. Bonfiglioli, M. Pellegrini, C. Saccani, *Int. J. Environ. Waste Manag* 18, (2016), 226.

GESTION DES MORTS EN TEMPS DE GUERRE : EXEMPLE DU PREMIER CONFLIT MONDIAL

#oral

Marine Meucci ^{1,2*}, Caroline Costedoat ¹, Emeline Verna ¹,

1 *Affiliation 1; Aix Marseille Univ, CNRS, EFS, ADES, Marseille, France*

2 *Affiliation 2; ONACVG, Paris, France*

*marine.meucci@univ-amu.fr

Le projet de recherche de ma thèse exploite des données inédites et peu accessibles dans la recherche en anthropologie biologique actuelle : les corps de soldats de la Première Guerre mondiale. Ces corps, légalement pris en charge par le Ministère des Armées (ONACVG), sont une source exceptionnelle d'informations archéologiques, historiques et mémorielles. Avec l'urbanisation croissante et l'intensification de l'agriculture, les découvertes fortuites de ces corps laissés sur les champs de bataille se font de plus en plus nombreuses.

La thèse "Gestion des morts en temps de guerre : exemple du premier conflit mondial" s'applique, au travers d'une interdisciplinarité essentielle, à documenter et analyser les thématiques centrales de cette période et de cette population.

La thèse se décline en trois volets : l'approche populationnelle, la gestion des morts et l'état sanitaire. L'approche populationnelle cherche à caractériser de manière biologique (âge, sexe, taille, pathologies [1-4]) les individus de l'échantillon d'étude, permettant ainsi de participer au travail d'identification des soldats et de tester la fiabilité des méthodes en anthropologie biologique. La gestion des morts vise à répertorier les différents modes d'inhumation rencontrés sur le terrain archéo-anthropologique et confronter la réalité de gestion des corps observée avec les données historiques. Enfin, l'état sanitaire soulèvera la question de la mort en guerre en quantifiant, par une analyse anthropologique, historique et archivistique, les proportions de morts par maladies ou par blessures présentes parmi les soldats.

Une des thématiques centrales de cette recherche, qui recoupe tous les volets de ma thèse, est l'identification de ces restes militaires : un véritable défi en termes de méthodologie, comme en termes de gestion à tout point de vue. L'interdisciplinarité nécessaire à ce genre d'étude (recherches biologiques, historiques, archivistiques, archéologiques et génétiques) permet un regard croisé et complet sur ces données exceptionnelles, encore porteuses d'un poids mémoriel, sociétal et historique fort.

En effet, bien que les climats géopolitiques actuels soient au centre des actions d'identification, la France continue de mener un travail d'investigation biologique pour identifier ses soldats disparus, même plus de 100 ans après leurs morts. Les découvertes de corps militaires des guerres passées et celles plus particulièrement de la Première Guerre mondiale restent nombreuses puisqu'aujourd'hui 250 000 soldats Français sont toujours portés disparus et certaines familles en ressentent encore le poids.

La Grande Guerre marque également un tournant dans les causes de décès des soldats. Avant 1914, les maladies constituent la première cause de mortalité des militaires, bien plus que les combats. Avec la Première Guerre mondiale et l'utilisation d'armes nouvelles (artillerie, mitrailleuses ...), la tendance s'inverse et le combat devient la première cause de mortalité. Les sources historiques ne renseignent que très peu sur les causes réelles de la mort au combat. Sur un tel sujet, il est évident qu'une lecture paléopathologique

des restes de soldats constitue une opportunité exceptionnelle d'objectiver dans de nombreux cas les traumatismes peri-mortem dont certains ont pu être cause du décès. Avec les conditions de vie difficiles que nous connaissons et dans un contexte de grande proximité inter-individuelle a accentué les possibilités d'apparition et de diffusion d'épidémies, notamment d'origine infectieuse. De nombreuses analyses dont la paléosérologie ont permis de mettre en lumière certains pathogènes sévissant en contexte de guerre. On peut par exemple mentionner la fièvre des tranchées dont l'agent pathogène, Bartonella quintana, se transmet par les poux de corps et provoque des symptômes handicapants sur un champ de bataille, notamment par le fait qu'ils sont récurrents sur plusieurs semaines. La fièvre des tranchées causa près de 150 000 décès parmi les soldats français entre 1914 et 1918. Ces morts, ainsi que les autres morts épidémiques ou causées par des maladies infectieuses résultent des conséquences de la guerre qu'il est important de replacer dans les réflexions sur les modes de vie et de survie de ces soldats.

[1] Schmitt, A. (2005). *Une nouvelle méthode pour estimer l'âge au décès des adultes à partir de la surface sacro-pelvienne iliaque*. Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris. BMSAP, 17, 89-101

[2] Brůžek, J.; Santos, F.; Dutailly, B.; Murail, P.; Cunha, E. (2017). *Validation and reliability of the sex estimation of the human os coxae using freely available DSP2 software for bioarchaeology and forensic anthropology*. Am. J. Phys. Anthropol. 164, 440-449..

[3] Olivier, G.; Aaron, C.; Fully, G.; Tissier, G. (1978). *New estimations of stature and cranial capacity in modern man*. J. Hum. Evol. 7, 513-518.

[4] Meucci, M., Verna, E., et Costedoat, Caroline. (2022). *The Skeletal Remains of Soldiers from the Two World Wars: Between Identification, Health Research and Memorial Issues*. Genes, vol. 13, no 10, p. 1852.

ANALYSE DES PFAS DANS L'EAU POTABLE : DEVELOPPEMENT ANALYTIQUE ET RESULTATS D'UNE CAMPAGNE DE PRELEVEMENT DANS LA ZONE DE FOS-BERRE	Oral
--	-------------

Maëlys Dijoux^{1,2*}, Anne Piram¹, Sandrine Augy², Annabelle Austruy³, Julien Dron³, Philippe Chamaret³, Sébastien Gori², Pierre Doumenq¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, UMR CNRS 7376, F-13545 Aix En Provence, France

(2) Société ABO-ERG Environnement, 14 Draille des Tribales Bât E, 13127 Vitrolles, France

(3) Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, Centre de vie la Fossette RD 268, 13270 Fos-sur-Mer, France

*maelys.dijoux@etu.univ-amu.fr

La gestion des ressources en eau représente un enjeu sociétal majeur afin de garantir l'accès à l'eau potable, l'utilisation pour les besoins agricoles et industriels et de préserver la biodiversité. Par conséquent, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a défini des objectifs pour atteindre le bon état écologique et chimique des masses d'eaux. Cependant, la présence de contaminants perfluorés, aussi appelés « polluants éternels », dans l'environnement est rapportée depuis les années 2000, ce qui a entraîné en 2020 l'ajout des PFAS à la directive 2020/2184 relative aux eaux potables (0.50µg/L pour le total des PFAS ou 0.10µg/L pour la somme de 20 PFAS préoccupants) [1].

Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) sont une famille de plusieurs milliers de composés synthétiques (>4700) fabriqués par l'homme depuis les années 1940 et retrouvés dans de nombreux secteurs industriels comme la lutte anti-incendie, les emballages alimentaires, les textiles, l'industrie chimique ou les cosmétiques [2], et ce pour leurs propriétés physico-chimiques très intéressantes telles que la thermo-résistance, l'hydro- et la lipophobie ou leurs propriétés tensio-actives [3]. Les PFAS sont rejetés dans l'environnement au cours de leur production, de leur utilisation en tant qu'auxiliaires de fabrication dans la conception de fluoropolymères ou lors de la dégradation d'objets contenant des PFAS. De par leurs propriétés, les PFAS émis sont retrouvés dans tous les compartiments de l'environnement tels que le sol, les sédiments, les eaux et le biote [4] de manière persistante car ils sont peu dégradables dans des conditions naturelles. La contamination de l'environnement, la bio-imprégnation et la bio-magnification des PFAS entraînent une forte contamination de l'homme, qui est exposé aux PFAS depuis les années 1940. Cette exposition multifactorielle de l'homme et l'imprégnation qui en résulte présentent un risque important pour la santé en raison de la toxicité avérée de certaines des molécules (hepatotoxicité, carcinogénicité, trouble de la fertilité, perturbation endocrinienne [5]). En effet, le PFOS et le PFOA ont été respectivement classés fin 2023 comme possiblement cancérigène et cancérigène pour l'homme.

La mise en place et le renforcement continu de réglementations depuis 2009 a pour objectif de contrôler ou d'interdire la production et l'utilisation de certains PFAS, ainsi que de contrôler leur présence dans l'environnement grâce à l'implémentation de normes de qualité pour les eaux, l'air ou encore les sols.

Par conséquent, la recherche des PFAS à l'état de traces ou ultra-traces dans l'environnement *via* des méthodes analytiques sensibles est nécessaire pour évaluer notre exposition aux PFAS et les risques encourus.

Une méthode analytique quantitative par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse a été développée afin de quantifier une trentaine de PFAS par LC-QqToF. Afin de garantir un seuil de détection suffisamment faible au regard de l'écotoxicité des substances cibles, les échantillons aqueux analysés doivent être préconcentrés par extraction sur phase solide.

La méthode ainsi développée a été appliquée à l'analyse d'eaux potables de la zone de Fos-Berre. Les procédures de prélèvement, stockage et traitement des échantillons de PFAS sont complexes et ont dû être adaptées avec des précautions particulières en raison du risque élevé de pertes par adsorption ou volatilisation des composés et de contaminations croisées. Un contrôle de blanc terrain et de blanc procédure a été réalisé pour vérifier l'absence de ces contaminations.

Les premiers résultats obtenus devraient permettre d'évaluer l'impact d'une base aérienne sur la contamination de l'eau potable.

L'analyse des PFAS dans la zone de Fos-Berre présente un intérêt particulier en raison du manque de données sur les PFAS dans cette zone malgré l'importante présence d'industries chimiques et pétrochimiques susceptibles d'émettre des PFAS.

Remerciements

Ce travail a été financé par la fondation A*midex et par la fondation ERG.

Références

- [1] European Parliament, Directive (EU) 2020/2184 (2020).
- [2] J. Glüge, M. Scheringer, I.T. Cousins, J.C. DeWitt, G. Goldenman, D. Herzke, R. Lohmann, C.A. Ng, X. Trier, Z. Wang, Environ. Sci.: Processes Impacts 22 (2020) 2345–2373.
- [3] 3M, The science of organic fluorochemistry, US EPA Administrative Record (AR) (1999).
- [4] S.F. Nakayama, M. Yoshikane, Y. Onoda, Y. Nishihama, M. Iwai-Shimada, M. Takagi, Y. Kobayashi, T. Isobe, TrAC Trends in Analytical Chemistry 121 (2019).
- [5] S.E. Fenton, A. Ducatman, A. Boobis, J.C. DeWitt, C. Lau, C. Ng, J.S. Smith, S.M. Roberts, Environmental Toxicology and Chemistry 40 (2021) 606–630.

Modelling and observing phytoplankton community transitions in the oligotrophic ocean: A Mediterranean Sea case study

#oral

Laurina Oms ^{1*}, Monique Messié ², Jean-Christophe Poggiale ¹, Gérald Grégori ¹, Andrea Doglioli ¹

(1) Aix Marseille Univ., Université de Toulon CNRS, IRD MIO UM 110, Marseille, 13288, France

(2) Monterey Bay Aquarium Research Institute, Moss Landing, CA, USA

* laurina.oms@mio.osupytheas.fr

In the ocean, the vast diversity of phytoplankton shaped by intricate water dynamics, remains poorly understood. In situ studies reveal fine-scale dynamics affecting phytoplankton distribution, leading to abrupt shifts in abundances and biomasses referred as Phytoplankton Community Transitions (PCTs). Firstly, using a simple NP2Z model, our study proposes a theoretical framework to explain PCTs observed during an oceanographic cruise in the Mediterranean Sea [1, 3]. We consider both a homogeneous and a variable environment, respectively corresponding to the waters on both sides of a front and to the frontal area itself. We show that PCTs from one community of smaller phytoplankton to another community of bigger phytoplankton are controlled by nutrient supply, but not directly. Nutrient supply affects all compartments in the model, creating PCTs by combining bottom-up and top-down controls.

This mechanism is observed for both constant and pulsed nutrient supply. These results are consistent qualitatively with in situ observations of biomass proportion on each side of a front. This theoretical framework helps to better understand in situ observations in oceanic regions characterized by fine-scale dynamics and oligotrophic conditions. Secondly, our study proposes an in situ interpretation to explain the PCTs observed during another oceanographic campaign in the Mediterranean Sea [2]. This campaign was programmed in a Lagrangian framework, providing a comprehensive set of high-resolution physical, biological and biogeochemical data over a frontal zone. We use statistical methods to study phytoplankton community structures and their relationship with the surrounding environment in terms of biotic and abiotic processes. We show that the physical front leads to a biological front, and that different communities are associated with different water masses. In future studies, the NP2Z model will be spatialized and improved with the new high-resolution dataset and the new knowledge acquired during the last campaign. The aim will be to study the fine-scale dynamics of plankton communities using a Lagrangian framework, adapting the growth-advection method [4] to oligotrophic zones such as the Mediterranean Sea, and thus extending our in situ interpretation to fine-scales in general.

Remerciements

We thank CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) and the Institute of Ocean Sciences (Aix-Marseille University) for co-funding my thesis. We thank Franck Dumas and the crew of the RV Beautemps-Beaupré for onboard operations. I thank Andrea Doglioli, Gérald Grégori, Francesco d'Ovidio and the crew of the Atalante for onboard operations. I thank the entire BioSWOT-Med team for the important discussions regarding this work.

Références

[1] DUMAS Franck (2018) PROTEVSMED_SWOT_2018_LEG2 cruise, RV Beautemps-Beaupré, https://doi.org/10.17183/protevsmed_swot_2018_leg2

[2] DOGLIOLI Andrea, GREGORI Gérald (2023) BioSWOT-Med cruise, RV L'Atalante, <https://doi.org/10.17600/18002392>

[3] Tzortzis, R., Doglioli, A.M., Barrillon, S., Petrenko, A.A., d'Ovidio, F., Izard, L., Thyssen, M., Pascual, A., Barceló-Llull, B., Cyr, F., et al., 2021. Impact of moderately energetic fine-scale dynamics on the phytoplankton community structure in the western mediterranean sea. *Biogeosciences* 18, 6455–6477.

[4] Messié, M., Sancho-Gallegos, D.A., Fiechter, J., Santora, J.A., Chavez, F.P., 2022. Satellite-based lagrangian model reveals how upwelling and oceanic circulation shape krill hotspots in the california current system. *Frontiers in Marine Science* 9, 835813.

PASTORALISM-INDUCED SHAPING OF PLANT COMMUNITY STRUCTURE AND COMPOSITION IN ANDALUSIAN MOUNTAIN RANGELANDS	#oral
---	-------

Santiago A. Parra ^{1,2*}, María E. Ramos-Font ³, Emmanuel Corcket ², Didier Genin ¹

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

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale (IMBE), Marseille, France

(3) Servicio de Evaluación Restauración y Protección de Agrosistemas Mediterráneos, Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Calle Profesor Albareda 1, 18008 Granada, Spain

*santiago.pbulacio@gmail.com

The effects of human practices and local governance on plant communities is a major question in the context of socio-ecological sustainability [1]. Herdsman's practices are closely linked to governance systems and to their social-ecological context [2]. For example, mobile pastoralism arises as a means to cope with seasonal variability of forage resources [3]. This mobility might deeply influence plant biodiversity in rangelands by changing the ratio of perennial and annual life-forms [4, 5].

This study focuses on the contiguous Castril, Santiago and Pontones (CSP) pastoral Commons in Andalusia (Spain), presenting almost the same environmental conditions. In CSP, there are three herdsman communities who have self-organized into three different governance systems for the use of rangelands by extensive and transhumant grazing. Herdsman undertake Short-Distance Transhumance (SDT) or Long-Distance Transhumance (LDT) arriving on the CSP rangelands in early May or June, respectively [6].

