

30^{EME}
EDITION

CONGRÈS DES DOCTORANTS

sur le thème des sciences de la durabilité

3&4
MAI 2023

ANTHROPOLOGIE

CHIMIE

ÉCOLOGIE

ENVIRONNEMENT ET SANTÉ

GÉNIE DES PROCÉDÉS

GÉOSCIENCES

OCÉANOGRAPHIE



ORGANISATEUR :

IMBE / OSU Pythéas

FACULTÉ DES SCIENCES
DE SAINT-JÉRÔME

Amphithéâtre S, Bât. INSPE

52 Av. Escadrille Normandie
Niemen 13013 Marseille

✉ edse.congres@osupytheas.fr

🌐 edsecongres.osupytheas.fr

 Sciences de
l'environnement

 Faculté
des Sciences
Aix-Marseille Université

 Aix-Marseille
université
Socialement engagée

 Institut Pythéas
Observatoire des Sciences de l'Univers
Aix-Marseille Université

 imbe
Institut méditerranéen de biochimie
et d'écologie - marine et continentale



Congrès EDSE 2023

Avant-propos

L'Ecole Doctorale des « Sciences de l'Environnement » a le plaisir de tenir son 30ème congrès les 3 et 4 mai 2023, sur le campus de Saint-Jérôme où se situe l'IMBE, unité organisatrice de cette édition. Et justement notre équipe d'organisateur innove cette année en créant un thème pour le congrès, sur les sciences de la durabilité. Cela se traduira notamment par une table ronde lors de la première journée.

A nouveau, 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.

Comme chaque année, ces présentations se feront à travers des exposés oraux ou sur posters. Les doctorants présentant des posters auront d'ailleurs 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 !

Lors de la première et de la troisième demi-journée, une conférence réalisée par une personnalité invitée permettra d'illustrer le thème porté cette année. Nous accueillerons tout d'abord Mme Elodie Vercken qui nous présentera un bilan sur l'effondrement de la biodiversité et discutera de la réaction de la société et des pistes d'actions. Ensuite, M. Estienne Rodary nous invitera à penser un monde durable à travers la théorie de la connectivité développée dans son ouvrage. La Table Ronde sur la science de la durabilité se tiendra en début d'après-midi le 3 mai, et elle sera animée par Karine Leblanc (CR CNRS au MIO). La deuxième journée, et comme nous le faisons depuis quelques éditions maintenant, 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, qui viendront présenter leur parcours depuis la thèse et répondront aux questions des participants.

Nous tenons particulièrement ici à remercier toute l'équipe de l'IMBE qui a conçu cette nouvelle édition de notre congrès. L'équipe est nombreuse et nous aurons plaisir à la remercier en direct lors du congrès. Bien sûr, Isabelle Hammad nous à nouveau fait bénéficier de son expérience et de ses conseils. Elle mène un suivi sans faille pour que la logistique soit en place pour l'évènement, nous tenons à l'en remercier chaleureusement. Enfin, 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 30ème congrès !

Jean-Christophe POGGIALE et Laurence VIDAL

Congrès EDSE 2023

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 1 |
| Programme | 3 |
| Présentation des conférencier·ères..... | 8 |
| Présentation de docteur·es de l'ED251 | 10 |
| Communications orales..... | 11 |
| ▪ CEREGE..... | 11 |
| ▪ IMBE | 19 |
| ▪ INRAE..... | 22 |
| ▪ IRSN | 25 |
| ▪ LCE..... | 26 |
| ▪ M2P2..... | 28 |
| ▪ MIO | 30 |
| Posters | 5 |
| ▪ CEA | 5 |
| ▪ CEREGE..... | 6 |
| ▪ IMBE | 19 |
| ▪ INRAE..... | 29 |
| ▪ IRSN | 31 |
| ▪ LCE..... | 32 |
| ▪ M2P2..... | 37 |
| ▪ MIO | 43 |

Congrès EDSE 2023

Programme

Mercredi 3 mai 2023

8h30 - 8h45 : Arrivée des participant·es + affichage des posters

8h45 - 9h : Présentation **Jean Christophe POGGIALE** (directeur de l'ED 251)

9h - 9h10 : Mot de la représentante du maire **Aurélie BIANCARELLI LOPES**

Session 1 oraux :

9h15 - 9h30 **BRUEDER Pénélope** (INRAE Recover)

L'étude des représentations sociales et de l'attitude environnementale comme outil de sensibilisation et de compréhension des perceptions des solutions fondées sur la nature et du risque inondation

9h30 - 9h45 **SHAHIN Marwa** (LCE)

Molecular characterization of aerosols measured during summertime ACROSS campaign at PRG site in Paris using a CHARON PTR-ToF-MS

9h45 – 10h **FINOCCHIARO Marie** (IMBE)

Vers une meilleure compréhension des processus de découplage climatique dans les microrefuges

10h - 10h15 **NACEF Omar** (CEREGE)

Système expert pour les carbonates sédimentaires : Création et analyse d'une base de données des plates-formes carbonatées du Jurassique supérieur

10h15 - 10h30 **OUAKSEL Amazigh** (CEREGE)

Behavior and fate of tungsten-based nanomaterials and their biological impacts within freshwater ecosystems

10h30 - 10h45 **TALIGROT Hugo** (M2P2)

Élimination des virus dans l'eau douce par osmose inverse basse pression : application à la production d'eau destinée à la consommation humaine

Mon poster en 180 secondes : session 1

10h50 **BIRYOL Charlotte** (IMBE)

10h53 **CASTEL CLAVERA Jorge** (INRAE URFM)

10h56 **DIJOUX Maelys** (LCE)

Congrès EDSE 2023

- 10h59 **LAOUÉ Justine** (IMBE)
11h02 **LASHERMES Colin** (INRAE RECOVER)
11h05 **SPANNEUT Lou** (CEREGE)
11h08 **RIGAL Fiona** (M2P2)
11h11 **SOURABIE Déo-gratias** (IRSN)
11h14 **WAGON Sarah** (CEREGE)
11h17 **ZAKARDJIAN Marie** (IMBE)
11h20 **ALEKSIEIENKO Ivan** (CEA)
- 11h20 - 11h35 Forum poster session 1
11h40 - 12h30 Intervention Elodie VERCKEN
12h30 -13h50 Repas + circulation parmi les posters
13h50 - 14h40 Table ronde des conférencier-es animée par Karine LEBLANC

Session 2 oraux :

- 14h45 - 15h **EL MAÏS Abd-El-Rahman** (LCE)
Bio-analytical assessment of primary vs. aged residential wood combustion emissions
- 15H - 15h15 **BARRÉ Lucille** (MIO)
Considérer la mixotrophie dans les modèles biogéochimiques : la solution pour une meilleure représentation de l'écosystème et des flux de carbone ?
- 15h15 - 15h30 **POIRIER Perrine** (CEREGE)
Paléoenvironnements dans la Basse Vallée de l'Omo entre 2,27 et 1,76 Ma : une phase humide régionale majeure ?
- 15h30 -15h45 **MODICA Andrea** (INRAE URFM)
Spatial and Temporal Adaptive Divergence in the European Beech Population on Mount Ventoux: Further Insights from Its Demographic History
- 15h45 – 16h **LOSEN Julie** (CEREGE)
Mega-Glissements et paléo-lacs : le cas du bassin de Naryn, Tien Shan
- 16h - 16h15 **VEUILLEN Léa** (INRAE Recover)
Variations intraspécifiques de la résilience à la sécheresse du pin d'Alep en termes de croissance radiale

Congrès EDSE 2023

16h15-16h30 : Pause

Mon poster en 180 secondes : session 2

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| 16h30 | AANNIR Marouane (CEREGE) |
| 16h33 | GAMBA Emma (IMBE) |
| 16h36 | GUARDIOLA Mélanie (CEREGE) |
| 16h39 | LAMWATI Youssef (IMBE) |
| 16h42 | LLINARES Maureen (CEREGE) |
| 16h45 | LEGER-PIGOUT Mattéo (MIO) |
| 16h48 | PAPPOE Abraham (CEREGE) |
| 16h51 | THALLINGER Delphine (CEREGE) |
| 16h54 | ZHENG Shuxin (M2P2) |
| 16h57 | MICHEL Pierre (LCE) |
| 17h | RAGUENEAU Stacy (M2P2) |
| 17H- 17h15 | Forum poster session 2 |
| 17h15 | Clôture de la 1er journée |

Jeudi 4 mai 2023

Session 3 oraux :

| | |
|-------------|--|
| 9h - 9h15 | CAPITAINE Gaëlle (MIO) L'intérêt de la métrologie pour le suivi de l'alcalinité totale des eaux marines |
| 9h15 - 9h30 | GRENIER Marie (IMBE) Taxonomie intégrative des éponges de bain (<i>Demospongia</i> , <i>Dictyoceratida</i> , <i>Spongiidae</i>) : quelques certitudes et un bazar à résoudre ! |
| 9h30 - 9h45 | HOSTE Amélie (MIO) Estimation of life-history traits of an european eel sub-population in a mediterranean drainage channel through long-term capture-mark-recapture monitoring |
| 9h45 - 10h | LUCIANI Elise (CEREGE) Plant Waxes Record Changes in Precipitation over Central America during the Late Pleistocene |

Congrès EDSE 2023

10h - 10h15 **REGUS Flor** (LPED)
A focus on massive organic matter amendment and grass cover on soil health in viticulture

10h15 - 10h30 **SUDRE Floriane** (MIO)
Ocean front databases for the Mediterranean sea and the south west Indian ocean

10h30-10h45 : Pause

Mon poster en 180 secondes : session 3

10h45 **ALCAÏNO Anaëlle** (CEREGE)
10h48 **CALMON Lucie** (LPED)
10h51 **COQUIN Salomé** (IMBE)
10h54 **GARCIA Théo** (MIO)
10h57 **GUILLOUZO Laura** (M2P2)
11h **MENIVAL Claire** (IMBE)
11h03 **NAMONGO SORO Paul** (CEREGE)
11h06 **SCHNEIDER Matthieu** (M2P2)
11h09 **WILK Stanislas** (CEREGE)

11h15 - 11h30 Forum poster session 3

11h35 - 12h25 Intervention Estienne RODARY

12h25 - 13h45 Repas + circulation parmi les posters

13h50 - 14h40 Table ronde des ancien·nes doctorant·es

Session 4 oraux :

14h45 - 15h00 **COUTURIER Julien** (CEREGE)
Valorisation métallique des résidus de bauxite : la spéciation comme outil pour guider la lixiviation sélective des terres rares en conditions douces

15h00 - 15h15 **GUTTIEREZ MARQUEZ Alejandra** (M2P2)
Bioséquestration du CO₂ pour la production d'antioxydants : contribution à l'étude de la culture et la bioraffinerie d'*Arthrospira platensis* (Spiruline)

Congrès EDSE 2023

- 15h15 - 15h30 **MAUDUIT Morgane** (IMBE)
Les exométabolites de l'éponge *aplysina cavernicola* offrent un nouveau regard sur sa chimiodiversité
- 15h30 - 15h45 **PILLOT Quentin** (CEREGE)
Le « Biogenic Bloom » de la fin du Miocène : modélisation couplée océan-atmosphère en réponse à des changements de paléogéographies
- 15h45 - 16h **SADAKA Karine** (CEREGE)
Constraining the meteorite flux on Earth during the last 2 Ma
- 16h00 - 16h15 **TESAN ONRUBIA Javier** (MIO)
Bioconcentration, bioaccumulation, biomagnification and transfer of mercury in Mediterranean plankton food webs

Mon poster en 180 secondes : session 4

- 16h15 **BRASSEUR Solène** (IMBE)
- 16h18 **CHAVEZ ESPINOZA Diego** (CEREGE)
- 16h21 **DERRIEN Marie** (IMBE)
- 16h24 **GIRARD Tom** (CEREGE)
- 16h27 **NGUYEN Van Binh** (CEREGE)
- 16h30 **RIGAL Camille** (LCE)
- 16h33 **TANGREDI Antonello** (M2P2)
- 16h36 **LEGROS Thibaud** (IMBE)
- 16h39 **SCHAUB Tonio** (IMBE)
-
- 16h40 - 17h10 Forum poster session 4
- 17h10 - 17h30 QUIZZ
- 17h45 - 18h Remise des prix
- 18h00 Pot de clôture**

Congrès EDSE 2023

Présentation des conférencier·ères

Elodie Vercken

Directrice de Recherche INRAe
Institut Sophia AgroBiotech
Équipe BPI Biologie des populations introduites

Thème de la conférence : **“Effondrement de la biodiversité : la Terre devient silencieuse, et nous sommes de plus en plus sourds”**

Près de la moitié des espèces d’oiseaux dans le monde sont en déclin, l’abondance des populations de vertébrés et d’insectes a chuté de plus de 70% en quelques décennies, une espèce sur 10 est menacée d’extinction... L’IPBES alertait en 2019 : « *La nature décline globalement à un rythme sans précédent dans l’histoire humaine — et le taux d’extinction des espèces s’accélère, provoquant dès à présent des effets graves sur les populations humaines du monde entier.* »

Quelles sont les causes de ce déclin ? Quels seraient les effets sur les sociétés humaines d’un effondrement global des espèces sauvages ? Sommes-nous en train de provoquer une sixième extinction de masse, et comment l’empêcher ?

Estienne Rodary

Directeur de Recherche IRD
UMR SENS “Savoirs, ENvironnement, Sociétés”

Thème de la conférence : **“Penser un monde durable : vers une théorie de la connectivité”**

L’objet de cette conférence n’est pas de définir la durabilité, mais de savoir comment l’atteindre. Les analyses sur ce sujet pêchent par leur manque de pertinence, se contentant d’asséner des arguments scientifiques sur la crise et des arguments éthiques qui pourraient justifier de l’arrêter. Le positionnement adopté ici est tout autre et vise à identifier s’il existe des modifications déjà à l’œuvre qui pourraient laisser envisager une transition vers un monde durable.

Pour cela, la conférence propose une théorie de la connectivité, entendue comme un objet qui relie et comme une compréhension du monde^[1]. À partir d’exemples principalement issus de l’environnement, il sera montré en quoi cette théorie paraît avoir des fondements solides et en quoi l’intérêt pour les connexions qu’elle décrit peut radicalement transformer notre rapport à la durabilité.

[1] Théorie développée dans l’ouvrage : Rodary E., 2019, *L’apartheid et l’animal. Vers une politique de la connectivité*, Éditions Wildproject, Marseille.

Congrès EDSE 2023

Karine Leblanc

Chargé de recherche à l'institut Méditerranéen d'Océanologie

Équipe CYBELE "CYcles BioEochimiques & rôLE fonctionnel des assemblages de micro-organismes planctoniques

Thème de la conférence : à venir

Congrès EDSE 2023

Présentation des doctor·es de l'ED251

Alexis BOCCHECIAMPE

Docteur en Science de l'Environnement.
Spécialisé en imagerie 3D (RX) et en analyse d'images.

Doctorat obtenu en 2022 :

« Etude du transport de particules au travers de fissures contrôlées synthétisées dans un mortier de confinement : apport de la microtomographie RX »

Mathilde CHANTREUX

Docteure en Science de l'Environnement.
Spécialisée en chimie analytique.

Doctorat obtenu en 2021 :

« Etude de la dégradation par radiolyse et/ou hydrolyse basique de PVC présents dans les stockages de déchets radioactifs »

Anna PHILIPPE

Docteure en Science de l'Environnement.
Spécialisée en phytoépuration

Doctorat obtenu en 2014 :

« Phytoépuration de mélanges de polluants organiques et métalliques pour la préservation des zones humides méditerranéennes : approche exploratoire vers la mise au point d'outils d'ingénierie écologique. »

Amélie SAUNIER

Docteure en Science de l'Environnement.
Spécialisée en écophysiologie végétale.

Doctorat obtenu en 2017 :

« Réponse de la forêt à des scénarios de sécheresse appliqués à moyen et long terme en milieu naturel : étude des COVB du chêne pubescent, principal émetteur d'isoprène en région méditerranéenne »

▪ CEREGE

VALORISATION METALLIQUE DES RESIDUS DE BAUXITE : LA SPECIATION COMME OUTIL POUR GUIDER LA LIXIVIATION SELECTIVE DES TERRES RARES EN CONDITIONS DOUCES.

#Oral

J. Couturier ^{1*}, P. Tamba Oularé ^{1,2}, C. Lallemand ¹, I. Kieffer ³, P. Chaurand ¹, B. Collin ¹, J. Rose ¹, D. Borschneck ¹, B. Angeletti ¹, S. Criquet ⁴, G. Arrachart ⁵, C. Levard ¹

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

(2) ISMGB, Boké, Guinée-Conakry

(3) OSUG, Université Grenoble-Alpes, CNRS, Grenoble, France

(4) Aix-Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

(5) ICSM, Univ Montpellier, CEA, CNRS, ENSCM, 30207 Marcoule, France

*couturier@cerege.fr

Afin de répondre aux nouveaux besoins de notre société (transition environnementale, numérique), la demande mondiale en métaux ne cesse de croître. Dans le même temps, l'extraction primaire de ces métaux génère de forts impacts environnementaux et sociaux, eux-mêmes amplifiés par la diminution progressive des teneurs dans les mines [1]–[3]. Un changement de paradigme est alors nécessaire pour produire plus durablement ces métaux. Dans un contexte d'économie circulaire, le développement de procédés d'extraction à partir de sources secondaires apparaît comme une solution. C'est d'autant plus le cas pour les métaux dits "critiques", tels que les terres rares (groupe de 16 éléments de la classification périodique, catégorisés en léger ou lourd selon leur nature), pour lesquels les enjeux géopolitiques et économiques sont très importants [4].

Avec environ 170 millions de tonnes générées chaque année dans le monde pour un stock de plus de 4 milliards de tonnes, les résidus de bauxite semblent être de bons candidats comme sources secondaires de métaux. En particulier, ce déchet industriel, généré par la production d'alumine qui a marqué les paysages provençaux au 20^{ème} siècle, peut contenir 3 à 10 fois les teneurs moyennes en terres rares observées dans la croûte terrestre.

Des résultats prometteurs de récupération métallique ont été obtenus dans la littérature après une dissolution complète et de nombreuses étapes de séparation [5]. Cependant, ces étapes sont très coûteuses et génèrent également des déchets difficiles à traiter. Le développement de procédés plus sobres, basés sur une dissolution plus sélective et des solvants moins impactants, semble être une bonne alternative aux procédés classiques d'hydro et pyrométallurgie. Néanmoins, cela nécessite une forme chimique (spéciation) favorable des éléments ciblés dans les déchets. Une autre question importante concerne la reproductibilité d'un processus d'extraction à des résidus de bauxite générés dans le monde entier.

Dans ce cadre, mes travaux proposent pour la première fois d'étudier la variation de la spéciation des terres rares dans les résidus de bauxite, en fonction de la nature du minerai primaire (karstique ou latéritique), du temps de vieillissement et des conditions de stockage des résidus. Une caractérisation multi-échelle des terres rares a été

réalisée, comprenant des mesures d'absorption des rayons X réalisées au synchrotron et des observations par microscopie électronique. Le but est ensuite d'évaluer l'effet de cette variabilité de spéciation sur les résultats de dissolution sélective basée sur des solvants verts, comme les acides organiques ou les solvants eutectiques profonds.

Les principaux résultats montrent une variation de la spéciation de l'yttrium, en tant qu'élément représentatif des terres rares lourdes, en fonction de la nature des bauxites primaires à partir desquelles les résidus de bauxite sont obtenus. L'yttrium se trouve sous forme de phosphate de xénotime dans les résidus latéritiques, confirmant ce qui existe dans la littérature, et sous une forme encore non identifiée contenant une quantité mineure de phosphate d'yttrium pur dans les résidus karstiques, ce qui est nouveau à notre connaissance [6], [7]. Cependant, aucune variation majeure n'est observée en fonction du traitement et/ou du vieillissement des résidus. Le comportement de dissolution des terres rares par l'acide citrique en fonction du type de résidu de bauxite sera discuté, ainsi que les différences de comportement de solubilisation entre terres rares légères et lourdes dans divers solvants.

Ce travail devrait fournir les premières indications permettant de généraliser la récupération des terres rares par des processus sélectifs à partir de différents résidus de bauxite dans le monde entier.

Références

- [1] S. H. Farjana et al., *Journal of Cleaner Production*, 231 (2019) 1200–1217.
- [2] R. Goodland, *Sustainability*, 4 (2012) 2099–2126.
- [3] T. Prior et al., *Global Environmental Change*, 22 (2012) 577–587.
- [4] G. A. Blengini et al., *Final report for European commission*, (2020).
- [5] C. R. Borra et al., *Journal of Sustainable Metallurgy*, 2 (2016), 365–386.
- [6] J. Vind, et al., *Minerals*, 8 (2018) 77.
- [7] C. Lallemand et al., *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10 (2022) 6942–6951.

J. Losen ^{1*}, M. Rizza ¹, A. Nutz ¹, M. Henriquet ¹, L. Siame ¹

(1) Aix-Marseille Université, CNRS-IRD-Collège de France, CEREGE UMR 34, BP80 13545 Aix en Provence, France

*loosen@cerege.fr

Les glissements de terrain sont l'un des principaux risques naturels faisant des milliers de victimes dans le monde chaque année et endommageant les infrastructures. Ils sont déclenchés par des tremblements de terre [1], des précipitations de haute intensité [2], ou de fortes variations climatiques [3]. Ils peuvent avoir un impact sur de longues échelles de temps, notamment lorsque le glissement de terrain intersecte un réseau hydrographique, entraînant des inondations en amont et donc la création de lacs de barrage. Dans de tels cas, les inondations catastrophiques dues aux ruptures de ces barrages représentent un risque secondaire majeur [4]. Il existe de nombreux exemples historiques bien documentés de lacs de barrage dans le monde [5], mais les archives géomorphologiques et sédimentologiques des paléo-glissements de terrain et des paléo-lacs associés sont beaucoup moins étudiées, ce qui conduit à une connaissance incomplète de leur évolution dans le temps.

La rivière Naryn est la plus grande rivière traversant la partie occidentale de la chaîne du Tien Shan (Kirghizstan) et revêt d'un fort intérêt économique. Un des plus grands glissements de terrain d'Asie Centrale, appelé Beshkiol et faisant 10 km³, a été identifié sur les rives de cette dernière [6], mais l'âge et le mécanisme de sa mise en place restent encore débattus. De plus, dans le bassin en amont du glissement, de nombreux dépôts sédimentaires lacustres ainsi que des paléorivages de lacs ont été identifiés mais la chronologie de leurs mises en place n'a pas été contrainte [6,7]. À partir de ces observations préliminaires, plusieurs questions importantes attendent d'être résolues. Quand le glissement de terrain de Beshkiol a-t-il créé le barrage ? Quelle a été l'extension de ce lac dans le bassin de Naryn et quelles en ont été les conséquences géomorphologiques ? Quelle a été la durée de maintien du lac de barrage ? Quelle a été la dynamique de vidange du lac ? Pour répondre à ces questions, nous proposons des analyses géomorphologiques, sédimentologiques et chronologiques détaillées depuis le bassin de Naryn jusqu'au barrage de Beshkiol.

Grâce à une analyse détaillée d'images satellitaires Pléiades de haute résolution (0.5m/pixel) et de vols drone, nous montrons que de nombreux dépôts lacustres ainsi que des paléorivages d'anciens lacs ont été préservés en amont

de ce glissement de terrain. Ces dépôts sédimentaires peuvent être reliés à la mise en place du glissement et sont donc d'excellentes archives de l'enregistrement de la dynamique de mise en place de Beshkiol. De plus, des datations par Luminescence (OSL) et par ¹⁴C ont pu être réalisées sur certaines unités sédimentaires et permettent de contraindre dans le temps les différents marqueurs géomorphologiques.

Deux séquences lacustres ont été identifiées dans le bassin de Naryn et illustrent la sédimentation locale depuis la fin du Pléistocène jusqu'à l'Holocène, liée à la mise en place de deux grands glissements de terrain successifs dans un court intervalle de temps. Le premier grand glissement s'est produit il y a plus de 51 000 ans. Il a créé un lac qui a persisté pendant près de 36 000 ans, permettant le dépôt de plus de 70 m de sédiments lacustres. La rupture du barrage il y a 15 000 ans a provoqué une violente vidange du lac, comme en témoigne certains dépôts. Moins de 1000 ans plus tard, une seconde phase d'activation du glissement de terrain forme un second barrage et donc un deuxième lac. La deuxième unité lacustre montre une sédimentation sur une période d'au moins 7 000 ans. Une nouvelle vidange plus graduelle s'est ensuite produite suivie d'une phase d'érosion qui a façonné le paysage visible aujourd'hui.

Nos données mettent en évidence un enregistrement stratigraphique unique sur les 50 000 dernières années et montrent une réponse complexe des lacs de barrage aux phases d'activation du glissement de terrain. Cette étude fournit de nouvelles informations précieuses pour une meilleure compréhension de la stabilité à long terme des lacs de barrage, un cas négligé dans les risques de glissement de terrain.

Références

- [1] Schuster et al., *Environmental & Engineering Geoscience* 10 (2), 151–168 (2004).
- [2] Delgado et al., *Geomorphology*, 350, 106932 (2020).
- [3] Morino et al., *Earth and Planetary Science Letters*, 516, 136-147 (2019).
- [4] Dai et al., *Geomorphology* 65, 205–221, (2005).
- [5] Evans et al., *Springer Science & Business Media*, Vol. 133, (2011).
- [6] Strom, *Landslide News* 11, 20-23 (1998).
- [7] Goode et al., *Tectonics*, 33(4), 464-484 (2014).

PLANT WAXES RECORD CHANGES IN PRECIPITATION OVER CENTRAL AMERICA DURING THE LATE PLEISTOCENE

#Oral

Elise Luciani ^{1*}, G. Leduc ¹, Y. Garcin ¹, F. Rostek ¹, E. Bard ¹

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

*luciani@cerege.fr

The stable hydrogen isotopic ratio (δD) of plant wax *n*-alkanes was previously found to track changes in precipitation amount in tropical regions. Here we present a 56 000 year-long record of stable hydrogen and carbon isotopes of plant waxes *n*-alkanes, extracted from the MD02-2529 marine sediment core collected offshore the Costa Rican margin.

Our results show lower δD values during glacial conditions compared to the Holocene. Highest D-depleted values during the Last Glacial Maximum (LGM, 23-19 000 year BP) precede a gradual deglacial positive shift from highly D-depleted values toward more D-enriched values during the Heinrich event 1. The Holocene δD values stay higher compared to the LGM. According to the amount effect, these results suggest wetter conditions during the LGM, which gradually and durably turned to

drier conditions since Heinrich event 1 and stayed drier throughout the Holocene.

The precipitation seasonality in the Central American isthmus region is strongly modulated by the maritime intertropical convergence zone (ITCZ), which goes over the continent in Costa Rica. The two main moisture conveyors are the Caribbean Low-Level Jet and the Choco Jet, which respectively come from the Atlantic Ocean and the Pacific Ocean. We can see a response of the Central American hydroclimate to the ITCZ latitudinal variation during abrupt climatic events in our record. However, there are other mechanism at play to explain the Holocene-LGM trend such as Pacific-Atlantic sea surface temperature gradient and resulting Low-Level jets contribution.

Omar Nacef ^{1,2*}, Jean Borgomano ¹, Julien Michel ² et Bertrand Martin-Garin ¹

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

(2) Akkodis Pau, 4 Rue Jules Ferry, 64000 Pau

* omar.n@hotmail.fr

Les systèmes carbonatés étant complexes et hétérogènes à toutes les échelles par nature, et du fait de l'incomplétude des enregistrements géologiques - *problèmes liés à la préservation des enregistrements sédimentaires et à leur disponibilité dans les affleurements et les données de subsurface* - l'étude des géométries de ces systèmes sédimentaires est largement basée sur des modèles conceptuels et géostatistiques, issus de connaissances a priori [1,2]. Cette étude propose une méthodologie permettant de mieux prédire la distribution globale et l'architecture des plates-formes carbonatées en se basant sur un ensemble de données extraites de la littérature scientifique. La méthodologie mise en place consiste en la création d'un système expert. L'intérêt des systèmes experts est que l'expertise, qui est le vaste ensemble de connaissances spécifiques à un expert, est transférée d'un humain à un outil informatique [3]. Ces connaissances sont ensuite stockées dans une base de données et les utilisateurs font appel à ce système pour obtenir des conseils spécifiques en fonction de leurs besoins à travers un ensemble de faits et de règles prédéfinis par l'expert. La mise en place de ce système expert pour les plates-formes carbonatées du Jurassique supérieur s'articule en plusieurs étapes. La première étape consiste à créer une base de données en extrayant des données des plates-formes carbonatées, telles que les dimensions et le contexte géodynamique à partir de la bibliographie. Ensuite, une base de connaissances est créée en listant un ensemble de faits et de règles à partir des diverses analyses de la base

de données. Ces analyses ont pour but de créer des classes géologiques avec des plages de valeurs et des paramètres préférentielles associées (e.g. dimensions, type d'architecture stratigraphique). En complément de ces classes géologiques, pour les cas d'étude les mieux contraints, des modèles stratigraphiques basés-processus sont réalisés afin de tester et quantifier les tendances des paramètres d'entrée, tels que les taux de production par faciès. Ces plages de valeurs sont utilisées pour modéliser des cas moins bien contraints et potentiellement affiner les valeurs pour les paramètres manquants.

Références

- [1] A. Miall, C. Miall, *Earth-Science Reviews* 54.4 (2001): 321-348.
- [2] J. Michel, C. Lanteaume, A. Lettéron, J. Kenter, M. Morsilli, Borgomano, *The Journal of Geology* 128.6 (2020) 563-570.
- [3] M. Nikraves, (2004). *Expert Systems with Applications*, 26(1), 19-38.

A. Ouaksel^{1*}, A. Carboni¹, D. Slomberg¹, V. Vidal¹, O. Proux^{2,3}, L. Brousset⁴, B. Angeletti¹, C. Santaella⁵, A. Thiéry⁴, J. Rose^{1,6}, M. Auffan^{1,6}

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

(2) OSUG UMR832 UGA, Grenoble, France

(3) FAME-UHD, FAME, ESRF, Grenoble, France

(4) CNRS, Aix-Marseille Université, CNRS, IMBE, UMR 7263, Marseille

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

(6) Civil and Environmental Engineering, Duke University, Durham, NC, United States,

* ouaksel@cerege.fr

Tungsten (W) has been historically considered to be a nontoxic element that is not particularly mobile in the environment. Based on these general assumptions and thanks to their structural, photocatalytic, photothermal and electrochromic properties, W-based nanomaterials are being increasingly used in a wide range of emerging technologies [1]. However, several recent studies have highlighted significant biological impacts and environmental toxicity of tungsten materials to natural ecosystems [2]. In light of this new knowledge, the toxicity and environmental impacts of tungsten-based materials should be reconsidered, taking into account their unique physicochemical properties as well as the complexity of natural ecosystems.

Using mesocosms, we aimed to assess the biogeochemistry of W-based nanomaterials, their biological effects within freshwater ecosystems, under a realistic exposure scenario. Mesocosm facilities have been widely used in the framework of environmental nanosafety studies during the last decade. Thanks to their ability to combine the relevance of a field trial (exposure in complex media, low dose tested, and mid- to long-term duration) with the capacity of monitoring, mesocosms are considered as an invaluable experimental tool in environmental studies [3].

