

# 29<sup>ème</sup> CONGRÈS des DOCTORANTS

5 > 6  
mai  
2022



MIO / OSU  
PYTHÉAS  
A M P H I  
OCÉANOMED

Anthropologie

Chimie

Ecologie

Environnement  
et santé

Génie  
des Procédés

Géosciences

Océanographie

Organisateur :

Institut Méditerranéen  
d'Océanologie - MIO  
Campus Technologique  
et Scientifique de Luminy,  
163 Avenue de Luminy,  
Bât. Méditerranée,  
13009 Marseille

Contact :

 [edsecongres.osupytheas.fr](http://edsecongres.osupytheas.fr)

 [congres.edse2022@gmail.com](mailto:congres.edse2022@gmail.com)

# Avant-propos

Après deux années de crise sanitaire, le 29<sup>ème</sup> congrès de l'Ecole Doctorale de « Sciences de l'Environnement » pourra se tenir en présentiel les 5 et 6 mai 2022, au centre OCEANOMED sur le campus de Luminy. Ce sera une belle opportunité de souffler les 30 bougies de notre ED qui a été fondée dès la création des écoles doctorales en 1992 !

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 chaque demi-journée, une conférence réalisée par une personnalité invitée permettra d'illustrer l'importance du rôle de la pluridisciplinarité dans les Sciences de l'Environnement. Nous accueillerons tout d'abord Mme Christel Tiberi qui nous présentera une initiative fondée sur un Groupe de Recherche (GDR) impliquant des interactions entre sciences de la terre et sciences humaines et sociales. Ensuite, M. Wolfgang Cramer nous fera une synthèse de certains travaux du GIEC. Enfin, nous aurons le 6 mai en fin de matinée une présentation de Mme Sara Labrousse qui nous présentera ses travaux en écologie antarctique.

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 doctorants.

Nous tenons particulièrement ici à remercier toute l'équipe du MIO qui a préparé cet événement essentiel pour notre Ecole Doctorale, notamment Witold Podlejski, Théo Garcia, Tiffany Monfort, David Nérini, Magali Lescot, et bien sûr Gérard Grégori. Nos remerciements vont également à Isabelle Hammad qui nous fait toujours bénéficier de son expérience dans l'organisation de cet événement, ses conseils et son investissement sont précieux.

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 29<sup>ème</sup> congrès !

Jean-Christophe POGGIALE et Laurence VIDAL

# Sommaire

Avant-propos .....	1
Programme .....	7
Présentation des conférenciers.....	12
Wolfgang CRAMER.....	12
Sara LABROUSSE .....	13
Christel TIBERI .....	14
Présentation des docteurs de l'ED-SE 251.....	15
Marine SMAIL.....	15
Gaëlle GRANIER.....	15
Morgan GODARD .....	15
Communications orales.....	16
CEREGE .....	16
<b>S. ABBA</b>	BILAN HYDROLOGIQUE DES LACS VOLCANIQUES DE L'ADAMAOUA (CENTRE-NORD CAMEROUN) : COUPLAGE DES TRACEURS CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES 16
<b>M. ADEBAYO</b>	SIZE DISTRIBUTION OF MODERN PLANKTONIC FORAMINIFERA IN THE TROPICAL INDIAN OCEAN: ENVIRONMENTAL CONTROLS AND PALEO-RECONSTRUCTION POTENTIALS 17
<b>J. CHARTON</b>	L'OSCILLATION DES GLACIERS SUR L'ARCHIPEL DES KERGUELEN AU COURS DU TARDIGLACIAIRE ET DE L'HOLOCENE A PARTIR DE DATATIONS COSMOGENIQUES 18
<b>C. DESORMEAUX</b>	EXPLORATION DES MODÈLES STOCHASTIQUES D'INCISION DES RIVIÈRES À TRAVERS UN GRADIENT CLIMATIQUE ET MORPHOLOGIQUE 19
<b>P. GATEL</b>	CHARACTERIZATION OF THE RESERVOIR HETEROGENEITY OF THE KHARAIB-2 FORMATION IN CARBONATES FIELDS, UAE 20
<b>C. GRAPELOUP</b>	<sup>36</sup> Cl, A TRACER OF ORGANIC MATTER DYNAMICS IN SOILS 21
<b>C. LALLEMAND</b>	POTENTIAL OF LIGAND-PROMOTED DISSOLUTION AT MILD PH FOR THE SELECTIVE RECOVERY OF RARE EARTH ELEMENTS IN BAUXITE RESIDUE 22
<b>L.A. MACIAS PEREZ</b>	MICROBIAL COMMUNITY COLONIZATION OF A BAUXITE RESIDUE DEPOSIT MARKED BY A COMPLEX GEOCHEMICAL CONTEXT 23
<b>H. SHEISHA</b>	NILE'S HOLOCENE WATERSCAPES AT GIZA REVEALED BY PLANTS 24
<b>D. SOURABIE</b>	DETERMINATION DES VITESSES DE DEPOT SEC DE CHLORE 36 SUR UNE PRAIRIE 25