We aim to identify plant community types within a perennial plant community of CSP and to unravel the effect of community-based governances found in these three Commons and the impact of transhumance on the plant community structure and composition.

During spring 2022 and 2023, we censused a dry perennial herbaceous community following the point-contact monitoring methodology [7]. We carried out 72 vegetation transects spread in Castril, Santiago and Pontones encompassing the transhumance modalities. Plant data were analyzed through a Non-metric MultiDimensional Scaling (NMDS) based on Bray-Curtis dissimilarity index.

Our results reveal variability within the dry perennial community. Axis 1 of NMDS distinguishes between perennials and annuals belonging to different phytosociological classes. This variability is partially related to Commons and transhumance modalities. For example, LDT areas show high density of perennials characteristic of the dry perennial community; whereas SDT areas show high density of annuals belonging to the *Tuberarietea-guttatae* phytosociological class.

Our findings suggest that LDT areas, featuring higher density of perennials, may show more forage availability than SDT areas during summer drought.

Acknowledgements

We are grateful to the herdsman of Castril, Santiago and Pontones for sharing their knowledge with us. We also thank Carlos Romero Zarco for his assistance in plant identification.

References

- [1] *The Governance of Rangelands: Collective Action for Sustainable Pastoralism*. P. M. Herrera, J. Davies, P. M. Baena (Eds.), London, Routledge, 2014.
- [2] B. A. Kaufmann, C. G. Hülsebusch, S. Krätli, in *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, P. Ferranti, E. M. Berry, J. R. Anderson (Eds.), Oxford, Elsevier, 2019, 354–360.
- [3] E. Landais, G. Balent, in *Pratiques d'élevage extensif: Identifier, modéliser, évaluer*, E. Landais (Ed.), INRA, 1993, 13–35
- [4] L. P. Buttolph, D. L. Coppock, *Journal of Applied Ecology*, 41(2004) 664–674.
- [5] M. Ghorbani, H. Azarnivand, A. A. Mehrabi, M. Jafari, H. Nayebi, K. Seeland, *Ecology and Society*, 18 (2013) 15.
- [6] F. Godoy-Sepúlveda, P. Sanosa-Cols, S. A. Parra, A. Peña-Enguix, A. J. Pérez-Luque, M. E. Ramos-Font, A. B. Robles, M. J. Tognetti, A. González-Robles, F. Ravera, M. Ventura, P. Dominguez, *Human Ecology*, (In press).
- [7] P. Daget, J. Poissonet, *Annales Agronomiques*, 22 (1971) 5-41.

Determinants of migratory bird community composition in the sud-paca hot spot	#oral
--	-------

Charlotte Rault ^{1*}, Agathe Leriche ¹, Yoann Pinguet ¹, Amine Flitti ², Alexandre Millon ¹

(1) IMBE, Aix Marseille Univ, Avignon Univ, CNRS, IRD, Aix-en-Provence

(2) LPO Provence-Alpes-Côte d'Azur, Mallemort

*charlotte.rault@imbe.fr

Migration is one of the most distinctive traits of the avian guild: over 20% of bird species worldwide are considered to be migratory [1]. This characteristic is further complex since environmental conditions must be suitable in both wintering and breeding habitats. Accordingly, most of the studies reveal that long-distance migratory species are more sensitive to global change [2, 3]. Indeed, shifts in both migration timing and distribution ranges have already been observed [4]. As well as altering the composition and diversity of bird communities, this process may also significantly impact biotic interactions (e.g., interspecific competition for resources, habitats and space) [5]. The conservation of migratory species, through a better understanding of the underlying mechanisms, is therefore crucial and requires attention.

In this perspective, we carry out a study focusing on the distribution of resident and migratory species breeding in the Sud-PACA region (south-eastern France), which is a climatic "hotspot" and presents a wide gradient of environmental conditions (altitude, habitat diversity including urbanized areas) [6]. The Mediterranean basin is also an internationally recognized biodiversity hotspot, particularly sensitive to disturbances such as increasing aridity and intensifying anthropogenic pressures [7].

A total of 225 species of breeding birds (native and introduced) are recorded in the area, 34% of which are considered long-distance migratory species (crossing the Mediterranean basin or even the Sahara) and the remainder sedentary, i.e., resident and short-distance migratory species. All data comes from the Faune-PACA participatory database managed by LPO-PACA (<https://www.faune-paca.org/>), which contains over 7 million occurrences recorded between 2009 and 2022.

In this study, we aim to determine the contribution of environmental factors such as altitude, habitat heterogeneity, human impact on land, and species richness on the migratory composition of bird communities. We use a 5 × 5 km grid and filter for complete grid cells (richness completeness analysis). We then use a linear model, corrected for spatial autocorrelation, to evaluate the changes in the

proportion of migratory species in response to the environmental variables. Our first results suggest that, above a threshold of 100 species, there is a 'saturation' of communities induced by environmental constraints limiting the number of species that can coexist. Saturation would limit the coexistence of additional resident species but would favor the addition of migratory ones. This result could be explained by the temporary presence of migratory bird species, which reduces the competitive pressure exerted over time. We can therefore expect a significant difference in the migratory composition and, indirectly, in biotic and abiotic interactions, depending on whether the communities exceed this species richness threshold.

Acknowledgments

We are grateful to the Sud-PACA Region for its financial support, as well as the LPO PACA, which also provided us with the data and has supported the project from the beginning.

References

- [1] BirdLife International, *The BirdLife Checklist of the birds of the world with conservation status and taxonomic sources*. Cambridge, UK: BirdLife International, Version 1 (2008).
- [2] G. Wilson, *Effects of Climate Change on Migratory Birds Caused by Global Warming*. *Entomol Ornithol Herpetol*, 12:308 (2023).
- [3] C. Both et al., *Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats*, 277:1259-66 (2010).
- [4] *The Migration Ecology of Birds (Second Edition)*, I. Newton, Academic Press, ScienceDirect, 2024.
- [5] A-S. Bonnet-Lebrun, A. Manica, A. Rodrigues, *Effects of urbanization on bird migration*, 244:108423 (2020).
- [6] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipc), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press (2022).
- [7] P. D'Odorico et al., *Global Desertification*, 51: 326-44 (2013).

Anatomy and stacking pattern of palustrine-dominated carbonates from 'la barre du cengle', paleocene, se france

#Oral

Eduardo Roemers de Oliveira ^{1,2*}, François Fournier ¹, Sophie Viseur ¹, Guilherme Raja Gabaglia ², Jules Fleury ¹, Véronique Rinalducci ¹, Abel Guihou ¹, Lionel Marié ¹, Felipe Guadagnin ³, Pierre Deschamps ¹, Alain Tonetto ⁴

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

(2) Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A, 20031-170 Rio de Janeiro, Brazil

(3) Universidade Federal do Pampa, 96570-000 Caçapava do Sul, Brazil

(4) Aix Marseille Université, CNRS, FSCM, PRATIM, 13003 Marseille, France

*eduardoroemers@gmail.com

The Arc Basin, located in southeastern France, is an east-west-oriented depression where marine, lagoon, fluvial, lacustrine, palustrine, and pedogenetic deposits were formed from Upper Cretaceous to the Middle Eocene [1]. Among the Early Paleogene deposits in this basin lies the cliff of the Cengle Plateau, locally known as "La Barre du Cengle." This cliff exposes carbonates dominated by palustrine deposits, which integrate the "Calcaire de Saint-Marc" Formation [1, 2, 3].

The elliptical plateau of Cengle is situated 15 km east of Aix-en-Provence, France, extending 7 kilometers east-west and 2 kilometers transversely. The thicknesses of its cliffs range from 20 to 35 meters. These cliffs are characterized by the occurrence of grayish, beige, and pinkish limestones deposited in a lacustrine/palustrine environment that has been constantly altered by pedogenesis [4].

An interdisciplinary approach, integrating petrography, photogrammetry, geochronology, SEM, and geochemical analyses, was employed to analyze lithofacies, stacking patterns, lateral facies variations, and interpret the environmental dynamics during the deposition of the carbonates of "La Barre du Cengle".

Generating digital outcrop models through aerial photogrammetry not only enabled the mapping of surfaces subdividing the studied area into four stratigraphic intervals but also facilitated understanding of vertical and lateral facies variations along "La Barre du Cengle".

The facies consist of densely compacted dark micritic mudstone and bioclastic wackestone/packstone with massive, brecciated, nodular, or granular textures. Facies analysis allowed the construction of an exposure index serving as a relative indicator of subaerial exposure time.

Deposits of the Cengle Plateau cliff are organized into elementary sequences at decimeter to meter scales, which, in turn, accumulate into small-scale sequences at decimeter orders.

The sedimentary succession reflects the cyclical nature of the climatic variations that control the deposition.

Subaerial exposures mirror variations in lake level at different frequencies. At least four base-level variation frequencies were identified: i) very high and seasonal frequency, generating very short-term subaerial exposures and transforming lacustrine facies into palustrine ones; ii) high frequency resulting in short-term subaerial exposures and generating surfaces that bound elementary sequences; iii) medium frequency leading to long-term subaerial exposures, resulting in the formation of pedogenic facies and features; and iv) low frequency corresponding to the deposition of the entire set of limestones forming the Cengle Plateau cliff.

U-Pb data on carbonates revealed three age groups: i) 64.3 ± 2.5 Ma (Danian to early Selandian), interpreted as the age of deposition of the Cengle limestones; ii) 56 ± 1.6 Ma, characterized by a neomorphic phase; and iii) 43.07 ± 3.87 Ma, represented by a late cementation phase.

In the depositional context, the transition between lacustrine, palustrine, and pedogenic environments consistently occurs from west to east over time. In the more distal regions, the proportion of lacustrine facies tends to increase, and the thickness of preserved sedimentary record is greater. Conversely, in the closer areas, palustrine and pedogenic facies predominate, typically resulting in lesser thickness.

Acknowledgements

Thanks to the landowners along the Cengle Plateau for granting access to their areas, which facilitated fieldwork and data collection. Special thanks to Petrobras for funding and supporting this research.

References

- [1] M. Floquet, S. Leleu, T. Tortosa, *Du bassin marin aux bassins continentaux sud-provençaux durant le Crétacé supérieur et au Paléogène, de -100 à -43 Ma*, in *La Géologie des Bouches-du-Rhône : Roches et Paysages Remarquables*, BRGM, 2020.
- [2] J.P. Durand, *Paléocène et Éocène*, in *Synthèse Géologique du Sud-est de la France. Mémoire du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, S. Debrand-Passard (Ed.), BRGM, 1984.
- [3] I. Cojan, M.G. Moreau, L.E. Stott, *Stable carbon isotope stratigraphy of the Paleogene pedogenic series of southern France as a basis for continental-marine correlation*, *Geology*, 28 (2000).
- [4] J.P. Durand, *Les formations fluvio-lacustres Éocènes du Plateau du Cengle près d'Aix-en-Provence*, *Annales de la faculté des sciences de Marseille* 34 (1963).

Boulos Samia ^{1*}, Amandine Durand ¹, Sylvain Ravier ¹, Brice Temime-Roussel ¹, Etienne Quivet ¹, Henri Wortham ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Laboratoire de Chimie de l'environnement (LCE), 13331 Marseille, France

*boulos.samia@univ-amu.fr

La consommation mondiale de pesticides a atteint 3,54 millions de tonnes en 2021 [1], présentant des risques significatifs pour la santé humaine et l'environnement.

Jusqu'à 90% des pesticides peuvent se disperser dans l'environnement par dérive lors de l'épandage, par lessivage des feuilles et des sols ou par volatilisation et érosion éolienne, atteignant ainsi des organismes non ciblés. La fraction émise dans l'atmosphère peut être transportée par les vents sur des distances variables qui peuvent atteindre plusieurs milliers de kilomètres en fonction des conditions météorologiques et des propriétés chimique et physicochimique des pesticides.

En raison de leur nature semi-volatile, la plupart des pesticides actuellement utilisés ont tendance à s'adsorber sur des particules atmosphériques, où ils peuvent être dégradés par des mécanismes photochimiques directs et indirects résultant du rayonnement solaire et des trois principaux oxydants atmosphériques : l'O₃ et les radicaux OH et NO₃.

Dans la réglementation européenne, seule la réactivité en phase gazeuse avec les radicaux OH est prise en compte pour le calcul de la durée de vie atmosphérique des pesticides. Cette approximation peut conduire à une sous-estimation significative des durées de vie, car il a été démontré que les cinétiques de dégradation en phase hétérogène pouvaient être jusqu'à 100 fois plus lentes qu'en phase homogène gazeuse [2].

Pour cette raison, nous avons déterminé les temps de demi-vie atmosphériques vis-à-vis de l'ozone pour neuf pesticides couramment utilisés en viticulture, le secteur le plus gros consommateur de pesticides. Ces molécules sont représentatives de diverses classes chimiques : le cyprodinil (pyrimidine), la pendiméthaline (dinitroaniline), le tébuconazole (triazole), le folpet (dicarboximide), le boscalid (carboxamide), le trifloxystrobine (strobilurine), la spiroxamine (spirocétalamine), la deltaméthrine et la cyperméthrine (pyréthrinolide). Elles ont été sélectionnées en fonction de leur distribution entre les phases gazeuse et particulaire, de leur toxicité et de leur probabilité de présence dans l'atmosphère [3].

Nos résultats indiquent que les temps de demi-vie peuvent varier de quelques jours (environ 5 jours) pour le cyprodinil à plus de 200 jours pour la spiroxamine et le folpet. Ce qui signifie que tous ces pesticides pourraient être classés comme des Polluants Organiques Persistants, conformément à la Convention de Stockholm [4].

Le deuxième aspect de mon travail consiste à comprendre les mécanismes de dégradation des neuf pesticides, ce qui est crucial car les produits de dégradation peuvent potentiellement être plus toxiques que les molécules parentes et peuvent être plus difficiles à analyser en raison de leur fragilité chimique. De plus, la connaissance des mécanismes de dégradation de quelques molécules par famille chimique doit permettre de prévoir les mécanismes de dégradation d'autres pesticides sans passer par de lourdes études expérimentales.

Pour la cyperméthrine, nous avons identifié neuf produits de dégradation en mettant en œuvre des outils analytiques tels qu'un PTR-ToF-MS pour la phase gazeuse et des systèmes chromatographiques (GC/MS-MS et LC-QToF-MS) pour la phase particulaire. Un de ces produits de dégradation est le phosgène (Cl₂CO), connu comme gaz de combat, toxique même à faible dose.

Les résultats de notre étude contribueront à mieux décrire le devenir atmosphérique des pesticides dans la phase particulaire.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par une bourse de l'École Doctorale Sciences de l'Environnement (ED251). Les auteurs expriment leur gratitude envers la plateforme instrumentale MASSALYA qui a permis de réaliser les analyses et les mesures nécessaires à cette étude.

Références

[1] FAOSTAT, 2024. *Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators: Global, regional and country trends, 1990-2020*, FAOSTAT analytical briefs. FAO, Rome, Italy.

[2] Socorro, J., Gligorovski, S., Wortham, H., Quivet, E., 2015. Heterogeneous reactions of ozone with commonly used pesticides adsorbed on silica particles. *Atmos. Environ.* 100, 66-73.

[3] Désert, M., Ravier, S., Gille, G., Quinapallo, A., Armengaud, A., Pochet, G., Savelli, J.-L., Wortham, H., Quivet, E., 2018. Spatial and temporal distribution of current-use pesticides in ambient air of Provence-Alpes-Côte-d'Azur Region and Corsica, France. *Atmos. Environ.* 192, 241–256.

[4] UNEP, 2001. United Nations Environment Program (UNEP), 2001. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.