Specifically, we used indoor freshwater mesocosm facilities to evaluate (i) the exposure and hazards of aquatic environments contaminated with relevant WO₃-nanoparticles on the mid-term (30 days), and (ii) the bio-physico-chemical properties driving their behavior and fate in the critical zone. High Energy Resolution Fluorescence Detected X-ray Absorption Spectroscopy (HERFD-XAS) was used to characterize the evolution of W speciation in the freshwater ecosystems, and to characterize the (bio)transformation of the W

particles with regard to their ecotoxicity and bioavailability. These results will be discussed in term of speciation-dependent biological effects of WO₃-nanoparticles, and trophic transfers under a realistic exposure scenario.

Références

- [1] Chang-Mou Wu, Saba Naseem, Min-Hui Chou, Jyun-Hong Wang and Ying-Qi Jian, Recent Advances in Tungsten-Oxide-Based Materials, *Frontiers in Materials*, 6-49(2019)
- [2] A. Koutsospyros, W. Braidia, C. Christodoulatos, D. Dermatas, N. Strigul, A review of tungsten: From environmental obscurity to scrutiny, *Journal of Hazardous Materials* 136 (2006) 1–19
- [3] Mohammad Nassar, Melanie Auffan, Catherine Santaella, Armand Masion, Jérôme Rose, Robustness of Indoor Aquatic Mesocosm Experimentations and Data Reusability to Assess the Environmental Risks of Nanomaterials, *Frontiers in Environmental Science*, Volume 9, Article 625201 (2021)

LE « BIOGENIC BLOOM » DE LA FIN DU MIOCENE : MODELISATION COUPLEE OCEAN-ATMOSPHERE EN REPONSE A DES CHANGEMENTS DE PALEO GEOGRAPHIES

#Oral

Q. Pillot ^{1*}, A.-C. Sarr ², B. Suchéras-Marx ¹ and Y. Donnadieu ¹

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

(2) Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, Univ. Gustave Eiffel, ISTERRE, 38000 Grenoble, France

*pillot@cerege.fr

Le « Biogenic Bloom » est un événement océanographique qui s'est produit entre la fin du Miocène (il y a 7,5 millions d'années, Ma par la suite) et le Pliocène (il y a 3,5 Ma). Cet événement est caractérisé par des taux élevés d'accumulation d'opale et de calcite dans les sédiments marins datant de cette période dans les océans Pacifique, Atlantique et Indien. L'origine de cet événement est encore largement débattue mais une des hypothèses avancées pour l'expliquer est un changement dans la circulation océanique globale. L'objectif de cette étude est de quantifier l'impact de la paléogéographie du Miocène sur cette circulation océanique grâce à de nouvelles simulations réalisées avec le modèle couplé océan-atmosphère IPSL-CM5A2. Nous nous focalisons sur (1) la fermeture du passage d'Amérique Centrale (datée entre 14 et 2,5 Ma) qui permettait la connexion entre les océans

Atlantique et Pacifique, (2) l'ouverture du détroit de Béring (datée entre 7,5 et 3,5 Ma) qui permet la connexion entre les océans Pacifique et Arctique et (3) la présence d'une calotte de glace recouvrant le Groenland (dont la date de mise en place est proposée autour de 7 Ma). Nos résultats préliminaires montrent qu'une configuration paléogéographique dans laquelle le détroit de Béring et le passage d'Amérique Centrale sont tous deux ouverts entraîne une augmentation importante de la production d'eau profonde dans l'océan Austral, intensifiant la circulation thermohaline profonde. Ces changements de circulations pourraient induire une intensification des upwellings qui sont des zones de fortes productivités. Cette configuration paléogéographique correspondrait temporellement à l'intervalle du « Biogenic Bloom ».

P. Poirier^{1*}, A. Nutz¹, A. Licht¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, 13100 Aix-en-Provence, France

*poirier@cerege.fr

Le rôle des pressions environnementales sur l'histoire évolutive des hominidés fait l'objet de nombreuses discussions scientifiques récentes [1, 2]. Cependant, même si les changements environnementaux globaux sont relativement bien connus pour la période Plio-Quaternaire, leurs impacts directs sur les paléo-environnements locaux qui ont hébergé les premiers hominidés sont encore peu documentés. Dans ce contexte, ce travail tente de mieux cerner l'évolution des environnements et paléo-paysages sédimentaires dans la Basse Vallée de l'Omo (Éthiopie), un des sites clés pour la compréhension des relations Homme-environnement, et sur la période comprise entre 2,27 et 1,76 Ma. Cette période est une des périodes cruciales dans l'évolution humaine. En effet, elle voit notamment apparaître ou disparaître certaines espèces d'Hominidés, parmi lesquelles *Homo rudolfensis*, *Homo habilis*, et *Homo erectus* [3]. D'un point de vue paléoclimatique, un refroidissement global, une extension des calottes glaciaires de l'Hémisphère Nord ainsi que le développement de la circulation de Walker comptent parmi les changements majeurs du climat global. Plus localement, dans la Dépression du Turkana, cette période est aussi synonyme d'une activité volcanique importante. Ainsi, à partir de l'étude des sédiments fluvio-lacustres de la Formation de Shungura [4] (Basse Vallée de l'Omo, Éthiopie), cette présentation a pour objectif de présenter les conditions paléo-environnementales locales. Entre 2,27 et 1,76 Ma, l'enregistrement sédimentaire montre d'abord un environnement fluvialité méandriforme probablement similaire à celui de la rivière Omo actuelle. Au-dessus, des sédiments lacustres, d'abord en contexte d'embouchure fluviales puis d'offshore enregistrent une transgression lacustre majeure, estimée à partir d'environ 2,05 Ma dans la Basse Vallée de l'Omo [5]. A ce moment-là, un paléolac très étendu [6], appelé lac Lorenyang, ennoie l'ensemble de la zone. En parallèle, les variations des paléo-précipitations et de l'aridité, ainsi que les variations d'alcalinité du lac Lorenyang ont été reconstruites à partir de l'analyse par ICP-OES des éléments majeurs de 63 échantillons. Plusieurs indices d'altération chimique (CIA, PIA, WIP) [7] et proxies d'aridité (K/Zr) et d'alcalinité (Sr/Ba) ont été élaborés et comparés à l'évolution des environnements sédimentaires. Les résultats obtenus montrent une tendance générale à la diminution de l'altération chimique et à l'augmentation de l'aridité, sur

l'ensemble de la période. Toutefois, une prépondérance de la végétation en C4 et un maximum de l'intensité de l'altération chimique autour de 2,15 Ma indique un pic de précipitations à l'échelle de la région. Vers 2,05 Ma, la transgression lacustre atteint la Basse Vallée de l'Omo. Cette transgression s'est probablement amorcée dès 2,15 Ma en réponse au pic de précipitations observé, mais l'augmentation de l'apport sédimentaire associé à ce pic de précipitations a probablement dans un premier temps ralenti la rétrogradation du delta de l'Omo. Après 2,05 Ma, l'alcalinité du paléolac Turkana augmente progressivement en même temps que les précipitations, supportant l'hypothèse d'un lac endoréique, avant de décroître à partir de 1,95 Ma, ce qui pourrait être la conséquence d'une ouverture du système lacustre. En comparant l'évolution des paléo-environnements dans la Basse Vallée de l'Omo et les proxies de paléoprécipitations, une origine et une évolution climatique est proposée pour l'épisode lacustre Lorenyang. En effet, celui-ci est contemporain d'une période humide régionale. Le proxy de paléo-alcalinité indique un lac endoréique jusque 1,95 Ma, avant le rétablissement d'un débordement vers le bassin versant du Nil. Cet épisode humide n'a pour l'instant pas été identifié ailleurs dans le Rift Est-Africain, ni même sur les régions Ouest et Est du Turkana, indiquant un épisode régional concentré sur le dôme Éthiopien.

Références

- [1] M. Maslin, C. Brierley, A. Milner et al., *Quaternary Science Review*, 101 (2014) 1.
- [2] C. Gibert, A. Vignoles, C. Contoux et al., *Global and Planetary Change*, 210 (2022).
- [3] J. Joordens, G. Dupont-Nivet, C. Feibel et al., *Journal of Human Evolution*, 65 (2013) 731
- [4] J. de Heinzelin, *The Omo Group*, (Ed.), Musée royal de l'Afrique centrale, 1983.
- [5] C.J. Lepre, *Quaternary Science Reviews*, 102 (2014) 181
- [6] A. Nutz, M. Schuster, D. Barboni et al., *Earth-Science Reviews*, 211 (2020)
- [7] J. Price, M. Velbel, *Chemical Geology*, 202 (2003) 397

C. Sadaka ^{1*}, J. Gattacceca ¹, F. Dumas ¹, D. Kuzina ², R. Braucher ¹, M. Gounelle ³, ASTER Team ¹

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

(2) Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia

(3) IMPMC, CNRS – UMR 7590, Sorbonne Université, Muséum national d'Histoire naturelle, 75005 Paris, France

*sadaka@cerege.fr

Deserts are the most fruitful areas on Earth to collect meteorites. Besides Antarctica, one desert stands out: the Atacama Desert in Chile, because of its exceptional long-term aridity and associated surface stability, which favors the preservation of a large number of meteorites. Systematic collection work over the last decade showed that this desert has the highest meteorite density among hot deserts [2,3].

With an average terrestrial age of 710 ka, the meteorite collection from El Médano area is the oldest in the world [1], and provides the opportunity to study the meteorite flux over a longer timescale compared to other deserts. This previous study showed apparent variations in the composition of the meteorite flux with time, with a significant increase in H chondrites abundance relative to L chondrites abundance, between 500 ka and 1 Ma [1]. Our goal is to further study the intensity and the composition of the meteorite flux on Earth during the last two million years, and their possible variation with time. For this, we focus on meteorites from the Atacama Desert in two other independent meteorite dense collection areas, the Calama area (280 km to the North) and Catalina area (53 km to the South-East), where hundreds of meteorites have been

collected. We estimated the terrestrial ages of a random selection of 25 meteorites from the Catalina area and 25 meteorites from the Calama area by measuring the ³⁶Cl concentration in the metal grains extracted from these meteorites.

Preliminary results on Calama meteorites indicate an average terrestrial age of 630 ka, similar to the average age measured in the El Médano area (710 ka). This confirms that the Atacama meteorite collection is the oldest on Earth, and can indeed help to constrain the meteorite flux over the last two million years. Additional ³⁶Cl measurements in progress combined with the statistics of meteorite recovery in these two areas will be used to constrain the meteorite flux and its possible evolution with time.

References

- [1] Drouard et al. (2019), *Geology*, 47 (7): 673–676.
- [2] Hutzler et al. (2016), *Meteoritics & Planetary Science*, 51: 468-482.
- [3] Gattacceca et al. (2011), *Meteoritics & Planetary Science*, 46: 1276-1287.

■ IMBE

VERS UNE MEILLEURE COMPREHENSION DES PROCESSUS DE DECOUPLAGE CLIMATIQUE DANS LES MICROREFUGES

#Oral

M. Finocchiaro¹, F. Médail¹, A. Saatkamp¹, K. Diadema², D. Pavon¹, L. Brousset¹, E. Meineri¹

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

(2) Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, 34 avenue Gambetta, F-83400 Hyères, France.

*marie.finocchiaro@hotmail.com

Les microrefuges sont des microsites dans lesquels des espèces persistent en dehors de leur aire de répartition malgré un contexte régional climatique hostile [1]. Les recherches précédentes ont démontré que ces microsites permettent à certaines populations d'espèces situées en marge chaude de leur aire de répartition de persister grâce à un microclimat plus froid que leur environnement immédiat [2]. Ce phénomène est connu sous le nom d'effet tampon [3, 4]. Cependant, cet effet tampon n'est certainement pas suffisant pour assurer une stabilité biologique sur le long terme face à l'ampleur et la vélocité du réchauffement climatique en cours [5].

La capacité des microrefuges à conserver des espèces menacées par le réchauffement climatique dépendrait d'une sensibilité moindre aux fluctuations climatiques régionales, que ce soit sur le long terme, mais également lors des épisodes de vague de chaleur, de plus en plus fréquents et sévères [6]. Ce phénomène est appelé "effet de découplage", et se définit par une corrélation moindre entre les températures à l'intérieur et à l'extérieur des microrefuges [3]. Condition *sine qua non* de la capacité à opérer en tant que refuge efficace, le découplage n'a toutefois jamais été mis en évidence au sein des microrefuges actuels.

Notre objectif est d'étudier les corrélations entre les températures mesurées au sein des microrefuges et les températures mesurées tout d'abord dans le voisinage proche (50-100 m), puis celles mesurées par les stations météorologiques avoisinantes qui reflètent les températures à l'échelle régionale. La région méditerranéenne est particulièrement intéressante pour étudier ce processus : très exposée à l'intensification des vagues de chaleur, sa topographie très accidentée offre des gradients microclimatiques remarquables qui favorisent la présence de microrefuges [7].

Pour ce faire, nous avons mis en place un suivi microclimatique et floristique des populations de deux espèces végétales de distribution médio-européenne (*Oxalis acetosella* et *Arabis alpina*) pouvant être associées à l'occurrence de microrefuges actuels, toutes deux en limite de répartition dans le sud-est de la France. Les données collectées par les capteurs de température et d'humidité nous permettent de quantifier le degré de découplage climatique entre les microrefuges, leur voisinage proche et le climat régional, notamment lors d'épisodes de vagues de chaleur, entre septembre 2021 et

octobre 2022. Parallèlement, l'utilisation de données LiDAR (*Light Detection and Ranging*) rend possible la caractérisation fine des facteurs facilitant ces processus de découplage climatique, qu'ils soient de nature topographique ou forestière. Comprendre les mécanismes sous-jacents impliqués dans l'effet de découplage des microrefuges permettra d'évaluer leur capacité de conservation de la flore sur le long terme.

Remerciements

Ces travaux sont soutenus par la Région Sud-PACA, dans le cadre du financement du projet MICROMED via l'AAP 2020 n°02697, et de la bourse doctorale « Emploi Jeune Doctorant » de Marie Finocchiaro. Nous remercions Pauline Bravet, Benoît Offerhaus et Maëlle Le Berre (CBNMed), ainsi que Frédéric Guiter, Matthieu Jurado, Flavia Dory, Hadrien Fanton et Lisa Foli (IMBE) pour leur aide sur le terrain. Nous remercions également l'IGN pour la mise à disposition en libre accès des données LiDAR.

Références

- [1] Microrefugia. V. Rull, *Journal of Biogeography*, vol. 36, n° 3, p. 481-484 (2009) doi: 10.1111/j.1365-2699.2008.02023.x.
- [2] Bridging the gap between microclimate and microrefugia: A bottom-up approach reveals strong climatic and biological offsets. M. Finocchiaro, F. Médail, A. Saatkamp, K. Diadema, D. Pavon, et E. Meineri, *Global Change Biology*, vol. 29, n° 4, p. 1024-1036 (2023) doi: 10.1111/gcb.16526.
- [3] A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. S. Z. Dobrowski, *Global Change Biology*, vol. 17, n° 2, p. 1022-1035 (2011) doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02263.x.
- [4] Climatic microrefugia under anthropogenic climate change: implications for species redistribution. J. Lenoir, T. Hattab, et G. Pierre, *Ecography*, vol. 40, n° 2, p. 253-266 (2017) doi: 10.1111/ecog.02788.
- [5] The capacity of refugia for conservation planning under climate change. G. Keppel, K. Mokany, G. W. Wardell-Johnson, B. L. Phillips, J. A. Welbergen, et A. E. Reside, *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, n° 2, p. 106-112 (2015) doi: 10.1890/140055.
- [6] Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6). A. Mukherji *et al.* (2023).
- [7] Biodiversity, climate change, and adaptation in the Mediterranean. D. Aurelle *et al.*, *Ecosphere*, vol. 13, n° 4, p. e3915 (2022) doi: 10.1002/ecs2.3915.

TAXONOMIE INTÉGRATIVE DES ÉPONGES DE BAIN (DEMOSPONGIAE, DICTYOCERATIDA, SPONGIIDAE) : QUELQUES CERTITUDES ET UN BAZAR À RESOUDRE !

#Oral

M. Grenier^{1,2*}, C. Simmler¹, N. Callizot², T. Pérez¹

(1) Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie Marine et Continentale (IMBE), UMR 7263, CNRS, IRD 237, Aix Marseille Université, Avignon Université, Station Marine d'Endoume, Chemin de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France.

(2) Neuralia SAS, 410 Chemin Départemental 60, 13120, Gardanne, France

*marie.grenier@imbe.fr

Selon la World Porifera Database, 152 espèces appartiennent à la famille des Spongiidae. Parmi elles, 15 sont récoltées et vendues comme éponges de bain naturelles pour leurs propriétés offrant élasticité, résistance et capacité d'absorption, variable selon les espèces [1]. Ce nombre d'espèces contraste avec un plus grand nombre de variétés actuellement reconnues par les pêcheurs d'éponges. Ces derniers sont conscients que plusieurs autres valorisations potentielles existent [2,3].

Des propriétés neuroprotectrices ont été récemment trouvées pour une espèce de cette famille. Nous avons donc mis en place une recherche visant à 1) réviser une partie de la systématique des Spongiidae, afin 2) d'évaluer les potentiels neuropharmacologiques de représentants supplémentaires de cette famille, et enfin 3) de développer une double valorisation des éponges de bain récoltées par les pêcheurs.

Nous présentons ici une approche de taxonomie intégrative sur un ensemble de Spongiidae originaires de la Mer Méditerranée et de l'Océan Atlantique Nord-Est. Cette approche combine l'analyse de deux marqueurs génétiques (mitochondrial et ribosomal), l'examen du squelette de spongine, qui est le trait fondamental utilisé dans la taxonomie de cette famille, ainsi que l'empreinte métabolique obtenue par spectrométrie de masse. Cette dernière approche indique des phénotypes chimiques à mettre en relation avec des activités neuroprotectrices putatives.

Ces différents jeux de données ont permis de valider définitivement certaines entités taxonomiques et d'identifier un net désordre dans la classification actuelle.

Parmi les résultats les plus clairs, nous avons confirmé la présence de *Spongia lamella* dans l'océan Atlantique Nord-Est, *Spongia mollissima* comme une espèce valide alors que les analyses génétiques antérieures n'avaient pas fourni de preuves significatives [4], et nous avons identifié une nouvelle espèce de *Spongia* présente à la fois dans la Mer Méditerranée et dans l'océan Atlantique Nord-Est. Les résultats les plus déconcertants concernent les deux espèces types des genres *Spongia* et *Hippospongia* : *S. officinalis* est plus proche d' *H. communis*, qu'elle ne l'est d'autres espèces du genre *Spongia* (par exemple *S. lamella*). Ces résultats appellent à un ré-examen précis des caractères morphologiques utilisés depuis des décennies [5].

Remerciements

Les auteurs remercient le soutien financier de l'ANRT pour la bourse de doctorat CIFRE n°2019/1375.

Références

- [1] J. Castritsi-Catharios, M. Magli & J. Vacelet. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87 (2007) 1765-1771.
- [2] R. Pronzato & R. Manconi. *Marine Ecology*, 29 (2008) 146-166.
- [3] E. Voultziadou, T. Dailianis, C. Antoniadou, D. Vafidis, C. Dounas & C.C. Chintiroglou. *Reviews in Fisheries Science*, 19 (2011) 34-51.
- [4] T. Dailianis, C.S. Tsigenopoulos, C. Dounas & E. Voultziadou. *Molecular ecology*, 20 (2011) 3757-3772.
- [5] J. Vacelet. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 16 (1959) 39-101.

Morgane Mauduit ^{1*}, Stéphane Greff ¹, Thierry Pérez ¹, Charlotte Simmler ¹

(1) Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie Marine et Continentale (IMBE), UMR 7263, CNRS, IRD 237, Aix Marseille Université, Avignon Université, Station Marine d'Endoume, rue de la batterie des lions, 13007 Marseille, France

*morgane.mauduit@imbe.fr

Les éponges sont des holobiontes aquatiques sessiles, occupant divers habitats benthiques au sein desquels elles peuvent être particulièrement abondantes. Ces animaux sont aussi connus pour produire une grande variété de métabolites spécialisés structurellement originaux, largement étudiés par les chimistes des substances naturelles, notamment pour la découverte de nouveaux médicaments, aux potentiels cytotoxiques anticancéreux, voire anti-infectieux. [1]

À travers leurs activités de nutrition par filtration de l'eau, les éponges libèrent dans leur proche environnement des particules (débris cellulaires) et des molécules dissoutes, issues de leurs activités métaboliques.[2] Ce faisant, les éponges peuvent donc également libérer leurs métabolites spécialisés.[3-4] L'ensemble des métabolites ainsi libérés dans l'environnement est appelé Exo-Métabolites (EMs) et constitue un réservoir de molécules, potentiellement nouvelles, qu'il serait possible de concentrer au voisinage de l'éponge sans collecter l'organisme producteur.[5]

Afin de pouvoir caractériser ces exométabolites, diverses techniques de concentration de molécules diluées en milieu aquatique peuvent être déployées soit en aquarium soit *in situ*. Cette présentation détaillera les approches mises en place pour concentrer les exométabolites présents à l'état de traces dans l'eau de

mer. Au travers d'analyses métabolomiques comparatives menées sur l'éponge *Aplysina cavernicola* (Vacelet, 1959), elle illustrera comment l'étude des exométabolites offre un nouveau regard sur la chimiodiversité de cette éponge de Méditerranée.

Les méthodes développées au cours de ces travaux de recherche visent, à accéder à des molécules d'intérêt produites par les éponges de façon plus durable, sans détruire leurs biomasses. Par ailleurs, la caractérisation de la composition et de l'identité des molécules libérées permettra aussi d'appréhender plus précisément leurs rôles dans l'écosystème marin.

Remerciements

Ce travail est financé par ANR-20-CE-43-0003 et le doctorat de MM est financé par une bourse CNRS 80 Prime.

Références

- [1] M. Mehbub et al., *Marine Drugs* (2014), 12(8), 4539-4577
- [2] J.M. de Goeij et al., *Science* (2013), 342, 108-110
- [3] R.P. Walker et al., *Marine Biology* (1985), 88, 27-32
- [4] E. Ternon et al., *Scientific Reports* (2016), 6(1), 1-11
- [5] M. Mauduit et al., *ACS Omega* (2022), 7(47), 43068-43083

▪ INRAE

L'ÉTUDE DES REPRÉSENTATIONS SOCIALES ET DE L'ATTITUDE ENVIRONNEMENTALE COMME OUTIL DE SENSIBILISATION ET DE COMPRÉHENSION DES PERCEPTIONS DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ET DU RISQUE INONDATION

#Oral

Pénélope Brueder ¹, A. Schleyer-Lindenmann ², F. Taillandier ³, C. Curt ⁴

(1) Aix Marseille Univ, ADEME, INRAE, UMR RECOVER, 3275 Route Cézanne, 13000 Aix en Provence, France

(2) INRAE, Aix Marseille Univ, RECOVER, Aix-en-Provence, France.

(3) Aix Marseille Univ, Université Côte d'Azur, Avignon Université, CNRS, ESPACE, UMR 7300, Avignon, France

* penelope.brueder@inrae.fr

La psychologie sociale et environnementale s'est depuis longtemps emparée de la question de la représentation du risque et notamment du risque inondation [1]. Pour répondre à cet enjeu du risque inondation, a émergé récemment le concept de Solution fondée sur la Nature (SfN) [2]. Dans le cadre de ce travail doctoral, nous menons plusieurs travaux sur ces deux sujets.

Dans un premier temps, nous avons exploré les représentations des SfN chez des experts du risque inondation au travers d'entretiens semi-directifs. Cette étude nous a permis de mettre en lumière les éléments qui structuraient ces représentations ainsi que les biais cognitifs pouvant constituer des freins au développement des SfN en France. L'un des aspects majeurs est le fait que les SfN seraient pensées pour « laisser plus de place à la nature » et ne plus « maîtriser les écosystèmes naturels » [3]. Ces éléments font écho au *New Environmental Paradigm* [4] qui est une conception pro-environnementale. Cette notion qui est appelée à devenir dominante [5] nécessite un changement de paradigme qui pourrait mettre à mal notre habitude d'être en maîtrise totale du risque et des écosystèmes naturels. Nous pensons qu'un lien unit cette pensée NEP et le concept de SfN.

Dans un second temps, nous avons souhaité étudier les liens unissant les attitudes environnementales [4] et les attitudes envers les SfN : est-ce qu'une attitude NEP forte pourrait aller de pair avec une acceptation des SfN et à terme mener à un plus fort déploiement de ces solutions ? Ainsi, nous posons l'hypothèse que les SfN pourraient favoriser une attitude pro-environnementale grâce à l'acculturation qu'elles permettent. Nous menons cette recherche par le

biais d'un questionnaire pour lequel l'analyse de données est en cours.

Enfin, nous ambitionnons de sensibiliser des acteurs de terrain aux SfN pour une gestion intégrée du risque inondation. Pour cela, nous avons créé un jeu sérieux qui mêle jeu de rôle et modélisation [6]. Grâce à ce dispositif nous souhaitons sensibiliser des élus, gestionnaires d'ouvrages, représentants d'association environnementale et habitants aux enjeux et opportunités que représentent les SfN pour le risque inondation. Ce jeu est en phase de finalisation et sera prochainement mis en place dans des villes du Sud Est de la France qui sont concernées par ce type d'aléa.

Références

- [1] K. Weiss, F. Girandola, L. Colbeau-Justin, *Pratiques Psychologiques*, 17(3) (2011) 251-262.
- [2] K. Chancibault, (2021). *Atelier du club Ville et aménagement sur l'adaptation au changement climatique*, Online, France, 2011, 13.
- [3] P. Brueder, A. Schleyer-Lindenmann, C. Curt, F. Taillandier, *submitted publication* (2023).
- [4] R. Dunlap, *Journal of Environmental Education*, 40(1) (2008) 3-18.
- [5] A. Schleyer-Lindenmann, B. Dauvier, H. Ittner, M. Piolat, *Psychologie Française*, 61(2) (2016) 83-102.
- [6] F. Taillandier, P. Di Maiolo, P. Taillandier, C. Jacquenod, L. Rauscher-Lauranceau, R. Mehdizadeh, *International journal of disaster risk reduction*, 64 (2021), 102503.

Veuillen Léa ¹, Prévosto Bernard ¹, Cailleret Maxime ¹

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

lea.veuillen@inrae.fr

Les épisodes de sécheresse gagnent en fréquence, intensité et durée dans de nombreuses régions du globe, impactant négativement la productivité et la santé des écosystèmes forestiers pour de nombreuses espèces et dans plusieurs biomes. Bien que les impacts de la sécheresse sur la croissance des arbres aient été largement étudiés à différentes échelles temporelles et spatiales, il nous manque encore des connaissances sur la manière dont la résilience à la sécheresse varie le long de l'aire de répartition d'une espèce.

La résilience d'un arbre à la sécheresse est définie comme sa capacité à résister à celle-ci, puis à retourner à son état pré-sécheresse, c'est-à-dire à se rétablir. En écologie forestière, la résilience est communément étudiée en terme de croissance radiale, c'est-à-dire de quantité de bois ajoutée chaque année autour du tronc (cerne de croissance). Nous nous sommes intéressés au pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), l'une des principales espèces résineuses du bassin méditerranéen occidental, considérée comme faisant partie des essences les plus tolérantes à la sécheresse en Europe et fournissant de nombreux services (production de bois, protection contre l'érosion, récréation, ...). Afin d'évaluer la variabilité de la résilience du pin d'Alep à la sécheresse le long de son aire de répartition, nous avons construit une large base de données de largeurs de cernes contenant 4632 séries provenant de 281 sites situés dans 11 pays méditerranéens. Ce jeu de données ne permettant pas de connaître l'origine de la variabilité observée (adaptation génétique aux conditions locales et/ou plasticité phénotypique), nous avons complété cette analyse par l'étude d'une plantation comparative de provenances établie en 1976 dans le sud-est de la France. Les largeurs de cernes ont été mesurées sur 195 individus de 12 provenances de pin d'Alep

originaires de six pays différents. Pour chaque année et chaque site (incluant la plantation comparative), la résilience a été quantifiée et l'intensité relative de la sécheresse évaluée à l'aide du SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index), un indice climatique normalisé de bilan hydrique.

L'analyse de la large base de données de largeurs de cernes nous a permis de constater que (a) la résilience était plus affectée par le bilan hydrique des années précédant et suivant la sécheresse que par l'intensité de la sécheresse elle-même ; (b) il existait une grande variabilité entre populations, les arbres poussant sous des climats plus secs étant plus sensibles à la sécheresse : ils étaient moins résistants, mais montraient un meilleur rétablissement. (c) En revanche, au sein de la plantation comparative, toutes les provenances ont montré une réponse uniforme à la sécheresse ; et ce quel que soit leur climat d'origine.

Ces résultats mettent en évidence la forte variabilité de la réponse à la sécheresse du pin d'Alep en termes de croissance radiale le long de son aire de répartition. De manière inattendue, l'intensité de la sécheresse n'a eu qu'un effet limité sur la résilience, soulignant la grande capacité de l'espèce à faire face aux épisodes de déficit hydrique. Les résultats issus de l'étude de la plantation comparative suggèrent que cela pourrait être principalement lié à la grande plasticité phénotypique de l'espèce, questionnant le potentiel de la migration assistée pour améliorer la résilience à la sécheresse des peuplements forestiers. Cette étude doit être complétée par l'analyse d'autres plantations comparatives soumises à des conditions climatiques plus extrêmes, pour lesquelles des variations intraspécifiques de la résilience à la sécheresse pourraient être constatées.

SPATIAL AND TEMPORAL ADAPTIVE DIVERGENCE IN THE EUROPEAN BEECH POPULATION ON MOUNT VENTOUX : FURTHER INSIGHTS FROM ITS DEMOGRAPHIC HISTORY

#Oral

Modica Andrea ^{1*}, Oddou-Muratorio Sylvie ^{1,2}, Lalagüe Hadrien ³, Scotti Ivan ¹

(1) INRAE, URFM, Avignon, France 2UMR

(2) ECOBIOP Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, Saint- Pée- sur- Nivelle, France

(3) UMR EcoFoG, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, INRAE, Université des Antilles, Université de Guyane, Campus Agronomique, Kourou, France

* andrea.modica@inrae.fr

Forest tree populations harbour high genetic diversity thanks to their large effective population sizes and strong gene flow. This allows them to diversify through adaptation to local environmental pressures, even within dispersal distance (“microgeographic adaptation”) [1, 2]. After the Last Glacial Maximum, a mixed forest covered the slopes of Mont Ventoux. Since the Neolithic, forest resources were extensively exploited, and in historical times the mountain was barren, except for some high-elevation forest patches. Since the late 19th century, a combination of reforestation programs and rural flight resulted in the current, expanded forest coverage [3, 4, 5]. Our aim is to assess (i) whether there has been adaptive divergence since 1850, (ii) and at which spatial scale. We computed two differentiation statistics for ~35k loci between pairs of tree stands using as many algorithms relying on different theoretical models: an island model, where all stands are connected by gene flow; and a hierarchical model accounting for spatial grouping of the stands. We considered as under selection the loci which resulted in being overly differentiated for a given statistics. We also modelled the species’ demographic history on Mont Ventoux using historical literature information and repeated the aforementioned analyses. Overall, we found that adaptive divergence of European Beech on Mount Ventoux occurs between the studied pairs of stands whatever is their geographic distance and the time of their divergence. The analyses performed under the demographic model improved the representation of the genetic patterns of divergence.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Rasmus Nielsen et Joséphine Paris pour leurs discussions stimulantes et leurs suggestions lors de la conférence SIBE 2022 à Ancône, en Italie. Ce travail a été financé par le programme de recherche CLIMAE MODEGRAD de l'INRAE, ainsi que par la subvention FLAG de l'ANR (ANR-12-ADAP-0007-01). Le programme de doctorat d'A. Modica est soutenu par une subvention cofinancée par le département ECODIV de l'INRAE.