<b>INRAE</b> .....		<b>26</b>
<b>J. LEMAIRE</b>	MODELISATION DES IMPACTS DES FACTEURS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES SUR LE RISQUE DE DEPERISSEMENT DU PIN SYLVESTRE DANS LE SUD EST DE LA FRANCE	26
<b>IRSN</b> .....		<b>27</b>
<b>N. BODEREAU</b>	SOURCES ET COMPORTEMENT DU <sup>14</sup> C DANS UN FLEUVE NUCLÉARISÉ (RHÔNE)	27
<b>C. CAR</b>	DIVERSITE DES TRAJECTOIRES EVOLUTIVES FACE A UNE EXPOSITION CHRONIQUE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS	28
<b>T. SEYER</b>	MODELISATION DU TRANSFERT DES RADIONUCLEIDES DANS LES RESEAUX TROPHIQUES EN MEDITERRANEE NORD-OUEST	29
<b>LCE</b> .....		<b>30</b>
<b>O. BOUKAROUM</b>	BIODEGRADABILITY OF PERSISTENT HYDROCARBONS STUDIED WITH MULTI ELEMENTAL COMPOUND-SPECIFIC ISOTOPE ANALYSIS	30
<b>J. CAMMAN</b>	ONLINE OXIDANT POTENTIAL MEASUREMENT: A NEW METRIC FOR THE HEALTH EXPOSURE OF AIR QUALITY	31
<b>C. IBRAHIM IRKA</b>	DEVELOPPEMENT ET VALIDATION D'UN PROCEDE DE TRAITEMENT ET DE VALORISATION DE LIXIVIATS DE COMPOST : DEMARCHE D'ECONOMIE CIRCULAIRE POUR UNE PLATEFORME DE COMPOSTAGE	32
<b>L. LE BERRE</b>	IMPACTS DES EMISSIONS MARITIMES SUR LA QUALITE DE L'AIR DANS L'UN DES PLUS GRANDS PORTS DE LA MEDITERRANEE	33
<b>M. MARECHAL</b>	CARACTÉRISATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE DANS L'EAU PROVENANT D'UNE PISCINE COUVERTE RÉELLE	34
<b>B. MARQUES</b>	CARACTÉRISATION DES ÉMISSIONS PRIMAIRES GAZEUSES ET PARTICULAIRES DES VÉHICULES ESSENCE ET DIESEL DES NORMES EURO 5/6	35
<b>M2P2</b> .....		<b>36</b>
<b>M. DROUIN</b>	UTILISATION DES PROCÉDÉS MEMBRANAIRES TRAITER LES EFFLUENTS ISSUS DES COLONNES DE DÉSULFURATION DE LA MARINE MARCHANDE	37
<b>V. NUMA</b>	VALORISATION DU MARC DE POMME PAR EXTRACTION AU CO2 SUPERCRITIQUE	38
<b>MIO</b> .....		<b>39</b>
<b>C. BAUMAS</b>	MESOPELAGIC MICROBIAL CARBON PRODUCTION CORRELATES WITH DIVERSITY ACROSS DIFFERENT MARINE PARTICLE FRACTIONS	39
<b>M.M. DESGRANGES</b>	MERCURY SPECIATION IN THE PERUVIAN UPWELLING SYSTEM	40