Rhizodeposition plant-properties and previous land-use control both microbial communities and soil carbon additional storage

Oral

Sarah Wagon ^{1,2*}, Mohamed Barakat ¹, Sylvain Fochesato ¹, Adrien Duvivier ², Isabelle Basile-Doelsch ², Wafa Achouak ¹, Emmanuel Doelsch ³ et Thierry Heulin ¹

(1) Aix Marseille Univ, CEA, CNRS, BIAM, LEMIRE, UMR 7265, Saint Paul-Lez-Durance, France

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

(3) CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-13545 Aix-en-Provence, France

*wagon@cerege.fr

Soil carbon storage can both mitigate climate change while enhancing food security. A recent study identified that pearl millet lines with large rhizosheath of root adhering soil contribute significantly to increased carbon supply into soil compared to pearl millet lines with small rhizosheath (Ndour et al. 2022). The aim of this work is to compare the effects on rhizospheric microbiota and soil carbon storage for two millet lines with contrasting rhizodeposition properties and for two soils with significantly different initial carbon content.

We grew two lines (L220 and L132, Ndour et al. 2017) of pearl millet on a 28-day growth cycle in a Mediterranean arenosol under different previous land-use: vineyard (carbon poor) and forest (carbon rich) (Quéro et al. 2022). We conducted metabarcoding analyses to characterize the microbiota in roots, root-adhering soil, and unplanted soil. Additionally, soil organic carbon content was quantified using elemental analysis across various compartments: root-adhering soil, rhizosphere (non-root-adhering soil), and control unplanted soil.

The rhizosphere effect is illustrated by the decreasing trend of alpha diversity across compartments for both soils: unplanted soil > root-adhering soil > roots. Additionally, the carbon content increased following the ranking: root-adhering soil > not root-adhering soil > unplanted soil. However, the land-use has a great impact on both carbon gain and microbial communities. Notably, the carbon gain is more than 4-fold greater in root-adhering soil already rich in carbon (forest soil) compared to vineyard one. At the same time, there were significant variations in microbial composition as a function of land-use. These unexpected result will be presented and thoroughly discussed from a soil carbon storage perspective.

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 (AMX-19-IET-012).

References

[1] P. M. S. Ndour, et al., *SOIL* 8, (2022) 49.

[2] P. M. S. Ndour, et al. *Frontiers in Plant Science*, 8 (2017).

[3] S. Quéro, et al. *SOIL* 8 (2022) 517.

Posters

Evolution morphologique et géophysique des cratères d'impacts

#Poster

Lounis Ait Oufella ^{1*}, Yoann Quesnel ¹, Vincent Godard ¹

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

*oufella@cerege.fr

Sur les surfaces planétaires, les impacts de météorites génèrent des cratères où la morphologie va évoluer en fonction de facteurs externes (processus atmosphériques) et internes (tectonique, métamorphisme). Sur Terre, de nombreux processus d'érosions dus au climat (eau [1], vent, glaciers) vont effacer petit à petit cette anomalie topographique, voire l'enfouir, alors que la tectonique et d'autres processus internes peuvent altérer voire faire disparaître sa trace. Malgré cela, la signature géophysique des structures d'impact est souvent la mieux conservée [2]. Ce travail combine la modélisation 3D de l'érosion d'une topographie initiale de cratères simples ou complexes, et de sa signature géophysique en surface, afin de mieux comprendre son évolution au cours du temps.

Remerciements

Je remercie le CEREGE et Aix-Marseille Université afin de me permettre de réaliser ma thèse dans les meilleures conditions.

Références

- [1] Benjamin T. Cardenas, Michael P. Lamb, and John P. Grotzinger. Nature Geoscience, 15(11), :871-877, 2022.
- [2] J. Plado, Lauri J. Pesonen, and V. Puura. In Large meteorite impacts and planetary evolution. B.O. Dressler and V.L. Sharpton, editors. Geological Society of America, January 1999.

CHENAIES PUBESCENTES EN REGION MEDITERRANEENNE : VULNERABILITE ET STRATEGIES DE GESTION

#Poster

Andréa BAGNON ^{1 et 2*}, Anne-Marie FARNET DA SILVA ¹, Nathalie DUPUY ¹, Thierry TATONI ¹, Anne RIALHE ²

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

(2) AERE, 3, impasse de la Retourde, 73100 Aix les Bains, <https://www.aere.fr/>

*andrea.bagnon@imbe.fr

Les forêts constituent des écosystèmes à préserver à de nombreux titres : habitat pour la biodiversité, stockage du carbone, intérêt patrimonial indéniable, ressources en bois, espaces récréatifs, etc. [1]. Elles jouent un rôle essentiel dans l'atténuation des changements climatiques notamment via la biodiversité des sols forestiers atténuant les effets de la sécheresse sur le cycle du carbone et de l'azote [2]. Toutefois, elles subissent actuellement de nombreuses menaces liées aux activités anthropiques (exploitation intense, défrichement pour les usages agricoles) et bien sûr aux changements climatiques [3, 4]. Or, la dégradation des forêts est un problème environnemental mondial puisqu'elle entraîne une perte de biodiversité, des émissions accrues de gaz à effet de serre et d'une manière plus générale, une diminution des services écosystémiques rendus ou potentiels [5].

Ainsi, la conservation des écosystèmes forestiers est devenue un enjeu majeur aux niveaux mondial, national et local [6,7]. L'implication des collectivités territoriales est fondamentale du fait de leurs compétences et de leurs leviers d'actions, particulièrement efficaces à l'échelle locale. Cependant, ces écosystèmes semblent bien souvent peu pris en compte dans les politiques territoriales.

Ainsi, cette thèse s'attachera à définir des stratégies d'accompagnement pertinentes des collectivités territoriales dans la réalisation d'un diagnostic simplifié de l'état de vulnérabilité des forêts en vue de mettre en place une gestion appropriée. Ce travail permettra de replacer la forêt au centre de la planification des collectivités territoriales via un transfert de connaissances scientifiques vers les usagers.

A cette fin, la réalisation d'enquêtes auprès des collectivités territoriales est envisagée afin d'obtenir une vision de la prise en compte actuelle des forêts dans les documents de planification et de gestion.

De plus, ce projet évaluera la vulnérabilité des chênaies pubescentes du Sud-Est de la France au changement climatique et apportera une meilleure connaissance du fonctionnement de ces forêts par une approche multi indicateurs (sols et plantes), en prenant en compte les variantes climatiques (via un gradient) et l'âge des forêts. En effet, suite à une forte déprise agricole au début du siècle passé, la Région Sud abrite des forêts présentant des continuités temporelles contrastées [8]. En assignant un état fonctionnel de la forêt à son âge (en lien avec les usages antérieurs agro-pastoraux), cette étude permettra d'identifier des écosystèmes plus vulnérables dans leur fonctionnement face aux pressions des changements climatiques. Elle pourra apporter des recommandations en termes de gestion de ces espaces. Ainsi, l'étude du continuum sol-plante se réalisera dans les Parcs Naturels Régionaux du Luberon et des Baronnies provençales, permettant de définir un gradient climatique à une échelle spatiale large. Elle inclura la caractérisation physico-chimique et biologique (communautés microbiennes et mésofauniques) des sols ainsi que les marqueurs phyto-métabolites des chênes via des mesures infrarouges (in situ et au laboratoire). Concernant l'approche métabolomique, la confrontation des analyses in natura et au laboratoire permettra d'identifier des marqueurs caractéristiques d'un état fonctionnel permettant des démarches simplifiées de diagnostic.

Remerciements

Le bureau d'études AERE et l'ANRT financent la bourse CIFRE d'Andréa BAGNON. Cette thèse bénéficie du support de la Région Sud par l'intermédiaire du projet Hist2F.

Références

- [1] R.L. Chazdon, P.H.S. Brancalion, L. Laestadius, A. Bennett-Curry, K. Buckingham, C. Kumar, J. Moll-Rocek, I.C.G. Vieira, S.J. Wilson, *Ambio*, 45 (2016) 538–550.
- [2] J. Luan, S. Li, S. Liu, Y. Wang, L. Ding, H. Lu, L. Chen, J. Zhang, W. Zhou, S. Han, Y. Zhang, S. Hättenschwiler, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121 (2024) e2313334121.
- [3] M. Marques, N. Juerges, J.G. Borges, *Forest Policy and Economics*, 111 (2020) 102049.
- [4] G.M. Tudoran, M. Zotta, *Science of The Total Environment*, 698 (2020) 133761.
- [5] J. Ghazoul, Z. Burivalova, J. Garcia-Ulloa, L.A. King, *Trends in Ecology & Evolution*, 30 (2015) 622–632.
- [6] T. Gao, M. Hedblom, T. Emilsson, A.B. Nielsen, *Forest Ecology and Management*, 330 (2014) 82–93.
- [7] D.B. Lindenmayer, J.F. Franklin, J. Fischer, *Biological Conservation*, 131 (2006) 433–445.
- [8] J. Abadie, J.-L. Dupouey, C. Avon, X. Rochel, T. Tatoni, L. Bergès, *Landscape Ecology*, 33 (2018) 289–305.

RETRODIFFUSION ET BIODEGRADATION : ATTENUATION NATURELLE DES COMPOSES ORGANOCHLORES DANS LES AQUIFERES DE FAIBLE PERMEABILITE	#Poster
--	---------

Danaé Barollier ^{1,2*}, Marc Crampon ², Maxime Cochenec ², Michaela Blessing ², Stéfan Colombano ², David Cazaux ³, Cédric Malandain ⁴, Patrick Höhener ¹

(1) Aix Marseille Univ, LCE - Laboratoire Chimie de l'environnement, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 3, France et AMU - Aix Marseille Université : UMR7376 / FRE3416 ; 58 Boulevard Charles Livon, 13284 Marseille cedex, France

(2) Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), 3 avenue Claude Guillemin, 45100RGM, Orléans, France, F45060

(3) INEOS-INOVYN, 2 avenue de la République, CS10001, 39501 Tavaux, France

(4) HYDREKA, 51 avenue Rosa Parks, 69009 Lyon, France

L'objectif principal de cette étude est de caractériser les processus de rétrodiffusion (diffusion de contaminants depuis l'aquitard vers l'aquifère) et de biodégradation du perchloroéthylène (PCE), du 1,2-dichloropropane (1,2-DCP) et de l'hexachlorobutadiène (HCBD) dans les aquifères contaminés. Ces composés présentent un intérêt particulier en raison de leur omniprésence dans de nombreux sites contaminés et de leur récalcitrance dans l'environnement [1,2]. Bien que les voies de dégradation du PCE soient connues [3], celle du 1,2-DCP est moins connue [4] et celle de l'HCBD en conditions anaérobies n'a pas encore été déterminée. Cette étude est basée sur un site industriel dans le Jura, en France. La méthodologie adoptée repose sur une approche multidisciplinaire, combinant des techniques de biologie moléculaire, de chimie isotopique et de modélisation numérique.

Une étude de cinétiques de biodégradation du PCE, du 1,2-DCP et de l'HCBD, en batchs et en condition anaérobie, est actuellement en cours avec les communautés microbiennes issues de deux piézomètres du site d'étude. Le suivi microbiologique de cette expérience se fera par qPCR et séquençage *Illumina* (metabarcoding) du gène de l'ARNr 16S, à la suite de l'extraction d'ADN et d'ARN des échantillons. Il permettra de suivre l'abondance, l'activité et la caractérisation des communautés microbiennes capables de déchloration réductrice, ainsi que des gènes liés à la déhalorespiration des solvants chlorés. Les microorganismes ciblés sont les bactéries des genres *Dehalococcoides*, *Dehalogenimonas*, *Dehalobacter*, et *Geobacter*. Des gènes spécifiques à la production d'enzymes impliquées dans la dégradation des éthènes chlorés seront recherchés (*pceA*, *tceA*, *bvcA*, *vcrA*, et *cerA*). Des analyses isotopiques composés spécifiques (CSIA) seront faites par GC-IRMS ($\delta^{13}\text{C}$) et par GC-qMS ($^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$). Ces analyses permettront d'établir le rapport isotopique initial des polluants et son évolution temporelle dans les batchs, permettant la caractérisation de la biodégradation. Un suivi des concentrations des contaminants, de la production de métabolites de dégradation et des conditions physico-chimiques sera mené afin de caractériser la biodégradation des contaminants et leur impact sur le milieu. Les concentrations du PCE et du 1,2-DCP devraient diminuer avec le temps. En parallèle, un enrichissement isotopique lié à la dégradation est attendu. Les produits de dégradations des polluants devraient augmenter dans un premier temps puis diminuer en raison de leur biodégradation [5].

Une simulation en laboratoire des mécanismes de rétrodiffusion à l'interface entre aquifère/aquitard sera réalisée en bac 2D avec de billes de verre afin de créer un contraste de conductivité hydraulique similaire au site d'étude. Le suivi de cette expérience consistera en une caractérisation des flux associés à la rétrodiffusion, à l'aide d'un traceur coloré et de méthodes d'imagerie développées au BRGM. En parallèle, un suivi de l'enrichissement isotopique sera mené, ainsi qu'une étude d'impact de la rétrodiffusion sur la biodiversité microbienne et l'abondance de gènes spécifiques à la dégradation des molécules ciblées au niveau de l'interface. Des modèles numériques seront finalement développés pour intégrer les données expérimentales et simuler les processus de rétrodiffusion et de biodégradation à l'échelle du site.

Ce projet de recherche permet de pallier le manque de connaissances sur les facteurs contrôlant les mécanismes de biodégradation et de fractionnement isotopique des contaminants chlorés dans les aquifères, notamment dans les zones de rétrodiffusion. Ainsi, les résultats attendus auront des implications importantes pour le développement de modèles plus précis et pour la mise en place de stratégies de remédiation efficaces à long terme.

Remerciements

Nous remercions la société Ineos-Inovyn pour l'accès aux échantillons du site, aux données historiques du site de Tavaux et pour la communication des résultats d'analyses chimiques. Nous remercions aussi l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME) pour l'intérêt porté au projet et le financement de cette thèse.

Références

- [1] M. T. Li, L. L. Hao, L. X. Sheng, J. B. Xu, *Bioresource Technology*, 99 (2008) 6878-6884.
- [2] World Health Organization (WHO), in *Guidelines for Drinking Water Quality*, WHO (2e Ed., vol. 2), Genève, 1998.
- [3] P. Ebrahimbabaie, J. Pichtel, *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (2021) 1-32.
- [4] E. Padilla-Crespo, J. Yan, C. Swift, *et al.*, *Applied and Environmental Microbiology*, 80 (2014) 808-818.
- [5] L. Hermon, Diagnostic microbiologique de sites contaminés par les solvants chlorés. *Thèse de doctorat*, Strasbourg, 2017

Nour Ben Haj Yahia^{1*}, Jérôme Labille¹, Arnaud Schneider²

(1) *Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (Aix-en-Provence, France)*

(2) *Mayoly Spindler, Beaufour Ipsen Industrie (Isle sur la Sorgue, France)*

*benhajyahia@cerege.fr

Contamination and associated infections caused by pathogenic microorganisms have long been recognized as a serious threat to human healthcare quality. With the rapid spread of antimicrobial resistance due to the overuse of antibiotics[1], there has been a growing interest in developing novel antibacterial agents. Clay minerals, abundant in nature, have shown promise not only as drug carriers[2], but also as versatile components in pharmaceutical formulations[3], sorbents for toxic materials in water treatment[4], and most importantly as antibacterial agents[5], all due to clays' chemical reactivity. This newfound understanding positions clay minerals as key players in the quest for effective and sustainable solutions to contend with bacterial infections.

Comprehending the involved antibacterial mechanisms has become essential, as it holds the potential to offer numerous benefits in adjusting the various physico-chemical properties of natural clays to enhance their antibacterial effectiveness.

We aim (i) to explore the generation of reactive oxygen species (ROS) through the Fenton reaction induced by the iron content in clays and its effect on bacteria destruction[6], [7]; (ii) to investigate the potential oxidation of bacteria by the presence of mineral impurities in clay such as pyrite[6], [8], or manganese oxide[9], [10]; and (iii) to study the potential release of mineral-bound cytotoxic metals from clays.