Références

- [1] R.J. Petit, & A. Hampe, (2006). *Some Evolutionary Consequences of Being a Tree*.
- [2] I. Scotti, H. Lalagüe, C.S.- Saintagne, R. Ruiz, D. Delphine, F. Lefevre, P. Cubry, B. Fady, A.R.I. Lesur-, K. Francesca, B. Vanina, C. Plomion, P. Rozenberg, G.G. Vendramin, (2022). Common microgeographical selection patterns revealed in four European conifers. *Molecular Ecology*, January, 1–19.
- [3] J. Ningre, (2007). Le reboisement du Ventoux au XIX siècle : techniques et travaux. *Forêt Méditerranéenne*, XXVIII (4), 319–326.
- [4] T.A Lander, S. Oddou-Muratorio, H Prouillet-Leplat, E.K. Klein, (2011). Reconstruction of a beech population bottleneck using archival demographic information and Bayesian analysis of genetic data. *Molecular Ecology*, 20 (24), 5182–5196.
- [5] T.A. Lander, E.K. Klein, A. Roig, S. Oddou-Muratorio, (2020). Weak founder effects but significant spatial genetic imprint of recent contraction and expansion of European beech populations. *Heredity*.

■ IRSN/Ineris

BIO-ANALYTICAL ASSESSMENT OF PRIMARY VS. AGED RESIDENTIAL WOOD COMBUSTION EMISSIONS

#Oral

A. El Mais ^{1,2*}, B. D'Anna ², B. Temime-Roussel ², C. Degrendele ², G.M. Lanzafazme ², H. Wortham ², S. Collet ¹, N. Karoski ¹, A. Dermigny ¹, A. El Masri ¹, S. Stravrovski ¹, F. Fuvel ¹, C. Chatellier ¹, E. Maillot-Maréchal ¹, S. Aït-Aïssa ¹, A. Albinet ¹

(1) Ineris, Parc Technologique Alata, Verneuil-en-Halatte, 60550, France

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, UMR 7376, 13331 Marseille, France

*abd-el-rahman.el-mais@ineris.fr

Residential wood combustion represents a major air pollution source emitting large quantities of particulate matter (PM) and volatile and semi-volatile organic species leading to the formation, via atmospheric oxidation processes, of secondary organic aerosols (SOA) [1]. Thousands of compounds are associated with the PM originating from biomass burning including well-known toxic species such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), their oxygenated and nitrated derivatives (oxy-PAHs and nitro-PAHs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins, and furans (PCDD/Fs). Whereas it is quite challenging, if not impossible, for chemical analytical methods alone to describe and quantify all the individual constituents of PM to predict their biological effects, bio-analytical tools (i.e. *in vitro* mechanism-based cellular bioassays) allow to quantify the overall biological activity of such complex environmental matrices and reveal the presence of toxicologically relevant compounds [2]. In such context, the main objective of this work was to assess and compare, using *in vitro* mechanism-based bioassays, the biological responses of the primary and secondary emissions obtained from both, logwood, and pellet stoves.

Experiments have been carried out using two modern residential heating appliances under different output conditions (nominal and reduced). After dilution (20 - 40 times), biomass burning emissions were aged, through a potential aerosol mass - oxidation flow reactor (PAM-OFR) at ambient temperatures (16 - 25 °C) and environmentally relevant relative humidity (40 - 70 %). Both daytime (with OH radical, 1 - 10 equivalent days of aging) and night-time chemistry (with NO₃ radical, only for logwood stove, 1 - 2 equivalent nights of aging) have been investigated. In addition, "pure" secondary particles formed, by filtering the entering emissions into the PAM-OFR, were also studied. Both particulate and gaseous phase samples (about 110 in total) have been collected, on quartz fiber filters and polyurethane foams (PUFs) respectively, before and after aging for off-line chemical analysis and *in vitro* bioassay purposes. Several endpoints, PAH- and TCDD-like activity (i.e. aryl hydrocarbon receptor (AhR) after 4 h and 24 h exposure, respectively), androgenicity (AR), and anti-androgenicity (anti-AR),

estrogenicity (ER), and anti-estrogenicity (anti-ER) have been targeted using different human cell lines (HepG2, MDA-kb2, and MELN, respectively). Quality control and quality assurance included the analysis of laboratory blanks, field blanks, chemical reference compounds, and a standard reference material (NIST SRM 1649b, urban dust).

Overall, results obtained showed dioxin- and PAH-like (AhR) and anti-AR biological activities for both primary and aged emissions. No estrogenic activity was observed. Biological activities for logwood stove emissions were significantly higher than those of pellets. In addition, a significant impact of the aging conditions (NO₃ vs. OH radicals) on the biological activities was observed.

The biological responses observed will be compared and discussed in terms of heating appliances (pellets vs. logwood stoves), output conditions (nominal vs. reduced), emissions type (primary vs. aged vs. "pure secondary particles") as well as day- vs. night-time chemistry. Furthermore, the contribution of PAHs, oxy-PAHs, and nitro-PAHs PM content to the biological responses observed will be also discussed.

Acknowledgments

This work was supported by the ADEME agency (French Environment and Energy Management Agency) and the French Ministry of Environment.

References

- [1] Bølling, A.K.; Pagels, J.; Yttri, K.E.; Barregard, L.; Sallsten, G.; Schwarze, P.E.; Boman, C. Health Effects of Residential Wood Smoke Particles: The Importance of Combustion Conditions and Physicochemical Particle Properties. *Particle and Fibre Toxicology* **2009**, *6*, 29.
- [2] Eichbaum, K.; Brinkmann, M.; Buchinger, S.; Reifferscheid, G.; Hecker, M.; Giesy, J.P.; Engwall, M.; van Bavel, B.; Hollert, H. In Vitro Bioassays for Detecting Dioxin-like Activity — Application Potentials and Limits of Detection, a Review. *Science of The Total Environment* **2014**, *487*, 37–48.

▪ LCE

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF AEROSOLS MEASURED DURING SUMMERTIME ACROSS CAMPAIGN AT PRG SITE IN PARIS USING A CHARON PTR-ToF-MS

#Oral

M. Shahin^{1*}, B. Temime-Roussel¹, J. Brito⁶, L. Di Antonio³, C. Di Biagio², S. Dusanter⁶, E. Freney⁶, A. Gratien², L. Hawkins⁴, D. Pronovost⁴, S. Riley⁴, M. Riva⁵, R. Verma⁵, and J. Kammer¹, B. D'Anna¹

(1) Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE), Aix-Marseille Université, 3 place Victor Hugo 13013 Marseille Cedex 03 France
 (2) Université Paris Cité and Univ Paris Est Creteil, CNRS, LISA, F-75013 Paris, France
 (3) Univ Paris Est Creteil and Université Paris Cité, CNRS, LISA, F-94010 Créteil, France
 (4) Department of Chemistry, Harvey Mudd College, 301 Platt Blvd, Claremont, California 91711, United States
 (5) Univ. Lyon, Université Claude Bernard Lyon1, CNRS, IRCELYON, 69626 Villeurbanne, France
 (6) Centre for Energy and Environment, IMT Nord Europe, Institut Mine-Télécom, Université de Lille, Lille, 59000, France

*marwa.shahin@etu.univ-amu.fr

A substantial fraction of the fine particulate matter in the atmosphere is represented by organic aerosols (OA), accounting up to 90% of aerosol mass in the lower troposphere, out of which secondary organic aerosols (SOA) compose a large fraction [1].

SOA originates from VOCs reaction with ozone (O₃), nitrate (NO₃) and hydroxyl radicals (OH), forming less volatile products able to partition into the condensed phase. Considering the diversity of precursors and products formed, this process leads to a complex chemical composition of the SOA.

Despite their unambiguous impact on air quality, climate, and human health, SOA is not yet satisfactorily constrained by atmospheric models, resulting in a large uncertainties in their production [2]. It is therefore necessary to better understand the process governing SOA formation at a molecular level through the identification and quantification of the major oxidation products in both gas and particle phases, and their volatility distribution in various conditions.

The aim of the study was to characterize gas and particle phase compositions and properties in urban conditions. Measurements were performed as part of the Atmospheric ChemistRy Of the Suburban forest (ACROSS) intensive field campaign held during the summer of 2022 at PRG, an urban site in Paris.

A new analytical tool “CHemical Analysis of aeRosol ON-line (CHARON)” was deployed and coupled to a high-resolution time-of-flight mass spectrometer (PTR-ToF-MS) to alternatively measure gas and particle phase components [3]. Molecular level information of the aerosol composition is possible due to the instrument soft ionization of the analyte.

In gas phase, typical tracers of urban environments (benzene, toluene, xylene, etc.) have been found at

concentrations closed to previous studies in comparable environments. On both phases, oxidation products of monoaromatic compounds were observed, like C₄H₄O₂.H⁺ (m/z 85.03) and C₆H₆O₂.H⁺ (m/z 111.05). We also identified several ions addressed as long chain oxygenated species, such as C₁₆H₃₄O₃.H⁺ (m/z 275.26) or C₁₈H₃₄O₂.H⁺ (m/z 283.26). Detailed chemical composition and temporal trends for both phases will be presented (Fig. 1), and partitioning will be discussed.

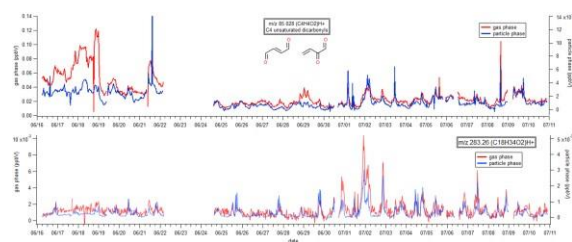


Figure 1. Temporal evolution of ions detected in both gas and particle phases.

In the future, advanced statistical methods will be used to identify the main sources contributing to gas and aerosols organic fractions. Finally, output knowledge of this study will serve as a new input to better parameterize atmospheric chemistry models for optimized prediction of aerosol formation and evolution.

Acknowledgements

This work was supported by the Research Funding Program: INSU-LEFE-CHAT ACROSS-GO.

References

- [1] M. Kanakidou et al., *Atmospheric Chemistry and Physics* 5 (2005) 1053–1123.
- [2] C.L. Heald et al., *Geophys. Res. Lett.*, 32 (2005) L18809.
- [3] P. Eichler et al., *Atmos. Meas. Tech.*, 8 (2015) 1353–1360.

▪ LPED

A FOCUS ON MASSIVE ORGANIC MATTER AMENDMENT AND GRASS COVER ON SOIL HEALTH IN VITICULTURE

#Oral

Regus Flor ^{1,2*}, Laffont-Schwob Isabelle ², Farnet Da Silva Anne-Marie ¹

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

(2) Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

[*flor-bethania.REGUS@etu.univ-amu.fr](mailto:flor-bethania.REGUS@etu.univ-amu.fr)

Vineyards in Southeastern France are important economic and cultural crops. However, to ensure high yields while maintaining wine quality, viticulture relies on practices such as tillage or agrochemicals that over time damaged the soil [1]. In a context of climate change with increased drought events and heat waves, the irrigation of viticulture is recently spreading in this geographical area. To ensure a sustainable future of viticulture, grape production and cultivation needs to be environmentally and economically founded [2]. Nowadays, some practices are believed to be beneficial for soil structure such as the addition of grass cover and of organic massive amendment. For instance, the use of grass cover, in the Mediterranean context, provides many different benefits: it prevents from soil erosion and surface runoff [3], improves soil structure, nutrition cycle and microbial soil characteristics [4]. Moreover, organic matter amendment has improved soil properties such as water holding capacity, soil aeration and nutrient retention [5]. Our hypothesis relies on the fact that those practices may improve soil health and may lower the need of irrigation.

The objective of this study is to assess the effects of practices considered as sustainable such as the addition of grass cover and massive organic matter amendment in soils of vineyard parcels from the Sainte Victoire region during a one year-period. Soil samples were collected from vineyard parcels with the following treatment modalities: (i) Control (no organic matter +no grass cover), (ii) massive organic matter amendment, (iii) grass cover, (iv) organic matter massive amendment+ grass cover. Here, we only present results from the biological indicators used to evaluate the effect of these practices i.e. basal respiration,

microbial biomass and microbial catabolic diversity structure.

Overall, preliminary results show the addition of massive amendment and use of grass cover increased basal respiration and microbial biomass and changed the catabolic structures were observed in different modalities. Our further findings will provide information about both soil and plant health status.

Acknowledgement

We are grateful to the ALCOVE PROJET (funded by the Excellence initiative of Aix Marseille University (AMX-19-IET-012) for the financing of Flor Regus PhD. Many thanks to all the participants of the ALCOVE PROJECT and to the technical teams at the IMBE and LPED.

References

- [1] Blavet, D., De Noni, G., Le Bissonnais, Y., Leonard, M., Maillou, L., Laurent, J. Y., Asseline, J., Leprun, J. C., Arshad, M. A., & Roose, E. (2009). Soil and Tillage Research, 106(2009)1.
- [2] Gattullo, C. E., Mezzapesa, G. N., Stellacci, A. M., Ferrara, G., Occhiogrosso, G., Petrelli, G., Castellini, M., & Spagnuolo, M. (2020). Agronomy, 10(2020)9.
- [3] Monteiro, A., & Lopes, C. M. Agriculture, Ecosystems & Environment, 121(2014)4
- [4] Mercenaro, L., Nieddu, G., Pulina, P., & Porqueddu, C.. Agriculture, Ecosystems & Environment, 192(2014), 95.
- [5] Schmidt, H.-P., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, M. W. H., Mackie, K. A., & Abiven, S. (2014).. Agriculture, Ecosystems & Environment, 191 (2014)117–123.

▪ M2P2

BIOSEQUESTRATION DU CO₂ POUR LA PRODUCTION D'ANTIOXYDANTS : CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CULTURE ET LA BIORAFFINERIE D'*ARTHROSPIRA PLATENSIS* (SPIRULINE)

#Oral

A. Gutiérrez Márquez^{1,2}, G. Fleury¹, A. Dimitriades-Lemaire¹, P. Alvarez, G. Santander³, C. Crampon², E. Badens², J.-F. Sassi¹

(1) *MicroAlgae Processes Platform, CEA Cadarache, DRT/DSUD, F-13108 Saint Paul lez Durance, France*

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

(3) *Ecosynia, Pôle Yvon Morandat, 1480, avenue d'Arménie, 13120 Gardanne, France*

*alejandra.GUTIERREZMARQUEZ@cea.fr

A. platensis (Spiruline) est une cyanobactérie filamenteuse reconnue pour ses propriétés nutraceutiques et alimentaires [1]. Sa consommation par l'homme remonte au moins au 16^{ème} sièclea sur le continent américain [2]. De nos jours, elle fait partie des rares microorganismes photosynthétiques à être autorisés partout dans le monde pour l'alimentation humaine, ce qui a entraîné l'utilisation de ses extraits dans les domaines nutraceutique, alimentaire, cosmétique et médicale [3].

Sa biomasse est cultivée de façon commerciale dans des grands bassins ouverts en utilisant des sels inorganiques comme principale source de carbone avec des conditions de culture partiellement contrôlées [4]. La productivité des cultures dépend des conditions saisonnières influençant des facteurs physicochimiques, comme l'alcalinité, le pH, l'exposition à la lumière, la température et les nutriments du milieu [5]. L'extraction des composés actifs après la récolte des microalgues passe généralement par des procédés énergivores incluant des solvants organiques [6].

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'optimisation de la culture et la mise en place d'une bioraffinerie de la Spiruline par :

- L'évaluation de son taux de séquestration du CO₂ en conditions contrôlées, en substituant les sels inorganiques du milieu de culture classique par un air enrichi à 5% v/v en CO₂.
- La détermination de l'impact des photopériodes (durée d'exposition quotidienne à la lumière de 12, 16 ou 24 h) sur la vitesse de séquestration du CO₂ gazeux par les cultures, ainsi que sur la teneur en pigments bioactifs dans la biomasse cultivée.
- Après culture et prétraitement, l'identification de l'efficacité de solvants verts tels que l'eau, l'éthanol et le CO₂ supercritique sur l'extraction de composés antioxydants (notamment pigments et polyphénols).

Dans un premier temps, à l'aide de résultats expérimentaux basés sur les mesures de carbone inorganique dissous dans le milieu (CID) et d'un modèle mathématique [7], il a été démontré que les photopériodes n'ont pas d'effet significatif sur la concentration de CID dans le milieu de culture. Pour les 3 photopériodes évaluées, le CID y est resté constant autour d'une concentration moyenne de 675 ± 44,5 mg_{CID}/L. En revanche, la photosynthèse et de la consommation des nitrates du milieu par le microorganisme vont alcaliniser le milieu et ainsi impacter directement la teneur en CID et la capacité du milieu à séquestrer le CO₂. L'augmentation de la photopériode de 12 h à 24 h a permis d'augmenter la productivité en biomasse et la vitesse d'absorption du CO₂ correspondantes, lesquels sont passés de 0,05 à 0,13 g/L/J

et de 71,92 à 216,84 mg_{CO₂}/L/J, respectivement.

Jusqu'à présent, les extractions sur biomasse récoltée ont été faites par macération aqueuse et par Accelerated Solvent Extraction (ASE) avec des mélanges éthanol : eau (1:2, 1:1) de compositions variables. Chaque composition des mélanges d'extraction choisis a montré un effet sur la sélectivité des molécules extraites. L'absorbance des extraits obtenus a été mesurée entre 350 et 850 nm afin d'avoir une première évaluation du contenu en pigments photosynthétiques. Outre des tests globaux de l'activité antioxydante et de la teneur en composés phénoliques (tests DPPH, ABTS et « Total Phenolic Content »), il est prévu des analyses HPLC afin de quantifier les teneurs des extraits en pigments lipophiles.

Remerciements

Nous souhaitons remercier le Conseil des Sciences et Technologies du Mexique (CONACyT) pour le financement No. 786324 attribué, ainsi que la société Ecosynia pour le support financier apporté à ce projet.

Références

- [1] J. L. Garcia, M. de Vicente, and B. Galán, "Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals," *Microb Biotechnol*, vol. 10, no. 5, pp. 1017–1024, Aug. 2017, doi: 10.1111/1751-7915.12800.
- [2] J. Léonard, "The 1964–65 Belgian Trans-Saharan Expedition," *Nature*, no. 209, pp. 126–128, 1966, doi: <https://doi.org/10.1038/209126a0>.
- [3] D. Wan, Q. Wu, and K. Kuča, "Chapter 42 - Spirulina," in *Nutraceuticals*, R. C. Gupta, Ed. Boston: Academic Press, 2016, pp. 569–583. doi: 10.1016/B978-0-12-802147-7.00042-5.
- [4] A. Belay, Y. Ota, K. Miyakawa, and H. Shimamatsu, "Current knowledge on potential health benefits of Spirulina," *J Appl Phycol*, vol. 5, no. 2, pp. 235–241, Apr. 1993, doi: 10.1007/BF00004024.
- [5] N. K. Z. AlFadhly, N. Alhelfi, A. B. Altemimi, D. K. Verma, and F. Cacciola, "Tendencies Affecting the Growth and Cultivation of Genus Spirulina: An Investigative Review on Current Trends," *Plants*, vol. 11, no. 22, Art. no. 22, Jan. 2022, doi: 10.3390/plants11223063.
- [6] S. P. Cuellar-Bermudez, I. Aguilar-Hernandez, D. L. Cardenas-Chavez, N. Ornelas-Soto, M. A. Romero-Ogawa, and R. Parra-Saldivar, "Extraction and purification of high-value metabolites from microalgae: essential lipids, astaxanthin and phycobiliproteins," *Microbial Biotechnology*, vol. 8, no. 2, pp. 190–209, 2015, doi: 10.1111/1751-7915.12167.
- [7] D. E. Brune and J. T. Novak, "The use of carbonate equilibrium chemistry in quantifying algal carbon uptake kinetics," *European J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 13, no. 2, pp. 71–76, Jun. 1981, doi: 10.1007/BF00499691.

ÉLIMINATION DES VIRUS DANS L'EAU DOUCE PAR OSMOSE INVERSE BASSE PRESSION : APPLICATION À LA PRODUCTION D'EAU DESTINÉE À LA CONSOMMATION HUMAINE

#Oral

H. Taligrot ^{1*}, M. Monnot ¹, S. Wurtzer ², J. Geslin ², L. Moulin ², P. Moulin ¹

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

(2) Eau de Paris, 39 Avenue Jean Jaurès, 94200 Ivry-Sur-Seine, France

*hugo.taligrot@univ-amu.fr

La production d'eau potable doit répondre à des objectifs de qualité sanitaire pour les consommateurs. En effet, la réglementation est de plus en plus contraignante, avec plus de cinquante critères de qualité. Ces critères ont été définis par la directive du Parlement européen et du Conseil, relative à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine et recense notamment les microorganismes pathogènes. Aujourd'hui, l'élimination de ces pathogènes est habituellement réalisée par des procédés de désinfection utilisant l'ozone et les UV. Cependant, les procédés membranaires, technologie innovante en plein essor depuis plusieurs dizaines d'années, sont aussi de plus en plus proposés pour éliminer les pathogènes, notamment l'ultrafiltration (UF) qui présente des tailles de pores de l'ordre de 20 nm et l'osmose inverse (OI) qui est une membrane dense. Le processus d'ultrafiltration permet des rétentions virales variant de 1 à 4 logarithmes d'abattement viral, selon la concentration virale, tandis que les membranes denses utilisées pour l'osmose inverse permettent des abattements plus élevés pouvant aller jusqu'à 7 log [1,2]. Les perméats résultant de ces procédés possèdent donc des concentrations virales très faibles (1 à 2 virus.L⁻¹), représentant une problématique pour leur analyse et leur quantification par RT-qPCR. Si toutefois l'efficacité de procédé pour la rétention virale a été prouvée dans la littérature, les abattements viraux diffèrent selon les études. Ces différences peuvent être expliquées par les différentes méthodes de concentration des virus utilisées avant analyse mais aussi par différents mécanismes possibles, tels que des micro-fuites au niveau des joints toriques, des lignes de colle non étanches ou des membranes affectées par des dommages chimiques [3,4] ou physique. Le but de ce travail est de valider les méthodes de concentration des virus avant analyse par RT-qPCR pour de faibles concentrations et d'évaluer les performances du procédé d'osmose inverse à basse pression (OIBP) pour la rétention de virus en fonction des conditions de fonctionnement. Pour cette étude, les performances de rétention virale d'OIBP ont été étudiées selon le facteur de concentration volumique (FCV) à deux échelles et pour trois virus différents (à 10⁶ virus.L⁻¹) : un entérovirus (CV-B5), un adénovirus (AdV 41) et le bactériophage MS2.

Des expériences ont donc été réalisées sur un pilote d'OIBP d'échelle laboratoire et un pilote semi-industriel permettant la production d'un débit de perméat respectif d'environ 1 et 100 L.min⁻¹. Pour l'analyse et la quantification des perméats à faibles concentrations virales, deux méthodes de concentration ont été testées. Ces méthodes permettent de concentrer de grands volumes (de 100 à 1000 L) en un volume adapté à la détection virale (200 µL).

Les méthodes étudiées ont permis des taux de récupération acceptables et similaires à certaines études, utilisant cependant des volumes plus importants [5,6]. Ces taux ont été ensuite pris en compte pour le calcul des bilans matières et des abattements viraux. Pour le pilote à l'échelle laboratoire, les résultats ont montré des rétentions similaires quel que soit le type de virus et le FCV. De la même manière, pour le pilote semi-industriel, les mêmes rétentions ont été observées quel que soit le type de virus avec cependant des différences selon les valeurs de FCV des différents étages. Les mêmes abattements ont été obtenus pour les deux échelles, bien que la surface membranaire et le nombre de joints soient 30 fois plus important pour l'échelle semi-industrielle. Néanmoins on observe toujours quelques virus dans le perméat, il est donc nécessaire d'approfondir les recherches sur les membranes d'OIBP et la provenance du passage des virus lors de la filtration. Pour cela, les membranes utilisées lors des précédentes filtrations vont être récupérées pour étudier les performances après vieillissement.

Références

- [1] B. Mi, C.L. Eaton, J.-H. Kim, C.K. Colvin, J.C. Lozier, B.J. Mariñas, *Water Research*, 38 (2004) 3821.
- [2] N. Jacquet, S. Wurtzer, G. Darracq, Y. Wyart, L. Moulin, P. Moulin, *Journal of Membrane Science*, 634 (2021) 119417.
- [3] E. Ostarcevic, J. Jacangelo, S. Gray, M. Cran, *Membranes*, 8 (2018) 60.
- [4] L.M. Hornstra, T. Rodrigues da Silva, B. Blankert, L. Heijnen, E. Beerendonk, E.R. Cornelissen, G. Medema, *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, 5 (2019) 1535.
- [5] B. Prevost, F. S. Lucas, A. Goncalves, F. Richard, L. Moulin, and S. Wurtzer, *Environment International*, 79 (2015) 42.
- [6] M. R. Karim, E. R. Rhodes, N. Brinkman, L. Wymer, and G. S. Fout, *Appl Environ Microbiol*, 75 (2009) 239

▪ MIO

CONSIDERER LA MIXOTROPHIE DANS LES MODELES BIOGEOCHIMIQUES : LA SOLUTION POUR UNE MEILLEURE REPRESENTATION DE L'ECOSYSTEME ET DES FLUX DE CARBONE ?

#Oral

L. Barré^{1*}, F. Diaz, T. Wagener¹, F. Van Wambeke¹, C. Mazoyer¹, C. Yohia², C. Pinazo¹

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

(2) Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, OSU Institut Pythéas, 13288, Marseille, France

*lucille.barre@mio.osupytheas.fr

Les modèles biogéochimiques actuels sont communément basés sur une représentation du réseau trophique opposant le phytoplancton photo-autotrophe (nutrition basée sur la photosynthèse) au zooplancton phago-hétérotrophe (nutrition basée sur l'ingestion de proies). Cependant, ces dernières années, un nombre croissant d'études remet en question cette approche jugée parfois trop simpliste compte-tenu de l'observation d'organismes capables d'être à la fois autotrophes et hétérotrophes, simultanément ou en alternance, selon les conditions environnementales [1, 2].

La combinaison des modes de nutrition photo-autotrophe et phago-hétérotrophe est un exemple de mixotrophie. Les organismes mixotrophes sont généralement divisés en deux groupes majeurs, les mixotrophes constitutifs (CM) qui sont principalement photo-autotrophes mais qui peuvent ingérer des proies lorsque les conditions environnementales ne sont pas favorables (e.g., lorsque les éléments nutritifs limitent la croissance), et les mixotrophes non-constitutifs (NCM) qui sont principalement phago-hétérotrophes mais qui peuvent utiliser la photosynthèse pour compléter leur nutrition en carbone [2].

Les mixotrophes jouent un rôle important dans le cycle du carbone. Plusieurs études ont notamment démontré leur importance dans les transferts de matière et d'énergie motivant ainsi leur considération dans les modèles biogéochimiques [3, 4, 5]. De plus, ils ont été largement observés dans la quasi-totalité des groupes fonctionnels et dans de nombreux types d'environnement [6]. Alors que quelques études se concentrent sur des systèmes riches en nutriments [7], les mixotrophes sont particulièrement observés dans des systèmes oligotrophes tels que la Méditerranée où des études sur la répartition et l'effet des mixotrophes sur l'écosystème ont été menées [8]. Cependant, peu d'auteurs ont étudié l'effet des variables environnementales (e.g., lumière, concentration en nutriment, température, pH) sur la structuration spatiale et temporelle des mixotrophes.

Cette étude a pour objectif d'examiner l'impact de la concentration en nutriments sur la structure de l'écosystème planctonique dans un environnement côtier très dynamique : la baie de Marseille. Pour ce faire, nous avons développé un modèle biogéochimique à stœchiométrie variable, Eco3M-MIX-CarbOx [9], qui permet, en plus de représenter les compartiments classiques du zooplancton, du phytoplancton et des bactéries hétérotrophes, la représentation de deux types de mixotrophes : les NCM et les CM. Nous avons suivi la composition de l'écosystème dans deux types de conditions : i) limitantes en nutriments, et ii) réalistes (c.à.d., dans des conditions de nutriment représentatives de la baie de Marseille). La dynamique des mixotrophes a été

particulièrement examinée, ainsi que les flux en carbone, azote et phosphore associés à ces organismes.

Cette étude montre que la mixotrophie apparaît comme un véritable avantage lorsque les concentrations en nutriments sont faibles, permettant ainsi aux mixotrophes de dominer le milieu ou de maintenir une biomasse significative dans ces conditions défavorables à la croissance. La présence de mixotrophes dans le milieu pourra ainsi fortement impacter la structure de l'écosystème et les flux de carbone, azote et phosphore associés. Il apparaît donc crucial d'intégrer ces organismes aux modèles biogéochimiques et de poursuivre les études permettant de mieux comprendre leurs conditions d'émergence et leur dynamique en considérant de nouveaux paramètres tels que la température ou le pH qui pourront être fortement modifiés dans le futur.

Remerciements

Nous remercions le service national d'observation en milieu littoral (SOMLIT), Véronique Lagadec, Michel Lafont et le Service Atmosphère Mer du MIO d'avoir permis l'utilisation des données de la station SOLEMIO, le réseau TMEDNet, le réseau ROMARIN, l'observatoire de la qualité de l'air et le projet AMC en particulier Alexandre Armengaud, Irène Xueref-Remy et Dominique Lefèvre, d'avoir permis l'utilisation des données de la station Planier-Souquet, de la bouée Carry et de la station Cinq Avenues, respectivement. Enfin, nous remercions l'équipe de la plateforme Cluster de calcul intensif HPC de l'OSU Institut PYTHEAS (Aix-Marseille Université, INSU-CNRS) pour avoir fourni les installations informatiques. Nous tenons à remercier Julien Lecubin du Service Informatique de l'OSU Institut Pytheas pour son assistance technique.

Références

[1] J.R. Dolan, *Marine Microbial Food Webs*, 6(2) (1992) 115. [2] D. K. Stoecker, *European Journal of Protistology*, 34(3) (1998) 281. [3] R. Ptacknick, U. Sommer, T. Hansen, V. Martens, *Limnology, and oceanography*, 49 (2004) 1435. [4] B. A. Ward, M. J. Follows, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (2016) 2958. [5] A. Mitra, K. J. Flynn, *Journal of Marine Systems*, 83 (2010) 158. [6] K. J. Flynn, D. K. Stoecker, A. Mitra, J. Raven, P. M. Glibert, P. J. Hansen, E. Graneli, J. M. Burkholder, *Journal of Plankton Research*, 35(1) (2012) 3. [7] J. M. Burkholder, P. M. Glibert, H. M. Skelton, *Harmful Algae*, 8 (2008) 77. [8] P. Pitta, A. Giannakourou, *Marine Ecology Progress Series*, 194 (2000) 269. [9] L. Barré, F. Diaz, T. Wagener, F. Van Wambeke, C. Mazoyer, C. Yohia, C. Pinazo, *submitted to GMD*, (2023a).