<b>M. FIARD</b>	MICROBIOTE DES MANGROVES DU GRADIENT URBAIN-RURAL DE L'ESTUAIRE DE CAYENNE (GUYANE FRANÇAISE, AMERIQUE DU SUD) : DRIVERS ET BIOINDICATEURS POTENTIELS	41
<b>P. MARTINOT</b>	ETUDE DE LA BIODISPONIBILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE DERIVEE DU BLACKCARBON POUR LES PROCARYOTES HETEROTROPHES MARINS	42
<b>T. MONFORT</b>	USE OF PHOTOGRAMMETRY-BASED DESCRIPTORS TO ASSESS THE EFFECT OF 3D SHALLOW MEDITERRANEAN ROCKY REEFS ON TELEOST ASSEMBLAGES	43
<b>N. TORRES-RODRIGUEZ</b>	THE LOST MERCURY: HIGH MERCURY RELEASE AND RAPID SCAVENGING FROM DEEP HYDROTHERMAL VENT SITES AT THE MID-ATLANTIC RIDGE	44
Posters .....		45
ADES .....		45
<b>Q. COSNEFROY</b>	IMPACT DES ACTIVITES LOCOMOTRICES SUR LA BIOMECHANIQUE DU FEMUR : ETUDE ONTOGENETIQUE DU BABOUIN OLIVE	45
<b>R. COTON</b>	LA MALADRERIE SAINT-LAZARE DE BEAUVAIS (OISE, FRANCE) : ETUDE ANTHROPO-BIOLOGIQUE D'UN CHARNIER DE PESTIFÉRÉS DU XVIIème SIÈCLE	46
CEREGE .....		47
<b>J.G. OLIVERA</b>	EVOLUTION MOPHOLOGIQUE D'UN RELIEF SEMI-ARIDE : LE CAS DE LA CHAPADA D'ARARIPE (CEARÁ, BRÉSIL)	47
<b>H. PELLET</b>	QUANTIFIER LE VOLUME HORS D'EAU D'UN RÉSEAU KARSTIQUE CÔTIER SEMI-NOYÉ : APPLICATION POUR LA CONSERVATION DE LA GROTTTE COSQUER	48
<b>P. POLARD TAINÉ</b>	ÉVOLUTION STRATIGRAPHIQUE DES BAHAMAS DU NEOGENE AU QUATERNAIRE - COMPARAISON DES MARGES SOUS LE VENT ET AU VENT SUIVANT LES FACTEURS DE CONTROLES	49
<b>N. SEMMANI</b>	SEDIMENTARY RECORD AND PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS OF DEEP-LACUSTRINE TO ALLUVIAL PLAIN SYSTEM EVOLUTION: THE PALEOGENE OF THE VISTRENQUE GRABEN (SE FRANCE)	50
<b>W. XERRI</b>	COMPARAISON DE MODÈLES DE PROPAGATIONS AFIN D'ESTIMER LA PROFONDEUR DE CANALISATIONS EN POLYÉTHYLÈNE ENTERRÉES	51
<b>A.N. YACOUB</b>	THE AFRICAN HUMID PERIOD CLIMATE IN THE CENTRAL SAHARA (TIBESTI REGION, NORTHERN CHAD) INFERRED FROM OXYGEN ISOTOPE COMPOSITION AND FOSSIL ASSEMBLAGE OF LACUSTRINE DIATOMS	52
IMBE .....		53
<b>K. ARGOTE</b>	FOOD PERCEPTION CAPACITY AND MOVEMENT PATTERNS IN FUNCTION OF LEAF-LITTER QUALITY IN COLLEMBOLA ( <i>Folsomia candida</i> )	53
<b>L. LELANDAIS</b>	CHARACTERISTICS OF THE URBAN CO2 PLUME FROM MARSEILLE CITY IN THE SOUTHERN FRANCE : VARIABILITY AND SOURCES IDENTIFICATION USING CO-EMITTED SPECIES AND ISOTOPIC RATIOS	54

<b>A. RIANDET</b>	SAISONNALITE DE LA HAUTEUR DE LA COUCHE LIMITE AU-DESSUS DE MARSEILLE POUR DES SITUATIONS METEOROLOGIQUES TYPES	55
<b>INRAE</b> .....		<b>56</b>
<b>S. BAZIN</b>	INFLUENCE DE LA TEMPERATURE ET DES CHANGEMENTS DE TAILLE SUR LA STRUCTURE DES COMMUNAUTES	56
<b>L.F. DE CASTRO GALIZIA</b>	PYROGEOGRAPHY: THE CURRENT AND FUTURE DISTRIBUTION OF WILDLAND FIRE IN EUROPE	57
<b>Q. DING</b>	ESTIMATION RÉGIONALE DE L'ALÉA HYDROLOGIQUE BASÉE SUR UNE APPROCHE ÉVÈNEMENTIELLE	58
<b>R. HOUNYEME</b>	BAYESIAN INFERENCE OF PHYSICOCHEMICAL QUALITY ELEMENTS OF TROPICAL LAGOON NOKOUÉ	59
<b>J. MORLA</b>	TEMPERATURE AND BODY SIZE REDUCTION ALTERS FOOD WEB STRUCTURE AND AQUATIC ECOSYSTEM FUNCTIONNING	60
<b>A. NETTER</b>	ENDOMETRIOSE ET ENVIRONNEMENT : REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE	61
<b>C. ROUET</b>	DÉMÊLER LES MÉCANISMES ÉCO-PHYSIOLOGIQUES DE LA RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE EN FORÊTS MIXTES DE HÊTRES ET DE SAPINS GRÂCE À UN MODÈLE BASÉ SUR LES PROCESSUS	62
<b>IRSN</b> .....		<b>63</b>
<b>P. TECHER</b>	REPOSE EVOLUTIVE DES <i>DAPHNIA PULEX</i> DE LA ZONE D'EXCLUSION DE TCHERNOBYL	63
<b>A. THOMAS</b>	TRAJECTOIRE ET RÉSILIENCE DES RADIONUCLÉIDES DANS LES GRANDS BASSINS VERSANTS NUCLÉARISÉS	64
<b>M2P2</b> .....		<b>65</b>
<b>A. MAGNE</b>	SÉPARATION MEMBRANAIRE DE CATALYSEURS POUR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE	65
<b>E. MYOTTE</b>	ÉTUDE DE PROCÉDÉS MEMBRANAIRES INCLUANT EN AMONT L'INJECTION DE SUSPENSION DE MAGNÉSIE	66
<b>MIO</b> .....		<b>67</b>
<b>L. BARRE</b>	POURQUOI UNE MODELISATION REALISTE DE L'ALCALINITE TOTALE (AT) EST-ELLE INDISPENSABLE A L'ETUDE DES FLUX AIR-MER DE CO2 EN BAIE DE MARSEILLE ?	67
<b>M. DI STEFFANO</b>	HISTORICAL COMPILATION OF EARLY-LIFE TRAITS OF COASTAL FISHES: A GEOREFERENCED DATABASE OF SPAWNING AND SETTLEMENT DATES FOR CONNECTIVITY AND CLIMATIC STUDIES IN THE MEDITERRANEAN BASIN	68