References

- [1] F. Prestinaci, P. Pezzotti, A. Pantosti, *Pathogens and Global Health*, 109, 7, (2015), 309-318.
- [2] M. Massaro, C. G. Colletti, G. Lazzara, S. Riela, *Journal of Functional Biomaterials*, 9, (2018).
- [3] C. Viseras, A. Lopez-Galindo, *Applied Clay Science* 14, (1999), 69–82.
- [4] E. ElBastamy, L. A. Ibrahim, A. Ghandour, M. Zelenakova, Z. Vranayova, M. Abu-Hashim, *Sustainability*, 13, (2021), 5738.
- [5] K. Shameli, M. Mansor Bin Ahmad, Z. Mohsen, W. Z. Yunis, N. A. Ibrahim, A. Rustaiyan, *IJN*, (2011), 581.
- [6] K. D. Morrison, R. Misra, L. B. Williams, *Sci Rep*, 6, (2016), 19043.
- [7] C. R. Keenan, R. Goth-Goldstein, D. Lucas, D. L. Sedlak, *Environ. Sci. Technol.*, 43, (2009), 4555-4560.
- [8] L. R. Friedlander, N. Puri, M. A. A. Schoonen, et A. W. Karzai, *J Water Health*, 13, (2015), 42-53.
- [9] T. Du *et al.*, *Nanomaterials (Basel)*, 10, (2020), 1545.
- [10] L. Liu *et al.*, *Biomater. Sci.*, 9, (2021), 5965-5976.

Arthur Boschet ^{1*}, Mathieu Audouard ¹, Andy Dieudonne ¹, Alexis Dohgnmane ¹, Jean-Michel Lopez ¹, Christian Travaglini ¹, Anne Ganteaume ¹

(1) Inrae -Aix-en-Provence, Unité de Recherche RECOVER, Equipe de recherche « Ecosystèmes Méditerranéens et Risques », 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5, France

*arthur.boschet@gmail.com

Les incendies de forêt constituent un risque majeur dans la région méditerranéenne, en particulier dans le sud-est de la France, ravageant des milliers d'hectares chaque année. Ce risque est exacerbé par le changement climatique [1], notamment l'augmentation de la fréquence des événements météorologiques extrêmes, et les changements dans l'utilisation des terres, notamment l'augmentation des interfaces entre zones urbaines et zones sauvages (WUI) et des zones boisées [2]. Depuis plusieurs décennies, une réglementation [3] a été mise en place afin de prévenir autant que possible les incendies dans les zones urbaines et sauvages et le long des réseaux de communication, principalement par le biais de mesures de réduction des combustibles [4,5] (par exemple, le débroussaillage mécanique ou manuel, les brûlages dirigés). Cependant, l'effet des différentes mesures sur la réduction du risque d'incendie n'a pas encore été vérifié en France et en particulier en fonction du type de végétation et de la période de retour. L'objectif de cette thèse est de combler ces lacunes, en se concentrant sur la réduction des risques d'inflammation et de propagation [6]. Les principales méthodes de traitement des combustibles étudiées sont le broyage de la végétation, le débroussaillage/débroussaillage avec des résidus laissés sur place, et le brûlage dirigé qui peut dépendre des types de végétation et de la rugosité du terrain. Chaque méthode de traitement des combustibles sera donc étudiée dans des conditions de végétation et d'environnement aussi homogènes que possible et comparée à un témoin (absence de traitement).

Cette étude est menée dans plusieurs massifs forestiers des Bouches du Rhône, afin de tenir compte d'une éventuelle variabilité spatiale entre les échantillons.

Afin d'évaluer l'intervalle de retour le plus efficace pour chaque méthode, nous échantillons la végétation traitée à différents moments (sachant que les traitements ont généralement lieu tous les 3 ans) : T0 - végétation traitée juste avant la saison des feux, T1 - végétation traitée l'année précédente, et éventuellement T2 - végétation traitée deux ans auparavant (si la différence dans la structure de la végétation entre T1 et T2 est significative). Toutes les données (T0 et T1) ont été collectées au cours de l'été 2023 et sont actuellement traitées et analysées. Nos résultats devraient mettre en évidence la méthode de réduction du combustible et l'intervalle de retour les plus appropriés en fonction du type de végétation (arbuste ou herbe), conduisant à une gestion du combustible plus efficace pour une meilleure prévention des incendies.

Remerciements

Un grand merci à Anne Ganteaume pour l'opportunité de cette thèse et ses conseils; Andy, Jean-Michele et Mathieu pour leur aide précieuse et les moments de rigolades ; et bien sûr à ma famille et ma copine qui me soutiennent au quotidien.

Références

- [1] H. Fargeon. Effet du changement climatique sur l'évolution de l'aléa incendie de forêt en France métropolitaine au 21ème siècle. *Sylviculture, foresterie. Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France*, 2019.
- [2] F. Chappaz, A. Ganteaume. Role of land-cover and WUI types on spatio-temporal dynamics of fires in the French Mediterranean area. *Risk Analysis*, 2022.
- [3] T. Curt, T. Frejaville. Wildfire Policy in Mediterranean France : How Far is it Efficient and Sustainable? *Risk Analysis*, Vol 38, No. 3, 2018.
- [4] T Banerjee. Impacts of Forest Thinning on Wildland Fire Behavior. *Forests*, 2020.
- [5] E.Marino, M. Guijarro, C. Hernando, J. Madrigal, C. Díez. Fire hazard after prescribed burning in a gorse shrubland: Implications for fuel management. *Journal of Environmental Management*, 92 (2011)
- [6] A.Ganteaume, M.Jappiot and C. Lampin. Assessing the flammability of surface fuels beneath ornamental vegetation in wildland–urban interfaces in Provence (south-eastern France). *International Journal of Wildland Fire*, 2012,

Pauline Bosio ^{1*}, Irène Xueref-Remy ¹, Pierre-Éric Blanc ², Aurélie Riandet ³, Grégory Gille ⁴, Alexandre Armengaud ⁴, Sonia Oppo⁴

(1) Aix-Marseille Université, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, 13290 Aix-en-Provence, France

(2) UAR Pythéas, CNRS, Observatoire de Haute Provence, 04870 Saint-Michel l'Observatoire, France

(3) Université de Toulouse, CNRS, CNRM, Météo France, France

(4) ATMOSUD, 146 rue Paradis, 13006 Marseille, France

*pauline.bosio@imbe.fr

Methane (CH₄) is the second most important direct anthropogenic greenhouse gas after carbon dioxide (CO₂) [1]. Its lifetime is 10 times shorter than that of CO₂, and its warming potential 80 times greater over a 20-year period [2]. Reducing methane emissions therefore represents a leverage for rapid action on global warming. The Sud-PACA region (south-eastern France), classified by IPCC as a climate "hotspot" [2], is part of these efforts to reduce CH₄ emissions, with the aim of achieving carbon neutrality by 2050 [3].

To achieve this, it is essential to reduce the uncertainties of regional CH₄ emissions. Although over 50% of regional methane is estimated to be emitted in the south-western part of the region [4], there are few CH₄ measurements in this highly urbanized and industrialized area.

With a view to filling this gap and better characterizing anthropogenic sources of CH₄, a PICARRO G2401 CRDS analyzer and meteorological station were set up in May 2021 as part of the ANR COol-AMmetropolis project at Port-de-Bouc (43°24'7.056"N; 4°58'55.459"E), surrounded by numerous petrochemical industries. This station continuously measures CH₄, CO₂ and CO concentrations to study the variability of these species for the different wind sectors.

The spatio-temporal variability of CH₄ concentration and the identification of its sources using co-emitted species will be presented. All these data represent the first measurements of CH₄ in this industrial area and will also be used to independently verify regional inventories.

Acknowledgments

We would like to thank the Conseil Régional de la Région SUD - Provence-Alpes-Côtes-d'Azur for its financial support, as well as the regional air quality monitoring agency ATMOSUD, which also provided us with the emissions inventory data needed to carry out this study. We would also like to thank the COoL-AMmetropolis project funded by the Agence Nationale de la Recherche (grant number ANR-19-CE03-0008) for financing the PICARRO G2401 CRDS analyzer at Port-de-Bouc.

References

[1] IPCC. AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013; p 1535. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (accessed 2022-06-27).

[2] IPCC. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021.

[3] Gardons Une COP d'avance - Le Plan Climat de La Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, MaRégionSud, 2021.

[4] CIGALE by ATMOSUD, <https://cigale.atmosud.org>. (accessed 2024-03-19)

CALLENS. L^{1*}, JACQUET. S¹, ROYER-CARENZI. M²

¹Aix Marseille Université, CNRS/INSU, Université de Toulon, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288 Marseille, France

² Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, I2M, UMR 7373, Marseille, France

[*lauralie.callens@mio.osupytheas.fr](mailto:lauralie.callens@mio.osupytheas.fr)

Au sein du Parc National des Calanques, les contaminants métalliques, qu'ils soient d'origine industrielle (ex : anciennes usines de plomb ou de soude) ou urbaine (ex : émissaire de Cortiou), affectent le littoral marseillais dont le milieu marin [1]. L'usine de Gardanne, située à environ 20 km du littoral, a produit de l'alumine à partir du minerai de bauxite jusqu'en 2022. Les déchets générés par le procédé Bayer ont été déversés en mer méditerranée à une profondeur de 324 m sous forme de boues tapissant les fonds marins des années 1960 à 2015 [2]. En 2016, l'industriel a cessé de rejeter ces résidus solides en mer, laissant place à un effluent liquide, à fort pH et concentrations en métaux. Au total 6 paramètres avaient été soumis à dérogation car ils dépassaient les normes réglementaires, incluant le pH et les concentrations en Al, As et Fe. De 2016 à 2021, grâce aux progrès technologiques de l'industriel, au suivi et à la surveillance accrue de ces rejets par des comités dédiés tel que le CSIRM, l'effluent a progressivement été rendu conforme aux réglementations. Nous avons pris part à ce suivi pour l'étude du devenir des contaminants métalliques en mer, incluant l'étude de la colonne d'eau environnante, du panache, de l'effluent, des sédiments ainsi que de la formation d'hydrotalcites lors du mélange entre l'effluent et l'eau de mer [3-4].

La présente étude concerne le suivi de l'évolution des métaux de l'effluent en mer, et plus spécifiquement au niveau de son exutoire. L'objectif de notre travail a été de confronter l'évolution des concentrations en Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti et V dans les 15 premiers mètres au-dessus de la sortie de la canalisation avec celle de l'effluent sur la période de 2016 à 2021. A noter parmi les traitements industriels mis en place en usine : l'installation de filtre presse en 2016, d'une station de traitement au CO₂ en 2019 et d'une station de traitement biologique en 2020. Les concentrations en métaux ont été mesurées sur des échantillons filtrés, F (concentrations dissoutes) et non filtrés, NF (concentrations totales) par ICP-MS (spectromètre de masse couplé à une torche à plasma).

Nos résultats ont mis en évidence entre 2016 et 2019 une diminution significative des concentrations dans l'effluent pour l'ensemble des contaminants métalliques à l'exception de Ni, Cr et V. Cette baisse fait suite à l'installation de la station de traitement au CO₂ qui a permis l'abaissement du pH de 12,5 à 8,2. De 2019 à 2021, les concentrations ont fluctué et seules les concentrations en Cu et As ont ponctuellement dépassé les limites réglementaires lors des différents prélèvements. Les concentrations en métaux dans l'effluent étaient principalement sous forme dissoute (F=NF), à l'exception de Al, Fe et Ti dont les ratios moyens F/NF étaient compris entre 13 et 66% à partir de 2020, en lien potentiel avec une formation de floculats liés à l'installation de la centrale de traitement biologique.

L'arrivée du rejet dans la colonne d'eau est marquée par un panache reflétant le mélange de l'effluent dans l'eau de mer au niveau de l'exutoire. Les concentrations en métaux tendent à diminuer avec la distance du point de sortie du rejet. Elles présentent une plus grande variabilité que celle du panache mais restent dans la même gamme de concentration, sauf pour Al NF qui est passé de 3 581 µg/L to 280 µg/L entre 2016 et 2021. L'ensemble des concentrations sont globalement supérieures aux valeurs environnementales dans le milieu marin sur ces 15 premiers mètres. De 2016 à 2021, le ratio F/NF des concentrations a globalement augmenté, illustrant une prédominance des métaux sous forme dissoute, notamment pour As, Al, Fe, Mn, Pb et Ti passant d'un ratio F/NF < 50%, à un ratio F/NF de 57% (Al), 74% (Fe) et 100% (Mn, Pb et Ti). Cette tendance est particulièrement visible entre 2016 et 2019, notamment pour Al, où l'hydrotalcite formée par le mélange effluent/eau de mer en 2016 a cessé lorsque l'effluent a été neutralisé en 2019.

L'évolution des concentrations en métaux dans la colonne d'eau environnante durant cette période sera également étudiée dans le cadre de cette thèse. Celle-ci sera complétée par de nouvelles données obtenues début 2024 au même site. Elles seront discutées dans le contexte de l'évolution de la composition de l'effluent rejeté jusqu'en 2021 puis celui faisant suite à l'arrêt du procédé Bayer en 2022.

Remerciements

Cette thèse est financée par le GdR OMER, MITI CNRS (2022-2025) en co-direction entre S. Jacquet (MIO) et B. Juanals (CNE).

Références

- [1] Les calanques industrielles de Marseille et leurs pollutions - Une histoire au présent. X. Daumalin, I. Laffont-Schwob, J. Kmieckowiak, Aix-en-Provence, REF.2C, 2016
[2] J-C. Dauvin, *Marine Pollution Bulletin* 60, n° 2 (2010) 197-206.

[3] S.Jacquet, C. Monnin, O. Herlory, D. Mille, A. Dufour, B. Oursel, L-E. Heimbürger-Boavida, S. D'onofrio, N. Layglon and, C. Garnier, *Chemosphere*, 263 (2021) 127695.

[4] C. Monnin, A-L. Koumba Boussougou, P. Oliva, C. Garnier, and S.Jacquet, *Environmental Advances*, 5 (2021) 100087.

DYNAMICS OF THE PARTICLE-ASSOCIATED NON CYANOBACTERIAL DIAZOTROPHS IN THE CHANGING ARCTIC OCEAN	#oral
--	-------

Arthur Coët^{1,2*}, Cécile Carpaneto-Bastos^{1,2}, Claire Mahaffey³, Mathias Lechelon², Pierre Ronceray^{2,4}, Mar Benavides^{1,2*}

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, MIO UMR 110, 13288, Marseille, France

(2) Turing Center for Living Systems, Aix-Marseille University, 13009 Marseille, France

(3) School of Environmental Sciences, University of Liverpool, Liverpool, UK

(4) Centre interdisciplinaire de nanoscience de Marseille, 13288, Marseille, France

[*Arthur.coet@mio.osupytheas.fr](mailto:Arthur.coet@mio.osupytheas.fr)

[*Mar.benavides@ird.fr](mailto:Mar.benavides@ird.fr)

Pierre.ronceray@univ-amu.fr

The Arctic Ocean is undergoing important changes due to global warming, with sea ice melting and nutrient release. Consequently, phytoplankton blooms have increased due to enhanced nitrogen availability [1]. However, as these blooms intensify, nitrogen stocks decline [2], limiting further biological activity. In this nitrogen-limited scenario, diazotrophs emerge as key players. Through the process of atmospheric nitrogen (N₂) fixation, these specialized microorganisms reduce N₂ into ammonia, a form that can be directly used by living organisms. Historically, cyanobacteria have been recognized as the principal N₂-fixing organisms in marine environments. However, recent studies have highlighted the overlooked importance of non-cyanobacterial diazotrophs (NCDs) in the ocean[3]. Unlike cyanobacteria, NCDs are incapable of photosynthetic carbon fixation and rely on exogenous carbon sources to meet their energy demand. In addition, diazotrophs have evolved different mechanisms to protect the N₂ fixing enzyme nitrogenase from oxygen inhibition [4]. Studies have shown that marine particles, which are carbon-rich aggregates, can harbor anaerobic micro-niches within their core [5]. Hence, marine particles may provide an ideal habitat for NCDs by simultaneously facilitating their carbon acquisition needs and low-oxygen microenvironment requirements [6]. However, the nature of the association between different NCDs species and marine particle composition remains uncharacterized. Furthermore, understanding the competition and sequential colonization processes among NCDs for limited carbon resources on these particles could shed light on the complex dynamics of nutrient cycling in marine environments. To investigate the interaction between NCDs and marine particles, a chemotaxis experiment was conducted during a research expedition in the Arctic Ocean in summer 2023. By using a specially adapted 'In Situ Chemotaxis Assay' (ISCA), this study provided insights into the temporal dynamics of bacterial colonization in relation to different carbon sources at different locations in the Barents Sea. DNA was isolated from individual artificial particles to perform amplicon sequencing of the 16S rRNA genes, essential for understanding microbial ecosystems, and *nifH* gene revealed diazotrophic bacteria, crucial for nitrogen cycling. The research aimed to explore microbial interactions and nutrient cycling, focusing on nitrogen fixation and carbon utilization in the Arctic Ocean. The results show patterns of sequential colonization by different bacterial taxonomic groups on marine particles, suggesting potential competitive interactions among NCDs groups for carbon resources as well as sequential degradation processes of the particles.