G. Capitaine^{1,2*}, P. Fisticaro², T. Wagener¹

(1) Aix Marseille Université, CNRS, IRD, MIO, 13288 Marseille, France

(2) Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), 1 rue Gaston Boissier, 75015 Paris, France

*gaelle.capitaine@lne.fr

La concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère a augmenté de 50% sur les 150 dernières années dû à l'intensification de l'utilisation de ressources fossiles par les activités humaines [1]. Par l'absorption d'environ 25% de ces émissions de CO₂ anthropiques, l'océan joue un rôle majeur de puit de carbone et permet ainsi l'atténuation du dérèglement climatique [2]. Cependant, la dissolution du CO₂ dans l'océan entraîne un phénomène d'acidification des eaux marines et de modification de la chimie des carbonates ayant un impact sur les écosystèmes marins [3].

Afin de quantifier et d'évaluer les modifications du système des carbonates océanique ainsi que ses impacts, quatre paramètres mesurables sont suivis par les océanographes : le pH, l'alcalinité totale, la pression partielle de CO₂ et le carbone inorganique dissous. Il est nécessaire, pour ces paramètres, d'avoir une qualité de données suffisante afin de pouvoir établir des tendances à long terme avec fiabilité. L'objectif de développement durable 14.3 de l'UNESCO est de réduire au maximum l'acidification des océans et lutter contre ses effets, notamment en renforçant la coopération scientifique à tous les niveaux et d'intégrer une tâche spécifique à la qualité de la mesure pour le suivi du phénomène d'acidification des eaux marines [4].

La métrologie est essentielle pour répondre à cet objectif. Parmi les principes métrologiques, on retrouve la traçabilité métrologique, qui est la notion selon laquelle les résultats de mesures peuvent être reliés à une seule et même référence [5]. A cela s'ajoute la validation des procédures de mesure, réalisée par le biais de comparaisons inter-laboratoires et l'utilisation de matériaux de référence, ainsi que l'évaluation des incertitudes de mesures. La mise en application de ces trois principes permet de garantir des résultats de mesures fiables et comparables dans le temps permettant l'évaluation de tendances à long terme.

Parmi les quatre paramètres utilisés pour l'étude de l'acidification des eaux marines, l'alcalinité totale représente la capacité tampon de l'eau de mer, soit sa capacité à absorber les variations d'acidité [6]. Ce paramètre est directement lié à l'étude du phénomène d'acidification des océans ce qui rend essentiel son suivi

dans le temps. De plus, associé à un second paramètre, l'alcalinité totale permet également de calculer différentes grandeurs relatives à la chimie des carbonates océaniques. La problématique liée à l'observation de l'alcalinité totale est l'absence, à ce jour, d'un bilan d'incertitude de la mesure qui soit rigoureusement établi. Le Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) a fixé comme objectif la qualité de données pour le suivi de l'alcalinité à une incertitude de mesure inférieure à 2 µmol/kg [7].

La présentation portera sur l'application des différents principes métrologiques mentionnés précédemment à la mesure de l'alcalinité totale des eaux marines. L'identification des sources d'incertitudes de la méthode titrimétrique de mesure de l'alcalinité totale sera exposée. Le calcul de la valeur d'alcalinité nécessite une étape d'affinement permettant de prendre en compte la complexité de la matrice de l'eau de mer. La difficulté de quantification des sources d'incertitude issues de cette étape sera discutée. Un matériau de référence potentiel, constitué d'une eau de mer artificielle avec une valeur d'alcalinité connue par la préparation gravimétrique de la solution, a été développé. L'étude de ce matériau dans le cadre d'une intercomparaison réalisée avec quatre laboratoires océanographiques français sera également présentée.

Références

- [1] Carbon dioxide now more than 50% higher than pre-industrial levels, NOAA, www.noaa.gov (2022).
- [2] P. Friedlingstein et al., *Earth System Science Data* 14 (4) (2022).
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 447-588 (éd 2022).
- [4] Indicator methodology for 14.3.1, UNESCO/IOC, (2019)
- [5] International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM), JCGM 200:2008, (2008).
- [6] J.J. Middelburg et al., *Reviews of Geophysics* 58 (3) (2020).
- [7] Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON): Implementation Strategy, GOA-ON, (2019).

ESTIMATION OF LIFE-HISTORY TRAITS OF AN EUROPEAN EEL SUB-POPULATION IN A MEDITERRANEAN DRAINAGE CHANNEL THROUGH LONG-TERM CAPTURE-MARK-RECAPTURE MONITORING

#Oral

A. Hoste^{1,2*}, C. Bouchard³, J.-C. Poggiale¹, D. Nicolas²

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

(2) Tour du Valat, Arles, France

(3) UMR Ecobiop, UPPA – INRAe, Saint Pée sur Nivelle, France

*hoste@tourduvalat.org

Since the 1980s, the European eel (*Anguilla anguilla*) has suffered a 95% decline in recruitment overall its European and north-African spatial distribution area [1]. This diadromous migrative fish spawns at sea and come into continental waters, either marine, brackish or freshwater, to grow for two to more than 25 years depending on the habitat conditions and geographical localisation [2]. Indeed, the growth of European eel varies according to latitude, being faster in the southern part of their distribution than in the northern part [2]. Numerous studies of Atlantic European eel sub-populations have been carried out [3, 4, 5], while the Mediterranean ones remain less known despite their potential high densities and shorter growth time. Mediterranean environments, especially coastal ones, are submitted to multiple pressures related to anthropogenic activities (urbanization, agriculture, fishing, pollution, loss of connectivity) and to global change (dryness, warmer temperature, marinization) [1]. Determining whether Mediterranean wetlands enable to produce silver eels of good quality in high abundance could help the establishment of conservation action to restore such habitats. Based on a rare long-term survey of more than 20 years, we aim to understand the evolution of Mediterranean sub-population life-history traits. Since 2001, a capture-mark-recapture monitoring has been carried out inside the River Rhône Delta (France) within an artificial drainage channel that is connected to a vast brackish pond (the Vaccarès lagoon). Using Bayesian multi-state models of capture-mark-recapture, we aim to analyse the evolution of demographic parameters such as survival and growth rate according to the eel stage over time. A total of 5995 eels were tagged with a percentage of recapture up to 21%. The majority has been recaptured only once (74%) and four individuals

were captured 10 to 15 times. Individuals are tracked for 1 year in average, with a maximum of 12 years. Preliminary results suggest a low mortality rate over the period studied. Besides, the degree of territoriality of individuals was examined based on their recapture sites within our study area.

Acknowledgements

We are grateful to Pascal Contournet who has carried out the whole data collection. We also thank the volunteers who participated in the fieldwork.

References

- [1] ICES (2022): Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEEL). ICES Scientific Reports. Report.
- [2] L. A. Vøllestad (1992). Geographic Variation in Age and Length at Metamorphosis of Maturing European Eel: Environmental Effects and Phenotypic Plasticity. *Journal of Animal Ecology*, 61(1), 41–48.
- [3] Boulenger, C., Acou, A., Gimenez, O., Charrier, F., Tremblay, J. and Feunteun, E. (2016), Factors determining survival of European eels in two unexploited sub-populations. *Freshw Biol*, 61: 947-962.
- [4] Laffaille, P., Acou, A. and Guillouët, J. (2005), The yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters. *Ecology of Freshwater Fish*, 14: 191-196.
- [5] Acou, A., Laffaille, P., Legault, A. and Feunteun, E. (2008), Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 432-442.

F. Sudre ^{1*}, I. Hernández-Carrasco², C. Mazoyer ¹, J. Sudre ³, B. Dewitte ^{4,5,6,7}, V. Garçon ⁸, V. Rossi¹

- (1) Aix-Marseille Université, Université de Toulon, CNRS/INSU, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288, Marseille, France
- (2) Mediterranean Institute for Advanced Studies (UIB-CSIC), Miquel Marqués, 21, Esporles, 07190, Balearic Islands, Spain
- (3) UAR 2013 CPST, IR DATA TERRA, Z.P. de Brégaillon – CS 20330, 83507 La Seyne Sur Mer, France
- (4) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile
- (5) Departamento de Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile
- (6) Millennium Nucleus of Ecology and Sustainable Management of Oceanic Islands, Faculty of Marine Sciences, Catholic University of the North, Coquimbo, Chile
- (7) UMR5318 Climat, Environnement, Couplage et Incertitudes (CECI), Toulouse, France
- (8) Laboratoire d'Études en Géophysiques et Océanographie Spatiales (LEGOS), Toulouse, France

*floriane.sudre@mio.osupytheas.fr

Fronts are ubiquitous features of the ocean where water masses of different properties gather, often associated with enhanced vertical velocities that can fuel nutrients favoring primary production [1, 2]. Ocean fronts thus form dynamical and ephemeral ecosystems where numerous species meet across all trophic levels: from phytoplankton communities all the way up the food chain to top predators such as sea birds, tuna and marine mammals [3, 4, 5]. Estimating and predicting ocean fronts variability and their relationship with climate variability is thus key for marine resources management and monitoring [6].

This work is part of the OceanFrontCHANGE project whose main objective is to study ocean front past, present and future variability and interactions with marine life. To this end, we use satellite Sea Surface Temperature (2003-2020) and Altimetry-derived currents (1994-2020) to compute thermal fronts (using the Belkin and O-Reilly algorithm) and dynamical fronts (using backward Finite-Size Lyapunov Exponents) at surface in the Mediterranean Sea (MedSea) and the South West Indian Ocean (SWIO), two hotspots of marine biodiversity.

The resulting datasets are high-resolution (1-2km) daily tracer-based and dynamically-based front databases. They differ from other similar databases by choosing parameters that address specifically the space and time scales that relate to biological production and the behavior of marine species. These databases and associated statistical thresholds would be extremely valuable to researchers interested in front-marine life interactions in the MedSea and the SWIO at large and eco-region scales.

We illustrate the value of these datasets for high-resolution ocean model validation on the Mozambique Channel [7] and discuss preliminary results of regional dynamical projections of climate change in terms of front variability.

Remerciements

This work was supported by the Mediterranean Institute of Oceanography (MIO) and the French National Institute for Sustainable Development (IRD). The authors wish to

thank J. Lecubin and C. Yohia for technical assistance with the local high performance computers. The authors acknowledge funding from the “Ocean Front Change” project, funded by the Belmont Forum and implemented through the French National Research Agency (ANR-20-BF0C-0006-04).

Références

- [1] Lévy, M., Ferrari, R., Franks, P. J. S., Martin, A. P. & Rivière, P. Bringing physics to life at the submesoscale. *Geophys. research letters* 39, doi :10.1029/2012gl052756 (2012).
- [2] Mahadevan, A. & Archer, D. Modeling the impact of fronts and mesoscale circulation on the nutrient supply and biogeochemistry of the upper ocean. *J. geophysical research* 105, 1209–1225, doi:10.1029/1999jc900216 (2000).
- [3] Bakun, A. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Sci. marina* 70, 105–122, doi :10.3989/scimar.2006.70s2105 (2006).
- [4] Tzortzis, R. *et al.* Impact of moderately energetic fine-scale dynamics on the phytoplankton community structure in the western mediterranean sea. *Biogeosciences* 18, 6455–6477, doi:10.5194/bg-18-6455-2021 (2021).
- [5] Tew Kai, E. *et al.* Top marine predators track lagrangian coherent structures. *Proc. Natl. Acad. Sci. United States Am.* 106, 8245–8250, doi:10.1073/pnas.0811034106 (2009).
- [6] Lévy, M., Franks, P. J. S. & Smith, K. S. The role of submesoscale currents in structuring marine ecosystems. *Nat. communications* 9, 4758, doi:10.1038/s41467-018-07059-3 (2018).
- [7] Sudre, F. *et al.* Spatial and seasonal variability of horizontal temperature fronts in the mozambique channel for both epipelagic and mesopelagic realms. *Front. Mar. Sci.* 9, doi:10.3389/fmars.2022.1045136 (2023).

BIOCONCENTRATION, BIOACCUMULATION, BIOMAGNIFICATION AND TRANSFER OF MERCURY IN MEDITERRANEAN PLANKTON FOOD WEBS

#Oral

Javier Angel Tesán-Onrubia ^{1*}, Lars-Eric Heimbürger-Boavida ¹, Aurélie Dufour ¹, Mireille Harmelin-Vivien ¹, Isabel García-Arévalo ², Joël Knoery ², Bastien Thomas ², François Carlotti ¹, Marc Tedetti ¹, Daniela Bănaru ¹

(1) Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288, Marseille, 9 France

(2) Ifremer, CCEM Contamination Chimique des Ecosystèmes Marins, F-44311 Nantes, France

* javier.tesan@mio.osupytheas.fr

Plankton plays a prominent role in the biological mercury (Hg) pump. The MERITE-HIPPOCAMPE campaign was carried out in spring 2019 along a North-South transect including coastal and offshore areas of the Mediterranean Sea. Sampling of sea-water and plankton by pumping and nets was carried out in the deep chlorophyll maximum. Two size-fractions of phytoplankton (0.7–2.7 and 2.7–20 µm) and five of zooplankton (between 60 and > 2000 µm) were separated and their total mercury (THg) and mono-methylmercury (MMHg) content were measured and related to their size and composition. THg concentrations were significantly higher in the smallest phytoplankton size-fraction dominated by *Synechococcus* spp. and the

bioconcentration between seawater and this fraction reached 106 L kg⁻¹ dw. The accumulation of MMHg in zooplankton was influenced by their protein content. Higher MMHg concentrations were measured in areas with low zooplankton biomass. Southern Mediterranean plankton communities showed lower MMHg concentrations than Northern ones. Finally, MMHg highly biomagnifies in the plankton food web, while THg bio-reduces. These results highlight the influence of trophodynamics on the fate of Hg in Mediterranean plankton food webs with implications for consumers of higher trophic levels

Posters

▪ CEA

PLANT ASSOCIATIVE BACTERIA TO IMPROVE TREE DROUGHT TOLERANCE AND MICROBIAL DIVERSITY FOR FOREST RESTORATION PURPOSE

#Poster

I. Aleksieienko ^{1*}, I. Reiter ², S. Fochesato ¹, G. De Luca ¹ and C. Santaella ^{1,2}

(1) Aix Marseille Univ, CEA, CNRS, BIAM, LEMiRE, Lab of Microbial Ecology of the Rhizosphere, F-13115 Saint Paul Lez Durance, France
(2) CNRS FR3098 ECCOREV, 13545 Aix-en-Provence, France

*ivan.aleksieienko@cea.fr

Climate projections for this century indicate frequent heat waves and droughts along with higher variability of precipitation, with impact on ecosystem functioning, and soil and tree-associated microbial communities in forests. Forests play a key role in moderating the effects of climate change, and increasing forested areas has an important potential to mitigate the future climate [1]. However, forest restoration is impeded by the high mortality of tree seedlings, in particular due to drought. Plants and soil microbiota interact with potentially strong effects on plant physiology and better acclimation to harsh conditions. A better understanding of drought on forest soil microbiota is needed to develop promising strategies to produce tree seedlings that are better adapted to drought [2].

Our study aims to improve forest restoration initiatives. We explored the interactions between plants and microbiota *in natura*, in a seasonally drought-stricken forest, with the objective to develop tree-beneficial, nature-based solutions through the shaping of soil-microbial communities, and also through nano- and micro-carrier-systems with active phytomolecules.

We thus collected soil from the Oak Observatory at the Observatoire de Haute-Provence, from a long-term rain exclusion experiment that allows for a 30-40% reduction in mean annual rainfall as compared to an ambient control without exclusion [3]. We sampled over a period of 12 months, used a culture-independent approach (metabarcoding) to analyze the dynamics in soil microbiota, and a culture-dependent approach to isolate about one thousand bacterial strains from the soil, the tree rhizosphere and roots.

Drought-tolerant bacteria with potential plant growth-promotion traits were screened based on the production of exopolysaccharide, siderophores, Indol-3-Acetic acid (IAA), and on ACC-deaminase activity. Eventually, the selected strains have to be tested to assess their effectiveness in improving drought tolerance in plants and tree seedlings, through pot experiments in greenhouse trials, and *in natura* for selected strains at a later stage.

Remerciements

Je tiens à remercier mes collègues Sylvain FOCHESTO et Gilles DE LUCA pour leur aide et leur contribution dans l'isolement des souches. Je remercie aussi mes directeurs de thèse, Catherine SANTAELLA et Ilja REITER pour leur disponibilité, leur écoute et leurs conseils.

Références

- [1]. T. J., Brodribb, J. Powers, H. Cochard, B. Choat, *Science*, 368 (2020), 261–266.
- [2]. M. B., Dahl, J. Kreyling, S. Petters, H. Wang, M. S. Mortensen, L. Maccario, S. J. Sørensen, T. Ulrich, R. Weigel, *Environmental Microbiology*,
- [3]. Mevy, J.-P. et al. Response of Downy Oak (*Quercus pubescens* Willd.) to Climate Change: Transcriptome Assembly, Differential Gene Analysis and Targeted Metabolomics. *Plants* (Basel) 9, E1149 (2020).

■ CEREGE

TOWARDS A CLOSED LOOP RECYCLING PROCESS OF END-OF-LIFE LITHIUM-ION BATTERIES: RECOVERY OF CRITICAL METALS AND ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE EVALUATION OF A REGENERATED LiCoO₂

#Poster

M. Aannir^{1,2,3*}, R. Hakkou^{1,4}, C. Levard², Y. Taha⁴, A. Ghennioui³, J. Rose², I. Saadoun^{1,3,4}

(1) Cadi Ayyad University (UCA), Faculté des Sciences et Techniques, IMED Laboratory, BP 549, Marrakech 40000, Morocco

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

(3) Green Park Energy (GEP), Route Régionale Kelaa Km 3, R206, Ben Guerir, Morocco

(4) Mohammed VI Polytechnic University (UM6P) Lot 660, Hay Moulay Rachid, 43150, Ben Guerir, Morocco

*marouane.phd.student@gmail.com

Lithium-ion batteries (LIBs) have emerged as the leading energy storage system since their inception by SONY in the 1990s, owing to their exceptional features such as high-energy density, long life, and low self-discharge [1]. However, the degradation mechanisms that occur during the operation of LIBs eventually lead to their end-of-life (EOL). With the exponential growth of the LIB market, concerns about the supply of critical metals required for their production, such as Li and Co, have intensified. The cathode material of LIBs, including LiCoO₂, primarily relies on Co, which is strategic for LIB production [2].

Furthermore, spent Lithium-ion batteries contain harmful components, such as organic electrolytes, polymer separators, and plastic, glass, or metallic cases, in addition to critical metals, particularly cobalt. These components can have adverse environmental and human health impacts and can also be a source of spontaneous fires [3].

The objective of this study is to develop and optimize a hydrometallurgical process to recycle the positive electrode from spent batteries and recover high-purity cobalt. The process was able to recover more than 98% of the cobalt contained in fresh lithium-ion batteries. The recycled cobalt was then used to prepare fresh LiCoO₂ oxide.

The performance of this cathode material was compared with that prepared from a commercialized cobalt source in Lithium-ion batteries, demonstrating that the recycled LiCoO₂ exhibited interesting electrochemical properties.

In summary, this study presents a promising method for recycling critical metals from spent Lithium-ion batteries and reducing the adverse impacts of EOL batteries on the environment and human health.

Acknowledgements

This work was completed under the RESTART project, which was funded by the LEAP-RE program. LEAP-RE has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Program under Grant Agreement 963530. The LEAP-RE program is an ecosystem of EU-funded research and innovation projects with around 100 partners, half of which are African. We gratefully acknowledge green park energy for funding.

References

- [1] J. B. Goodenough et K.-S. Park, *Journal of American Chemical Society*, 135(2013) 1167-1176.
- [2] C. R. Birkel, M. R. Roberts, E. McTurk, P. G. Bruce, et D. A. Howey, *Journal of Power Sources*, 341 (2017) 373-386.
- [3] K. Yamada, *Journal of Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases*, 13 (2013)295-320.

INFLUENCE DU RHONE SUR LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES MICROPLASTIQUES DANS LA BAIE DE MARSEILLE #Poster

A. Alcaïno^{1*}, C. Paillès¹, S. Conrod¹, C. Chevalier², C. Pinazo², J. Dauvier¹, M. Grelaud³, L. Licari¹, L. Vidal¹

(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

* alcaimo@cerege.fr

Représentant 95% des déchets présents dans l'océan, les plastiques trouvent majoritairement leur origine (80%) sur les continents [1]. Identifiée comme une zone sensible aux pressions anthropiques, la mer Méditerranée cumulerait 7% de l'ensemble des microplastiques (MPs) [2]. Peu de données scientifiques sont disponibles sur la contamination par les MPs du territoire marin de la Métropole Aix-Marseille Provence, 2^{ème} métropole française, la plus étendue, traversée par quatre fleuves côtiers et s'étirant sur près de 180km de littoral. A notre connaissance, seules quelques études quantitatives en baie de Marseille ont été publiées [3,4].

Ces résultats basés sur des prélèvements ponctuels et ciblant uniquement le compartiment de surface, ont soulevé de nombreuses questions sur (1) la caractérisation physique et chimique des différents types de MPs et l'importance de cette pollution micro particulaire dans les compartiments pélagiques et benthiques, (2) l'extraction des MPs par des protocoles non-normalisés, les résultats ainsi obtenus et leur comparaison, ainsi que (3) les processus et la dynamique spatio-temporelle de dissémination de ces fragments (e.g., évolution saisonnière, couplage surface – fond, impact des forçages climatiques et hydrologiques,...) et leur appréhension par le modèle MARS3D RHOMA.

Dans cette étude, l'évolution spatiotemporelle des MPs a été analysée dans l'eau de surface et les sédiments à sept stations au printemps et à l'automne de 2020 et 2021. Les stations sont représentatives de l'environnement et des conditions hydrodynamiques de la baie, prenant en compte les intrusions du panache du Rhône, les différents ports touristiques et commerciaux, les plages et les îles du Frioul. Les MPs ont été extraits de 27 échantillons d'eau et 16 échantillons de sédiments grâce à un protocole d'extraction éco-responsable et optimisé (moins chronophage).

En 2020 et 2021, des concentrations moyennes de $5,83 \pm 1,97$ MP.m⁻³ dans l'eau de surface et de 865 ± 63 MP.kg sédiment sec⁻¹ dans les sédiments, ont été observées. Les concentrations observées varient de $0,47 \pm 0,09$ MP.m⁻³ à $72,66 \pm 18,16$ MP.m⁻³ dans l'eau de surface

et de 405 ± 106 MP.kg sédiment sec⁻¹ à 1490 ± 127 MP.kg sédiment sec⁻¹ dans les sédiments. La caractérisation physique démontre la dominance des MPs de 1 mm et de type fibre, contrastant avec la prédominance de fragments observée dans les études précédentes [3,4].

Aucune tendance spatiotemporelle n'a été statistiquement démontrée, à l'instar des variations interannuelles, excepté pour les échantillons prélevés en février 2020, présentant une concentration en MPs 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 MPs en février 2020. Le modèle a permis de tester les facteurs de forçage tels que les courants (dont le courant Nord), les intrusions du Rhône, les régimes de vents, les rivières urbaines et les précipitations. Tandis que les précipitations, les rivières urbaines et le courant Nord ne semblent pas exercer une influence marquée sur la distribution des MPs dans la baie de Marseille, les intrusions répétées du panache du Rhône dans la baie en février 2020, la présence du Marseille Eddy (tourbillon anticyclonique) ainsi que les courants de surface induits par les vents du sud-est semblent expliquer cette concentration élevée en MPs. *A contrario*, le mistral (vent du nord-ouest) semble favoriser la dispersion des MPs hors de la baie de Marseille.

Références

- [1] J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. L. Law, *Science*, 347-6223 (2015), 768-771.
- [2] G. Suaria, C. G. Avio, A. Mineo, G. L., Lattin, M. G. Magaldí, G. Belmonte, C. J. Moore, F. Regoli, S. Aliani, *Scientific Reports*, 6-1 (2016).
- [3] O. Gérigny, M. L. Pedrotti, M. El Rakwe, M. Brun, M. Pavéc, M. Henry, F. Mazeas, J. Maury, P. Garreau, F. Galgani, *Marine Pollution Bulletin*, 175 (2022), 113353.
- [4] N. Schmidt, D. Thibault, F. Galgani, A. Paluselli, R. Sempéré, *Progress in Oceanography*, 163 (2018), 214-220.

TRACER-AIDED HYDROLOGICAL MODELING IN THE UPPER OUÉMÉ BASIN, BENIN #Poster

D. Chavez-Espinoza ^{1*}, C. Vallet-Coulomb ¹, S. Kuppel ², C. Peugeot ³, B. Hector ⁴, A. Zapelli ¹, M. Wubda ⁵, T. Ouani ⁶, S. Afouda ⁶

(1) Aix-Marseille Univ., CNRS - IRD - INRAE - CEREGE

(2) Géosciences Environnement Toulouse, University of Toulouse, CNRS - IRD - UPS - CNES

(3) HydroSciences Montpellier (IRD, CNRS, Univ. Montpellier, IMT Mines Alès), Montpellier, France

(4) Institut des Géosciences de l'Environnement (Univ. Grenoble-Alpes, CNRS, IRD), Grenoble, France

(5) Université Joseph Ki Zerbo (UFR-SVT/DST), Ouagadougou, Burkina Faso

(6) Observatoire AMMA-CATCH, Institut de Recherche pour le Développement, Cotonou, Bénin

* chavez@cerege.fr

In West Africa Sudanian region, the climate is strongly influenced by seasonal and interannual rainfall variability associated with the occurrence of the West African monsoon seasonal cycle [5]. Here, rivers flow intermittently with a dry season that lasts at least six months, and annual river floods of highly variable intensity [2]. Moreover, studies along the soil-plant-river-atmosphere continuum in this region have highlighted the important role of vegetation water uptake in shaping regional water pathways. Plants may control recharge through water uptake in the root zone, but also through tapping groundwater during and outside the rainy season [3], therefore impacting groundwater-fed river regimes as well. Understanding the complex hydrological mechanisms of such systems and their response to climatic and environmental drivers remains a significant knowledge gap, which is critical in the prospect of enhancing the resilience of the populations and ecosystems that rely on these hydrosystems.

This scientific question is here addressed in the upper Ouémé basin, covering 10,000 km² in northern Benin. At this scale where hillslope dynamics combine with larger-scale organization of water pathways, we explore the application of a process-based, spatially-distributed model integrating vegetation dynamics as well as the tracking of stable isotopes (²H, ¹⁸O) along flow paths. Such a combination of features is a key tool to provide information about the processes occurring in hydrological systems using a variety of observational information content, from the local scale at which evaluation data is measured up to basin-level water budgets. This watershed is a long-term critical zone observatory monitored by the AMMA-CATCH observatory (www.amma-catch.org) since the late 1990s and features long-term hydroclimatic data records [1], in addition to measurements of water isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) conducted since 2018. This network provides critical information to assess model performance, such as records of soil moisture, piezometric level, eddy-covariance measurements (including evapotranspiration), and streamflow.

This study thus aims to quantify water transfers and stocks, by deploying the EcH₂O-iso model [4] with daily simulations performed in combination with a 19-year hydroclimatic record (2002 - 2020) and a 3-year isotopic record (2018 - 2020). Model parameters were manually adjusted until a model-data agreement was reached regarding stream discharge and isotopic records at the basin outlet. The first simulations show encouraging results regarding channel dynamics, for both discharge and isotopic signature. Further calibration is ongoing to obtain a better representation of groundwater depth and relevant output fluxes in this region such as evapotranspiration. This analysis of water partitioning and pathways also relies on a new compartment-tagging feature of the model, which enables tracking of the temporal variations in groundwater contributions to the streamflow along the channel network, expanding the interpretation of isotopes dynamics. In parallel, a thorough, spatially-explicit examination of the contribution of simulated transpiration flux to evapotranspiration is performed.

Références

- [1] Galle, S. et al. *AMMA-CATCH, a Critical Zone Observatory in West Africa Monitoring a Region in Transition. Vadose Zone J.* 17, 1–24 (2018).
- [2] Le Lay, M. et al. *Model representation of the Sudanian hydrological processes: Application on the Donga catchment (Benin). J. Hydrol.* 363, 32–41 (2008).
- [3] Richard, A. et al. *Interplay of riparian forest and groundwater in the hillslope hydrology of Sudanian West Africa (northern Benin). Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 5079–5096 (2013).
- [4] Kuppel, S., Tetzlaff, D., Maneta, M. P. & Soulsby, C. *EcH₂O-iso 1.0: water isotopes and age tracking in a process-based, distributed ecohydrological model. Geosci. Model Dev.* 11, 3045–3069 (2018).
- [5] Vischel, T. et al. *Generation of High-Resolution Rain Fields in West Africa: Evaluation of Dynamic Interpolation Methods. J. Hydrometeorol.* 12, 1465–1482 (2011).

PSEUDOMONAS BRASSICACEARUM SIDEROPHORES AS MINERAL WEATHERING AGENTS: POTENTIAL ENVIRONMENTAL APPLICATIONS

#Poster

T. Girard^{1,2*}, S. Fochesato¹, A. Duvivier², E. Doelsch³, T. Heulin¹, I. Basile-Doelsch², W. Achouak¹

(1) LEMIRE - Laboratoire d'Ecologie Microbienne de la Rhizosphère (CEA Cadarache, Zone Cité des Énergies BIAM, Bâtiment 1900, 13108 Saint-Paul-lez-Durance)

(2) CEREGE - Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, 13545 Aix-en-Provence)

(3) CIRAD - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement (Siège 42, rue Scheffer 75116 Paris – France)

* tom.girard.sp21@gmail.com

Multiple mineral weathering bacteria (i.e. bacteria that are able to dissolve or transform minerals) have already been identified. Among the microbial molecules responsible of mineral weathering, chelating agents such as low molecular weight organic acids and siderophores are frequently described [1].

Pseudomonas brassicacearum NFM 421 is a root-associated bacterium capable of producing 2 different types of siderophores: pyoverdine (a fluorescent siderophore produced by fluorescent *Pseudomonas*) and ornitorugatine [2]. It is also able to transform glucose into gluconic and ketogluconic acid.

We have constructed different mutants of this strain in which, we deleted the genes coding for pyoverdine, ornitorugatine or both. We assessed the mineral weathering potential of these strains to evaluate the impact of each siderophore on biotite weathering. We also investigated the weathering potential of a mutant lacking the pleiotropic regulator *gacA* (known for its high physiological iron needs).

We demonstrated that both pyoverdine and ornitorugatine (produced in iron deficient growth media)

are able to dissolve structural iron and aluminum from a phyllosilicate mineral. In natural soils, this ability can allow the bacteria and surrounding plants to overcome the lack of bioavailable inorganic nutrients such as iron and could contribute to the stabilization of soil organic carbon by enhancing organo-mineral association.