<b>P. FIERRO-GONZALEZ</b>	STRUCTURE AND FUNCTIONING OF MEDITERRANEAN ZOOPLANKTON COMMUNITIES	69
<b>A. FILELLA</b>	CROCOSPHAERA OSMOTROPHIC RESPONSES TO FUTURE OCEAN CONDITIONS	70
<b>N. FONVIEILLE</b>	SWIMMING IN AN OCEAN OF CURVES : A FUNCTIONAL APPROACH TO UNDERSTAND ELEPHANT SEAL HABITAT USE IN THE ARGENTINE BASIN	71
<b>T. GARCIA</b>	VARIABILITÉ INTERANNUELLE DU MÉSOZOOPLANCTON EN BAIE DE MARSEILLE (NO MÉDITERRANÉE) : VERS UNE COMPRÉHENSION DU CONTEXTE TROPHIQUE DES TÉLÉOSTÉENS PLANCTONOPHAGES	72
<b>W. PODLEJSKI</b>	TRACKING <i>SARGASSUM</i> AGGREGATIONS TO MODEL THE DRIFT	73
<b>T. RICHARD</b>	BIODIVAQUART : LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE DANS L'ART, SIGNIFICATION ÉCOLOGIQUE ET HISTORIQUE	74
<b>COMITE D'ORGANISATION .....</b>		<b>75</b>

# Programme

*Jeudi 5 mai 2022*

8h30-8h45 : Accueil

8h45-8h55 : Introduction **Jean Christophe POGGIALE**

## Session 1 oraux :

- 8h55-9h10 **MACIAS-PEREZ Luis Alberto** (CEREGE)  
Microbial community colonization of a bauxite residue deposit marked by a complex geochemical context
- 9h10-9h25 **CAR Clément** (IRSN)  
Diversité des trajectoires évolutives face à une exposition chronique aux rayonnements ionisants
- 9h25-9h40 **MARQUES Baptiste** (LCE)  
Caractérisation des émissions primaires gazeuses et particulaires des véhicules essence et diesel des normes Euro 5/6
- 9h40-9h55 **ABBA Souleyman** (CEREGE)  
Bilan hydrologique des lacs volcaniques de l'Adamaoua (centre-nord Cameroun) : couplage des traceurs chimiques et isotopiques
- 9h55-10h10 **NUMA Vénicia** (M2P2)  
Valorisation du marc de pomme par extraction au CO<sub>2</sub> supercritique

## Mon poster en 180 secondes : session 1

- 10h10 **POLARD TAINE Pierre** (CEREGE)
- 10h13 **DING Qifan** (INRAE)
- 10h16 **LELANDAIS Ludovic** (IMBE)
- 10h19 **MYOTTE Emmanuelle** (M2P2)
- 10h22 **FIERRO GONZALEZ Pamela** (MIO)
- 10h25 **PELLET Hugo** (CEREGE)
- 10h28 **MORLA Julie** (INRAE)
- 10h31 **ARGOTE DELUQUE Karolina Andrea** (IMBE)
- 10h34 **FONVIEILLE Nadège** (MIO)
- 10h37 **DE CASTRO GALIZIA Luiz Felipe** (INRAE)

10h40 **PODLEJSKI Witold** (MIO)  
10h43 **THOMAS Adrien** (IRSN)  
10h46 **DE OLIVEIRA José** (CEREGE)  
10h49 **FILELLA LOPEZ DE LAMADRID Alba** (MIO)  
10h52 **COTON Raphaëlle** (ADES)  
10h53 **DI STEFANO Marine** (MIO)

11h10-11h40 : Forum posters session 1

11h40-12h30 : **Conférencier invité : CRAMER Wolfgang** (IMBE)  
Science de la Durabilité - réponse à la crise  
environnementale ou non ?