Remerciements

My thanks go to the Centre Turing for living (CENTURI) system and the University of Aix-Marseille, for funding my PhD and research work. I would also like to thank my two thesis supervisors, Claire Mahaffay for organizing the DY167 oceanographic campaign, and all the crew members of the RSS Discovery.

Références

- [1] Oregon State University & Juranek, L. Changing Biogeochemistry of the Arctic Ocean: Surface Nutrient and CO₂ Cycling in a Warming, Melting North. *Oceanography*, (2022) 120.
- [2] Tuerena, R. E. et al. Nutrient pathways and their susceptibility to past and future change in the Eurasian Arctic Ocean, *Ambio* 51 (2022) 355–369.
- [3] Cornejo-Castillo, F. M. & Zehr, J. P. Intriguing size distribution of the uncultured and globally widespread marine non-cyanobacterial diazotroph Gamma-A. *ISME J*, 15, (2021) 124–128.
- [4] Turk-Kubo, K. A. et al. Non-cyanobacterial diazotrophs: Global diversity, distribution, ecophysiology, and activity in marine waters. *FEMS Microbiol. Rev. fuac*, (2022) 046.
- [5] Klawonn, I., Bonaglia, S., Brüchert, V. & Ploug, H. Aerobic and anaerobic nitrogen transformation processes in N₂-fixing cyanobacterial aggregates. *ISME J*, 9, (2015) 1456–1466.
- [6] Farnelid, H. et al. Diverse diazotrophs are present on sinking particles in the North Pacific Subtropical Gyre. *ISME J*, 13, (2019) 170–182.

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

#Poster

Hugo Durand ¹, Olivier Radakovitch ¹, Sophie Gambardella², Céline Duffa ¹, Karine Beaugelin ³

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/STAAR/LRTA, France

(2) DICE / CERIC - Droits International, Comparé et Européen / Centre d'études et de recherches internationales et communautaires (CERIC)

(3) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/SEDER, France

*hugo.durand-amu@irsn.fr

L'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins militaires, civiles ou de recherches nécessite de disposer d'installations réglementées. Au cours de cette dernière décennie, ces installations se sont multipliées, et le récent plan de relance du nucléaire français tend encore à en augmenter le nombre. Les risques sanitaires et écologiques en cas de rejets accidentels de substances radioactives dans l'environnement perdurent donc, et ils restent nécessaire d'anticiper les conséquences de rejets accidentels de radionucléides artificiels, et d'élaborer en amont une stratégie de gestion étalée dans le temps. En 2022, le gouvernement français a repris sa doctrine de gestion post-accidentelle pour les territoires contaminés à la suite d'un accident nucléaire. Cette version souligne la nécessité de poursuivre de nouveaux objectifs pour compléter ces propositions, l'un d'entre eux concerne la gestion pour les milieux marins. En effet, de nombreuses installations nucléaires sont à proximité des milieux aquatiques, et le risque d'un rejet de radionucléides sur ou dans ces milieux risque d'affecter l'océan. Le retour d'expérience de la gestion des conséquences de l'accident de Fukushima illustre le besoin de disposer d'éléments de doctrine à ce sujet. En réponse à ce besoin, le comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle (CODIRPA), piloté par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, a validé la création d'un groupe de travail pluraliste supervisé par l'IRSN pour proposer au gouvernement des éléments de doctrines pour la gestion des milieux aquatiques, et plus particulièrement sur la gestion du milieu marin.

Les objectifs de cette thèse s'inscrivent dans cette réflexion, en proposant de comparer différents scénarios accidentels de dispersion marine de radionucléides en formes dissoutes sous différentes contraintes hydrodynamiques, et de développer une méthode d'évaluation des risques pour les populations et l'environnement. Un modèle IRSN de dispersion marine (STERNE) sera utilisé, et nous fonderons nos réflexions autour des risques sur la base d'indicateurs ou de critères fixant des normes à la protection de la population contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. Nous pourrons aussi étudier la question de l'impact socio-économique au travers notamment de la pêche professionnelle et du tourisme. Enfin au regard des multiples conventions internationales, du droit de la mer et des différents instruments juridiques concernant le droit nucléaire à l'international, à l'échelle européenne puis nationale, nous étudierons les processus juridiques encadrant les questions que soulève la gestion de la phase post-accidentelle, notamment dans les cas de pollutions transfrontalières.

Elmi Adaneh. A ^{1,2*}, Wong Wah-Chung. P¹, Piram. A¹, Mahdi Ahmed. M²

(1) Aix Marseille Université, Laboratoire Chimie de l'Environnement (UMR CNRS 7376 LCE), Technopôle de l'Arbois, 13545 Aix en Provence, France

(2) Observatoire Régional de Recherche sur l'Environnement et le Climat (ORREC), Centre d'Etudes et de Recherches de Djibouti, Route de l'aéroport, BP 486, Djibouti, Djibouti

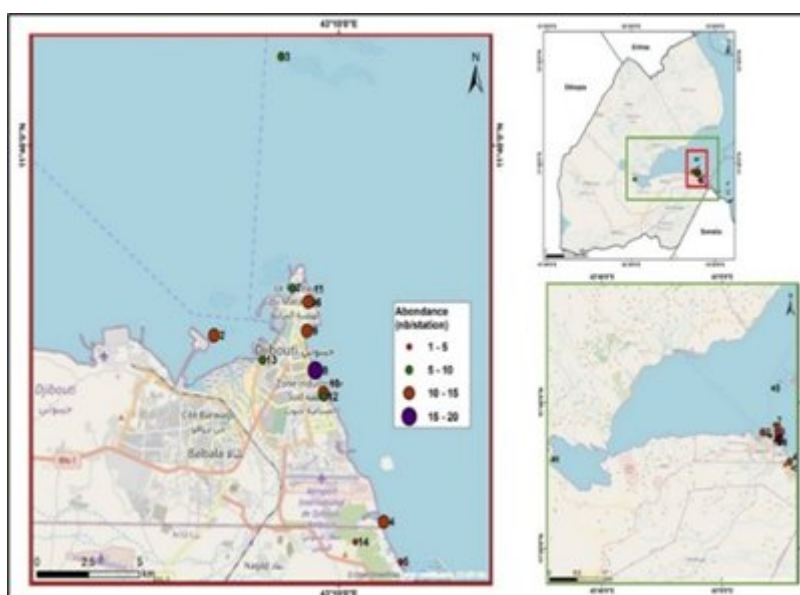
*abdillahi155@gmail.com

Les produits pharmaceutiques et de soins personnels (**PPCPs**) comprennent une grande variété de composés organiques qui sont couramment utilisés dans la vie quotidienne. Leur pseudo-persistance est observée dans les différents réservoirs environnementaux tels que l'eau, les sédiments et le biote avec des teneurs allant de quelques nanogrammes à plusieurs microgrammes par litre. [1].

Le Golfe de Tadjourah (**GTD**) est situé entre le golfe d'Aden à l'est et la Mer Rouge et il couvre environ la moitié de la superficie des Bouches-du-Rhône, soit 2368 km². La capitale de Djibouti abrite environ 80% de sa population. En raison de la concentration urbaine, plus de 80% des eaux usées non traitées sont rejetées dans l'environnement. Un déversement direct de divers contaminants organiques, y compris des **PPCP** a alors lieu dans le **GTD** [2]. Sur la base des informations analysées disponibles au ministère de la Santé sur les quantités prescrites après une analyse des maladies chroniques à Djibouti, 26 substances cibles (25 composés parents et 1 métabolites) ont été choisis. Cette étude est la première sur la présence et les teneurs de **PPCPs** dans les eaux de mer du Golfe de Tadjourah. Pour quantifier ces composés cibles, une méthode d'analyse par chromatographie liquide ultra-haute performance couplée à un spectromètre de masse en tandem et à haute résolution (**UHPLC-QTOF**) a été développée.

Cette technique offre des performances d'identification en erreur de masse allant à 5 ppm et une limite de quantification de l'ordre du µg/L. Afin d'atteindre des seuils de détection suffisamment faibles, une procédure d'extraction multi-résidu sur phase solide a été développée afin de permettre la préconcentration des cibles moléculaires dans les échantillons d'eau de mer du **GTD** [3].

Les développements relatifs à la procédure d'extraction et de purification par extraction sur phase solide (**SPE**) ainsi qu'à la détection par spectrométrie de masse à haute résolution des **PPCPs** a été conduites et ont permis de choisir les conditions de quantification optimales. Les rendements d'extraction sont compris entre 64 et 128%. De plus, un effet matrice compris entre 8 et 108% a été observé. Ainsi, une méthode multi-résidus permettant la quantification d'ultra-trace de 30 **PPCPs** cibles dans l'eau de mer a été développée. Une campagne d'échantillonnage a été en conduite dans la baie de Djibouti-ville (voire figure ci-dessous) afin de pouvoir conduire une première évaluation sur la présence ou non des substances d'intérêt.



Il a été observé que 17 PPCPs cibles ont majoritairement été détectés sur la façade Est de Djibouti-ville ce qui en effet concorde bien avec le nombre de points de rejet des effluents urbains. De plus, nous constatons que la carbamazépine ainsi que l'acide salicylique sont détectées dans toutes les stations (n=7) permettant ainsi de les considérer comme des traceurs d'anthropisation dans le Golfe de Tadjourah.

Pour conclure, une méthode de quantification multi-résidu efficace a été développée au sein de l'ORREC. Nous constatons ainsi avec cet outil que le milieu aquatique côtier du GTD est fortement impacté par la présence de PPCP. Un développement urbain intense provoque le relargage d'eaux usées non traitées, ainsi la mise en place d'une stratégie de réduction à la source permettrait de réduire l'impact sur l'environnement et la biodiversité. Pour finir, cette étude permettra de mettre en place un programme de *monitoring* du littoral afin de renforcer des stratégies de prévention et de gestion.

Remerciements

Cette thèse est financée par le Centre d'Etudes et de Recherches de Djibouti et Campus France. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers la Marine Nationale et la Garde Côtière Djiboutienne pour le soutien logistique et humain durant les campagnes d'échantillonnage.

Références

[1] K'oreje, K. O., Okoth, M., Van Langenhove, H., & Demeestere, K. (2020). *Journal of Environmental Management*, 254(November 2019), 109752.

[2] Awaleh, M. O., Bouraleh, H. F., Soubaneh, Y. D., Badran, M., Bahga, H. O., & Samaleh, A. I. (2015). *Journal of Marine Science. Research & Development*, 5(2), 1.

[3] Mheidli, N., Malli, A., Mansour, F., & Al-Hindi, M. (2022). Occurrence and risk assessment of pharmaceuticals in surface waters of the Middle East and North Africa: A review. *Science of The Total Environment*, 851, 158302

INVESTIGATING BACTERIAL DIVERSITY OF THE ULVA HOLOBIONT IN INDUSTRIAL CULTURES	#Poster
---	----------------

Estoup P ^{1,2*}, Gernigon V ³, Raimbault P ¹, Avouac A ², Raimbault P ¹, Blanc G ¹, Gobet A ²

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

(2) MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Sète, France

(3) Eranova, Port-Saint-Louis-du-Rhône, France

*paul.estoup@gmail.com

In the macroalgal holobiont, interactions between the host and its associated microbiome play a key role in host growth and productivity [1-5]. Ulva's bacterial microbiome is known to act on host morphology and physiology. Ulva is commonly known for causing green tides due to eutrophication [6,7], but fluctuations of its microbiome in these conditions are poorly known. Our study aims to describe and follow the bacterial diversity associated with ulva industrial cultivation, with (enriched, ENR) and without (seawater only, SW) nitrate-based fertilization. From March to May 2021, cultivation water and ulva thallus were collected in triplicate weekly and bimonthly, respectively. The bacterial community from ulva's biofilms and water was assessed by metabarcoding of the 16S rRNA gene. In the water or the biofilm, microbial communities followed distinct ecological patterns in the SW and ENR conditions, and fluctuated with temperature (from 6 °C to 18 °C). For instance, ASVs identified as *Granulosicoccus*, known as a genus of potential algal polysaccharide degraders, was amongst the most abundant in the biofilms and decreased from 78.1% to 28.5% and from 45.0% to 1.2%, in SW and ENR, respectively. Interestingly, the ENR condition seemed to have enriched genera known for their role in ulva morphogenesis: *Maribacter*, *Roseobacter* and *Sulfitobacter*. Fertilization thus led to a shift in the bacterial community composition and structure associated with ulva. This study gives an overview of the effect of large inputs of agricultural fertilizers on ulva's associated microbiome in a cultivation basin and could be extrapolated to coastal green tides.

Acknowledgements

We would like to thank the UMR MARBEC bio-mol team at the IFREMER station, in particular Christine Felix and Florence Cornette, for their support. We would also like to thank the PAPB platform, in particular Nicole Garcia, for their help with chemistry. Finally, we would like to thank the ERANOVA company for making their ulva cultures available to us.

References

- [1] F. Ghaderiardakani, L. Langhans, V.B. Kurbel, S. Fenizia, T. Wichard, *Environmental and Experimental Botany*, 200 (24) (2022), 104913.
- [2] D. Rao, J. S. Webb, C. Holmström, R. Case, A. Low, P. Steinberg, S. Kjelleberg, *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (2007), 7844–7852.
- [3] M. Spoerner, T. Wichard, T. Bachhuber, J. Stratmann, W. Oertel, *Journal of Phycology*, 48 (6) (2012), 1433–1447.
- [4] M. Trigui, L. Gasmı, I. Zouari, S. Tounsi, *Journal of Applied Phycology*, 25 (1) (2013), 319–328.
- [5] T. Wichard, *Frontiers in Plant Science*, (2015), 6.
- [6] B. Chevassus-au-Louis, B. Andral, M. Bouvier, A. Féménias, Bilan des connaissances scientifiques sur les causes de prolifération de macroalgues vertes, Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement (CGEDD), Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (CGAAER), France, 2012, p 147.
- [7] S. Pillard, Mise au point sur les algues vertes: risques environnementaux et valorisations en 2016, Université De Picardie Jules Verne UFR De Pharmacie, Amiens, France, 2016.