Remerciements

This work is part of the Rhizocarbone + project funded by ITEM (Institut Méditerranéen pour la Transition Environnementale)

Références

[1] S. Uroz, L. Picard, M. Turpault, *Trends in Microbiology* (2022) 30(9), 882-897 Recent progress in understanding the ecology and molecular genetics of soil mineral weathering bacteria

[2] S. Matthijs, N. Brandt, M. Ongena, *et al.*, *Biometals* (2016) 29, 467-485 Pyoverdine and histocorrugatin-mediated iron acquisition in *Pseudomonas thivervalensis*

PLANT WAX N-ALKANE DISTRIBUTIONS, CONCENTRATIONS, CARBON AND HYDROGEN ISOTOPE COMPOSITIONS IN MODERN PLANTS FROM THE CENTRAL CONGO PEATLANDS

#Poster

M. Guardiola ^{1*}, G. Bouka ², C. Abaye ², J. Menges ³, F. Rostek ¹, G. Leduc ¹, E. Bard ¹, E. Schefuß ³, Y. Garcin ¹

(1) Aix-Marseille Univ., CNRS, IRD, Coll. France, INRAE, CEREGE, Technopôle Méditerranéen de l'Arbois, Aix-en-Provence, France

(2) Université Marien Ngouabi, Laboratoire de Biodiversité, de Gestion des Ecosystèmes et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Ave des Premiers Jeux Africains, Brazzaville, République du Congo

(3) University of Bremen, MARUM-Center for Marine Environmental Sciences, Leobener Str. 8, 28359, Bremen, Germany

*guardiola@cerege.fr

The central Congo Basin in central Africa hosts the world largest tropical peatland complex [1], which is covered by tropical swamp forest. Understanding the factors that determine the nature and dynamics of the peatland vegetation cover is an important issue in the face of climate change and ongoing/planned human activities in the region [1].

Studying lipid biomarkers preserved in environmental archives and peat, such as plant wax n-alkanes, allows the reconstruction of past vegetation changes and environmental conditions [2]. Long-chain n-alkanes are recalcitrant molecules not affected by low temperature decomposition processes of organic matter and represent robust palaeo-environmental and palaeo-climatic proxies.

However, there is little information on how the production of plant waxes by different plant types may influence the abundance and isotopic composition of sedimentary n-alkanes in peat and sediment archives in the Congo Basin [3]. A sound interpretation of the sedimentary data requires knowledge of the distribution, concentration, stable carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) and hydrogen isotope composition (δD) of plant wax n-alkanes from the current vegetation in the region. Therefore, calibration studies of these proxies in the central Congo Basin region are needed.

To fill this knowledge gap, we sampled the dominant plant types (trees, shrubs, herbs) in the peatlands from the Cuvette Department, Republic of the Congo. In total, 53 samples were collected from 13 families, 27 species and across five different environments. Environmental meteoric waters (e.g., river waters, channels, standing ponds) were also sampled for their isotopic composition to

identify the isotopic composition of hydrogen used during lipid biosynthesis. In this study we assess the variation of plant wax n-alkane $\delta^{13}\text{C}$ and δD values according to photosynthetic pathways (C3 vs. C4), plant types (dicots, monocots) and source water δD values. It provides a framework for detailed paleo-environmental and paleo-climatic reconstructions in the central Congo Basin.

Références

- [1] B. Crezee, G. C. Dargie, C. E. N. Ewango, *Nature Geoscience*, 15 (2022) 639-644.
- [2] Aaron F. Diefendorf et Erika J. Freimuth, *Organic Geochemistry*, 1-21 (2017) 103.
- [3] J. Liu, J. Zhao, D. He, *Earth-Science Reviews*, 235 (2022) 104248.

A NEW PYTHON CODE TO INVERT ^{36}Cl COSMOGENIC NUCLIDE DATASET ON NORMAL FAULT BEDROCK SCARPS: COMPARISON WITH PREVIOUS PUBLISHED CODES AND RESULTS ON THE ACCURACY OF THE RETRIEVED SEISMIC HISTORY OF TWO NORMAL FAULT SYSTEMS IN CENTRAL APENNINES

#Poster

M. Llinares ^{1*}, L. Benedetti ¹, G. Gassier ¹, S. Viseur ¹,

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

*llinares@cerege.fr

Measuring ^{36}Cl cosmogenic nuclides on exposed bedrock fault scarps has now been used in several places in the Mediterranean to retrieve ages of the fault seismic history [2, 3, 4].

In Central Apennines, around the Fucino basin, at least 16 ^{36}Cl sampling sites were analyzed in previous studies using several codes to interpret the ^{36}Cl data as seismic history or slip-rates. At least 3 different codes [1, 2, 5] were used as a basis for solving equations to calculate chlorine 36 concentration resulting from bedrock scarp exhumation history. Some codes included an MCMC routine to retrieve the seismic histories generating theoretical ^{36}Cl concentration the closest to the dataset. The difference between the various codes lies in the fault history prior to exhumation, the parameters the authors decided to inverse (as an example, mean density of the colluvium is inversed in Beck et al. 2018 [1] but not in Tesson and Benedetti 2019 [6]) and the *a priori* distribution of those parameters (for instance the time between two earthquakes follows a Brownian distribution for Beck et al. 2018 [1] but a uniform distribution for Tesson and Benedetti 2019 [6]). We have compared the various codes and run the same dataset (one site at Campo Felice and one site at Magnola) with those codes and found that retrieved seismic histories are similar, although the estimation of uncertainties differs. We explore those different aspects.

Moreover, all previous cited codes run under Matlab or Fortran. Fortran code has the advantage of fast computing time but is not user-friendly. We have adapted the code of Tesson and Benedetti, 2019 [6] in Python. The inversion algorithm is also going to take in account variation in attenuation length of muons differently from the Fortran code.

Using this new code, we have reanalyzed several ^{36}Cl sites around the Fucino and compare with the previous results. Finally through a gaussian mixture algorithm, we have

tested the hypothesis of common periods of activity throughout all the Fucino basin.

Références

- [1] Beck, J., Wolfers, S., Roberts, G.P., 2018. Bayesian earthquake dating and seismic hazard assessment using chlorine-36 measurements (BED v1). *Geosci. Model Dev.* 11, 4383–4397. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-4383-2018>
- [2] Cowie, P.A., Phillips, R.J., Roberts, G.P., McCaffrey, K., Zijerveld, L.J.J., Gregory, L.C., Faure Walker, J., Wedmore, L.N.J., Dunai, T.J., Binnie, S.A., Freeman, S.P.H.T., Wilcken, K., Shanks, R.P., Huismans, R.S., Papanikolaou, I., Michetti, A.M., Wilkinson, M., 2017. Orogen-scale uplift in the central Italian Apennines drives episodic behaviour of earthquake faults. *Sci. Rep.* 7, 44858. <https://doi.org/10.1038/srep44858>
- [3] Iezzi, F., Roberts, G., Faure Walker, J., Papanikolaou, I., Ganas, A., Deligiannakis, G., Beck, J., Wolfers, S., Gheorghiu, D., 2021. Temporal and spatial earthquake clustering revealed through comparison of millennial strain-rates from ^{36}Cl cosmogenic exposure dating and decadal GPS strain-rate. *Sci. Rep.* 11, 23320. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02131-3>
- [4] Mechernich, S., Reicherter, K., Deligiannakis, G., Papanikolaou, I., 2023. Tectonic geomorphology of active faults in Eastern Crete (Greece) with slip rates and earthquake history from cosmogenic ^{36}Cl dating of the Lastros and Orno faults. *Quat. Int.* 651, 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.04.007>
- [5] Schlagenhauf, A., Manighetti, I., Benedetti, L., Gaudemer, Y., Finkel, R., Malavieille, J., Pou, K., 2011. Earthquake supercycles in Central Italy, inferred from ^{36}Cl exposure dating. *Earth Planet. Sci. Lett.* 307, 487–500. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.05.022>
- [6] Tesson, J., Benedetti, L., 2019. Seismic history from in situ ^{36}Cl cosmogenic nuclide data on limestone fault scarps using Bayesian reversible jump Markov chain Monte Carlo. *Quat. Geochronol.* 52, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2019.02.004>

QUANTIFYING FRACTURE ABUTMENT WITH A PYTHON ROUTINE: FROM FIELD DATA TO DFN MODELING #Poster

Paul Joseph F. Namongo Soro ^{1*}, J. Lamarche ¹, S. Viseur ¹, F. Messaadi ¹, P. Richard ²

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

(2) PRGeology, France

* namongosoro@gmail.com

Modelling Discrete Fracture Networks (DFN) in naturally fractured reservoir (NFR) implies identifying and understanding the fracture spatial distribution and relationships to stratigraphic interfaces (crosscutting or abutment) in 3D. However, capturing fracture geometric parameters in the subsurface has always been a challenging task. To palliate the lack of data, and to better constrain modelling inputs, outcrop analogs are often used. Cooke and Underwood [1] have shown that bed/inter-bed thickness ratio and mechanical contrasts at bed interfaces are essential to control fracture abutment. Our goal is to predict fracture network geometry in stratified sedimentary rocks. To this purpose, we present a new original python script. We performed an integrated approach that quantifies and automatically computes the bed interface's compliance to let fractures go through (or

not). Accounting for abutment, cross-cutting relations and bed thickness data, a compliance value is calculated for each interface. The process comprises (1) a field survey and (2) the processing of the fracture data. First, we applied the method to a synthetic case study to check the feasibility of the code. Second, we applied the method to naturally fractured and stratified carbonates located in SE France.

Remerciements

We thank all the authors for their thorough and extraordinarily helpful guidance in this work.

Références

[1] M.L. Cooke, C.A. Underwood, *Journal of Structural Geology*, 23 (2001) 223-238.

Van Binh Nguyen ^{1*}, P. Rochette ¹, V. Andrieu-Ponel ^{1,2}, F. Demory ¹, B. Daniel ¹, B. Leys ²

(1) Aix Marseille Univ., CNRS-IRD-Collège de France, CEREGE UMR 34, BP80 13545 Aix en Provence, France

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

*nguyen@cerege.fr

Les tectites sont généralement de petits corps de verre et dispersés sur plusieurs zones largement séparées de la surface de la Terre. Les forages appartenant à 3 grands champs de tectites sur 5 font l'objet de notre étude des micro-tectites (Australasien, Côte d'Ivoire, et Bélizien), et qu'ils ont été datés respectivement à 0.78, 1.07, et 0.81 ma [1, 2, 3, 5]. Ces verres sont essentiellement d'origine terrestre, avec une composante extraterrestre mineure, voire indétectable. Des micro-tectites (tectites microscopiques, tamis diamètre 125-250 µm) ont été trouvées dans des sédiments de marin profond [6, 7]. Les tectites ont des caractéristiques particulières encore très mal expliquées, en particulier leur état réduit, a priori en liaison avec leur longue distance d'éjection [4, 9, 10]. Nous avons actuellement étudié le niveau d'impact étant délimité grâce au paléomagnétisme et aux biomarqueurs (pollen, charbon) présents dans les sédiments (10 carottes IODP de 3 zones d'impact avec plus de 543 échantillons) pour comprendre les effets potentiels de l'impact en fonction du système climatique.

Par ailleurs, on cherchera dans les tectites les traces de combustion et des phénomènes associés dans les rares inclusions minérales présentes dans ces verres, en particulier des phases du fer, détectées par leurs propriétés magnétiques anormales [8].

Remerciements

Je souhaiterais remercier tous les membres de l'administration du laboratoire pour l'aide et les services apportés durant mon séjour au CEREGE et à l'IMBE, notamment Monsieur Pierre Rochette et Madame Andrieu Valérie, qui ont construit ce sujet, et qui m'ont encadré durant ces 4 ans de thèse. Ils se sont toujours montrés d'une grande disponibilité, tout en m'accordant une totale liberté dans mon travail.

Références

- [1] M. Aboulahris, H. Chennaoui Aoudjehane, P. Rochette, J. Gattacceca, A. J. Timothy Jull, N. Laridhi Ouazaa, L. Folco, S. Buhl, *MAPS* (2019) 54:2908-2928.
- [2] N. Launay, P. Rochette, Y. Quesnel, F. Demory, N. S. Bezaeva, and D. Lattard, *Geophys. Res. Lett.*, 44 (2017)
- [3] H. Pourkhorsandi, M. D'Orazio, P. Rochette, M. Valenzuela, J. Gattacceca, H. Mirnejad, B. Sutter, A. Hutzler, M. Aboulahris, *MAPS* 52 (2017), 1843-1858.
- [4] P. Rochette, J. Gattacceca, B. Devouard, F. Moustard, N.S. Bezaeva, C. Cournède, B. Scaillet, *Earth and Planetary Science Letters* 432 (2015), 381-390.
- [5] P. Rochette, R. Alaç, P. Beck, G. Brocard, A. J. Cavosie, V. Debaille, B. Devouard, F. Jourdan, B. Mougél, F. Moustard, F. Moynier, S. Nomade, G. R. Osinski and J. Cornec, *MAPS* 54 (2019), 880-901.
- [6] P. Rochette, R. Braucher, L. Folco, C.S. Horg, G. Aumaitre, D.L. Bourlès, K. Keddadouche, *Geology* (2018) 46 (9): 803-806.
- [7] B.P. Glass, C. Koeberl, *MAPS* 41(2) (2006), 305-326.
- [8] B. Van de Moortèle, B. Reynard, P. Rochette, M. Jackson, P. Beck; P. Gillet, P.F. McMillan, C.A. McCammon, *Earth and Planetary Science Letters*, 262(1-2), (2007) 0-49.
- [9] M. Masotta, S. Peres, L. Folco, L. Mancini, P. Rochette, B.P. Glass, F. Campanale, N. Gueninchault, F. Radica, S. Singsoupho, E. Navarro, *Scientific Reports*, 10(1) (2020), 20608.
- [10] Billy P. Glass, Christian Koeberl, *MAPS*, 41(2) (2006), 305-326.

USING A COMBINED STABLE ISOTOPE – SPECIATION APPROACH TO UNDERSTAND THE IMPACT OF LONG-TERM SPREADING OF ORGANIC EFFLUENTS ON AGRICULTURAL SOILS

#Poster

A. Pappoe^{1,2*}, Z. Fekiacova¹, E. Doelsch^{1,2}

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

(2) CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-34398 Montpellier, France

*pappoe@cerege.fr

Recycling of organic waste (OW) as fertilizers on farmlands is a common practice as it provides a cost effective and sustainable way of managing OW [1]. However, it represents a major source of contaminants such as copper (Cu) and zinc (Zn) that may pose potentially negative environmental impacts [2].

To limit the environmental impact of OW spreading on farmlands, agronomical doses are calculated based on the nitrogen, phosphorus and potassium requirements of crops. Consequently, lower quantities of Cu and Zn are introduced in soil following OW application [3]. However, the long-term impacts of OW spreading at the set agronomical doses on the accumulation and fate of Cu and Zn in soils are scant. This study was designed to fill this gap by using a combination of Cu and Zn speciation characterization and isotopic compositions in OW and soils. We studied four soils with contrasting physicochemical properties (luvisols, nitisols, calcisols and arenosols) and the OW (raw and anaerobically digested pig slurry, household compost) used in four long-term field experiments.

We observed, in agreement with published literature [4], [5], that in OW, Cu and Zn speciation is affected by the OW treatment (anaerobic digestion and composting) and by the physicochemical conditions during storage. In the studied OW samples, Cu and Zn occurred mainly or entirely as sulfides in raw and anaerobically digested pig slurries whereas only oxidized species were present in composted household wastes (Zn-phosphate, Cu bound to organic matter).

The first results from two field experiments show little or no change in Cu and Zn speciation between control and amended soil after OW application at agronomical doses. This raises several questions: (1) why no change in speciation is observed in soil after OW application despite

mass balance calculations indicating Cu and Zn additions, (2) which mineral phases contribute to exogenous Cu and Zn immobilization?

Thus, the interest in analyzing the isotopic signatures with the aim to understand the pathways of exogenous Cu and Zn originating from OW recycling.

Keywords: copper, zinc, organic waste, agricultural recycling, spectroscopy, isotopes

Références

- [1] J. Milik, R. Pasela, M. Lachowicz, and M. Chalamoński, "The concentration of trace elements in sewage sludge from wastewater treatment plant in Gniewino," *J. Ecol. Eng.*, vol. 18, no. 5, pp. 118–124, 2017
- [2] R. S. Lavado, M. B. Rodríguez, and M. A. Taboada, "Treatment with biosolids affects soil availability and plant uptake of potentially toxic elements," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 109, no. 3–4, pp. 360–364, 2005
- [3] S. López-Rayó, K. H. Laursen, J. D. S. Lekfeldt, F. Delle Grazie, and J. Magid, "Long-term amendment of urban and animal wastes equivalent to more than 100 years of application had minimal effect on plant uptake of potentially toxic elements," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 231, pp. 44–53, 2016
- [4] M. Le Bars *et al.*, "Drastic Change in Zinc Speciation during Anaerobic Digestion and Composting: Instability of Nanosized Zinc Sulfide," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 52, no. 22, pp. 12987–12996, 2018
- [5] S. Legros, C. Levard, C. E. Marcato-Romain, M. Guisresse, and E. Doelsch, "Anaerobic Digestion Alters Copper and Zinc Speciation," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 51, no. 18, pp. 10326–10334, 2017

L. Spanneut^{1,2*}, T. Devière¹, E. Bard¹, C. Crampon³, A. Mouahid³, B. Legros⁴, K. Seaudeau⁴

(1) Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France, CEREGE, Technopole Arbois, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, Ministère Culture, LAMPEA, 13090 Aix-en-Provence, France

(3) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

(4) Innovation Fluides Supercritiques (IFS), Valence, 26958, France

*spanneut@cerge.fr

Les substances organiques constituent un matériel d'étude central pour les sciences de l'environnement et archéologiques. Leur caractérisation participe par exemple dans le domaine des géosciences à l'identification de pollutions organiques dans l'environnement, à la compréhension du cycle du carbone et son stockage dans les sols, ainsi qu'à la reconstruction de paléoenvironnements [1-3]. Dans le domaine de la géoarchéologie, l'analyse des composés organiques participe à la caractérisation d'artefacts anciens et d'objets du patrimoine, à la compréhension des réseaux d'échange entre sociétés, ainsi qu'à l'étude des modes de subsistance de populations passées [4,5].

Pour les caractériser chimiquement, il est nécessaire d'extraire les matières organiques contenues dans divers matériaux d'intérêt (sédiments, bois, textiles, céramiques, ossements...). Cependant, cette étape repose couramment sur l'utilisation de solvants organiques qui sont toxiques et polluants [6].

Ma thèse intitulée « Éclaircir les comportements alimentaires face aux changements climatiques durant le Pléistocène supérieur – Développement d'une approche biomoléculaire novatrice », s'inscrit dans le cadre du projet *ecoScience* mené actuellement au CEREGE, en collaboration avec le partenaire socio-économique INNOVATION FLUIDES SUPERCRITIQUES (IFS) ainsi que le laboratoire M2P2 (Modélisation, Mécanique & Procédés Propres).

Nous avons pour ambition de développer et mettre en œuvre de nouvelles méthodes d'extraction plus durables pour l'environnement et moins contraignantes pour les opérateurs. Ces méthodes consistent en une extraction des matières organiques présentes dans les sédiments de grottes préhistoriques par le CO₂ supercritique (*Supercritical Fluid Extraction*, SFE) couplée à une caractérisation par spectrométrie de masse.

Bien que les technologies supercritiques soient largement répandues dans de nombreux domaines de l'industrie et de la recherche (y compris analytiques), leur utilisation est encore très limitée dans les laboratoires d'analyses géochimiques et archéométriques.

Cette communication a pour objectif de :

- dresser un bilan des applications d'extraction supercritique en géosciences de l'environnement et en géoarchéologie, décrites dans la littérature scientifique [7-10]

- présenter la méthode d'extraction/caractérisation et sa mise en œuvre au laboratoire CEREGE.

- présenter les résultats obtenus en collaboration avec les 2 partenaires pour l'étude de sédiments archéologiques provenant de la grotte du Portel-Ouest.

Cette communication s'inscrit donc pleinement dans le thème des sciences de la durabilité de par la mise en œuvre de méthodes d'extraction plus vertes ainsi que par leur application à des questions de recherche sur l'environnement et le rapport des Hommes à leur environnement.

Références

- [1] Leduc G, Vidal L, Tachikawa K, Rostek F, Sonzogni C, Beaufort L, et al., *Nature*, 445 (2007) 908.
- [2] Davtian N, Bard E, *PNAS*, 120 (2023) e2209558120.
- [3] Basile-Doelsch I, Balesdent J, Pellerin S, *Biogeosciences*, 17 (2020) 5223.
- [4] Colonese AC, Farrell T, Lucquin A, Firth D, Charlton S, Robson HK, et al., *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 29 (2015) 611.
- [4] La Nasa J, Modugno F, Degano I, *Mass Spectrometry Reviews*, 40 (2021) 381.
- [6] Tfaily MM, Chu RK, Toyoda J, Tolić N, Robinson EW, Paša-Tolić L, et al., *Analytica Chimica Acta*, 972 (2017) 54.
- [7] Chen L, Hasanov J, Chen J, Feng Y, Kanda Y, Komiya A, *Journal of Supercritical Fluids*, 189 (2022) 105718.
- [8] Klink G, Buchs A, Gülacar FO, *Organic Geochemistry*, 21 (1994) 437.
- [9] Devière T, Van Ham-Meert A, Hare VJ, Lundy J, Hommel P, Ivanovich Bazaliiskii V, et al., *Analytical Chemistry*, 90 (2018) 2420.
- [10] Devière T, Ribechini E, Querci D, Higham T, *Analyst*, 144 (2019) 6128.

D.Thallinger ^{1*}, J.Labille ^{1,£}, T.Milinkovitch ², J-L.Boudenne ³, F.Loosli ¹, D.Slomberg ¹, B.Angeletti ¹, C.Lefrançois ²

(1) Aix-Marseille University, CNRS, IRD, INRAe, Coll. France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

(2) LIENSs UMR 7266- CNRS/ La Rochelle Université, 2 rue Olympe de Gouges 17000 La Rochelle, France.

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

*thallinger@cerege.fr

£: co-first author

Avec le développement croissant du tourisme, les plages et les zones côtières sont de plus en plus sollicitées et subissent une forte pression anthropique. L'utilisation de produits de protection solaire est largement encouragée par les professionnels de la santé et les gouvernements afin de limiter les risques induits par les rayonnements UV tels que les coups de soleil, le vieillissement prématuré ou le cancer de la peau dus aux rayonnements UVA, UVB et UVC [1].

Les principaux ingrédients actifs des écrans solaires sont les filtres UV. Ils peuvent être de nature minérale et particulaire, comme le dioxyde de titane, TiO₂, ou l'oxyde de zinc, ZnO, ou être des molécules organiques synthétiques, comme l'octocrylène, l'avobenzone, le méthoxycinnamate d'octyle...[2]. Pour obtenir une protection solaire suffisante, les fabricants combinent souvent différents filtres UV dans une même formule solaire, à des concentrations variables selon leurs besoins respectifs, et dans le respect des réglementations en vigueur dans chaque région du monde [3].

Afin d'évaluer le relargage des filtres UV des crèmes solaires utilisées par les baigneurs dans l'eau de mer au sein de la zone de baignade, plusieurs campagnes d'échantillonnage ont été réalisées.

Une première réalisée sur une plage méditerranéenne française (Palavas-les-Flots Hérault). Il s'agit d'un suivi sur deux ans, dans le but de dégager un effet de saisonnalité de présence de filtres UV dans les eaux de baignades.

Une seconde campagne effectuée sur la calanque de Sugiton à Marseille durant l'été 2022 sur un week-end ciblé. Le samedi étant un jour classique et le lendemain, le jour du lancement du test de réservation de l'accès à la calanque. Ce dispositif limitant l'accès à la zone à 400 personnes pour la journée. Le but étant ici de voir si l'on observait un impact direct de la limitation de visiteurs sur la présence de filtre UV dans l'eau.

Enfin, des prélèvements sur deux zones tropicales ont été effectués durant l'été 2022 à Hawaii et durant l'été austral 2023 sur l'île de la Réunion.

Trois filtres UV organiques (octocrylène OC, avobenzone AVO et octyl methoxycinnamate OMC) et un minéral (dioxyde de titane TiO₂) ont été étudiés ici en tant que représentants du marché cosmétique actuel.

De multiples facteurs susceptibles de jouer un rôle déterminant dans la répartition des filtres UV dans l'eau ont été étudiés. Les plages ont été surveillées pendant les périodes de forte et de faible fréquentation touristique. La fréquentation des baigneurs a été comptée. Les eaux de baignade ont été échantillonnées distinctement à 40 cm de profondeur et dans la couche superficielle. Les évolutions temporelles, climatiques, saisonnières et journalières ont été observées.

Les pics de fréquentation de la plage en été ont été confirmés comme étant associés à des pics de concentration de filtres UV dans l'eau de baignade, encore plus prononcés pendant une période de canicule. Cette relation a également été observée à l'échelle de la journée, avec un pic dans l'après-midi, ce qui suggère une évolution rapide du profil des filtres UV dans l'eau. Des devenir contrastés ont été mesurés entre les quatre filtres UV étudiés, ce qui pourrait s'expliquer principalement par leurs caractéristiques respectives, c'est-à-dire particulaires ou dissous, hydrophiles ou lipophiles, et leur durée de vie.

Enfin, une grande hétérogénéité horizontale a également été observée dans la distribution du filtre UV dans l'eau, ce qui souligne la nécessité de disposer d'échantillons répétés couvrant une zone importante.

Remerciements

Les auteurs remercient les projets ANR-18-CE34-0012 CUTE et ANSES-21-EST-126 FILTRE-UV pour le financement de cette recherche ainsi que toutes les personnes impliquées dans cette thèse.

Références

- [1] CL.Mitchelmore, K.He, M.Gonsior, E. Hain, A.Heyes, C.Clark, et al. *Sci Total Environ.* juin 2019;670:398-410.
- [2] J.Labille, R.Catalano, D.Slomberg, S.Motellier, A.Pinsino, P.Hennebert, et al. *Front Environ Sci.* 10 juill 2020;8:101.
- [3] S.Heilgeist, R.Sekine, O.Sahin, RA.Stewart. *Water.* 8 mars 2021;13(5):734.
- [4] D.Thallinger, J.Labille, T.Milinkovitch, J.L.Boudenne, F.Loosli, D.Slomberg, B.Angeletti, C.Lefrançois. *International Journal of Cosmetic Science* 2023. Soumis

STIMULATING THE PLANT-MICROORGANISM-MINERAL CONTINUUM TO STORE CARBON IN SOILS: FOCUS ON THE STABILIZATION OF ROOT EXUDATES

#Poster

S. Wagon^{1,2*}, M. Barakat¹, S. Fochesato¹, A. Duvivier², I. Basile-Doelsch², E. Doelsch³, W. Achouak¹ et T. Heulin¹

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

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

(3) CIRAD, Internal Research Unit (UPR) Recycling and Risk, Station de La Bretagne, Réunion, France

*sarah.wagon674@gmail.com

Soil carbon storage can both mitigate climate change and contribute to food security. A recent study identified that pearl millet lines with large rhizosheath contribute significantly to increased carbon supply into soil compared to millet lines with small rhizosheath [1]. The objective of this work is to evaluate the stabilization of these carbon inputs by the formation of organo-mineral associations in the plant-microorganism-mineral continuum.

Different lines of pearl millet were selected and grown on a Mediterranean arenosol sampled under two different soil uses: vineyard and forest [2]. The rhizosheath of these lines were compared by measuring the dry mass of root-adhering soil per dry mass of root tissue (RAS/RT). Soil organic carbon was measured (elemental analysis) in different compartments: root-adhering soil, bulk soil and control unplanted soil. Moreover, an analysis of the microbiota by metabarcoding was performed on the three compartments (roots, root-adhering soil and bulk soil).

First, we verified that the ranking of millet lines according to the RAS/RT ratio was identical to that

obtained on another arenosol in a previous work [3]. Then, we highlighted that microbial communities differ mainly according to the land use and that alpha diversity decreases along the gradient bulk soil, root-adhering soil and roots. The elemental analysis is ongoing but we already know that the carbon content is higher in the root-adhering soil than in the bulk soil for the line with high aggregation capacity grown in the vineyard soil. We also hypothesize that pearl millet lines with high aggregation capacity recruit exopolysaccharide-producing bacteria and that these molecules promote carbon storage thanks to interactions with weathered mineral surfaces.

Références

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

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

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

CHARACTERIZATION OF THE GEOMETRY AND HETEROGENEITY OF THE SEDIMENTARY BODIES OF THE URGONIAN PROVENCE CARBONATE PLATFORM (SOUTH-EASTERN FRANCE)

#Poster

Stanislas Wilk ^{1*}, Philippe Leonide ¹, Jean Borgomano ¹, Gérard Massonnat ², Charles Danquigny ^{2,3}, Jean-Louis Lesueur ²

(1) *Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix-Marseille Université - AMU – France*

(2) *TotalEnergies S.E., Centre Scientifique Technique Jean Féger – TotalEnergies S.E. – France*

(3) *Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes – Université d'Avignon – UA – France*

* wilk.stanislas@gmail.com

Despite prolific academic and industrial studies on carbonate sedimentary systems and reservoirs since the fifties, the definition of elementary sedimentary bodies in carbonate platforms remains complex. Relationships between physical processes and both sedimentary geometries and fabrics or facies are not straightforward and are often hidden by the overprint related to diagenetic transformations. The resulting reservoir heterogeneity at inter-well and subseismic scales is generally overlooked in reservoir geological models and contributes to uncertainty related to production forecasts in hydrocarbon fields.

Recent work on the urgonian carbonate platform (Upper Hauterivian - Lower Aptian, South-East France) allowed the acquisition of high resolution sedimentological, petrophysical, and geometric data. The data collection from three study sites includes conventional fieldwork (outcrop panoramas, thin sections & plugs), creation of photogrammetric models from drone acquisitions, acquisition of ground penetrating radar profiles and the reinterpretation of sedimentary cores. These data have been integrated into geomodels to interpolate between observations from both subsurface and outcrops.

These new data supplement previous work on the sedimentary bodies of the Provence Urganian platform. Urganian sedimentary bodies can show external geometries of bank, lobe, channel, mound, dune and

clinoform. Old and new study sites show that urgonian bodies have mostly tabular geometries. This means that sedimentary bodies do not preserve their original anatomy (except for biostromes). Sedimentary bodies that seem to preserve their initial anatomy are scarce. These exceptional bodies have lobes, mounds or channels geometries and are found on the outer part of the platform where the available space is important. Indeed, these bodies do not appear to have been smoothed by the sea level or the wave base.

In parallel, microscopic analysis of thin sections and macroscopic characterisation of sedimentary features (internal geometry) provide information on the depositional environments and processes of each sedimentary body.

These information about the geometry and processes of sub-seismic geobodies are not only valuable for modelling carbonate reservoirs as heterogeneities may also impact reservoir connectivity and flow simulation results. More broadly, this systematic study could provide geological rules to enable us to predict the presence or absence of geobodies in relation to the sedimentary facies (biological, lithological, and hydrodynamic indicators) for subsurface studies.