12h30-13h50 : *Repas*

13h50-14h40 : **Conférencière invitée : TIBERI Christel**  
Le grand rift africain (GDR) : l'interdisciplinarité au service  
de la connaissance.

### **Session 2 oraux :**

14h40-14h55 **MONFORT Tiffany** (MIO)  
Use of photogrammetry-based descriptors to assess the effect  
of 3D structure of shallow Mediterranean rocky reefs on  
teleost assemblages

14h55-15h10 **GRAPELOUP Cécile** (CEREGE)  
36cl, a tracer of organic matter dynamics in soils

15h10-15h25 **FIARD Maud** (MIO)  
Microbiote des mangroves du gradient urbain-rural de  
l'estuaire de cayenne (guyane française, amerique du sud) :  
drivers et bioindicateurs potentiels

15h25-15h40 **CAMMAN Julie** (LCE)  
Online oxidant potential measurement: a new metric for the  
health exposure of air quality

15h40-15h55 **LALLEMAND Claire** (CEREGE)  
Potential of ligand-promoted dissolution at mild pH for the  
selective recovery of rare earth elements in bauxite residue

15h55-16h10 : Pause

### Session 3 oraux :

- 16h10-16h25 **GATEL Pierre** (CEREGE)  
Characterization of the reservoir heterogeneity of the kharai-2 formation in carbonates fields, UAE
- 16h25-16h40 **LE BERRE Lise** (LCE)  
Impacts des émissions maritimes sur la qualité de l'air dans l'un des plus grands ports de la méditerranée
- 16h40-16h55 **CHARTON Joanna** (CEREGE)  
L'oscillation des glaciers sur l'archipel des Kerguelen au cours du tardiglaciaire et de l'Holocène à partir de datations cosmogéniques
- 16h55-17h10 **BOUKAROUM Ouassim** (LCE)  
Biodegradability of persistent hydrocarbons studied with multi elemental compound-specific isotope analysis
- 17h10-17h25 **MARTINOT Pauline** (MIO)  
Etude de la biodisponibilité de la matière organique dissoute dérivée du Black Carbon pour les procaryotes hétérotrophes marins

*Vendredi 6 mai 2022*

### Session 4 oraux :

- 9h00-9h15 **TORRES RODRIGUEZ Natalia** (MIO)  
The lost mercury: High mercury release and rapid scavenging from deep hydrothermal vent sites at the Mid-Atlantic Ridge
- 9h15-9h30 **SOURABIE Deo Gratias** (CEREGE)  
Détermination des vitesses de dépôt sec de chlore 36 sur une prairie
- 9h30-9h45 **BAUMAS Chloé** (MIO)  
Mesopelagic microbial carbon production correlates with diversity across different marine particle fractions
- 9h45-10h00 **DROUIN Maryse** (M2P2)  
Utilisation des procédés membranaires traiter les effluents issus des colonnes de désulfuration de la marine marchande
- 10h00-10h15 **SHEISHA Hader** (CEREGE)  
Nile's Holocene waterscapes at Giza revealed by plants

## Mon poster en 180 secondes : session 2 (16 posters)

10h15	<b>XERRI William</b> (CEREGE)
10h18	<b>COSNEFROY Quentin</b> (ADES)
10h21	<b>MAGNE Adrien</b> (M2P2)
10h24	<b>GARCIA Théo</b> (MIO)
10h27	<b>ROUET Camille</b> (INRAE)
10h30	<b>BAZIN Simon</b> (INRAE)
10h33	<b>TECHER Pierre</b> (IRSN)
10h36	<b>BARRE Lucille</b> (MIO)
10h39	<b>HOUNYEME Romuald</b> (INRAE)
10h42	<b>SEMMANI Nazim</b> (CEREGE)
10h45	<b>RIANDET Aurélie</b> (IMBE)
10h48	<b>RICHARD Thomas</b> (MIO)
10h51	<b>YACOUB Abdallah Nassour</b> (CEREGE)
10h54	<b>NETTER Antoine</b> (IMBE)
10h57	<b>BOCCHECIAMPE Alexis</b> (CEREGE)

11h10-11h40 : Forum posters session 2

11h40-12h30 : **Conférencière invitée : LABROUSSE Sara**  
Les dessous de la banquise antarctique étudiés par ses prédateurs.