MULTI-SOURCE IN SITU AND SATELLITE VARIATIONAL DATA ASSIMILATION INTO A FULLY DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODEL FOR FLOODS AND DROUGHTS MODELING OVER POORLY GAUGED AND UNGAUGED AREAS	Poster
--	--------

Mouad Ettalbi ^{1,2,3*}, Pierre-Andre Garambois ¹, Nicolas Baghdadi ², Emmanuel Ferreira ³, and Ngo-Nghi-Truyen Huynh ¹

(1) INRAE, UMR RECOVER, Aix-Marseille Université, Aix-En-Provence, France

(2) INRAE, UMR TETIS, Université de Montpellier, Montpellier, France

(3) AIWAY, Aix-en-Provence, France

*mouad.ettalbi@inrae.fr

Estimating water flows and stocks in surface hydrology is crucial for addressing important socio-economic issues, such as managing water resources and predicting extreme events like floods and droughts. These challenges become more significant with the ongoing global climate change, which may intensify the hydrological cycle [1]. Advanced modelling tools are necessary for making precise and reliable local forecasts. However, hydrological models, regardless of their complexity and status, encounter difficulties in accurately and reliably predicting quantities of interest such as river flows or soil moisture states, and in accounting for meteorological-climatic effects on hydrology. Given the complexity of the physical processes involved and their heterogeneous and limited observability, hydrological modelling is a challenging task, and internal flows often have significant uncertainties [2]. These uncertainties could be reduced by integrating new observations from remote sensing applied to continental surfaces [3], which is rapidly evolving. A variety of satellites and sensors now allow the observation of watershed surface characteristics and hydrological responses with increasing spatial-temporal resolutions. In particular, products of soil moisture, evaporation, and land use are now available at relatively high spatial-temporal resolution [4]. This work focuses on improving the integration of satellite and in-situ land surface data into spatially distributed hydrological models. The Hybrid Data Assimilation and Parameter Regionalization (HDA-PR) approach incorporating learnable regionalization mappings, based on neural networks into the differentiable hydrological model

SMASH [5], is modified to account for satellite moisture maps in addition to discharge at gauging stations and basins physical descriptors maps. Regional optimizations are performed on flash-flood-prone areas located in the South of France and their accuracy and robustness is evaluated in terms of simulated discharge and moisture against observations.

Références

[1] Masson-Delmotte, V. and P., Zhai and A., Pirani and S.L., Connors and C., Péan and S., Berger and N., Caud and Y. Chen and L., Goldfarb and M.I., Gomis and M., Huang and K., Leitzell and E., Lonnoy and J.B.R., Matthews and T.K., Maycock and T., Waterfield and O., Yelekçi and R., Yu, and B., Zhou (eds.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Technical report, IPCC, 2021.

[2] Milly, P. C. D., *climate, soil water storage, and the average annual water balance*. *Water Resources Research*, 30(7):2143–2156, 1994.

[3] M. Dembélé, M. Hrachowitz, H. H. G. Savenije, G. Mariéthoz, and B. Schaeffli. *Water Resources Research 2019 : Improving the Predictive Skill of a Distributed Hydrological Model by Calibration on Spatial Patterns With Multiple Satellite Data Sets*.

[4] Q. Gao, M. Zribi, M. J. Escorihuela, and N. Baghdadi. *Sensors 2017 : Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Soil Moisture Mapping at 100 m Resolution*.

[5] SMASH. *Documentation de la plateforme SMASH - Spatially distributed Modelling and ASSimilation for Hydrology*. Technical report, INRAE et al., 2021.

VALORISATION DES PALETUVIERS DES MANGROVES DU SENEGAL PAR UNE APPROCHE ETHNOPHARMACOLOGIQUE

#Poster

C. Gaye ^{1,2*}, Y. Tine², D. Fall², E. Garayev¹, A. Bousquet-Mélou¹, & B. Baghdikian¹

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

(2) Laboratoire de Chimie Organique et Thérapeutique, Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontologie, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal

*cheikhouna.gaye@imbe.fr

Au Sénégal, les mangroves sont présentes dans quatre zones : le Delta du Sine-Saloum, la Casamance, l'embouchure du fleuve Sénégal et Joal [1]. Six espèces de palétuviers sont présentes dans tout le Sénégal : *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa* Meyer, *Rhizophora harisonnii* Leechman, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f., *Avicennia germinans* (L.) Stearn et *Conocarpus erectus* L. [2]. Les trois espèces les plus représentées sont : *A. germinans*, *R. mangle* et *L. racemosa*. Ces palétuviers sont utilisés en médecine traditionnelle par la population locale pour traiter diverses pathologies. Par ailleurs, les moyens de subsistance des populations locales étant intimement liés à la productivité des écosystèmes mangrove (ex. utilisation du bois mort comme bois de chauffage, pêche de poissons, mollusques et crustacées), les composantes sociales et environnementales des mangroves sont indispensables pour en assurer la durabilité [3]. Ainsi, la découverte de molécules naturelles biologiquement actives, issues des palétuviers pourrait participer à la conservation et la gestion durable de ces écosystèmes.

Les objectifs spécifiques et méthodes utilisées dans cette étude sont :

- évaluer l'utilisation traditionnelle des différentes espèces de palétuviers à des fins thérapeutiques à l'aide d'une démarche ethnopharmacologique via des enquêtes ethnobotaniques auprès de la population locale et des tradipraticiens. Les régions ciblées sont les îles du delta Sine-Saloum ;
- déterminer la composition chimique de ces différentes espèces, notamment celles qui ressortiront des enquêtes ethnobotaniques et évaluer leurs activités biologiques.

Dans un premier temps, les six espèces de palétuviers ont été identifiées sur la base d'enquêtes ethnobotaniques menées dans les zones de mangroves au Sénégal. Ces plantes ont été récoltées et soumises à une éco-extraction utilisant des « solvants verts » tels que l'eau et l'éthanol. Les extraits ainsi obtenus ont été analysés par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS), permettant la caractérisation de leur composition chimique par l'approche de réseaux moléculaires [4]. Les extraits ont fait l'objet d'un criblage pharmacologique afin d'évaluer leur potentiel thérapeutique. Les propriétés thérapeutiques étudiées sont : les propriétés antioxydante, anti-inflammatoire, cicatrisante, antimicrobienne et antipaludique.

En deuxième partie, deux des extraits les plus actifs seront sélectionnés en vue de l'étude phytochimique du(des) palétuvier(s) qui permettra d'isoler et identifier la ou les molécules actives à l'aide du fractionnement bio-guidé, qui consiste à évaluer, à chaque étape du fractionnement, l'activité biologique des fractions, cibler les plus actives jusqu'à l'isolement des molécules bioactives.

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont permis la réalisation de cette collaboration entre Université Cheikh Anta DIOP de Dakar et Aix Marseille Université à travers l'IMBE, et plus particulièrement à Béatrice Baghdikian, Anne Bousquet-Mélou et tout le personnel de l'équipe Ecologie fonctionnelle : des systèmes socioécologiques aux molécules (ECOSOM)

Références

- [1] L. Gallup, D.A. Sonnenfeld, F. Dahdouh-Guebas *Ocean and Coastal Management*, 185, (2020), 105001.
- [2] *World atlas of Mangrove*. M. Spalding, 2010. (1st ed.). Routledge.
- [3] G. Conchedda, E.F. Lambin, P. Mayaux, *Annals of the Association of American Geographers*, 101:6, (2011), 1259-1284.
- [4] Y. Zhao, O. Gericke, T. Li, L. Kjaerulff, K.T. Kongstad, A.M. Heskes, B.L. Møller, F. S. Jørgensen, H. Venter, S. Coriani, S. J. Semple, D. Staerk, *Analytical Chemistry*, 95(9) (2023), 4381-4389

Cultivating microbial consortia from the alkaline prony bay hydrothermal field on different carbon sources

#Poster

Rabja Maria Popall ^{1*}, Agathe Roland ¹, Sylvain Davidson ¹, Yannick Combet-Blanc ¹, Anne Postec ¹, Gaël Erauso ¹

(1) Aix-Marseille Univ, Univ Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, Mediterranean Institute of Oceanography, Marseille, France

*rabja.popall@mio.osupytheas.fr

Serpentinization, the hydrothermal alteration of mantle rock, leads to the formation of low-temperature alkaline vents that count amongst the most extreme environments for life on Earth. These alkaline vents produce high concentrations of H₂, which is a potent energy source for microbial metabolism [1]. However, the high environmental pH reduces the solubility and thus the bioavailability of several essential nutrients. The most important is dissolved inorganic carbon, which is removed from the system *via* calcium carbonate precipitation [2]. Since most trophic networks rely on CO₂ fixation as their primary carbon source, this presents a great challenge to the development of life in a serpentinization context. Nevertheless, most alkaline hydrothermal vents feature diverse microbial communities [3]. Their metabolic functioning and especially their carbon uptake are key to understanding modern serpentinite-hosted ecosystems, and might also shed light on the origins of life on Earth [4]. To date, four potential carbon sources have been proposed to sustain life in alkaline hydrothermal vents: Acetate [5], formate [6], bicarbonate [7] and glycine [8]. All of them are produced abiotically in reactions directly related to serpentinization [8,9].

Here, we tested those four carbon compounds on microbial consortia originating from the coastal Prony Bay Hydrothermal Field in New Caledonia [10]. A sample of crushed hydrothermal chimney served as inoculum for four different culture conditions, each supplied with a different carbon source. Incubation experiments were performed in liquid growth media on a bioreactor platform, allowing to mimic the natural environmental conditions of Prony Bay. The cultures were alimented with a continuous flow of N₂/H₂ gas, and sulfate and thiosulfate were added as electron acceptors for anaerobic respiration. The developing microbial consortia were compared regarding their growth (*via* fluorescence microscopy), taxonomic composition (*via* 16S rRNA analysis) and biochemistry (*via* high performance liquid chromatography, ion chromatography) over time.

All four carbon sources sustained cellular growth, and all but glycine facilitated an enrichment of distinct taxonomic groups. This included a significant growth of *Roseibaca* and *Meiothermus* on acetate and formate, and an enrichment of *Hydrogenophaga* and *Woesearchaeota* on bicarbonate. The concentration of measured carbon sources decreased over time, suggesting their consumption by the microbial community. Implications for the functioning of Prony Bay's natural trophic network are discussed.

Acknowledgements

We thank Dr. Ariane Bize, INRAE-PROSE, for contributing her expertise.

References

- [1] T.M. McCollom, J.S. Seewald, *Elements* 9 (2013) 129–134.
- [2] M.O. Schrenk, W.J. Brazelton, S.Q. Lang, *Rev. Mineral. Geochem.* 75 (2013) 575–606.
- [3] E. Frouin, M. Bes, B. Ollivier, M. Quéméneur, A. Postec, D. Debroas, F. Armougom, G. Erauso, *Front. Microbiol.* 9 (2018) 102.
- [4] M.J. Russell, A.J. Hall, W. Martin, *Geobiology* 8 (2010) 355–371.
- [5] W.J. Brazelton, M.P. Mehta, D.S. Kelley, J.A. Baross, *mBio* 2 (2011) e00127-11.
- [6] W.J. Brazelton, J.M. McGonigle, S. Motamedi, H.L. Pendleton, K.I. Twing, B.C. Miller, W.J. Lowe, A.M. Hoffman, C.A. Prator, G.L. Chadwick, R.E. Anderson, E. Thomas, D.A. Butterfield, K.A. Aquino, G.L. Früh-Green, M.O. Schrenk, S.Q. Lang, *Appl. Environ. Microbiol.* 88 (2022) e00929-22.
- [7] S. Suzuki, J.G. Kuenen, K. Schipper, S. van der Velde, S. Ishii, A. Wu, D.Y. Sorokin, A. Tenney, X. Meng, P.L. Morrill, Y. Kamagata, G. Muyzer, K.H. Nealson, *Nat. Commun.* 5 (2014) 3900.
- [8] M.K. Nobu, R. Nakai, S. Tamazawa, H. Mori, A. Toyoda, A. Ijiri, S. Suzuki, K. Kurokawa, Y. Kamagata, H. Tamaki, *ISME J.* (2022).
- [9] S. Barbier, F. Huang, M. Andreani, R. Tao, J. Hao, A. Eleish, A. Prabhu, O. Minhas, K. Fontaine, P. Fox, I. Daniel, *Front. Earth Sci.* 8 (2020) 209.
- [10] C. Monnin, V. Chavagnac, C. Boulart, B. Ménez, M. Gérard, E. Gérard, C. Pisapia, M. Quéméneur, G. Erauso, A. Postec, L. Guentas-Dombrowski, C. Payri, B. Pelletier, *Biogeosciences* 11 (2014) 5687–5706.

Geometrical characteristics of the Roccapreturo fault in the Apennines (Italy) and fault seismic history

Nayereh Sabour, Magali Riesner, Lucilla Benedetti, Giulio Di Toro, Michele Fondriest, K. Manchuel, Guillaume Daniel.

Large variations in slip have been observed along a given fault. These variations are possibly due to the presence of barrier zones that stop the rupture. In this project, we focus on the links between coseismic slip distribution, fault segmentation and associated damage zones. Active fault geometries and their seismic history derived from paleoseismic studies will be used to investigate those links. In particular, the surface expression of the fault based on the quantification of cumulative displacement (e.g. faceted spurs, fault scarps, geological displacement) along with the accurate mapping of the active portions of the fault will be used to relate slip distribution with fault segmentation, damage zone and their link with inherited structures. We selected several sites (e.g.

the Roccapreturo, the Vado di Corno, the Magnola velino and the Assergi faults) in the Central Apennine. In this presentation we focus on Roccapreturo fault to quantify geometrical characteristics such as fault length, specific geometrical features in the fault surface expression such as bends, steps of a few km, maximum cumulative displacement, using high resolution topography based on digital elevation model acquired from Lidar drone or photogrammetry.

Ivory coast tektites strewn field

#Poster

Petanki Soro^{1,2}, Pierre Rochette², David Baratoux^{1,3}, Alain Nicaise Kouamelan¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

(2) Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

(3) Toulouse University, GET, CNRS & IRD, Toulouse, France

*soro@cerege.fr

The tektites of the Côte d'Ivoire strewn field, called "ivorites", come from the Bosumtwi meteorite impact crater formed 1.07 Ma ago in Ghana. Unlike other tektite strewn fields in the world, this tektite strewn field has remained under-explored after the pioneering works of A. Lacroix in the 1930s [1] who reported the first tektites on the African continent, followed by a few explorers in the 1960s. To date, the geochemical properties of only slightly more than 20 ivorites have been measured [2], while there are potentially thousands to be discovered by analogy with other strewn fields. Based on these earlier works, the ivorites strewn field is considered to form an ellipse of about 1,500 km² around the town of Ouellé and Daoukro, setting apart three isolated finds. We conducted six exploratory missions in Côte d'Ivoire between 2019 and 2023 and report 174 new finds [3]. These discoveries are mostly within the known limits of the strewn field, but several discoveries outside these limits extend the strewn field to an area of 4,100 km². The furthest discovery considered to be part of the strewn field is more than 45 km south of its previous limits. These new ivorites present various shapes (teardrops, dumbbells, spheres, ellipsoids) with masses ranging from 1 to 96 grams. A geochemical analysis of 172 of these ivorites was performed using a portable X-ray fluorescence spectrometer. In addition, 87 ivorites (unknown locations), made available by the SODEMI museum (Côte d'Ivoire's governmental mining development company in Abidjan) were also analyzed. Their geochemical composition is clearly distinct from that of tektites from other strewn fields. However, these analyses reveal a more variable chemical composition than the apparent homogeneity previously inferred from a small number of specimens. The magnetic susceptibility of these tektites, measured with the SM150 device, is homogeneous and the small variations are essentially related to the iron content. The measured density of ivorites is comparable to the pore-free densities estimated from their chemical composition, implying that the abundant vesicles commonly observed at the surface, associated with bubbles and degassing of the silicate melt, are not present in the interior.

Acknowledgements

P. Soro acknowledges the Agate Project and ANR ET-Megafire project for their support of his thesis project. This project is supported by IRD in the framework of the LMI MINERWA, and of the Africa Initiative for Planetary and Space Sciences (<https://africapss.org>). Pierre Rochette and Valérie Andrieu spent two months in Côte d'Ivoire in November–December 2021, thanks to funding from IRD and ANR ET-Megafire. P. Soro also acknowledges support from the CIRIR (International Research Center on Impacts and Rochechouart, <https://cirir-edu.org/>). We are also grateful to SODEMI Côte d'Ivoire, MNHN Paris, Alain Carion and Jacques Broche family for making available their tektites collection.