▪ IMBE

FOREST MANAGEMENT IMPACT ON SOIL FOOD WEB: THE KEY ROLE PLAYED BY THE UNDERSTORY VEGETATION.

#Poster

C. Biryol ^{1*}, C. Ménéval ¹, S. Dupouyet ¹, B. Prevosto ², J. Trap ³, V. Baldy ¹ & M. Santonja ¹

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

(2) INRAE, Aix Marseille Univ, UR RECOVER, Aix-en-Provence, France

(3) Institut de Recherche pour le Développement, UMR Eco&Sols, Montpellier, France

*charlotte.biryol@imbe.fr

Forest management methods contribute to maintain sustainable forests notably by increasing their resistance and resilience to climate change [1]. Forest thinning, one of the main management practices, induces change in understory vegetation and microclimatic conditions which can have cascading effects on soil biodiversity. This thinning treatment can be coupled to an understory vegetation removal. During the past decades, a strong attention was paid on the responses of soil microbial communities to these forest management practices [2, 3], while our knowledge on their impacts on soil fauna is still very limited [4]. To fill this gap, we studied the whole soil food web (microorganisms-microfauna-mesofauna-macrofauna) in an experimental *Pinus halepensis* Mill. forest located in southern France along a tree cover gradient made up of three pine densities (control, medium and heavy thinning) with or without the presence of an understory vegetation. In addition, we sampled the soil organisms in spring and at the end of the summer period to

study in which extend forest management practices mitigate the negative impact of the summer drought period. First results highlight a decrease in soil macrofauna abundance with the summer drought. In the medium thinning plots, the presence of an understory vegetation increases soil macrofauna abundance. No interaction between the forest management effect and the sampling time effect were detected on soil macrofauna. These results point out the key role played by the understory vegetation in structuring the soil food web.

Références

- [1] E. Marchi, W. Chung, R. Visser, D. Abbas, ... A. Laschi. *Science of the Total Environment*, 634 (2018) 1385-1397.
- [2] T. Zhou, C. Wang, & Z. Zhou. *Soil Biology and Biochemistry* 149 (2020) 107915.
- [3] R. Wu, X. Cheng, H. Han. *Forests* 10 (2019) 352
- [4] J. Hartshorn. *Forests* 12 (2020) 23.

IMPACT DE LA GESTION FORESTIERE SUR LA REGENERATION NATURELLE DU CHENE PUBESCENT : PRESENTATION DES DEMARCHES EXPERIMENTALES IN SITU ET EX SITU

#Poster

S. Brasseur^{1*}, M. Santonja¹, S. Dupouyet¹, B. Prevosto², A. Bousquet-Mélou¹

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

(2) INRAE, Aix-Marseille Univ., UMR RECOVER, Aix-en-Provence, France

*solene.brasseur@imbe.fr

Le changement climatique, en particulier la diminution des précipitations, met en danger les forêts méditerranéennes et ses nombreux services écosystémiques, tels que la capacité des écosystèmes forestiers à stocker du carbone (services de régulation) ou à fournir de la biomasse et du combustible (services d'approvisionnement) [1, 2]. Les forêts de chênes pubescents (*Quercus pubescens* Willd.) couvrent 836 000 ha en France [©IGN 2022] et sont en majorité issues de taillis. Ces taillis sont généralement vieillissants en raison de l'abandon des coupes et présentent des signes de dépérissement de plus en plus marqués, ainsi que d'importants déficits de régénération, mettant en danger leur dynamique sur le long terme [3]. En effet, la régénération naturelle est une étape clé permettant d'assurer la pérennité des peuplements forestiers (et leurs services écosystémiques associés) ainsi que leur adaptation aux conditions climatiques futures. Nous avons pour objectifs principaux de déterminer les facteurs biotiques et abiotiques à l'origine de ce déficit de régénération et d'identifier des méthodes de gestion forestière qui permettraient de la favoriser. Pour ce faire, un site expérimental a été mis en place en 2022 à Saint-Christol d'Albion (Vaucluse) au sein d'une forêt de chênes pubescents. Il comprend un gradient d'éclaircie forestière (témoin - 0, 25, 50, 75 ou coupe rase - 100 %) sur des parcelles de 12 m × 30 m (8 réplifications par modalité) équipées de capteurs permettant un suivi des paramètres microclimatiques (lumière, température et humidité de l'air, température et humidité du sol). Nous avons mis en place *in situ* le suivi de l'influence du gradient d'éclaircie sur la régénération forestière. Nous suivons la croissance des plantules présentes sur site et des rejets de souches ainsi que le développement de la strate herbacée. A l'automne 2022, nous avons également semé des glands sur les parcelles afin d'évaluer la croissance des plantules

issues de la germination en fonction du niveau d'éclaircie forestière. Ce travail sera complété par des expérimentations en mésocosmes nous permettant de mieux comprendre : (1) les mécanismes de compétition potentiellement observés *in situ* entre les herbacées et les plantules de chênes, (2) l'effet de la litière de chêne et (3) l'influence du stress hydrique sur la croissance des jeunes plantules et sur leurs interactions avec les plantes herbacées.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement nos collègues des UMR IMBE et RECOVER ainsi que le CRPF PACA, et plus particulièrement Haïmad Baudriller-Cacaud et Jean-Baptiste Mey, pour la mise en place et le suivi du site expérimental de Saint-Christol d'Albion. Ce travail a bénéficié d'une aide du gouvernement français au titre de France 2030, dans le cadre de l'Initiative d'Excellence d'Aix-Marseille Université - A*MIDEX (AMX-19-IET-012) et de la Fédération de Recherche ECCOREV (FR 3098 : Aix-Marseille Univ., CNRS, INRAE, IRSN, CEA, Univ. Toulon, Univ. Avignon, Univ. Nîmes).

Références

- [1] E. Doblas-Miranda et al., *Global Ecology and Biogeography*, 24 (2015) 25-43.
- [2] T. Gauquelin, G. Michon, R. Joffre, R. Duponnois, D. Génin, B. Fady, M. Bou Dagher-Kharrat, A. Derridj, S. Slimani, W. Badri, M. Alifriqui, L. Auclair, R. Simenel, M. Aderghal, E. Baudoin, A. Galiana, Y. Prin, H. Sanguin, C. Fernandez, V. Baldy. *Regional Environmental Change*, 18(3) (2016) 623-636.
- [3] M. Vennetier, *Science Eaux et Territoires*, 33 (2020) 18-25.

UNLOCKING THE HIDDEN SCENTS OF BENTHIC ECOSYSTEMS: WHAT VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) DO SEAGRASS BEDS AND CORAL REEFS TELL US?

#Poster

S. Coquin ^{1*}, A. Saunier ², C. Lecareux ¹, A. Bousquet-Mélou ¹, E. Ormeño ¹, C. Fernandez ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IMBE, Saint-Jérôme Faculté, 13013 Marseille, France

(2) Treeseve, 6 rue Clapier 13001 Marseille, France

*salome.coquin@imbe.fr

Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOCs) are the major source of carbon released to the atmosphere from terrestrial and marine ecosystems, with global emissions estimated at 1 PgC.yr⁻¹ [1]. Once released to the atmosphere, BVOCs are involved in chemical processes responsible for ozone and secondary aerosols formation or increasing the lifetime of some greenhouse gas such as methane [2]. BVOCs can significantly impact air quality and climate, which in turn can alter ecosystems and human health [3]. Understanding how environmental factors (temperature, CO₂, rainfall, etc.) alter BVOC emissions is central to predict air quality. To date, almost all knowledge of global BVOC emissions came from terrestrial ecosystems, where emissions appear affected by changes in light and temperature, but also water regime or CO₂ [4]. Here, BVOCs drive numerous eco-physiological processes such as light dissipation, enhance thermotolerance [5], and regulate species interactions [6]. We know virtually nothing of BVOC emissions from marine ecosystems, or their roles in regulating marine ecosystem health. After historical work which demonstrated that the oceans could emit vast amounts of BVOCs, innovative work discovered that coral reef organisms emit highly diverse BVOC cocktails (the “volatilome”) well beyond DMS and isoprene [7]. There is still a lack of knowledge especially on what factors drive BVOC emissions from marine ecosystems. This project aims to (i) determine how these BVOC cocktail emissions vary throughout the dynamic environments inherent to coral reef and seagrass bed [8], (ii) to know the physiological adaptations adopted in dynamic environments, (iii) what is the role of the BVOC in a context of prey-predator interactions. Objectives: This project will unlock this fundamental gap in knowledge using a novel interdisciplinary approach for the first time via the following objectives:

Objective 1: Identify coral and seagrasses

BVOC emissions and their environmental dependency

Question 1: What are the BVOC emissions from coral and seagrasses species? (Q1)

Question 2: What is the dependence of these BVOC emissions upon key environmental factors (light, temperature, CO₂, pH)? (Q2)

Question 3: To what extent are changes to BVOC emissions tied to metabolic reorganization indicative of physiological acclimation? (Q3)

Objective 2: Resolve the role of BVOCs as defense compounds from seagrasses or coral against predators

Question 4: Do organisms exposed to grazing pressure present changes in BVOC emissions?

Question 5: Do organisms exposed to grazing pressure present changes in metabolome with a focus on non-volatile secondary metabolites?

Question 6: Does potential key BVOC influence grazers behavior?

Remerciements

We would like to thank the IMBE DFME team who hosted this work. We also thank the endoume divers for the Posidonia sampling and Virgile Calvert for his help. Finally, we thank the OCEAN institute, the CNRS with the « PEPS » grant and obviously the « GDR OMER » for their contribution and the financing of this project.

Références

- [1] Yáñez-Serrano, A. M., Bourtsoukidis, E., Alves, E. G., Bauwens, M., Stavrakou, T., Llusà, J., ... & Peñuelas, J. (2020). Amazonian biogenic volatile organic compounds under global change. *Global change biology*, 26(9), 4722-4751.
- [2]-Scott, C. E., Rap, A., Spracklen, D. V., Forster, P. M., Carslaw, K. S., Mann, G. W., ... & Tunved, P. (2014). The direct and indirect radiative effects of biogenic secondary organic aerosol. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(1), 447-470.
- [3]-Hallquist, M., Wenger, J. C., Baltensperger, U., Rudich, Y., Simpson, D., Claeys, M., ... & Wildt, J. (2009). The formation, properties and impact of secondary organic aerosol: current and emerging issues. *Atmospheric chemistry and physics*, 9(14), 5155-5236.
- [4]-Peñuelas, J., & Staudt, M. (2010). BVOCs and global change. *Trends in plant science*, 15(3), 133-144.
- [5]-Vickers, C. E., Gershenzon, J., Lerdau, M. T., & Loreto, F. (2009). A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. *Nature chemical biology*, 5(5), 283-291.
- [6]-Trowbridge, A. M., & Stoy, P. C. (2013). BVOC-mediated plant-herbivore interactions. In *Biology, controls and models of tree volatile organic compound emissions* (pp. 21-46). Springer, Dordrecht.
- [7]-Lawson, C. A., Seymour, J. R., Possell, M., Suggett, D. J., & Raina, J. B. (2020). The volatilomes of Symbiodiniaceae-associated bacteria are influenced by chemicals derived from their algal partner. *Frontiers in Marine Science*, 7, 106.
- [8]-Camp, E. F., Schoepf, V., Mumby, P. J., Hardtke, L. A., Rodolfo-Metalpa, R., Smith, D. J., & Suggett, D. J. (2018). The future of coral reefs subject to rapid climate change: lessons from natural extreme environments. *Frontiers in Marine Science*, 5, 4.

M. Derrien ^{1*}, C. Simmler ¹, P. Chevaldonné¹, T. Perez ¹

(1) Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale, UMR 7263, Station Marine d'Endoume, Marseille - France

*marie.derrien@imbe.fr

La médiation chimique est le mode de communication le plus répandu dans le monde vivant. Les molécules présentes dans l'environnement constituent de véritables indices pour les organismes à la recherche par exemple, de nourriture, de partenaires ou d'habitat. Ainsi par le jeu de ces interactions, la médiation chimique contribue significativement au fonctionnement des écosystèmes [1].

Les éponges dominent les communautés de grottes sous-marines et produisent une grande diversité de molécules [2]. Ces molécules une fois libérées dans l'environnement [3,4] participent à la formation d'un paysage chimique complexe dont les fonctions écologiques sont encore peu connues. Une récente étude [5] a démontré que le paysage chimique formé par 4 espèces d'éponges représentatives des grottes sous-marines, pouvait influencer le comportement migratoire de crustacés ; les résultats obtenus suggérant que des mysidacés cavernicoles pourraient s'aider des molécules émises par les éponges pour retrouver le chemin de leur habitat.

Dans l'objectif de mieux comprendre le rôle des éponges dans la formation du paysage chimique marin, nous étudions le lien entre la diversité des communautés benthiques et celle des molécules détectées dans l'eau des grottes sous-marines. Pour cela, des photoquadrats des communautés et des captures in-situ de molécules ont été réalisés en deux points (entrée et fond de grotte) dans 4 sites de la région. Le traitement des photos et des données métabolomiques obtenues par spectrométrie de masse permettent ensuite de caractériser la biodiversité benthique et le paysage chimique associé. Concernant la biodiversité, la composition des communautés varie d'une grotte à une autre et au sein de ces grottes. En fond de grotte, il y a jusqu'à 24 fois moins d'espèces qu'en entrée où les éponges représentent entre 74 et 53% des organismes identifiés. Parmi les espèces recensées, certaines sont spécifiques et d'autres communes aux 4 grottes mais

présentes en proportions différentes. A partir de ce référentiel de la biodiversité et grâce aux analyses métabolomiques en cours, nous tentons de 1) déterminer s'il est possible de différencier les grottes et leur communautés par la composition chimique de l'eau associée, 2) de retrouver d'une capture à une autre, des molécules uniques à chaque site et enfin, 3) de préciser la nature chimique de ces composés pour tenter de les relier à la diversité benthique observée.

Ces analyses permettront *in fine* de déterminer si la composition de la biodiversité benthique, majoritairement représentée par les éponges, influence la complexité du paysage chimique marin environnant.

Remerciements

Je remercie l'ANR 20-CE43-0003 qui participe au financement de ce projet ainsi que M. Grenier, M. Mauduit, C. Ruiz et R. Gauff pour leurs retours bienveillants lors de l'élaboration de ce poster.

Références

- [1] M. E. Hay, *Ann Rev Mar Sci.*, 1 (2009) 193–212.
- [2] A. R. Carroll, B. R. Copp, R. A. Davis, R. A. Keyzers, M. R. Prinsep, *Nat. Prod. Rep.*, 39 (6) (2022) 1122–1171.
- [3] M. Mauduit, S. Greff, G. Herbet, J.-V. Naubron, S. Chentouf, T. Huy Ngo, J.-W. Nam, S. Molinari, F. Mabrouki, E. Garayev, B. Baghdikian, T. Pérez, C. Simmler, *ACS Omega* (2022) acsomega.2c05415.
- [4] E. Ternon, L. Zarate, S. Chenesseau, J. Croué, R. Dumollard, M. T. Suzuki, O. P. Thomas, *Sci Rep* 6 (1) (2016) 29474.
- [5] M. Santonja, S. Greff, M. Le Croller, O. P. Thomas, T. Pérez, *Mar Biol* 165 (7) (2018) 121.

INTERACTIONS HOMME-FORÊT DANS LES ALPES FRANÇAISES DU SUD À TRAVERS L'ANALYSE DU BOIS : COMMENT ESTIMER L'IMPACT RÉEL DES POPULATIONS MONTAGNARDES LOCALES SUR LA FORÊT ? ÉTUDE DE CAS EN HAUTE BLÉONE.

#Poster

E. Gamba ^{1*}, L. Shindo ², D. Isoardi ³, B. Talon ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IMBE, Technopôle de l'Arbois, 13545 Aix en Provence, France.

(2) ROOTS cluster of excellence, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany.

(3) Centre Camille Jullian-CCJ (Aix Marseille Univ, CNRS), Aix en Provence, France

* emma.gamba@imbe.fr

Cette étude propose une approche multidisciplinaire entre paléoécologie (dendrochronologie, pédoanthracologie) et archives historiques pour reconstituer les trajectoires forestières soumises aux activités humaines sur le long terme. Nous nous focalisons sur une zone des Préalpes du Sud de la France, la vallée de la Bléone, pour laquelle un large corpus historique est disponible, mais les données paléoenvironnementales restent pauvres jusqu'à présent. Nous présentons ici les résultats préliminaires d'une étude pédoanthracologique menée du côté de Chourges, complétée par des analyses dendrochronologiques dans le secteur de la vallée de la Bléone et une synthèse des sources textuelles sur la gestion forestière. L'objectif est de démontrer que la comparaison entre différentes données est délicate, mais pertinente pour une meilleure compréhension des écosystèmes forestiers passés et des relations humains-forêt. Nous montrons que la distribution spatiale de la forêt et la position de la limite des arbres ont été perturbées, mais pas la composition. Ceci est certainement dû principalement aux activités agro-sylvo-pastorales, à travers l'utilisation du feu pour entretenir les pâturages et la coupe de la forêt pour la construction locale depuis au moins le Moyen Âge.

Cependant, les communautés locales n'étaient pas libres de disposer de leurs propres ressources en bois et leur rôle dans la déforestation doit être relativisé. Ce n'est pas seulement leur utilisation de la forêt qui a conduit à sa dévastation, mais aussi d'autres activités contrôlées par une autorité supérieure, comme la Marine royale.

Remerciements

Nous remercions l'association ARDA-hp (Association de Recherches et de Documentation en Archéologie en Haute-Provence), et plus particulièrement J. Cazères pour les recherches d'archives concernant l'époque moderne à Prads. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail : M.-P. Baume pour l'analyse des archives de Faillefeu et les informations sur l'exploitation du bois ; l'équipe archéologique et pédoanthracologique qui a participé aux travaux de terrain ; F. Guibal pour les travaux de dendrochronologie et les travaux de terrain et E. Gandouin pour son aide dans le traitement statistique des données. Enfin, M. Alvitre pour les travaux de laboratoire qui ont pris beaucoup de temps.

IMPACT OF PHOSPHORUS ON PHYTOEXTRACTION OF RARE EARTH ELEMENTS AND PLANT-REE INTERACTION

#Poster

Y. Lamwati^{1,2,3*}, B. Collin¹, M. Fahr², A. Smouni², C. Levard¹, B. Angeletti¹, M. Le Bris³, T. Celce¹, C. Keller¹, S. Criquet³

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

(2) Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université Mohammed V

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

*lamwati@cerege.fr

Rare earth elements (REE) are essential and critical metals for high technologies. Due to the increasing demand for these elements over the world, some metallurgical residues may constitute secondary and alternative resources in REE. Bauxite residues (BR), produced during alumina extraction processes, are rich in REE [1]. Their extraction through classical hydrometallurgical methods may be harmful to environment because of the strong acid solutions employed [2]. Some plants, such as *Phytolacca Americana* (PA), are known to hyperaccumulate REE. Thus, phytoextraction potential of these plants, through root absorption and translocation mechanisms to aerial parts, could be used as an eco-friendly alternative for REE extraction from industrial residues [3]. The potential of PA to extract and translocate REE from BR was thus investigated. Because of their high pH and salinity values and their lack of nutrients, it was necessary to Modify BR (MBR) with gypsum and organic amendments (sewage sludge SS or compost COMP) to allow plant growth. Results showed that MBR, particularly those amended with SS, were well adapted to PA growth. Unfortunately, REE contents in both roots and aerial parts were low, the main hypothesis being that the speciation of REE in BR, especially stable REE-phosphate phases, do not allow their efficient absorption by roots. New experiments were conducted to investigate this hypothesis, focusing on REE

speciation with Yttrium (Y) taken as model. PA was grown on solid media with or without different concentrations of YPO₄ (0 to 250 µM) to evaluate its solubilizing capacity through low molecular weight organic acid (LMWOA) or other chelating molecules investigated by metabolomic tools. Results of this experiment refer to Y plant contents, plant morphological traits (root architecture, above and belowground plant biomasses), plant stress indicators, rhizosphere LMWOA contents and plant metabolomic signatures.

Références

- [1] Gaustad, G., Williams, E., & Leader, A. (2021). *Rare earth metals from secondary sources : Review of potential supply from waste and byproducts. Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105213.
- [2] Lallemand, C., Ambrosi, J. P., Borschneck, D., Angeletti, B., Chaurand, P., Campos, A., et al. (2022). *Potential of ligand-promoted dissolution at mild pH for the selective recovery of rare earth elements in bauxite residues. ACS Sustain. Chem. Eng.* 10, 6942–6951.
- [3] Grosjean, N., Le Jean, M., Berthelot, C., Chalot, M., Gross, E. M., & Blaudez, D. (2019). *Accumulation and fractionation of rare earth elements are conserved traits in the Phytolacca genus. Scientific Reports*, 9(1), 1-12.

DÉFENSES CHIMIQUES ET MORPHOLOGIQUES DES FEUILLES DU CHÊNE PUBESCENT APRÈS 10 ANS DE SÉCHERESSE AMPLIFIÉE ET RÉCURRENTÉ

#Poster

J. Laoué ^{1*}, M. Havaux ², B. Ksas ², G. Gea Izquierdo ³, I. Reiter ⁴, S. Dupouyet ¹, J.P. Orts ¹, A. Tonetto ⁵, C. Fernandez ¹, E. Ormeño ¹

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

(2) Aix Marseille Univ., CEA, CNRS UMR 7265 BIAM, CEA/Cadarache, Saint-Paul-lès-Durance, France

(3) Centro de Investigación Forestal (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Madrid, Espagne)

(4) CNRS Fr 3098 ECCOREV, 13545 Aix en Provence

(5) Pôle PRATIM, Fédération Sciences chimique Marseille, Aix Marseille Université, Marseille, France

*justine.laoue@imbe.fr

Les changements climatiques en région méditerranéenne comprennent des épisodes de sécheresses de plus en plus longs et récurrents marqués par une diminution des précipitations annuelles d'environ 30% à la fin du XXI^{ème} siècle [1]. Ces changements rapides pourraient fortement modifier la physiologie des arbres et ainsi impacter leur croissance et leur survie. Dans un tel contexte, il est important d'évaluer les stratégies d'adaptation des forêts face à la contrainte hydrique. En condition de stress hydrique, le végétal produit des espèces réactives de l'oxygène (ou Reactive Oxygen Species : ROS) en quantités élevées et leur excès peut causer d'importants dommages à l'ADN causant jusqu'à la mort cellulaire [2]. Afin de limiter les pertes en eau tout en luttant contre le stress oxydatif, les végétaux déploient un grand nombre de défenses au niveau des feuilles, principal organe où sont produits les ROS. Ces défenses sont i) soit physiques, comme la modulation de l'épaisseur des feuilles, le développement d'une pilosité (trichomes) dense ou encore un changement de densité stomatique ; ii) soit chimiques, par l'accumulation de métabolites antioxydants primaires (ou universels) et spécialisés (ou non universels). Si de nombreuses études ont illustré la modulation des défenses morpho-métaboliques des feuilles sous déficit hydrique en conditions de laboratoire, les études effectuées *in natura* sont plus rares [3,4]. En particulier, la capacité des forêts décidues Méditerranéennes à s'adapter à des sécheresses chroniques sur le long-terme n'a pas été explorée.

L'objectif de ce travail de doctorat est d'identifier les stratégies morpho-métaboliques foliaires du chêne pubescent (*Quercus pubescens* Wild.), une espèce décidue largement répandue au nord de la méditerranée et reconnue pour sa résistance à la sécheresse [5], pour s'adapter au déficit hydrique récurrent à long-terme. Pour cela, ce travail a été effectué sur le site AnaEE d'expérimentation à long terme *in natura* : O₃HP (<https://www.eccorev.fr/spip.php?rubrique8>). L'O₃HP inclus un système dynamique d'exclusion des précipitations mis en place en avril 2012 afin de réduire d'environ 30% les précipitations annuelles sur une partie de la forêt (300 m²). Une autre partie adjacente (232 m²) reçoit les pluies naturelles et les arbres sont donc sous stress hydrique naturel. Un total de 10 arbres par condition (stress naturel et stress amplifié) sont suivis afin de caractériser l'état de stress physiologique des arbres et de déterminer de potentiels changements au niveau des défenses morphologiques et métaboliques.

Les résultats suggèrent un ralentissement physiologique

plus important chez les arbres sous stress hydrique amplifié, en particulier pendant la période estivale lorsque le stress hydrique est le plus marqué (données de 2021). Concernant les défenses métaboliques, la sécheresse amplifiée à long terme n'a pas induit une production plus élevée des différents groupes de métabolites étudiés. En revanche, les défenses morphologiques (densité des stomates, densité des trichomes, épaisseur des feuilles) jouent probablement un rôle majeur en réponse à la sécheresse amplifiée, en particulier en été lors de la saison la plus sèche. En effet, les arbres sous stress hydrique amplifié présentent une plus faible densité stomatique ainsi qu'une augmentation de la densité en trichomes et une diminution de l'épaisseur des feuilles, ce qui leur permettrait de limiter les pertes en eau et ainsi de s'adapter à une sécheresse plus marquée.

Remerciements

Ce projet de thèse est soutenu par la bourse MITI du CNRS à travers le projet METAPHORES. Nous tenons à remercier M. Havaux et B. Ksas (CEA Cadarache) pour les mesures de métabolites primaires. Nous sommes très reconnaissants envers J.P. Orts, S. Dupouyet (IMBE) et I. Reiter (ECCOREV) pour leur aide sur le terrain. Nous remercions également N. Marnet (INRAE, Rennes) pour les mesures des flavonols. Un remerciement également à A. Tonetto et S. Boularand (PRATIM) pour leur aide en imagerie. Plus généralement, nous remercions toute l'équipe DFME de l'IMBE pour leurs conseils.

Références

- [1] S.D. Polade, D.W. Pierce, D.R. Cayan D.R., A. Gershunov & M.D. Dettinger, *Scientific reports*, 4 (2014) 1-8.
- [2] M.H. Cruz de Carvalho, *Plant signaling & behavior*, 3 (2008) 156-165.
- [3] I. Hernández, L. Alegre & S. Munné-Bosch, *Tree Physiology*, 24 (2004) 1303-1311.
- [4] S.A. Anjum, X. Xie, L. Wang, M.F. Saleem, C. Man C. & W. Lei, *African journal of agricultural research* 6 (2011) 2026-2032.
- [5] A. Nardini & F. Pitt, *New Phytologist* 143 (1999) 485-493.

RÉPONSE À COURT TERME DU RÉSEAU TROPHIQUE DU SOL À L'ÉCLAIRCIE FORESTIÈRE ET À LA CONSERVATION DES RÉMANENTS DE COUPE DANS TROIS CHÊNAIES EUROPÉENNES

#Poster

C. Ménival ^{1*}, C. Biryol ¹, S. Dupouyet ¹, R. Gros ¹, Y. Pinguet ¹, M. Santonja ¹

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

*claire.menival@imbe.fr

La production de bois et la séquestration du carbone sont des services écosystémiques majeurs fournis par les forêts et leur biodiversité. La gestion des forêts, et notamment l'intensité d'exploitation et la gestion des rémanents, est un levier d'action essentiel pour atténuer les effets négatifs du changement climatique sur le fonctionnement de cet écosystème, limiter le déclin de la biodiversité et pérenniser l'ensemble de ces services [1]. Pourtant, nous ne disposons pas à l'heure actuelle de connaissances approfondies de l'impact des éclaircies forestières et de l'export des rémanents sur les organismes du sol, alors que ces derniers remplissent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

Les coupes rases constituent une perturbation forte du milieu forestier, en particulier du sol et de sa biodiversité [2]. L'éclaircie s'apparente à une perturbation écologique moins intense, et vise à diminuer la compétition entre les arbres pour la lumière, l'eau et les nutriments et augmenter la valeur économique des arbres restants [3]. Par ailleurs, le houppier est généralement exporté et valorisé dans la filière du bois énergie. L'export des houppiers et des troncs entraînent donc une perte de biomasse très importante pour le système forestier. Les éclaircies forestières, couplées à la conservation d'une partie des rémanents de coupe comme apport de matière organique pourraient augmenter la résistance et la résilience des organismes du sol à la coupe forestière, et permettre un maintien de la fonctionnalité écologique des forêts au regards des enjeux climatiques et économiques qui pèsent sur elles.

L'objectif de ce travail est de tester l'impact de ces deux pratiques de gestion forestière sur le compartiment sol (organismes et caractéristiques physico-chimiques) dans trois forêts européennes après deux ans de perturbation. Nous nous attendons à observer i) un effet plus négatif de la coupe rase sur le sol par rapport à une éclaircie à 50% et à ii) une atténuation des impacts par l'ajout des rémanents de coupe au sol.

Dans le cadre du projet H2020 Holistic management practices, modelling & monitoring for European Forest Soils (HOLISOILS), trois sites expérimentaux ont été mis en place entre Octobre 2021 et Mai 2022 dans des forêts de chêne : une forêt de chêne pubescent - *Quercus pubescens* en France (climat méditerranéen), une forêt de chêne faginé - *Quercus faginea* en Espagne (climat océanique) et une forêt de chêne pédonculé - *Quercus robur* en Roumanie (climat continental). Un design expérimental commun a été mis en place avec cinq modalités de traitement : témoin (aucun prélèvement

d'arbres), éclaircie à 50% avec rémanents de coupe, éclaircie à 50% sans rémanents, coupe rase (100% des arbres retirés) avec rémanents, et coupe rase sans rémanents. Ces cinq modalités sont répliquées huit fois pour un total de quarante parcelles sur chaque site.

Des prélèvements de sol ont été effectués dans les trois sites au printemps 2022 (T0) : carottes de sol (analyses physico-chimiques et des communautés de microorganismes, microfaune et mésofaune), et tri manuel de blocs de sol (analyse de la macrofaune). La communauté de microorganismes est identifiée grâce à la méthode du métabarcoding. La microfaune est extraite par Baermann, puis identifiée au niveau du groupe trophique. La mésofaune est extraite par Berlese puis la méso- et la macrofaune sont identifiées au niveau de l'ordre et du groupe trophique. Une campagne de terrain est prévue au printemps 2023 (T1) pour étudier l'évolution de ces impacts et ainsi mesurer la résilience des communautés d'organismes du sol.

Les premiers résultats du site espagnol mettent en évidence une baisse drastique et significative de l'abondance de la mésofaune du sol (acariens et collemboles) dans les modalités éclaircie à 50% sans rémanents et dans les coupes rases avec ou sans rémanents (diminution d'un facteur 4). Seule la modalité éclaircie à 50% avec rémanents a montré un niveau d'abondance et de diversité similaire au témoin. Ces résultats nous montrent que l'effet tampon des rémanents est réel mais limité puisqu'il ne tamponne que l'effet perturbateur de la coupe en condition d'éclaircie. En revanche, il apparaît que la modalité éclaircie sans rémanents diminue autant l'abondance de mésofaune qu'en condition de coupe rase.

Une fois l'ensemble des données acquises, les modifications du réseau trophique du sol seront étudiées en relation avec les changements des conditions microclimatiques de sous-bois (température, humidité, lumière incidente).