12h30-13h45 : *Repas*

13h45-14h45 : Table ronde rencontres docteurs ED 251 : **Marine SMAIL, Gaëlle GRANIER et Morgan GODARD**

## Session 5 oraux :

14h45-15h00	<b>DESGRANGES Marie-Maëlle</b> (MIO) Mercury speciation in the peruvian upwelling system
15h00-15h15	<b>ADEBAYO Michael</b> (CEREGE) Size Distribution of Modern Planktonic Foraminifera in the tropical Indian Ocean: Environmental Controls and Paleo-reconstruction Potentials

- 15h15-15h30 **MARECHAL Martin** (LCE)  
Caractérisation de la pollution particulaire dans l'eau provenant d'une piscine couverte réelle
- 15h30-15h45 **SEYER Thomas** (IRSN)  
Modélisation du transfert des radionucléides dans les réseaux trophiques en Méditerranée Nord-Ouest
- 15h45-16h00 **BODEREAU Nathan** (IRSN)  
Sources et comportement du carbone 14 dans un fleuve nucléarisé (Rhône)
- 16h00-16h15 **DESORMEAUX Clément** (CEREGE)  
Exploration des modèles stochastiques d'incision des rivières à travers un gradient climatique et morphologique
- 16h15-16h30 **IBRAHIM IRKA Chaher** (LCE)  
Développement et validation d'un procédé de traitement et de valorisation de lixiviats de compost : démarche d'économie circulaire pour une plateforme de compostage
- 16h30-17h00 **LEMAIRE Jean** (INRAE)  
Modélisation des impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur le risque de dépérissement du pin sylvestre dans le Sud Est de la France

17h00-17h30 : QUIZZ

17h45-18h : Remise des prix en présence de Mme Aurélie BIANCARELLI-LOPES, Adjointe au Maire de Marseille en charge de la recherche, de la vie étudiante et de l'enseignement supérieur.

18h00 : Clôture du congrès

## Présentation des conférenciers

### **Wolfgang CRAMER**

Le Professeur Wolfgang Cramer, géographe, écologue, modélisateur de la dynamique des écosystèmes globaux, est directeur de recherches (CNRS) à l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale (IMBE) basé à Aix-en-Provence (France).

Wolfgang Cramer a réalisé sa formation académique à l'Université de Gießen en Allemagne (Diplôme de géographie en 1981) et celle d'Uppsala en Suède (Doctorat en écologie végétale, en 1986). De 1987 à 1993, il a enseigné et réalisé sa recherche au Département de Géographie, de l'Université Trondheim en Norvège (également chercheur associé à l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliquées (IIASA, Laxenburg, Autriche). En 1992, il a rejoint le Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) nouvellement créée, en tant que Chef du Département "Changements Globaux et Systèmes Naturels". En 2003 il a été nommé Professeur d'Ecologie Globale à l'Université de Potsdam. En 2011, il a quitté l'Allemagne pour rejoindre l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP) à Aix-en-Provence, de façon à l'accompagner dans sa transformation en 2012 vers le nouvel Institut IMBE. En 2017, il a été élu membre associé de l'Académie d'Agriculture de France.

Les contributions scientifiques du groupe de recherche animé par Cramer (+150 articles) ont été initialement dans le domaine de la modélisation de la dynamique des forêts sous l'action du changement climatique. Par la suite, il a commencé à s'intéresser à une compréhension plus large de la dynamique de la biosphère à l'échelle globale et continentale, incluant les perturbations naturelles et humaines mais aussi la biodiversité. Il a dirigé un important projet collaboratif de modélisation des écosystèmes européens, ATEAM (FP5 UE), ainsi que son activité de dissémination associée, AVEC.

Ces projets ont abouti à la première évaluation spécifique à une région et compréhensive des services écosystémiques à travers l'Europe ayant fait l'objet d'une communication dans la littérature scientifique et d'un dialogue intensif avec les acteurs concernés. Basé sur les projets ATEAM/AVEC, il a mis en place des universités d'été régulières pour de jeunes experts dans les domaines de la

biodiversité et des services écosystémiques (la continuité désormais assurée par le réseau européen d'excellence ALTER-Net).

Pour la coopération scientifique internationale, Wolfgang Cramer a contribué en plusieurs fonctions à International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), DIVERSITAS et leur successeur Future Earth. Il a été co-président du comité scientifique de ecoSERVICES et toujours associé au programme PECS.

Depuis 1992, Wolfgang Cramer contribue avec différentes responsabilités au GIEC (prix nobel de la paix 2007), actuellement Lead Author pour le 6ème rapport d'évaluation. Avec Joël Guiot (CEREGE, Aix-en-Provence), il coordonne les Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change, MedECC. Il est (avec James Ford, Université de Leeds), co-editeur en chef de la revue Regional Environmental Change publié par Springer Nature Publishers. Avec Hervé Le Treut (Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris), il est co-président du Comité National Français des Changements Globaux.