Références

- [1] A. Lacroix (1935) Les tectites de l'Indochine et de ses abords et celles de la Côte d'Ivoire » Archives du Muséum national d'Histoire naturelle, 6ème série, vol. 12, no 1, 151-170.
- [2] C. Koeberl, R. Bottomley, B. P. Glass, et D. Storzer (1997). *Geochemistry and age of Ivory Coast tek-tites and microtektites*, *Geochimica et Cosmo-chimica Acta*, 61, 8, 1745-1772, [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00026-4).
- [3] P. Soro, P. Rochette, D. Baratoux, A. N. Kouamelan, V. Andrieu, et O. Monda (2023). Revisiting the Côte d'Ivoire tektite strewn field. *Journal of African Earth Sciences*, 205, 104990. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.104990>.

Ian Vedeau ^{1,2*}, Pascal Wong Wah Chung ¹, Anne-Marie Farnet Da Silva ²

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

(2) Aix Marseille Univ, Avignon Univ, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

[*ian.vedeau@univ-amu.fr](mailto:ian.vedeau@univ-amu.fr)

Dans un contexte de réchauffement climatique et d'augmentation de l'aridification dans certaines régions du globe, la préservation de la qualité de la ressource en eau fait partie des grands défis scientifiques et sociétaux du début du siècle. Les diverses activités anthropiques qui se sont intensifiées ces dernières décennies, conduisent à une contamination en micropolluants organiques de nos eaux de consommation. Les eaux du robinet représentent 70% de la consommation mondiale en eau. Bien que leur qualité soit assurée par un processus de potabilisation, notamment encadré par la Directive Cadre sur l'Eau, la présence de contaminants chimiques émergents, tels que des pharmaceutiques, des pesticides ou des tensioactifs, a été démontrée [1-4]. De plus, la présence de micro-organismes pathogènes opportunistes dans les systèmes de distribution d'eau potable constitue un risque microbiologique ayant déjà mené à des périls sanitaires dans plusieurs régions du monde [5-7]. Enfin, selon l'OMS, une personne sur trois n'a pas accès à une eau potable de qualité dans le monde, tandis qu'une personne sur dix consommerait de l'eau non traitée, s'exposant ainsi à un risque de contamination microbiologique accru.

Les systèmes de purification domestiques sont une des voies d'amélioration de la qualité des eaux de consommation. Basés sur un procédé d'oxydation avancée couplant rayonnement LED UV-A et chlore libre, les purificateurs domestiques LaVie développés par la société Solable ont déjà prouvé leur efficacité dans l'élimination du chlore et de certains produits pharmaceutiques et pesticides. Néanmoins, devant la diversité des contaminants potentiellement présents dans les eaux de consommation, plus d'études sont nécessaires afin d'évaluer les capacités du système.

Dans ce but, une recherche bibliographique a permis de déterminer les contaminants chimiques et microbiologiques les plus fréquemment retrouvés dans les eaux de consommation à travers le monde et a conduit à une sélection de contaminants d'intérêt. Ainsi, afin d'évaluer les capacités d'épuration du système LaVie, les cinétiques d'oxydation de 7 micropolluants (atrazine, bisphénol A, carbamazépine, deséthyl-atrazine, DEET, métolachlore, 17-alpha-éthynylestradiol) à forte concentration (1 à 5 mg.L⁻¹) et en présence de différentes quantités de chlore libre (0 à 3 mg.L⁻¹) ont été réalisées. Les taux d'abattement obtenus varient entre 2 et 95 % en fonction de la molécule dégradée, de la concentration en chlore libre et du temps d'exposition. Un travail similaire sera conduit sur les micro-organismes pathogènes indicateurs de contaminations fécales. Dans un second temps, une identification des produits de transformation, une mise en évidence des radicaux oxydants formés durant le traitement et des essais de dégradation dans des conditions plus représentatives des eaux de consommation (concentration de 10 à 100 µg.L⁻¹, mélanges de contaminants, ...) seront réalisés. Des études toxicologiques (test Microtox) pourront également être envisagées afin de tester l'éventuelle toxicité des produits formés lors de l'oxydation.

Remerciements

Ce travail est soutenu par l'entreprise Solable et la Région Sud (EJD 2023).

Références

- [1] J. Borrull, A. Colom, J. Fabregas, F. Borrull, et E. Pocurull, « Presence, behaviour and removal of selected organic micropollutants through drinking water treatment », *Chemosphere*, vol. 276, p. 130023, août 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130023.
- [2] R. Tröger *et al.*, « What's in the water? – Target and suspect screening of contaminants of emerging concern in raw water and drinking water from Europe and Asia », *Water Res.*, vol. 198, p. 117099, juin 2021, doi: 10.1016/j.watres.2021.117099.
- [3] S. T. Glassmeyer *et al.*, « Nationwide reconnaissance of contaminants of emerging concern in source and treated drinking waters of the United States », *Sci. Total Environ.*, vol. 581-582, p. 909-922, mars 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.004.
- [4] R. Rodil, J. B. Quintana, E. Concha-Graña, P. López-Mahía, S. Muniategui-Lorenzo, et D. Prada-Rodríguez, « Emerging pollutants in sewage, surface and drinking water in Galicia (NW Spain) », *Chemosphere*, vol. 86, n° 10, p. 1040-1049, mars 2012, doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.11.053.
- [5] L. Liu, X. Xing, C. Hu, et H. Wang, « One-year survey of opportunistic premise plumbing pathogens and free-living amoebae in the tap-water of one northern city of China », *J. Environ. Sci.*, vol. 77, p. 20-31, mars 2019, doi: 10.1016/j.jes.2018.04.020.

[6] D. N. King *et al.*, « Microbial pathogens in source and treated waters from drinking water treatment plants in the United States and implications for human health », *Sci. Total Environ.*, vol. 562, p. 987-995, août 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.214.

[7] J. A. Castro-Hermida, M. González-Warleta, et M. Mezo, « Cryptosporidium spp. and Giardia duodenalis as pathogenic contaminants of water in Galicia, Spain: The need for safe drinking water », *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 218, n° 1, p. 132-138, janv. 2015, doi: 10.1016/j.ijheh.2014.09.001.

Développement d'une approche analytique couplant une méthode de mesure des organohalogènes adsorbables (aox) et la chromatographie ionique (ic)

#Poster

Florence Vélia^{1,2*}, Jean-Luc Boudenne¹, Laurent Vassalo¹, Mari-Vorgan Louyer², Xavier Dauchy³, Christophe Rosin³, Marie-Florence Thomas²

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

² Univ Rennes, EHESP, Inserm, Irset - UMR_S 1085, F-35000 Rennes, France

³ ANSES, Nancy Laboratory for Hydrology, Water Chemistry Department, 40 Rue Lionnois, F-54000, Nancy, France

*florence.velia@etu.univ-amu.fr

Les sous-produits de désinfection (SPD) se forment lors de la réaction entre la matière organique naturelle et/ou halogénures et un désinfectant au cours du processus de traitement de l'eau (ex : eau potable, eau de piscine). À ce jour, près de 700 SPD ont été identifiés, dont certains sont connus pour leurs effets génotoxiques, cytotoxiques, mutagènes et carcinogéniques [1]. Par ailleurs, la toxicité des SPD iodés et bromés est supérieure à celle des SPD chlorés [1,2,3]. Cependant, seuls les trihalométhanes (THM) et certains acides haloacétiques (HAA) sont actuellement suivis lors du contrôle sanitaire de l'eau potable en France. La réglementation s'appuie sur la somme de 4 THM : chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane et la somme de 5 HAA : acides chloroacétique, dichloroacétique, trichloroacétique, bromoacétique et dibromoacétique. Toutefois, ces deux derniers paramètres de qualité sont très discutés ; en effet ces 9 composés ne seraient pas représentatifs de l'ensemble des SPD, notamment en termes de toxicité.

Il apparaît nécessaire de disposer d'un paramètre global permettant de caractériser l'exposition des populations aux SPD de manière globale et intégrative [2]. Le paramètre analytique des halogènes organiques adsorbables (AOX) est pertinent à étudier, car il permet d'estimer la quantité globale des organo-halogénés dont les sous-produits de désinfection. Le couplage de l'AOX à de la chromatographie ionique (IC) permet la spéciation des halogènes chlore, brome et iode et donc la détermination des 3 fractions de l'AOX : AOCl, AOBr et AOI [4,5].

Ce poster présente tout d'abord l'intérêt du paramètre AOX, suivi du développement analytique de l'AOX, comprenant les étapes suivantes : (1) adsorption sur charbon actif, (2) combustion du charbon actif et formation d'halogénures d'hydrogène et (3) dosage des halogénures totaux par titration coulométrique. Il présente également le développement analytique du couplage AOX-IC en *off-line*.

Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat incluse dans le projet "PHARE" financé par le Programme National de Recherche en Environnement-Santé-Travail (Numéro de subvention #ANSES 21-EST-089).

Références

- [1] Souha Neguez, Dora Laky, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 67(3) (2023) pp. 367–385.
- [2] Susan D. Richardson, Michael J. Plewa, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8 (2020) 103939.
- [3] Emilie Helte, MSc, Melle Sève-Söderbergh, PhD, Susanna C Larsson, PhD, Anna Martling, MD, PhD, Agneta Åkesson, PhD, *Journal of the National Cancer Institute*, 115(12) (2023) 1597–1604.
- [4] Guanghui Hua, David A. Reckhow, *Anal Bioanal Chem*, 384, (2006) 495–504.
- [5] Aziz Kinania, Hacène Sa lhi, Stéphane Bouchonnet, Said Kinania, *Journal of Chromatography A*, 1539 (2018) 41–52.

Erwan Pineau^{1*}, Yannick Donnadiou¹, Pierre Maffre¹, Camille Lique², Thierry Huck² and Jean-Baptiste Ladant³

(1) *Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (Aix-en-Provence, France)*

(2) *Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (Brest, France)*

(3) *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (Saclay, France)*

*pineau@cerege.fr

The modern thermohaline circulation in the Atlantic Ocean plays a crucial role in shaping the climates of Europe and North America. It also significantly influences ocean carbon storage and biological productivity through processes such as deep ocean ventilation and nutrient advection. A pivotal element of this intricate circulation system is the deep convection in the North Atlantic, which is essential for the Atlantic meridional overturning circulation [1]. Paleogeographic studies based on data from the Cenozoic era propose that the establishment of this ocean conveyor belt occurred between the Middle Eocene (approximately 48 to 38 million years ago) and the Late Miocene (around 11 to 5 million years ago). This period witnessed significant climate fluctuations, notably exemplified by the Eocene-Oligocene transition (34 million years ago), marked by a sudden global temperature cooling and the emergence of the Antarctic Ice Sheet (AIS). Did these changes have a significant impact on the stability of the North Atlantic Ocean? To address this question, we investigate the mechanisms behind the initiation of deep water in the North Atlantic during the Eocene to Miocene transition, using the Earth System model IPSL-CM5A2. Our Eocene simulation indicates an absence of convective instabilities, whereas deep convection is evident in our Miocene simulation, enabling the presence of a proto-Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) cell [2]. In order to investigate the processes triggering North Atlantic Deep Water (NADW) initiation under Miocene conditions, we conducted sensitivity tests involving a reduction in atmospheric CO₂ concentration from 1,120 ppmv to 560 ppmv and the introduction of AIS for Eocene conditions. Our findings reveal that halving the CO₂ concentration and initiating AIS during the Eocene is insufficient to destabilize the water column in the North Atlantic and instigate the formation of NADW. The Eocene paleogeography emerges as a key factor, contributing to an inflow of fresh water into the Atlantic Ocean, resulting in low surface water density. This process reinforces stratification, hindering the onset of convection.

Aknowledgements

I am grateful to the Institut OCEAN for the founding of my PhD. I thank Yannick Donnadiou and Camille Lique to supervise my PhD and all the co-authors for their relevant comments and suggestions for this work.

References

[1] Talley, L.D. 2013. Closure of the global overturning circulation through the Indian, Pacific, and Southern Oceans: Schematics and transports. *Oceanography* 26(1):80–97.

[2] Pillot, Q., Donnadiou, Y., Sarr, A.-C., Ladant, J.-B., & Suchéras-Marx, B. (2022). *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 37, e2022PA004415.

Chloé Jariel^{1,2}, Jean-Louis Gonzalez¹, Christophe Brach-Papa¹, Stéphanie Jacquet², Benjamin Oursel², Stéphane Mounier², Nicolas Briant¹, Pauline Le Monier¹, Teddy Sirreau¹, and Anne Grouhel¹

(1) *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (IFREMER) – France*

(2) *Institut méditerranéen d'océanologie (MIO) – 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-France*

*chloe.jariel@univ-amu.fr

Les Éléments Technologiques Critiques (TCE) est une famille d'éléments contaminants émergente. Elle regroupe la plupart des terres rares (REE), les éléments du groupe du platine (PGE) et des métaux et métalloïdes dits « non traditionnels ». Ces éléments chimiques possèdent des propriétés physico-chimiques particulières (ductilité, conductivité, fluorescence) [1] et sont de plus en plus utilisés dans des domaines nécessitant l'usage de technologies de pointe. Nous les retrouvons ainsi dans le secteur de l'électronique, l'industrie pharmaceutique, la chimie, les énergies renouvelables ou encore les transports automobiles, aéronautiques et maritimes. Malgré cette utilisation croissante, peu de données sont disponibles concernant leur impact sur les écosystèmes marins, notamment à proximité des zones urbaines et industrielles. Ce manque d'information est lié à la complexité de leur analyse et à leurs faibles concentrations dans les milieux naturels. Les avancées dans les domaines de l'analyse chimique permettent désormais de répondre à cet enjeu. Des travaux récents ont ainsi montré que leur introduction croissante dans l'environnement peut induire une perturbation de leur cycle biogéochimique affectant leur comportement [2]; [3]. L'objectif de ce projet est de dresser un diagnostic de la contamination en TCE en environnement côtier. La zone d'étude modèle correspond au littoral de la région Provence-Alpes Côtés d'Azur (PACA), présentant une alternance de sites urbanisés, industrialo-portuaires (militaires/civils), de zones naturelles et de petits bassins versants propice à ce type de travaux (de Fos au Parc National de Port-Cros et Porquerolles). Cette présentation exposera une première cartographie de la contamination en TCE sur le littoral de la région PACA. Cette cartographie fut réalisée grâce à une analyse d'échantillons de sédiments de surface prélevés au cours de précédentes campagnes (SUCHIMED 2021, CARTOCHIM). La famille des TCE comprenant une grande diversité d'éléments, ce projet s'est focalisé sur les terres rares et le platine. D'un point de vue technique, les échantillons furent analysés par spectrométrie de masse à plasma inductif à triple quadripôle (ICP-QQQ-MS) (CCEM, Nantes) afin d'obtenir les mesures de concentration en terres rares. Les concentrations en platines sont quant à elles obtenues par analyse voltampérométrie cathodique adsorptive (AdSV) (MIO, Toulon). Les résultats obtenus en concentrations en platinoïdes et terres rares mesurées montrent de fortes variations en fonction du site d'étude. L'utilisation de ces éléments étant en forte expansion, il semble important d'établir une compréhension globale de leur portement et leur distribution en l'environnement côtier. La prochaine étape de ce projet se tournera ainsi vers la mesure des concentrations en platine et terres rares dans des échantillons provenant de différents compartiments du milieu marin (eau de mer, sédiment, matière vivante). Ces mesures nous permettront de dresser un premier schéma de distribution de ces éléments en environnement côtier.

Références

[1] D.H. Dang, M. Filella & D. Omanović. *Arch Environ Contam Toxicol* 81 (2021), 517–520.

[2] M. Abdou, J. Schäfer, R. Hu, T. Gil-Díaz, C. Garnier, C. Brach-Papa, J.-C. Chiffolleau, S. Charmasson, F. Giner, L. Dutruch, G. Blanc. *Chemosphere* 215 (2019).

[3] Knappe A., Möller P., Dulski P., Pekdege, A., *Geochemistry* 65 (2005), 167–189.