Références

- [1] S. Ruddell, R. Sampson, M. Smith, R. Giffen, J. Cathcart, J. Hagan, et al., *Journal of Forestry* (2007) 105, 314–319.
- [2] F. Elie, L. Vincenot, T. Berthe, E. Quibel, B. Zeller, L. Saint-André, et al., *Forest Ecology and Management* (2018) 429, 549–557.
- [3] J.A. Sohn, S. Saha & J. Bauhus., *Forest Ecology and Management* (2016) 380, 261–273

HOW TO IMPROVE THE ACCURACY OF HEIGHT DATA FROM BIRD TRACKING DEVICES? AN ASSESSMENT OF CONTINUOUS-MODE GPS TRACKING AND BAROMETRIC ALTIMETRY IN FIELD CONDITIONS

#Poster

T. Schaub^{1,2,3,4*}, A. Million^{1,5}, C. de Zutter², R. Buij⁶, J. Chadœuf⁵, S. Lee^{7,8}, A. Mionnet⁹ & R. Klaassen^{3,4}

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, Avignon Univ, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie, Aix-en-Provence, France

(2) ENGIE Lab CRIGEN, Stains, France

(3) Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), University of Groningen, Groningen, The Netherlands

(4) Dutch Montagu's Harrier Foundation, Zuidlaren, The Netherlands

(5) Groupe d'Etudes et Protection des Busards, Beurville, France

(6) Wageningen Environmental Research, Wageningen, The Netherlands

(7) Natural England, Exeter, UK

(8) Centre for Ecology and Conservation, University of Exeter, Exeter, UK

(9) LPO Champagne-Ardenne, Outines, France

*tonio.schaub@imbe.fr

In the context of rapid development of wind energy infrastructure, information on the flight height of birds is vital to assess their collision risk with wind turbines. GPS tags potentially represent a powerful tool to collect flight height data, yet GPS positions are associated with substantial vertical error [1]. Here, we assessed to what extent continuous-mode GPS tracking (GPS remaining turned on between fixes recorded with an interval of 2-3 s), or barometric altimetry using air pressure loggers integrated in GPS tags, improved the accuracy of height data compared to standard discrete-mode GPS tracking (GPS turned off between fixes; fix interval ≥ 5 min).

Using data from 10 GPS tag models from three manufacturers in a field setting (194 tags deployed on free-living raptors), we estimated vertical accuracy based on periods when the birds were stationary on the ground (true height above ground was zero), and the difference between GPS and barometric height in flight. In GPS height data, vertical accuracy was mainly driven by noise (little bias), while in barometric data, it was mostly affected by bias (little noise). In continuous mode, vertical accuracy in GPS data was improved compared to the discrete mode in each tag model (mean absolute error (AE) reduced by 72% on average; range of mean AE 2-7 vs. 7-30 m). In barometric data, vertical accuracy did not differ between high- and low-frequency modes, with a bias of -15 to -5 m and mean AE of 7-15 m in stationary positions. However, the bias was likely smaller in flight. Finally, simulations showed that the remaining vertical error in barometric and continuous-mode GPS data had little effect on flight height distributions and the proportion of positions within the collision risk height range, as opposed to the extensive noise found in discrete-mode GPS data in some tag models.

Barometric altimetry may provide more accurate height data than standard discrete-mode GPS tracking, but it involves the risk of a systematic error. Currently, continuous-mode GPS tracking provides highest vertical accuracy and may thus substantially advance the study of wind turbine collision risk in birds.

Remerciements

We would like to thank everyone involved in fieldwork, notably Jean-Luc Bourrioux, Pascal Albert, Jérôme Isambert, Arthur Keller, Christelle Scheid, Julien Rougé, Marine Felten, Lucas and Eric Graja, La Volerie des Aigles, Parc Animalier de Sainte-Croix, Werkgroep Roofvogels Noordoostpolder, Kjell Janssens, Almut Schlaich, Madeleine Postma, Ben Koks and Sylvia de Vries; Ramunas Zydalis (Ornitela) and Paweł Otulak (Milsar) for support with the GPS tags; Willem Bouten for support with the UvA-BiTS system and helpful discussions; Bart Nolet, Chris Thaxter, Simon Chamailié-Jammes, Agathe Leriche and Anne Prieur-Vernat for helpful comments; and Christophe Baehr and Bart van Stratum for help with weather data and barometric calculations. The UvA-BiTS infrastructure was facilitated by Infrastructures for EScience, developed with the support of the Netherlands eScience Centre (NLeSC) and LifeWatch, and conducted on the Dutch National E-Infrastructure with support from the SURF Foundation.

Références

[1] G Péron, JM Calabrese, O Duriez, CH Fleming, R García-Jiménez, A Johnston, SA Lambertucci, K Safi, ELC Shepard. *Anim Biotelemetry*. 8 (2020) 1–13.

EXOBEES : UNE BASE DE DONNEES EVOLUTIVE EN LIBRE ACCES DES ESPECES D'ABEILLES NON-EUSOCIALES INTRODUITES A L'ECHELLE GLOBALE

#Poster

M. Zakardjian^{1*}, C. Diagne², H. Jourdan³, B. Geslin¹

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

(2) CBGP, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, 755 avenue du campus Agropolis, 34988 Montferrier-sur-Lez, Cedex, France

(3) Aix Marseille Univ, Avignon Univ, CNRS, IRD, IMBE, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

*mariezakardjian@gmail.com

Les invasions biologiques sont l'une des principales causes du déclin de la biodiversité à l'échelle globale, et le nombre de nouvelles introductions d'espèces n'ira vraisemblablement pas en diminuant dans les années à venir [1, 2]. Les insectes, et notamment les abeilles, ne font pas exception à cette règle. Les abeilles bénéficient généralement d'une image positive auprès du grand public et des médias [3], ainsi leur introduction dans de nouveaux écosystèmes fait généralement peu de bruit. Pourtant, les espèces d'abeilles introduites peuvent avoir des impacts, neutres, positifs, mais également négatifs sur les écosystèmes natifs et les sociétés humaines [4, 5, 6]. Les espèces d'abeilles eusociales introduites (majoritairement *Apis* spp. et *Bombus* spp.) ont été largement étudiées, mais nous manquons de connaissances concernant les espèces non-eusociales, qui représentent pourtant la majorité des espèces d'abeilles introduites. Toutes les introductions d'espèces ne mènent pas à des phénomènes d'invasion. Néanmoins, au vu des effets potentiellement dévastateurs des espèces introduites envahissantes (e.g. réduction de la biodiversité native [7], pertes économiques massives [8]), il est crucial d'identifier toutes les espèces – nouvellement ou anciennement – introduites, de suivre avec attention leurs déplacements, et d'évaluer précisément leurs impacts. Ainsi, nous présentons ici ExoBees, une base de données évolutive et en libre accès compilant des données géographiques, temporelles et écologiques sur les espèces d'abeilles non-eusociales introduites dans le monde ainsi que leurs impacts connus. Grâce à un travail de revue de la littérature, ExoBees recense de manière exhaustive toutes les espèces d'abeilles mentionnées au moins une fois hors de leur aire de distribution native, ainsi que leurs traits, leur distribution et l'historique de leurs événements d'introduction. Les informations contenues dans cette base de données permettent de dresser une vision globale des abeilles introduites et de leurs mouvements. Ainsi, ExoBees fournit des données précieuses pour la communauté scientifique s'intéressant aux invasions biologiques, mais également pour les gestionnaires et décideurs. L'analyse des données contenues dans ExoBees peut aider, par exemple, à la prise de décisions en matière

de biosécurité [9], tant pour la détection et la surveillance des espèces que pour la gestion des populations établies.

Références

- [1] H. Seebens, T.M Blackburn, E.E. Dyer, P. Genovesi, P.E. Hulme, J.M. Jeschke, S. Pagad, P. Pyšek, M. Winter, M. Arianoutsou, S. Bacher, B. Blasius, G. Brundu, C. Capinha, L. Celesti-Grappo, W. Dawson, S. Dullinger, N. Fuentes, H. Jäger, J. Kartesz, M. Kenis, H. Kreft, I. Kühn, B. Lenzner, A. Liebhold, A. Mosena, D. Moser, M. Nishino, D. Pearman, J. Pergl, W. Rabitsch, J. Rojas-Sandoval, A. Roques, S. Rorke, S. Rossinelli, H.E. Roy, R. Scalera, S. Schindler, K. Štajerová, B. Tokarska-Guzik, M. Van Kleunen, K. Walker, P. Weigelt, T. Yamanaka, F. Essl, *Nature Communications*, 8 (2017) 14435.
- [2] A.J. Turbelin, C. Diagne, E.J. Hudgins, D. Moodley, M. Kourantidou, A. Novoa, P.J. Haubrock, C. Bernery, R.E. Gozlan, R.A. Francis, F. Courchamp, *Biological Invasions*, 24 (2022) 2061–2079.
- [3] D.M. Hall, D.J. Martins, *Current Opinion in Insect Science*, 38 (2020) 07-114.
- [4] D. Goulson, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34 (2003) 1.
- [5] L. Russo, *Insects*, 7 (2016) 69.
- [6] M. Zakardjian, H. Jourdan, V. LeFéon, B. Geslin, in *Promoting pollination and pollinators in farming*, P. Kevan, D.S. Willis Chan (Eds.), Cambridge, Burleigh Dodds Science Publishing Limited, 2022..
- [7] M.A. Aizen, C. Smith-Ramírez, C.L. Morales, L. Vieli, A. Sáez, R.M. Barahona-Segovia, M.P. Arbetman, J. Montalva, L.A. Garibaldi, D.W. Inouye, L.D. Harder, *Journal of Applied Ecology*, 56 (2019) 100– 106.
- [8] C. Diagne, B. Leroy, A. Vaissière, R.E. Gozlan, D. Roiz, I. Jarić, J. Salles, C.J.A. Bradshaw, F. Courchamp, *Nature*, 592 (2021) 571–576.
- [9] P.E. Hulme, in *Fifty Years of Invasion Ecology*, D.M. Richardson (Eds.), Oxford, Wiley, 2010.

C. Lashermes ^{1*}, C. Curt ¹, C. Baudrit ², F. Taillandier ¹, C. Fernandez ²

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

(2) Université de Bordeaux, INRAE, I2M, Talence, France

*colin.lashermes@inrae.fr

En France, le transport représente 31% des émissions de gaz à effet de serre (GES) et à elle seule, la mobilité urbaine génère plus de 40% de l'ensemble des émissions de CO₂ du transport routier en Europe [1]. La transition environnementale doit donc passer par une réflexion sur la mobilité, et notamment urbaine. Intégrer les différents acteurs dans le processus peut permettre d'améliorer la compréhension globale du système et de forger une compréhension commune de ce système [2]. De nombreux travaux ont ainsi mis en lumière la nécessité d'associer l'ensemble des acteurs, y compris les habitants, aux décisions liées à la mobilité urbaine [3]. Les jeux sérieux peuvent contribuer à cet enjeu en améliorant les connaissances sur la mobilité urbaine des différents acteurs, à commencer par les moins experts, et en favorisant le partage des idées entre les parties prenantes [4,5]. Ils peuvent créer des expériences amusantes et engageantes qui augmentent l'interaction entre les participants notamment lors d'une démarche de prospective [6]. Ce poster présente un jeu de plateau sérieux, appelé Mobi-Switch, qui simule ce que pourraient être les évolutions de la mobilité. L'objectif du jeu est de sensibiliser les participants à quatre messages concernant la mobilité urbaine et ses défis :

- 1) le caractère non-durable d'une mobilité basée principalement sur la voiture individuelle ;
- 2) la complexité de changer directement le comportement des citoyens en matière de mobilité ;
- 3) les liens entre infrastructures et modalité associées ;
- 4) la variété des évolutions possibles.

Dans Mobi-Switch, les joueurs incarnent des élus qui souhaitent améliorer la durabilité de la mobilité sur leur territoire. En plus de cet objectif collectif de durabilité de la mobilité, chaque joueur se voit attribuer un objectif

personnel. À chaque tour (6 au total, correspondant aux 6 ans d'un mandat municipal), chaque joueur choisit un projet parmi les cartes qu'il a en main et tente de convaincre les autres d'adhérer à son projet. Chaque projet a un impact sur des indicateurs (métriques capables d'évaluer la mobilité urbaine) présentés sur le plateau de jeu. Il appartient aux joueurs de faire les bons choix pour orienter la mobilité vers plus de durabilité, tout en essayant d'atteindre leur objectif personnel. Le jeu est donc un jeu de société semi-coopératif qui représente l'évolution de la mobilité urbaine et la complexité de ce système. Un dispositif d'évaluation du jeu a été élaboré afin d'évaluer l'atteinte des objectifs d'apprentissage et ainsi de valider l'approche. Une vingtaine d'ateliers ont d'ores et déjà été réalisés sur les métropoles d'Aix-Marseille et de Toulouse.

Références

- [1] Communication on The European Green Deal [WWW Document], n.d. URL: https://commission.europa.eu/publications/communication-european-green-deal_en
- [2] M. Hare, *Environmental Policy and Governance*, 21 (2011).
- [3] C. Booth, T. Richardson, *Transport Policy*, 8, (2001).
- [4] F. Bellotti, B. Riccardo, G. De Alessandro, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 5, (2010).
- [5] D. Pajarito, M. Gould, G. De Alessandro, Joint International Conference on Serious Games, Valencia, Spain, 2017.
- [6] A. Opromolla, A. Ingrosso, V. Volpi, C-M. Medaglia, M. Palatucci, M. Pazzola, International Conference on Games and learning Alliance, Bucharest, Romania, 2014.

MODELLING THE INFLUENCE OF REGIONAL LANDSCAPE DRIVERS ON SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF WILDFIRE ACTIVITY

#Poster

J. Castel-Clavera ^{1*}, F. Pimont ¹, T. Opitz ², J. Ruffault ¹, J. Dupuy ¹

(1) URFM, INRAE Provence – Alpes - Côte d’Azur, Avignon, France.

(2) BioSP, INRAE Provence – Alpes - Côte d’Azur, Avignon, France.

* jorge.castel-clavera@inrae.fr

Identifying the drivers of fire activity’s spatio-temporal variability is challenging in densely populated and fire prone landscapes. Fire regimes in Mediterranean France show contrasted spatial patterns and temporal changes at decadal scales, the climatic and land characteristics of the region shape the spatial patterns of fire activity: highest burnt area in fire-prone populated areas, with high exposure of human settlements to fire; and in hinterland and inland mountains lower summer fire activity, despite local “hot-spots”. Mediterranean climate creates fire-prone fuel moisture conditions and regional winds often trigger large fire events [5]. The identification of wildfire drivers is further complicated due to the stochastic nature of fire activity.

While overall, the number of fires in Mediterranean France decreased over the last thirty years, certain zones suffered local increases in fire activity. Fire-weather largely drives seasonal and interannual variations in fire activity in the region [4], and it has increased in the last decades, suggesting a rise of potential fire risk [2,3], yet the translation of this potential to realized fire risk remains unknown.

To describe and understand the drivers of those changes and their spatial variability, we introduced several improvements in the *Firelihood* model - a probabilistic framework capable of predicting fire occurrence of >1ha fires, and exceedance probabilities of 10 and 100ha thresholds [4] - by incorporating Land-Use Land-Cover (LULC) explanatory variables, as well as by enhancing its spatio-temporal components to account for unexplained variability in models. The novel model - fitted on a 2km-pixel grid, but relying on variables aggregated at various spatial aggregations (2, 4, 8 and 16km) - is used to explain the observed spatial patterns of fire activity during the last 27 years, as well as the regional and local changes observed between two decades with contrasted fire activities by running counterfactual scenarios.

LULC variables, including road density, wildland-urban interface, or expert-based fuel type rating explain a significant part (as much as fire-weather) of the variability in fire occurrence (>1ha), thereby reducing the effect of unexplained spatial variability. The selected occurrence model uses only 2km-resolution variables, as local factors have a high influence on fire ignition and initial spread. The occurrence of larger fire (>10ha or >100ha) is largely driven by fire-weather, followed by unexplained spatial variability; selected models for larger fires uses a few LULC variables aggregated at 4, 8 and/or 16km. This indicates the influence of surrounding factors on fire size extension. The spatial effect for fire occurrence presents

contrasted hot and cold-spots throughout the area, while it has a clear east to west decreasing trend for fire size.

Regarding temporal changes in fire activity between the two decades, changes in fire-weather induced a strong increase in fire probability in many hot spots throughout the region, but this effect was overcompensated by a negative trend associated with unexplained temporal factors (and of larger magnitude than fire-weather). LULC variables had negligible effect on the fire regime’s temporal trends. Moreover, an east-to-west gradient appears for the spatial trends of the larger fires, and for the temporal trends in all sizes, highlighting the increase in fire activity in the western side of the region. Those results suggest that observed temporal changes in fire activity are the result of a changing socio-economic or policy frame, probably related to reinforced suppression policies following the year 2003, and the increasing agricultural abandonment.

Acknowledgements

We would like to thank Marion Touthkov for her valuable feedback on the paper and Benoit Reymond for the data availability. Both of them belong to the Fire Agency at French Forest Service (Agence DFCI, ONF).

References

- [1] R. Barbero, T. Curt, A. Ganteaume, E. Maillé, M. Jappiot, A. Bellet. Simulating the effects of weather and climate on large wildfires in France, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19 (2019) 441–454.
- [2] R. Barbero, J.T. Abatzoglou, F. Pimont, J. Ruffault, T. Curt. Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France. *Frontiers in Earth Science*, 8 (2020) 1-11
- [3] T. Fréjaville, T. Curt. Spatiotemporal patterns of changes in fire regime and climate: defining the pyroclimates of south-eastern France (Mediterranean Basin). *Climatic Change*, 129 (2015) 239–251.
- [4] F. Pimont, H. Fargeon, T. Opitz, J. Ruffault, R. Barbero, n. Martin-StPaul, E. Rigolot, M. Rivière, J.L. Dupuy. Prediction of regional wildfire activity in the probabilistic Bayesian framework of Firelihood. *Ecological Applications*, 31 (2021) 1–24
- [5] J. Ruffault, V. Moron, R.M. Trigo, T. Curt. Daily synoptic conditions associated with large fire occurrence in Mediterranean France: evidence for a wind-driven fire regime. *International Journal of Climatology*, 37 (2017) 524–533.

■ IRSN

MODELISATION DES DEPOTS SECS DE CHLORE 36 SUR UNE PRAIRIE

#Poster

D. Sourabie^{1,2*}, D. Maro², D. Hebert², V. Guillou¹, E. Vitorge³, B. Lourino Cabana⁴, Equipe ASTER¹, L. Benedetti¹

1) Aix Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

2) Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg, IRSN/PSE-ENV/SRTE, 50100 Cherbourg-en-cotentin, France

3) EDF – DPNT – DIPDE - DEE - Service Environnement, Villeurbanne, 69100, France

4) EDF R&D LNHE - Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, Chatou, 78401, France

*deo-gratias-kily.sourabie@irsn.fr

Le chlore 36 (³⁶Cl, demi-vie = 301000 ans) est un polluant radioactif d'origine naturelle et artificielle susceptible d'être rejeté lors des opérations de démantèlement de centrales nucléaires ou chroniquement lors du recyclage des déchets nucléaires. Une fois émis dans l'atmosphère, le ³⁶Cl (gaz et particules) peut être transféré vers le sol par des dépôts secs et humides. Cependant, les connaissances sur ces dépôts sont très parcellaires [1]. Or, du fait de sa mobilité relativement élevée dans la géosphère et de sa biodisponibilité importante, le chlore 36 est un radionucléide dont l'étude du devenir dans l'environnement constitue un enjeu pour les études d'impacts [2].

Le but de cette étude était donc de développer des modèles de dépôt sec pour la fraction gazeuse et la fraction particulaire du chlore 36. Le modèle utilisé pour la paramétrisation du dépôt sec du chlore 36 gazeux sur l'herbe est le modèle Big-leaf reposant sur l'analogie électrique. Il a été adapté du modèle Bah (2020) développé pour l'iode [3]. Quant au chlore 36 particulaire, le modèle (Damay-Pellerin) a été utilisé [4,5]. Ce modèle nécessitant de connaître le diamètre du chlore 36 particulaire, un prélèvement ponctuel d'aérosol a été effectué dans le panache chlore 36 pour déterminer sa classe granulométrique. Le prélèvement a été réalisé sur un impacteur basse pression (LPI, DEKATI) de 13 niveaux pour des particules aux diamètres compris entre 30 nm et 20µm.

Afin d'obtenir les données d'entrée des modèles, les paramètres météorologiques et micrométéorologiques ont été mesurés en continu sur le site de la plateforme technique et instrumentale IRSN La-Hague (PTILH). La PTILH est situé à 2 Km au nord de l'usine Orano La-Hague qui émet de faibles quantités de chlore 36. 14 campagnes expérimentales étalées sur 6 mois ont permis de déterminer des vitesses de dépôt expérimentales du chlore 36 sur l'herbe. Les mesures du ³⁶Cl dans les échantillons ont été réalisées par spectrométrie de masse par accélération au CEREGE (AMS-ASTER).

Les vitesses de dépôts sec expérimentales du ³⁶Cl variaient selon la saison et étaient comprises entre 1.10^{-3} et 5.10^{-2}

m.s⁻¹. Les vitesses de dépôt sec calculées par le modèle montrent moins d'un ordre de grandeur par rapport à celles obtenues expérimentalement ($R^2 = 0,7$). Ces dernières étaient comprises entre $3,4.10^{-4}$ et $4,8.10^{-3}$ m.s⁻¹ pour la fraction gazeuse et entre $5,9.10^{-5}$ et $8,82.10^{-4}$ m.s⁻¹ pour la fraction particulaire.

Le chlore étant un élément très répandu à la surface du globe et essentiel pour les organismes vivants, les vitesses de dépôt sec du ³⁶Cl ainsi obtenues serviront à une meilleure compréhension des mécanismes de transfert vers les plantes. Plus globalement, elles serviront à l'amélioration de la caractérisation des transferts des radionucléides dans l'environnement et vers l'Homme. Elles permettront également une meilleure évaluation des études d'impact en cas de démantèlement ou d'accident de centrales nucléaires pour une meilleure prise en compte de l'impact dosimétrique et une réduction des incertitudes associées.

Remerciements

Nous tenons à remercier les membres de l'équipe du laboratoire de radioécologie de Cherbourg pour leur investissement dans la réalisation des campagnes expérimentales.

Références

- [1] Le-Dizes. S, Gonze. M, J Environ Radioact, 196 (2019) p82-90
- [2] Pupier. J, Benedetti. L, Bouchez. C, Bourles. D, Leclerc. E, Thiry. T, Guillou. V, ASTER Team, Quaternary Geochronology 35 (2016) p26-35.
- [3] Pellerin. G, Maro. D, Damay. P, Gehin. E, Connan. O, Laguionie. P, Hébert. D, Solier. L, Boulaud. D, Lamaud. E, Charrier. X, J. Aerosol Sci, 114 (2017) p107-117.
- [4] Damay. P.E, Maro. D, Coppalle. A, Lamaud. E, Connan. O, Héber. D, Talbaut. M, Irvine. M, J. Aerosol Sci, 40 (2009) p1050-1058.
- [5] Telly Bah. O, Hebert. D, Connan. O, Solier. L, Laguionie. P, Bourlès. D, Maro. D, J. Environ. Radioact. 219, (2020).

M. Dijoux^{1,2*}, A. Piram¹, S. Augy², A. Austruy³, J. Dron³, P. Chamaret³, S. Gori², P. 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. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a défini des objectifs pour atteindre le bon état écologique et chimique des masses d'eaux. Un composé perfluoré, l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS), ses sels et le fluorure de perfluorooctane sulfonyl ont été identifiés comme substances prioritaires. Le récent emballement médiatique français (Pierre-Bénite) sur les composés poly- et perfluorés (PFAS), qui fait suite aux pollutions constatées par le PFOS aux USA et en Belgique notamment, démontre l'importance des enjeux sur la santé de l'homme et de l'environnement liés à ces composés. En réalité, cela fait plus de 20 ans que les grands groupes occidentaux ont cessé de produire du PFOS, remplacé par d'autres composés perfluorés toujours produits en Europe aujourd'hui. Mais avoir arrêté la production est loin de clore le dossier, car cette famille moléculaire, finalement peu connue et qui compte plusieurs milliers de composés, est l'une des plus persistantes jamais créée. En effet, les liaisons carbone-fluor très stables rendent les PFAS très peu sensibles à l'action de phénomènes physiques ou biologiques naturels de dégradation, d'où leur surnom imagé de « polluants éternels » [1].

En raison de propriétés industriellement exceptionnelles (antiadhésives, imperméabilisantes, tensioactives) [1], les PFAS ont été utilisés depuis les années 1950 dans de nombreuses applications industrielles (textile, emballage alimentaire, mousse anti-incendie [2], etc.). Les PFAS sont donc rejetés dans l'environnement de façon directe (émissions industrielles) et/ou indirecte (utilisation et détérioration de produits contenant des PFAS), entraînant une contamination de l'homme et de l'environnement (eau, air, sols, sédiment, flore) [3]. En raison de leur forte production et utilisation, de leur mobilité, de leur caractère bioaccumulable ainsi que de leur extrême stabilité, le niveau de présence des PFAS chez l'homme et dans l'environnement est ainsi alarmant [4]. Ceci les rend d'autant plus préoccupants que les seuils de toxicité ont été établis à des niveaux particulièrement bas, de l'ordre du ng/L, du fait de leurs effets cancérigènes, hépatotoxiques, immunotoxiques, et perturbateurs endocriniens [5].

A ce jour, seuls certains PFAS comme le PFOS sont réglementés (Convention de Stockholm). Par ailleurs, en janvier 2023, le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a publié un plan d'action sur les PFAS afin de mieux les connaître dans

l'environnement et de réduire leurs émissions [6]. De plus, un projet d'arrêté ministériel est en cours afin de répertorier les installations industrielles susceptibles de rejeter des PFAS, dans le but de mettre en place des contrôles de mesure de PFAS dans les effluents.

Face au manque de données au niveau français, ce projet de thèse veut apporter des connaissances sur les niveaux de contamination de la zone très anthropisée de Fos-Berre en réalisant un état des lieux de la nappe phréatique de La Crau et des eaux potables de Fos-Berre. Les travaux développés au cours de ce doctorat s'attacheront également à étudier les transferts aériens via l'analyse des lichens issus du réseau d'observation de l'Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions (IECP). Des méthodes analytiques (échantillonnage passif, extraction, purification et chromatographie liquide couplée à spectrométrie de masse haute résolution) seront développées et validées afin de pouvoir identifier et doser les PFAS avec des seuils de détection de l'ordre de quelques ng/L, tout en s'affranchissant des problèmes de contamination lors de l'échantillonnage et au laboratoire. Après avoir inventorié les possibles sources de rejet conformément à l'arrêté ministériel mentionné ci-dessus, des campagnes de prélèvement seront réalisées afin de produire une cartographie des niveaux de contamination par les PFAS réglementés dans la zone de Fos-Berre. Les connaissances acquises sur la contamination au niveau local permettront à la société ABO-ERG Environnement, dans le cadre de la thèse CIFRE, d'anticiper l'évolution de la réglementation. Des analyses non-ciblées permettront dans un 2^{ème} temps de détecter de nouvelles molécules non réglementées dans la zone étudiée.

Références

- [1] 3M, *The Science of Organic fluorochemistry*, 1999
- [2] R. H. Anderson, G. C. Long, R. C. Porter, J. K. Anderson. *Chemosphere*, vol. 150 (2016) 678-685.
- [3] K. Prevedouros, I. T. Cousins, R. C. Buck, et S. H. Korzeniowski, *Environmental Science & Technology*, vol. 40, no 1 (2006) 32-44.
- [4] A. Oleko, A. Balicco, M-L. Bidondo, C. Fillol Imprégnation de la population française par les composés perfluorés: Programme national de biosurveillance, *Esteban 2014-2016* (2019)
- [5] S. E. Fenton, A. Ducatman, A. Boobis, *Environmental Toxicology and Chemistry*, M. S. Johnson, R. C. Buck, I. T. Cousins, *Setac*, vol. 40, no 3 (2021) 606-630
- [6] Plan d'action ministériel sur les PFAS, 22261 *DICOM MTECT*, 2

REGULATED PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND EMERGING FLAME RETARDANTS IN SUSPENDED MATTER FROM THE EASTERN FRENCH MEDITERRANEAN COASTLINE

#Poster

C. Rigal^{1*}, L. Asia¹, S. Lebariller¹, P. Doumenq¹, P. Mirleau², L. Malleret¹

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

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, IMBE, ITEM, ECCOREV, Station Marine d'Endoume OSU institut Pytheas, 13 007 Marseille, France

*camille.rigal@univ-amu.fr

Social evolution and technological development led to global change, one of the consequences of which is the use of many pollutants that represent a threat to environmental and human health. As final receptacle, aquatic ecosystems are especially burdened by emission and discharge of xenobiotic contaminants, especially in densely populated and industrialized areas, such as Marseille, being the second biggest city in France and housing harbor, industrial, recreational and domestic activities along the coastline.

International regulatory frameworks were introduced in the 2000s in order to limit pollutants release, thus preserving natural resources. In Europe, the Stockholm Convention (2001) classified several contaminants as persistent organic pollutants (POPs), while the European Water Framework Directive listed forty-one compounds or group of molecules as priority substances [1]. These molecules were regulated because they are known to be bioaccumulative and to present toxic activities, such as endocrine disrupting or genotoxic/carcinogenic effects [2]. Moreover, some of them are hardly degradable and remain in the environment for many years despite their bans or limitations. Another environmental issue is the ever-increasing number of emerging chemicals produced to replace the regulated compounds, with unknown environmental impacts and fate. This is in particular the case of brominated, and chlorinated plasticizers and flame retardants [3].

The goal of this study was to assess the impact induced by both regulations and market entry of new chemicals on the quality state of the Mediterranean coastline, with emphasis on brominated flame retardants. First, a bibliographical study aimed at selecting the most relevant emerging brominated flame retardants to look for

in Europe. Then, 23 of the selected molecules were analysed in suspended matter samples, all along with Chlorinated Paraffins and regulated substances, i.e. 16 Poly Aromatic Hydrocarbons, 7 Poly Chloro Biphenyls, 8 Poly Bromo Diphenyl Ethers. The environmental samples came from ten coastal stations including, from West to East, the industrial/port area of Fos, the Blue Coast, Marseille harbor and creeks. Patterns and levels of contamination were compared between the 10 stations. To our knowledge, this is the first screening of these emerging flame retardants on the French Mediterranean coast.

Acknowledgements

This work received support from the French government under the France 2030 investment plan, as part of the Initiative d'Excellence d'Aix-Marseille Université - A*MIDEX (AMX-19-IET-012). It was also funded by the LabEx DRIIHM, French Programme "Investissements d'Avenir" (ANR-11-LABX-0010) which is managed by the French ANR, under the CNRS Observatory of the Mediterranean coast and the Rhône river (Observatoires Homme Milieu Littoral Méditerranéen and Vallée du Rhône).

References

- [1] Directive 2013/39/EU. JOUE n°L 226 du 24 août 2013.
- [2] M. Iqbal, J. H. Syed, A. Katsoyiannis, R. N. Malik, A. Farooqi, A. Butt, J. Li, G. Zhang, A. Cincinelli, K. C. Jones, *Environmental Research*, 26 (2017) 152.
- [3] Å. Bergman, A. Rydén, R.J. Law, J. de Boer, A. Covaci, M. Alaei, L. Birnbaum, M. Petreas, M. Rose, S. Sakai, N. Van den Eede, I. Van der Veen, *Environment International*, 57 (2012) 49.