Thème de la conférence : **Science de la Durabilité – réponse à la crise environnementale ou non ?**

## **Sara LABROUSSE**

Sara Labrousse est chargée de recherche au CNRS et travaille en écologie polaire au Laboratoire d'Océanographie et du Climat (LOCEAN) à Paris. Ses travaux s'intéressent au rôle de la cryosphère dans le fonctionnement de l'écosystème antarctique. En particulier, les mécanismes par lesquels les caractéristiques biotiques et abiotiques associées à la banquise ainsi que les conditions océanographiques sous-jacentes structurent l'écosystème antarctique. Elle étudie notamment l'écologie alimentaire et la démographie des prédateurs supérieurs inféodés à la banquise (mammifères et oiseaux marins). Le développement de produits satellitaires de glace de mer de fine échelle offre maintenant une occasion sans précédent de mieux comprendre les réponses des espèces inféodées à la banquise au changement climatique. Ses travaux de recherche s'appuient en grande partie sur ces progrès récents et utilisent des données acoustiques, satellitaires, océanographiques et comportementales.

Diplômée d'un doctorat en écologie marine antarctique en décembre 2016, Sara a réalisé sa thèse au sein du Laboratoire d'Océanographie et du Climat (LOCEAN,

UPMC, Paris) et de l'Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS, UTAS, Hobart). Elle a étudié l'écologie alimentaire des éléphants de mer des îles Kerguelen sous la banquise antarctique en lien avec les conditions océanographiques. Elle est ensuite été post-doctorante à Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, Boston) et l'Université du Minnesota pour étudier l'influence de la variabilité de la banquise et des polynies côtières sur la population de manchots empereurs tout autour de l'Antarctique.

Ses travaux s'impliquent dans les groupes de travail de la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR), elle est co-présidente du comité d'éthique AniBOS (« Animal Borne Ocean Sensors) et maintenant co-PI d'un programme polaire à Terre Adélie.

Thème de la conférence : **Les dessous de la banquise antarctique étudiés par ses prédateurs.**

## **Christel TIBERI**

J'ai effectué mon doctorat à l'IPG de Paris en sismologie et gravimétrie en 1999 et je suis également ingénieur de l'EOST. J'ai fait 2 post-doc (Strasbourg et Londres) avant d'être recrutée au CNRS à Paris (laboratoire de tectonique). Depuis 2008, je suis à Géosciences Montpellier, directrice de recherche depuis 2019. Je suis une géophysicienne, et je travaille plus spécifiquement sur les processus de déformation en extension continentale. J'utilise les signaux sismologiques et gravimétriques pour imager les 200 premiers kilomètres de la Terre. Au cours de mon parcours, j'ai pu interagir avec d'autres disciplines des Sciences de la Terre, mais aussi récemment avec d'autres disciplines en environnement et en sciences humaines. C'est ce qui m'a amené depuis 2021 à diriger avec 5 autres collègues le groupe de recherche interdisciplinaire " Grand Rift Africain ". Nous réunissons ~150 personnes (chercheurs, doctorants, personnel technique) autour de thématiques variées et surtout couplées pour comprendre comment ce système fonctionne, dans le temps et dans l'espace.

Thème de la conférence : **Le grand rift africain (GDR) : l'interdisciplinarité au service de la connaissance.**

## Présentation des docteurs de l'ED 251

Comme chaque année, d'anciens doctorants ont accepté de venir partager leur expérience lors du congrès de l'école doctorale.

Cette année, nous recevons trois docteurs diplômés de l'ED251 :

### **Marine SMAIL**

Docteure en Ecologie, et titulaire d'un Master en Sciences de l'Environnement, Marine SMAIL possède une solide connaissance du fonctionnement des écosystèmes terrestres et aquatiques. Après plusieurs années dans le domaine de la recherche scientifique à l'international, elle se spécialise dans l'élaboration de dossiers réglementaires. Forte de cette double compétence, réglementaire et environnementale, elle intervient durant toutes les phases des projets tout en assurant le relationnel aux clients, aux acteurs locaux et aux services instructeurs. - A soutenu sa thèse le 13 décembre 2017-

### **Gaëlle GRANIER**

À la fois Archéologue et Anthropologue, grâce à un double master puis un doctorat en anthropologie biologique, Gaëlle GRANIER est spécialisée en archéothanatologie, discipline qui vise à étudier la mort dans les sociétés du passé dans l'ensemble de ses composantes, qu'elles soient biologiques, culturelles ou sociales. Dans cadre de son poste de Chargée de Recherche au CNRS, elle étudie notamment les pratiques funéraires de la période romaine impériale dans une perspective évolutive et selon une approche interdisciplinaire. Elle intervient sur de nombreux terrains en France et à l'international. - A soutenu sa thèse le 4 février 2011 -

### **Morgan GODARD**

Morgan GODARD fait un master puis un doctorat en Océanologie au cours duquel il étudie le comportement de prédation des Eléphants de mer. Fort d'une expertise en analyse de données acquise au cours de son parcours universitaire il intègre une école de *web development* et de *data science* à Marseille. Il complète ainsi son domaine d'expertise pour travailler comme data scientist et créer sa propre entreprise. - A soutenu sa thèse le 12 mars 2021 -