Petr Kuznetsov ^{1*}, Elena Temereva ², Alexander Ereskovsky ¹

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

(2) Department of Invertebrate Zoology, Biological Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia

* cuznecov.petr2017@yandex.ru

Echiurans annelids play a significant role in benthic communities. Their body have a proboscis, using to collect food particles from the substrate and thus they can transform its composition [1]. Although *Bonellia viridis* is one of the most studied echiurid species, many significant structural features are still unclear [2]. Detailed data about the organization of the proboscis can shed light on some aspects of their feeding behavior and role in the biocenosis. The structure of the proboscis was studied using a set of methods: TEM, SEM, microCT, and histological techniques. Based on histological data, four zones of the proboscis of the proboscis can be distinguished: dorsal, ventral and two lateral ones. These zones differ from each other in the location and abundance of glands, the structure of the epithelium. Each zone performs certain functions: protective for the dorsal, transportation of food particles for the ventral, and agglutination of food particles for the lateral. The margin on the lobes of the proboscis contains the numerus subepidermal glands, at the base of which an additional nerve passes. This nerve has not been previously described for echiurans and is responsible for mass secretion and possibly for fine motor skills of the lobes for collecting food parts. For the first time, epithelial cells have been described, which have a number of signs indicating the ability to consume nutrients: a lot of pinocytic vesicles, multivesicular bodies, and phagosomes. New data on the fine structure of the proboscis shed light on the features of the feeding mechanism and the role of individual structural elements.

Acknowledgements

The study is supported by RFBR (20-04-00096) and by the Vernadski Grant of the French Embassy in the Russian Federation. We thank the Morphology Service of the Mediterranean Institute of Marine and Terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE) for technical support.

References

- [1] J. F. Pilger, Echiura. In: *Microscopic anatomy of invertebrates, Volume 12: Onychophora, Chilopoda, and lesser protostomata*. Willey-Liss Inc, 1993.
- [2] P. Kuznetsov, A. Ereskovsky, E. Temereva, New data on the ultrastructure of the proboscis in females of *Bonellia viridis* (Annelida: Bonellinae). *Zoomorphology*, 2021, 140.

BRÛLANTE HISTOIRE : LES FEUX ET LE PASTORALISME SCULPTENT LA PLAINE DE LA CRAU DEPUIS 10 000 ANS

#Poster

Cécile Latapy ^{1*}, Jacques-Louis de Beaulieu¹, Johanne Burmeister¹, Aymeric LeGall¹, Cécile Albert ¹,
Bérangère Leys ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

*cecile.latapy@imbe.fr

Les changements de régime de feux sont étudiés pour comprendre leur impact dans la Réserve naturelle nationale des coussouls de Crau (Bouches-du-Rhône), abritant une association végétale steppique unique au monde [1,2]. Les paléofeux ainsi que la dynamique de la végétation sont reconstitués à partir de micro-charbons et de grains de pollen dans les sédiments lacustres de l'étang des Aulnes. Depuis 3000 ans, la composition des grains de pollen s'enrichit avec des espèces typiques de garrigue et associée à la présence humaine. Par ailleurs, l'influence du pastoralisme se révèle par une nette diminution du régime de feu dès la construction des premières bergeries romaines, il y a 2500 ans [3]. Cette compréhension du fonctionnement de la végétation en réponse au feu et au pastoralisme permettra de mieux appréhender les changements globaux et de remettre en perspective nos actions de lutte contre les incendies [4].

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mes directrices de thèse, Bérangère Leys et Cécile Albert, pour leur dévouement incandescent qui a illuminé notre exploration des interactions entre les feux, la végétation et le pastoralisme dans la plaine de La Crau. Un grand merci également à l'équipe technique, représentée par Dahvya Belkacem, ainsi qu'aux compteurs de grains de pollen, Jacques-Louis de Beaulieu et Lisa Bajolle, et à nos stagiaires, Aymeric LeGall, Johanne Burmeister, Gwendal Mouden et Pauline Saurat. Votre engagement sans faille a propulsé ce travail vers l'avant, repoussant les frontières de la connaissance.

Références

[1] R. Rieux, G. Ritschel, C. Roux, *Revue de biologie et d'écologie méditerranéenne*, 6 (1977) 117-143.

[2] E. Buisson, D. Thierry, *Journal of environmental management*, 80 (2006) 318-26.

[3] O. Badan, G. Congès, J.-P. Brun, *Gallia*, 52 (1995) 263-310.

[4] B. Talon, F. Henry, C. Gastaud, T. Dutoit, in *Écologie et conservation d'une steppe méditerranéenne*, L. Tatin, A. Wolff, J. Boutin, E. Colliot, T. Dutoit (Eds.), Versailles, Editions Quae, 2013, 143.

NATURAL VERSUS ANTHROPOGENIC EROSION: THE CASE OF CAATINGA IN CEARÁ (NORDESTE, BRAZIL)

#Poster

Anais GONZÁLEZ GUILLÉN ^{1*}, Lionel SIAME ¹.

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

*gonzalez@cerege.fr

Human activities leave indelible marks on the landscape, defining the Anthropocene [1, 2]. These actions, including climate change, soil degradation, and biodiversity loss [3, 4], are rapidly exacerbating in developing and emerging regions, amplifying their environmental and socio-economic vulnerabilities. Brazil, particularly in its vast Intertropical Zone, serves as a prominent example of this.

This poster delves into the concept of the Anthropocene through the lens of one of the French National Research Agency's (ANR) projects, TASAB "What can a territory do in the face of the Global Anthropocene crisis? Socio-environmental dynamics in the Brazilian semi-arid". The investigation is dedicated to scrutinizing the impact of human societies and their activities on the fragile environment of Northeast Brazil, particularly the semi-arid Caatinga Biome.

From this vantage point, our endeavor seeks to foster a deeper comprehension of the disparity between natural and anthropogenically-induced erosion in different temporal and spatial scales. Based on this, for the long-term temporal scale (Pleistocene), we will employ the analysis of cosmogenic nuclides, including in situ produced ^{10}Be and ^{26}Al . These isotopic markers offer invaluable insights into the geological processes shaping the landscape over such extended periods, opening discussions on the effects of structural control and climatic forcing. Conversely, our examination of the anthropogenic time scale will be conducted through a multi-faceted approach. We will utilize environmental isotopes characterized by short half-lives (excess ^{210}Pb , ^{137}Cs), coupled with GIS-based RUSLE mapping techniques [5].

Additionally, we will have access to fluvial suspended load gauging and reservoir monitoring data for sediment transport and accumulation. In terms of spatial scales, the regional approach will focus on the State of Ceará, while the local approach will zoom in on two medium-sized municipalities within this state: Aiuaba and Tauá, along with their surrounding areas. Additionally, our goal is to characterize this region, by leveraging a time-series land cover mapping derived from MapBiomass data [6]. This approach will facilitate the creation of maps illustrating potential soil losses due to hydric erosion at various time intervals, utilizing the Universal Soil Loss Equation as the basis for analysis [7]. This will offer valuable insights into environmental dynamics over time.

Our study will underscore the significant impact of human activities on the environment, especially in semi-arid regions like Northeast Brazil. Through a multidisciplinary approach, we will glean invaluable insights into the dynamics of erosion and land cover changes across various temporal and spatial scales. We hope this enhanced understanding will be pivotal in informing future sustainable land management practices and mitigating the adverse effects of the Anthropocene crisis on vulnerable ecosystems.

Remerciements

This research is supported by funding from the ANR project TASAB (AAPG2022 - CE03 – Axis H.1: Sustainability Sciences).

Références

- [1] *Architectures of earth system governance: Institutional complexity and structural transformation*. F. Biermann, RE. Kim (Eds.), Cambridge, Cambridge University Press, 2020.
- [2] *Nous n'avons jamais été modernes*, B. Latour, Paris, La Découverte, 2006.
- [3] *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services*, Brondizio et al. (Eds). Bonn, IPBES, 2019.
- [4] C.A Joly et al. *Primeiro diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos*. São Carlos, Editora Cubo, 2019.
- [5] Lionel L. Siame et al., *Earth's Future*, 11(8) (2023).
- [6] Carlos M. Souza et al., *Remote Sensing*, 12(17) (2020) 2735.
- [7] *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. KG. Renard et al., Agricultural Handbook No. 703. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service, 1997.

CULTURE OF EXTREMOPHILIC MICROORGANISMS UNDER ENCELADUS-LIKE CONDITIONS : IN SEARCH OF BIOSIGNATURES FOR FUTURE SPACE MISSIONS	#Poster
---	----------------

Océane Lazzeroni^{1*}, Anne-Hélène Prime¹, Anne Postec¹, Marc Garell¹, Alexis Bouquet², Grégoire Danger², Gaël Erauso¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO), Marseille, France

(2) Aix-Marseille Univ, CNRS, Laboratoire PIIM, Saint-Jérôme, France

*oceane.lazzeroni@mio.osupytheas.fr

The progress of exploration of the solar system has revealed the existence of multiple oceanic worlds: icy moons harboring a liquid water ocean under a thick layer of ice. These oceans have been detected with a high degree of certainty in Enceladus (a moon of Saturn) [1] and Europa (a moon of Jupiter), and possibly in Ganymede and Callisto (also moons of Jupiter) [2,3].

The presence of liquid water raises the question of the possibility of living systems in these bodies. In the absence of sunlight under the ice layer, a hypothetical form of life in the ocean would have to rely on chemical energy. Enceladus' ocean appears to have low-temperature hydrothermal activity (serpentinization) and be favorable to methanogenesis [4] and potentially other metabolic reactions. pH and salinity are within the limits supported by known microorganisms [5], and pressures are on the order of 10 MPa.

Conditions on the other moons are less constrained, but higher pressures (100 MPa) will result from their greater gravity. Oceanic icy moons are of considerable interest to space agencies: two major missions (ESA's JUICE and NASA's Europa Clipper) will be launched in 2023 and 2024 towards the Jupiter moons; Enceladus is one of the priorities identified in the recent Decadal Survey addressed to NASA and the Voyage 2050 program of ESA.

On Earth, underwater hydrothermal sources located on ocean ridges emit plumes of hydrothermal fluid into the surrounding seawater. These systems are characterized by physicochemical solid gradients (T, pH, Eh, minerals) between the interior of the chimneys bathed in a hot, anoxic but rich in reduced compounds fluid and the cold seawater rich in oxidants. These imbalances allow redox reactions that provide the chemical energy for the development of chemoautotrophic microorganisms particularly adapted to these harsh conditions [6].

This project aims to subject terrestrial extremophilic microorganisms to conditions similar to those of Enceladus' ocean, observe their development depending on the chosen conditions, and use advanced analytical chemistry techniques to determine what detectable effects they will have on their environment's chemistry. This will extend the known repertoire of chemical indicators suggesting the presence of biotic activity.

Acknowledgments

Two doctoral schools ED 250 and ED 251 fund the PhD and have the support of the ANR HOT-DOG.

References

- [1] Postberg, F., Schmidt, J., Hillier, J., Kempf, S. & Srama, R. A salt-water reservoir as the source of a compositionally stratified plume on Enceladus. *Nature* 474, 620-622 (2011).
<https://doi.org/10.1038/nature10175>
- [2] McCord, T. B., Hansen, G. B. & Hibbitts, C. A. Hydrated Salt Minerals on Ganymede's Surface: Evidence of an Ocean Below. *Science* 292, 1523-1525 (2001).
<https://doi.org/doi:10.1126/science.1059916>
- [3] Kivelson, M. G. et al. Galileo Magnetometer Measurements: A Stronger Case for a Subsurface Ocean at Europa. *Science* 289, 1340-1343 (2000).
<https://doi.org/doi:10.1126/science.289.5483.1340>
- [4] Waite, J. H. et al. Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: Evidence for hydrothermal processes. *Science* 356, 155-159 (2017).
<https://doi.org/doi:10.1126/science.aai8703>
- [5] Ray, C. et al. Oxidation processes diversify the metabolic menu on Enceladus. *Icarus* 364, 114248 (2021).
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114248>
- [6] Pikuta, E. V., Hoover, R. B., & Tang, J. (2007). Microbial extremophiles at the limits of life. *Critical reviews in microbiology*, 33(3), 183-209. <https://doi.org/10.1080/10408410701451948>

MICROBIAL ACTIVITY AND DIVERSITY ON ATTACHED AND FREE-LIVING PARTICLES IN THE MESOPELAGIC ZONE: USE OF THE MARINE SNOW CATCHER AND SEDIMENT TRAPS TO ASSESS THE DISCREPANCY OF THE C INTO THE OCEAN

#poster

Pauline Le Coq^{1*}, France Van Wambeke², Urania Christaki³, Emmanuel De Saint-Leger⁴, Marc Garel⁵, Maéva Gesson⁶, Emmanuel Laurenceau-Cornec⁷, Frédéric Le Moigne⁷, Fabrice Armougom⁸ and Christian Tamburini⁹

(1) Aix Marseille Univ. Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM110, Mediterranean institut of oceanography, Marseille, France

(2) Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, MIO, Marseille, France, France

(3) Université du Littoral Côte d'Opal, CNRS-UMR LOG 8187, Wimereux, France

(4) Division technique de L'INSU, CNRS, Bâtiment IPEV. Technopole Brest-Iroise CS 50074 29280, Plouzané, France

(5) Aix Marseille Univ., Université Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, Mediterranean Institute of Oceanography, Marseille, France

(6) IUEM Institut Universitaire Européen de la Mer, PhD student, LEMAR, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (UMR-6539), Plouzané, France

(7) IUEM Institut Universitaire Européen de la Mer, CNRS, LEMAR, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (UMR-6539), Plouzané, France

(8) Aix Marseille Université CNRS/INSU,IRD,

Mediterranean Institute of Oceanography (MIO) UM 110, Marseille, France

(9) Aix Marseille Université,

CNRS/INSU,IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288, Marseille, France

*paulinelecok@gmail.com

One of the major concerns when studying the biological carbon pump is the discrepancy between the amount of photosynthetically produced organic carbon particles sinking out of the surface ocean and the biological carbon demand deeper down in the water column [1,2].

Five contrasted stations (cyclonic, anti-cyclonic and fronts) were sampled in the NE Atlantic in June-July 2023 during the APERO (Assessing marine biogenic matter Production, Export and Remineralisation: from the surface to the dark Ocean) cruise.

Prokaryotic heterotrophic production (using 3H-Leucine) [3] and dark CO₂ fixation (using 14C-bicarbonate) [4] rates were measured using marine snow catchers as well as sediment traps from drifting mooring lines in order to characterize activities of microbial communities attached to particles versus their free-living counterparts, by the use of conventional Niskin bottles.

We reveal that carbon production as well as fixation rates are drastically different within the particle fractions, and these activities are highlighted by OC export fluxes.

This study constitute the first direct comparison of relative contribution of heterotrophy vs autotrophy in mesopelagic zone, on free-living and attached prokaryotes. These results will be complemented by metabarcoding data that we plan to analyze before May 2024.

Remerciements

We thank all of our colleagues from the APERO cruise (ANR support) and “La flotte océanographique française” to have access to their two N/O Le pourquoi pas? & Le Thalassa. Thanks to our different financial support: The European project OceanICU, ANR-JC “ARMORIC-ANR-21-CE01-0005”, Aix-Marseille University and the Mediterranean Institute of Oceanography.

Références

- [1] Burd, A. B., Hansell, D. A., Steinberg, D. K., Anderson, T. R., Arístegui, J., Baltar, F., ... & Tanaka, T. (2010). Assessing the apparent imbalance between geochemical and biochemical indicators of meso-and bathypelagic biological activity: What the @ \$#! is wrong with present calculations of carbon budgets?. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(16), 1557-1571. [2] Siegel, D. A., Buesseler, K. O., Behrenfeld, M. J., Benitez-Nelson, C. R., Boss, E., Brzezinski, M. A., ... & Steinberg, D. K. (2016). Prediction of the export and fate of global ocean net primary production: The EXPORTS science plan. *Frontiers in Marine Science*, 3, 22 [3] Simon, M., & Azam, F. (1989). Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. *Marine ecology progress series*, 201-213. [4] Reinthaler, T., van Aken, H. M., & Herndl, G. J. (2010). Major contribution of autotrophy to microbial carbon cycling in the deep North Atlantic's interior. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(16), 1572-1580.