▪ LPED

ARE SPONTANEOUS MEDITERRANEAN SHRUBS EFFICIENT AS VEGETATIVE BARRIER TO TRAP METAL AND METALLOID CONTAMINATED PARTICLES IN INDUSTRIAL BROWNFIELDS?

#Poster

L. Calmon^{1,2*}, P. Prudent², L. Vassalo², Y. Labrousse¹, L. March¹, M.O. Khiat³, I. Laffont-Schwob¹

(1) Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

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

(3) Ginkgo, Place de Pont Rouge 1, Grand-Lancy, Genève, Suisse

*lucie.calmon@etu.univ-amu.fr

Metal and metalloid (MM) pollution is one of the major current threats on ecosystem biodiversity and functionality. Even diffuse MM pollution can have adverse effects on ecosystems sustainability, plant communities and surrounding human populations. Without rehabilitation, former smelter brownfields can still contribute to contamination dispersal mainly due to wind [1] and hydric erosion of polluted particles. Indeed, a major issue is to prevent MM transfer waiting for the implementation of a rehabilitation program. Amongst nature-based-solutions, the use of vegetative barriers has shown efficiency to trap particles along highways [2] and agricultural settings [3]. In the present study, the accuracy of this type of phyto-management was evaluated around an industrial wasteland in the southern coast of Marseille. This brownfield hosted a lead smelter from 1873 to 1884 then a tartaric acid production activity was conducted (1887-2009) [4]. Since the site is located inside the city and border the first national peri-urban protected park in France, the issues are both sanitary (residents) and ecological (conservation). The present study focused on a spontaneous vegetative barrier bordering the brownfield. MM soil and leaf contamination was analyzed to evaluate deposition and transfers of MM from soil to plant.

The main results revealed lead (Pb), arsenic (As), antimony (Sb), copper (Cu) and zinc (Zn) soil concentrations along the vegetative barrier above the local background values. To evaluate a potential ecotoxicity, pollution load indexes were calculated. Values higher than 1 were obtained revealing a pollution issue. However, in the various plant species of the vegetative barrier, MM concentrations in leaves remained low with a reduced

translocation rate. A particle deposit on leaves was observed with mainly Pb and Sb contamination which indicates a current wind erosion probably coming from MM contaminated bare soil particles near the vegetative barrier. The ability of leaves of the various shrubs to trap those particles has been demonstrated. Some leaf traits were identified as favorable to MM deposition. Those results are promising to reduce MM distribution in the environment nearby not already rehabilitated brownfields.

Remerciements

Many thanks to Andrey Vauloup for her help during the collection campaign, to Carine Demelas, Victor Lorenzini, Amélie Marrot for their help in the laboratory, and to Lorène Tosini and Nicolas Montes for leaf study techniques. The GREENBARRIER project including the PhD is funded by Ginkgo.

Références

- [1] X. Luo, H. Bing, Z. Luo, Y. Wang, & L. Jin, *Environmental Pollution*, 255 (2019) 113138.
- [2] R.J. Leonard, C. McArthur, & D.F. Hochuli, *Urban Forestry & Urban Greening*, 20 (2016) 249–253.
- [3] A. Tiwary, A. Reff, & J.J. Colls, *Journal of Aerosol Science*, 39(1) (2008) 40–47.
- [4] *Les calanques industrielles de Marseille et leurs pollutions-Une histoire au présent*. X. Daumalin, I. Laffont-Schwob, C. Barthélemy, M. Desrousseaux, A. Heckenroth, V. Masotti, P. Prudent, B. Oursel, P. Monsara, S. Kronenberger, J. Rabier, O. Raveux, Ref2C, 2016.

▪ M2P2

LE ROUGE À LEVRES SE MET AU VERT !

#Poster

L. Guillouzo^{1*}, A. Mouahid¹, Y. Masmoudi¹, E. Badens¹

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

*laura@lerougefrancais.com

Dans la continuité d'une démarche écologique, le domaine de la cosmétique tend à utiliser des matières colorantes issues de ressources renouvelables comme les plantes tinctoriales. En 2019, la société Le Rouge Français est créée pour proposer sur le marché du maquillage des produits colorés à base de pigments végétaux, inspirés des rituels ancestraux et de la teinture textile [1]. Les procédés conventionnels d'extraction des pigments naturels étant longs et coûteux, un projet d'étude a été monté entre Le Rouge Français et le laboratoire M2P2 d'Aix-Marseille Université, pour appliquer les procédés eco-responsables d'extraction au CO₂ supercritique (sc-CO₂) comme alternative. En effet, les procédés industriels actuels extraient les matières colorantes par macération avec des durées d'extraction allant de 12 heures à plusieurs jours. La garance des teinturiers - *Rubia tinctorum* - étant la plante tinctoriale emblématique du Rouge Français, cette présente étude commence par l'extraction de colorants à partir de cette biomasse. L'objectif de la thèse est de développer un procédé intégré couplant l'extraction des molécules colorantes caractéristiques de cette plante, les anthraquinones, notamment l'alizarine et la purpurine, et leur mise en forme. Une extraction par Soxhlet a également été réalisée pour déterminer la composition de la biomasse en composés d'intérêt puis comparer l'efficacité d'extraction de ces composés par CO₂ supercritique.

L'étude a été réalisée sur des racines de garance séchées, broyées et tamisées pour obtenir une granulométrie homogène. L'extraction Soxhlet a été réalisée avec du n-hexane sur une durée de 8 heures. Pour l'extraction au CO₂ supercritique, l'influence de la pression et de la température a été étudiée à un débit de sc-CO₂ constant de 0,14 kg/h. Dans l'objectif d'une nouvelle mise à l'échelle du procédé, des courbes des cinétiques d'extraction du sc-CO₂ ont été établies puis modélisées avec le modèle de Sovová [2]. Les analyses des extraits ont été réalisées par HPLC.

La solubilité apparente des extraits augmente avec la température, l'extraction s'effectuant bien en dehors de la zone de rétro-solubilité aux pressions d'étude. La température et la pression affectent le rendement d'extraction et, dans nos conditions expérimentales, les rendements maximaux sont atteints après 3,5 heures d'extraction. Les rendements peuvent être supérieurs à 8 % avec l'extraction sc-CO₂. Un écart relatif moyen absolu inférieur à 5 % indique que l'extraction de type A du modèle mathématique de Sovová est un bon modèle pour décrire les courbes d'extraction des racines de garance.

L'extraction au CO₂ supercritique est efficace et plus rapide que l'extraction à l'hexane ou la macération aqueuse. Les analyses des extraits sont en cours afin de déterminer leurs compositions et l'influence des conditions d'extraction sur celles-ci, afin d'obtenir un extrait riche en anthraquinones. Les futurs travaux porteront sur la stabilisation de l'extrait à l'aide d'un procédé de mise en forme sc-CO₂ dans le but ultime de développer un procédé intégré à l'échelle industrielle.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la S.A.S Le Rouge Français pour avoir rendu ce travail possible. Ce travail a été soutenu financièrement par la S.A.S Le Rouge Français et l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT).

Références

- [1] *Le monde des teintures naturelles*. D. Cardon, Belin, 2014.
- [2] H. Sovová, *The Journal of Supercritical Fluids*, 66 (2012) 73.

S. Ragueneau ^{1,2*}, A. Lange ², L. Torres ², P. Moulin ¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, UMR 7340, Equipe Procédés Membranaires (EPM), Europôle de l'Arbois, BP80, Pavillon Laennec, Hall C, 13545 Aix en Provence Cedex, France

(2) INNOVALG, Polder des Champs, 85230 Bouin, France

* stacy.ragueneau@etu.univ-amu.fr

Les microalgues sont des micro-organismes photosynthétiques qui constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire en milieu aquatique et qui se développent généralement à partir de CO₂ et d'énergie lumineuse. Grâce à leur contenu cellulaire et les composés bioactifs qu'elles renferment, les microalgues offrent des solutions en réponse aux enjeux actuels de transition environnementale, alimentaire et énergétique. Ainsi, elles peuvent être utilisées pour diverses applications : alimentation, cosmétique, pharmaceutique, biomatériaux ou encore énergie. Aujourd'hui, une vingtaine d'espèces sont cultivées à des fins commerciales et seul 2 microalgues et 1 cyanobactérie sont certifiées pour une utilisation alimentaire en France [1] : *Spirulina sp.* depuis 1981, *Odontella aurita* depuis 2002 et *Chlorella sp.* depuis 2004). Dans le cadre de la production et de la concentration de produits à haute valeur ajoutée pour ces différents domaines industriels, l'objectif de la thèse est d'optimiser la récolte des microalgues via des procédés membranaires par (i) la sécurisation de l'eau de culture et (ii) le remplacement de composés chimiques utilisés lors des phases de concentration.

Les essais sont réalisés dans l'entreprise Innovalg (Vendée, France), qui cultive plusieurs espèces de microalgues à destination des secteurs de l'alimentaire ou de la cosmétique. Deux espèces de diatomées historiquement cultivées dans l'entreprise sont utilisées pour cette étude. La première partie de l'étude a pour objectif d'étudier les performances du procédé d'ultrafiltration pour le traitement de l'eau de mer en entrée de l'unité de production. Ces essais sont réalisés à l'aide d'un pilote d'ultrafiltration équipé de membranes organiques en polyéthersulfone pouvant traiter 15 m³.h⁻¹ d'eau de mer. La mise en place de cette technologie a pour but de protéger les cultures de microalgues vis-à-vis de menaces biologiques de type pathogènes, prédateurs ou encore contamination par d'autres espèces de microalgues [2,3] tout en développant un procédé plus respectueux de l'environnement via la diminution de l'utilisation de produits chimiques. Dans le cadre de cette étude, l'influence de l'eau de mer ultrafiltrée sur la croissance des cultures de microalgues est testée sur l'ensemble de la

chaîne de production, des souches de laboratoire jusqu'au raceway extérieur (bassin de 400 m³). La seconde partie de l'étude vise à optimiser le procédé de récolte des microalgues en améliorant la concentration de la biomasse avant l'étape de centrifugation et en limitant l'usage de réactifs chimiques flocculants. Pour cela, un pilote de microfiltration équipé de membranes céramiques en carbure de silicium a été utilisé. Les variables de l'étude sont les paramètres de flux de perméat et de rétrolavages (nature, intervalle et durée), variables qui évoluent en fonction des résultats et des réponses des membranes au colmatage des différentes microalgues. Les paramètres opératoires de filtration sont étudiés pour optimiser les facteurs de concentration et les débits de circulation tout en limitant le colmatage des membranes. En parallèle et dans l'optique d'économiser l'eau et l'énergie, le milieu de culture filtré sera réutilisé pour relancer des cultures de microalgues afin de recycler le surplus de nutriments présent et d'étudier sa cinétique de consommation par un nouvel inoculum algal.

Remerciements

Ce projet est financé par l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT) dans le cadre du dispositif de Conception Industrielles de Formation par la Recherche (CIFRE).

Références

- [1] *Macroalgues et microalgues alimentaires – Statuts réglementaire en France et en Europe*, Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 2019
- [2] C. Cordier, K. Guyomard, C. Stavrakakis, P. Sauvade, F. Coelho, P. Moulin, *SciMedicine Journal*, 2.2 (2020), 56-62.
- [3] T. Eljaddi, S. Ragueneau, C. Cordier, A. Lange, M. Rabiller, C. Stavrakakis, P. Moulin, *Aquacultural Engineering*, 95 (2021), 102204.

Fiona Rigal ^{1*}, Jean-Henry Ferrasse ¹, Olivier Boutin ¹

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

*fiona.rigal@univ-amu.fr

La recherche de solutions alternatives aux ressources fossiles est devenue un enjeu majeur ces dernières années. Plusieurs travaux de recherches existants ont traité différents types de biomasses afin de produire des biocarburants ou des molécules d'intérêt.

Les biomasses algales sont aujourd'hui valorisées en produits pour l'alimentation et la nutraceutique ainsi que par extraction de composés ciblés tels que les lipides ou les pigments, présents en faibles quantités [1]. Cette ressource, dite de troisième génération, suscite un intérêt grandissant pour plusieurs raisons : les algues peuvent croître dans des milieux riches en CO₂ avec des taux de croissance importants et une consommation d'eau plus faible et ne représentent pas une concurrence directe ou indirecte avec les cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale [2].

Parmi les procédés de valorisation existants, la liquéfaction hydrothermale (LHT) (150–300 °C ; 5–30 MPa) est étudiée pour la conversion de biomasse en biocarburants et molécules d'intérêt. La LHT est pertinente pour son utilisation sur des biomasses algales car elle évite une étape de séchage coûteuse. Néanmoins, ce procédé présente un verrou scientifique à son développement par son manque de sélectivité et la multitude de produits générés [3] entraînant un surcoût pour la séparation en aval. Des travaux portant sur la compréhension des voies de réaction de LHT d'algues et de composés modèles permettent d'identifier les types de molécules pouvant être obtenues par LHT et donc d'éventuelles molécules d'intérêt [3]. De façon simplifiée, la biomasse algale est composée de lipides, protéines et carbohydrates dont le traitement par LHT va générer plusieurs types de molécules : hydrocarbures, amides, acides organiques, composés azotés cycliques, cétones, alcools, composés furfurals.

Une voie d'étude envisageable est la LHT en oxydation partielle de biomasse algale pour l'obtention de molécules d'intérêt. L'objectif de ce travail est d'orienter les voies de réaction en jouant sur la quantité d'oxygène introduite. Les travaux portent sur une microalgue du genre *Chlorella* et sur des composés modèles de protéines (acides aminés), lipides (acides gras) et carbohydrates (glucose).

Concernant l'oxydation partielle, des résultats

expérimentaux précédents ont montré que la teneur en oxygène pouvait faire varier la nature des produits de réaction [4], [5]. D'autre part, une autre étude théorique [6] a montré que l'apport d'O₂ exogène avait plusieurs intérêts. En oxydant une partie du carbone en O₂, il permet d'orienter le rapport moléculaire C/H des produits et de modifier l'enthalpie libre des réactions directes dans le sens des produits. De plus, l'apport d'O₂ génère une exothermicité du milieu augmentant ainsi l'efficacité énergétique.

Des travaux d'oxydation partielle ont été menés sur de la lignine et des dérivés de lignine [7] ainsi que sur des liqueurs noires [8] et ont montré une sélectivité intéressante pour la conversion en acides carboxyliques dont les acides lactique, formique et acétique. A ce jour, aucune étude n'a porté sur l'oxydation partielle de biomasse algale.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ED 251 pour l'attribution d'une bourse de doctorat ministériel sur ce sujet.

Références

- [1] AC Houdan et al. Evaluation du gisement de ressources algales pour l'énergie et la chimie en France à l'horizon 2030. Rapport ADEME. 2014
- [2] P. Halder, A. K. Azad, in *Advanced Biofuels*, UK, Woodhead Publishing, 2019, 167-179.
- [3] C. Gai, Y. Zhang, W.-T. Chen, P. Zhang, Y. Dong, *Energy Conversion and Management*, 96 (2015) 330-339.
- [4] I. Borghol, C. Queffelec, P. Bolle, J. Descamps, C. Lombard, O. Lépine, D. Kucma, C. Lorentz, D. Laurenti, V. Montouillout, E. Chailleux, B. Bujoli, *Green Chemistry*, 20 (2018) 2337-2344.
- [5] S. Lefèvre, O. Boutin, J.-H. Ferrasse, L. Malleret, R. Faucherand, A. Viand, *Chemosphere*, 84 (2011) 1208-1215.
- [6] J. Goffé, J.-H. Ferrasse, *Energy*, 170 (2019) 438-458.
- [7] M.H. Islam, V.M. Kaprielian, A. Bakó, M. E. Tertsch, R. P. Nielsen, M. Maschietti, *26th European Biomass Conference and Exhibition*, Copenhagen, Denmark, 14-17 May 2018.
- [8] H. R. Muddassar, K. Melin, D. de Villalba Kokkonen, G. V. Riera, S. Golam, J. Koskinen, *Waste Management & Research*, 33 (2015) 1015-1021.

M. Schneider^{1,3*}, Y. Masmoudi¹, C. Girard¹, F. Matonti², C. Olmière³, E. Badens¹

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

(2) Centre Paradis Monticelli, 433 bis rue Paradis, Marseille France ; Aix-Marseille Univ, CNRS, INT, Inst Neurosci Timone, Marseille, France ; Groupe Almayviva Santé, Clinique Juge, Marseille France

(3) Laboratoires Théa, Clermont-Ferrand, France

*matthieu.schneider@univ-amu.fr

In the past decades, the pharmaceutical industry faced novel challenges linked to the increase of age-related diseases and chronic illnesses due to the aging of the population, notably in industrialized countries. Age-related macular degeneration (AMD) causing loss of central vision is one of them, with 196 million affected people worldwide in 2020 and 288 million estimated to be affected worldwide in 2040.[1] Currently, since only palliative treatments to mitigate the progression of AMD are available, the pharmaceutical and food supplement industries bring particular attention to identifying and developing prevention agents.

Lutein, a carotenoid with strong antioxidant properties naturally present in the macular region, was identified as a strong prevention factor of AMD. Due to the lutein's low water-solubility, low bioavailability, and low chemical stability (photosensitive compound), some studies focused on optimizing lutein delivery through encapsulation processes. [2]

To avoid solvent residues, supercritical carbon dioxide (scCO₂) technology as an alternative to conventional solvent-based methods has gained attention in active pharmaceutical ingredient processing and encapsulation. CO₂ has mild critical conditions, notably in temperature (31.1 °C and 7.3 MPa). It is an abundant and non-toxic fluid. Since it is gaseous at ambient pressure and temperature conditions, it can be removed easily upon depressurization at the end of a supercritical process. For encapsulation applications, the PGSS (Particle from Gas Saturated Solutions) process offers the possibility of completely avoiding the use of solvents while achieving high yields (up to 100%). It is, therefore, a suitable alternative to solvent-based methods to achieve lutein encapsulation.[3]

In this study, the PGSS process was applied to encapsulate lutein with biocompatible polymer excipients for oral uptake. One of the main objectives was to optimize the experimental conditions to improve the PGSS

processability while reducing the process temperature to avoid thermal degradation of lutein.

Polycaprolactone (PCL) and polycaprolactone/polyethylene glycol (1:1 wt/wt) (PCL/PEG) blends were selected as polymeric excipients to modulate in-vitro release. Based on polymer state (solid or molten/softened) characterization in a supercritical CO₂, lutein encapsulation was carried out under 25MPa at moderate temperatures (38°C and 45°C) close to human body temperature to preserve molecule activity. The homogeneity of lutein dispersion within the generated particles was demonstrated for all the tested conditions. Process optimization allowed to reach up to 94 % recovery and 61 % drug precipitation yield. In-vitro release kinetics were performed in phosphate-buffered saline solution for a duration of 8 hours longer than the gastrointestinal tract duration (~5 hours). A complete release of lutein was obtained in the case of PCL/PEG blends (~ 90% in 5 hours), whereas only 50% were released with pure PCL (~56 % in 5 hours PCL).

This study highlights the potential of the PGSS process to encapsulate thermosensitive compounds at moderate temperatures and to modulate the formulation release profiles.

Acknowledgments

This work was supported by industrial PhD agreement (Cifre N°2019/1379) between Laboratoires Théa (Clermont-Ferrand, France) and the French association for research and technology (ANRT).

References

- [1] W.L.Wong *et al.*, *LancetGlob. Health.* 2 (2014), e106-e116.
- [2] B.Steiner, D.J. McClements, G. Davidov-Pardo, *Trends Food Sci. Techno.* 82 (2018) 71-81.
- [3] E. Badens, M.Masmoudi, A.Mouahid, C.Crampon, *J. Supercrit Fluids.* 134 (2018) 274-283

A. Tangredi ^{1*}, C. Barca ¹, J.H. Ferrasse ¹, O. Boutin ¹

(1) Aix Marseille Univ., CNRS, Centrale Marseille, M2P2 UMR 7340, 13451 Marseille, France

* antonello.tangredi@univ-amu.fr

Le phosphore (P) est un élément crucial pour l'agriculture et la production alimentaire. Actuellement, la production d'engrais contenant du P dépend principalement de l'extraction non durable du P des gisements naturels [1]. Les boues de station d'épuration représentent une source de P renouvelable [2]. Au cours des dernières années, un nombre croissant d'études ont analysé l'application de traitements hydrothermaux (HT) à différents types de biomasses, y compris les boues de station d'épuration. Une compréhension approfondie des principales voies de conversion des macronutriments permettrait de développer un processus hydrothermal intégrant la production de biocarburants par la récupération et la valorisation des nutriments. La conversion et la spéciation du P dans les sous-produits HT ont été caractérisées dans divers études, en particulier pour la carbonisation hydrothermale (180 °C-280 °C). Cependant, moins d'informations sont disponibles pour les traitements à haute température (liquéfaction et gazéification) [3]. En outre, les principales voies de conversion du P pendant le traitement ne sont pas encore bien caractérisées [3].

Dans ce travail, la liquéfaction HT du digestat des boues de station d'épuration est réalisée sous différentes conditions pour analyser la spéciation du P et les caractéristiques des sous-produits.

Le digestat a été collecté à la station d'épuration d'Aix-La Pioline (Aix-en-Provence, France). Il a ensuite été épaissi par centrifugation pour obtenir une teneur totale en solides de 7,3 %. Le traitement HT des boues épaissies a été effectué dans un réacteur discontinu de 0,2 L à différentes températures (250 °C à 350 °C), pour différents temps de séjour (10 min à 30 min) et pressions initiales (0 bar à 7 MPa). Les sous-produits ont été séparés par centrifugation. Le surnageant a été analysé pour déterminer la concentration en phosphates (PO_4^{3-}) à l'aide de la méthode molybdate-acide ascorbique (EN ISO 6878, 2004). Le P total dans le produit solide a été déterminé par la méthode STM [4].

Les premiers résultats expérimentaux indiquent que la température est le paramètre qui affecte le plus les caractéristiques des sous-produits. Pour rendre compte des effets combinés de la température T (K) et du temps de séjour t (s) sur les propriétés des produits et sur les voies

de spéciation du P, le facteur de sévérité $f(T,t)$ [5], défini par l'équation 1, a été utilisé, comme dans de nombreux travaux de la littérature.

$$f(T, t) = 50 t^{0.2} e^{-\frac{3500}{T}} \quad (1)$$

Les premiers résultats de l'étude ont montré que une augmentation de la sévérité est corrélée à une augmentation de la quantité relative du produit liquide et à une augmentation de la siccité du produit solide. La concentration de PO_4^{3-} dans les produits liquides diminue avec l'augmentation de $f(T,t)$, tandis que la teneur en P du produit solide augmente avec l'augmentation de $f(T,t)$. Ce comportement a été observé dans des travaux antérieurs [2] et peut s'expliquer en considérant que le PO_4^{3-} réagit avec les cations métalliques (e.g. Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) pour former des précipités récupérés dans le produit solide.

Ces premiers résultats montrent une corrélation entre la sévérité du traitement HT et la précipitation de P dans le produit solide. D'autres études sont en cours, ce qui permettra de mieux clarifier le rôle de la pression et du temps de séjour sur la conversion du P et de mieux caractériser la spéciation du P, en mesurant les quantités relatives de P non-apatitique (lié à Fe/Al) et apatitique (lié au Ca). L'objectif est d'identifier les conditions expérimentales les plus appropriées pour récupérer des sous-produits riches en phosphate de Ca qui peuvent être valorisés comme engrais.

Remerciements

Ce travail a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour le projet D2LIFE sous le numéro de référence ANR-21-CE43-0013-01.

Références

- [1] Y. Zhu, Y. Zhai, S. Li, X. Liu, B. Wang, X. Liu, Y. Fan, H. Shi, C. Li, Y. Zhu, *Chemosphere*, 291 (2022) 133053.
- [2] Y. Shi, G. Luo, Y. Rao, H. Chen, S. Zhang, *Chemosphere*, 228 (2019) 619-628.
- [3] A. Tangredi, C. Barca, J.H. Ferrasse, O. Boutin, *Chemical Engineering Journal*, 463 (2023) 142342.
- [4] V. Ruban, J. F. López-Sánchez, P. Pardo, G. Rauret, H. Muntau, P. Quevauviller, *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 370 (2001) 224-228.
- [5] H. P. Ruyter, *Fuel*, 61 (1982) 1182-1187.

Shuxin Zheng¹, Jean-Henry Ferrasse^{1*}, Oliver Boutin¹

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

* jean-henry.ferrasse@univ-amu.fr

L'énergie est une source essentielle de l'activité humaine. À partir des années soixante du XXe siècle, le réchauffement climatique dû à l'activité humaine a commencé à susciter des inquiétudes. L'augmentation de l'efficacité énergétique est l'une des solutions permettant de limiter le réchauffement climatique. La création d'entropie, également appelée irréversibilités, est un paramètre qui permet d'évaluer la surutilisation des ressources par rapport aux usages. La minimisation de la création d'entropie est donc une façon d'optimiser la consommation énergétique d'un procédé.

L'équipartition de la production d'entropie [1] démontre que l'entropie totale produite est minimale lorsque le taux de production d'entropie local est uniformément distribué le long des variables d'espace et/ou de temps. Les sources de la création d'entropie des réacteurs chimiques sont composées par la contribution d'échange de chaleur, de la perte de charge et de la réaction. Il existe plusieurs possibilités d'optimisation : adaptation de la géométrie du système réactif, modification des conditions opératoires [2], etc. Avec les progrès technologiques de l'impression 3D, une optimisation géométrique pourrait représenter une stratégie plus pratique [3]. L'objectif de l'étude est

d'optimiser la création d'entropie totale des réacteurs chimiques en optimisant la géométrie du système réactif.

L'étude est commencée par la modélisation d'un échangeur de chaleur à l'aide de logiciel de simulation COMSOL Multiphysics®. Ce modèle permet de calculer l'entropie générée par le transfert de chaleur et d'étudier l'effet de la géométrie sur la contribution au transfert de chaleur. Une fois cette partie terminée, les réactions chimiques seront introduites et les résultats de la modélisation seront comparés au pilote réel afin de valider la théorie de l'équipartition et d'étudier la géométrie optimale.

Références

- [1] Tondeur, D., Kvaalen, E., 1987. Equipartition of entropy production. An optimality criterion for transfer and separation processes. *Ind. Eng. Chem. Res.* 26, 50–56.
- [2] Nummedal, L., Røsjorde, A., Johannessen, E., Kjelstrup, S., 2005. Second law optimization of a tubular steam reformer. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 44, 429–440.
- [3] Magnanelli, E., Solberg, S.B.B., Kjelstrup, S., 2019. Nature-inspired geometrical design of a chemical reactor. *Chemical Engineering Research and Design* 152, 20–29.

▪ MIO

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF ZOOPLANKTON AND STABLE ISOTOPE RATIOS OF SAMPLES FROM A 16-YEAR TIME SERIES IN THE BAY OF MARSEILLE REVEALED BOTTOM-UP PROCESSES IN THE PLANKTON FOOD WEB.

#Poster

T. Garcia ¹, F. Carlotti ¹, G. Lepoint ², J.A. Tesán Onrubia ¹, L. Guilloux ¹, B. Grassi ¹, V. Russias ¹, D. Bănaru ¹

(1) *Mediterranean Institute of Oceanography.*

(2) *Liège University*

*theo.garcia@mio.osupytheas.fr

Zooplankton quality is determinant to understand energy transfer paths among marine food-webs, however this information is rarely collected during zooplankton monitoring. Temporal variations of stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ & $\delta^{15}\text{N}$) and biochemical compositions in the 300-500 μm zooplankton size class have been investigated over 16 years (2005-2020) in the Bay of Marseille (NW-Mediterranean Sea). Concomitant changes in the zooplanktonic biochemical composition and nitrogen stable isotope ratio, since 2009, revealed bottom-up processes in the pelagic ecosystem. Changes in the nitrogen sources had a negative cascading effect on POM production, which affected the stable isotope ratios and biochemical composition of zooplankton. We hypothesized that this change may have impacted the diet of the copepods from this size class (shift from herbivore to omnivore). Additionally, we showed that the

zooplankton biomass is a good proxy of its energetic content in regard to its availability for small pelagic fish and contribute to the understanding of the small pelagic crisis in the NW-Mediterranean Sea. Overall, this work highlighted the relevance of performing stable isotopes and biochemical analyses during zooplankton monitoring.

Remerciements

The PhD of Théo Garcia is funded by a grant of the Région Provence Alpes Côte d'Azur and the Parc National des Calanques. The ZOOINDEX project is funded by EC2CO program. We acknowledge SOMLIT program to furnish environmental data time series.

UNDERSTANDING SARGASSUM BROWN TIDES IN THE CARIBBEAN: BIOFILM DIAZOTROPHS AS MAJOR PLAYERS IN THE NITROGEN CYCLE IN THE GREAT ATLANTIC SARGASSUM BELT

#Poster

M. Leger-Pigout ¹, I. Navarro ¹, F. Menard ¹, S. Ruitton ¹, F. Le Loc'h ², S. Guasco ¹, J-M. Munaron ², D. Thibault ¹, T. Changeux ¹, S. Connan ², V. Stiger-Pouvreau ², T. Thibaut ¹, V. Michotey ¹

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

(2) University of Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, F-29280, Plouzane, France

* mateo.leger-pigout@mio.osupytheas.fr

Since 2011, blooms of holopelagic Sargassum have been observed in the Tropical North Atlantic Ocean [1] which caused important beach stranding along the Caribbean and African shores [2]. Main microbial contributors of the nitrogen cycle were studied in holopelagic or benthic Sargassum biofilm and in adjacent waters to understand their relative contribution to seaweed growth in the Great Atlantic Sargassum Belt [3] (GASB) and in Caribbean coastal zones. In GASB Sargassum biofilm, the proportion of diazotrophs (composed of 76% of non-cyanobacterial-*nifH* sequences) predominated and declined in coastal samples. Denitrifying and nitrifying counterparts showed an opposite trend. Biofilm diazotrophs also exceeded those found in the nearby waters, whereas nitrifiers and denitrifiers presented the same trends in both sample types. Benthic Sargassum biofilm showed lower values for all investigated communities. Significant differences were observed between diazotroph diversity of pelagic and benthic biofilms or adjacent water microbiomes. The GASB seaweed mean $\delta^{15}\text{N}$ value was very low (-2.05‰), and increased in coastal samples (-1.36‰), whereas higher

values were recorded for benthic Sargassum (0.03‰) or POM (1.73-5.06‰). These results highlighted the atmospheric origin of nitrogen used during the pelagic Sargassum growth in the GASB and extended the role of biofilm diazotrophs to non-Cyanobacteria.

Acknowledgements

We would like to acknowledge the ANR ORIGINS which allowed the funding of this work as well as all the people who participated in the project.

References

- [1] J.M. Schell, D.S. Goodwin, A.N.S. Siuda, *Oceanography* 28(3):8–10 (2015).
- [2] J. Gower, E. Young, S. King, *Remote Sensing Letters* 4:8, 764-773 (2013).
- [3] M. Wang, C. Hu, B. Barnes, G. Mitchum, B. Lapointe, J. Montoya, *Sciences*, 365, 83-87 (2019).