# Communications orales

## CEREGE

### BILAN HYDROLOGIQUE DES LACS VOLCANIQUES DE L'ADAMAOUA (CENTRE-NORD CAMEROUN) : COUPLAGE DES TRACEURS CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES

# Oral

S. Abba<sup>1,2\*</sup>, B. Hamelin<sup>1</sup>, P. Deschamps<sup>1</sup>, B. Ngounou Ngatcha<sup>2</sup>, Y. Garcin<sup>1</sup>

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

(2) Université de Ngaoundéré, Département des Sciences de la Terre, Cameroun

\* [abba@cerege.fr](mailto:abba@cerege.fr)

Outils largement utilisés séparément, les traceurs chimiques conservatifs et isotopiques peuvent constituer des méthodes complémentaires d'étude du cycle de l'eau dans les zones peu instrumentées. Parmi ces multiples traceurs, les chlorures et les isotopes stables de l'eau occupent une place de choix dans l'étude des processus hydrologiques tels que l'estimation des bilans de masse d'eau. Cependant peu d'études se sont proposées de coupler ces deux traceurs. La présente étude se propose de concilier les bilans chimique et isotopique pour mieux contraindre les bilans hydrologiques de 5 lacs de cratères du plateau de l'Adamaoua.

Situés le long de la Ligne Volcanique du Cameroun (Afrique Centrale), ces 5 lacs peuvent être considérés comme des sentinelles de la variabilité climatique d'une zone considérée comme le « château d'eau » de la sous-région et qui joue donc un rôle majeur dans son fonctionnement hydro-climatique.

L'analyse des isotopes stables de l'eau et des concentrations en chlorures des échantillons de ces 5 lacs (Mbalang, Tabere, Tizon, Gegouba et Baledjam) révèle que chacun d'eux présente une signature géochimique et

isotopique distincte, malgré des caractéristiques morphométriques assez similaires et un régime climatique commun.

A partir de ces différences de signatures, une analyse de sensibilité des paramètres du modèle classique de Craig et Gordon qui décrit le fractionnement isotopique à l'œuvre lors de l'évaporation d'une masse d'eau a été menée. Il en ressort que dans un modèle de lac à une boîte, concilier les bilans de chlorures et des isotopes stables nécessiterait des valeurs inhabituelles des paramètres physiques de l'équation de Craig et Gordon. Alternativement, les deux traceurs conduisent à des estimations similaires en considérant un apport d'eau au lac du bassin versant avec l'hypothèse d'un flux de transpiration supérieur à celui de l'évaporation. Bien que donnant des taux d'évaporation et de transpiration en général cohérents, le système d'équations reste à ce stade sous-déterminé. Seules des mesures directes de la composition isotopique de l'atmosphère, désormais possibles au moyen de la spectrométrie de masse laser, permettraient de meilleures simulations.

---

# SIZE DISTRIBUTION OF MODERN PLANKTONIC FORAMINIFERA IN THE TROPICAL INDIAN OCEAN: ENVIRONMENTAL CONTROLS AND PALEO-RECONSTRUCTION POTENTIALS

---

# Oral

M. B. Adebayo<sup>1\*</sup>, C. T. Bolton<sup>1</sup>, R. Marchant<sup>2</sup>, F. Bassinot<sup>3</sup>, S. Conrod<sup>1</sup>, T. de Garidel-Thoron<sup>1</sup>,

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

(2) School of Electrical Engineering & Robotics – Queensland University of Technology – Australia

(3) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, University Paris-Saclay, 91198 Gif-sur-Yvette, France

\*[adebayo@cergece.fr](mailto:adebayo@cergece.fr)

The tropical Indian ocean is a critical driver of global climate variability through large-scale phenomena occurring on seasonal (monsoon) to interannual timescales (Indian Ocean Dipole) [1]. Paleoclimate reconstructions in contrasted CO<sub>2</sub> worlds provide unique benchmarks for studying the dynamical processes linked to changes in radiative forcing [2]. Yet, palaeoceanographic studies often rely on microfossil species abundance changes, with little consideration for traits like size that could also relate to environmental changes. We hypothesize that whole-assemblage and/or species-specific planktonic foraminiferal test size could be good predictors of environmental variables, and we test this using a tropical Indian Ocean core-top dataset. We use an automated imaging and sorting system (MiSo) and a convolutional neural network model (CNN) [3] to identify species, analyze morphology, and quantify fragmentation using machine learning techniques. A total of 311380 images were acquired at an average of 3797 images per sample. Machine model accuracy is confirmed by comparison with human classifiers (98% accuracy achieved). Data for 32 environmental parameters are extracted from modern databases and, through Exploratory Factor Analysis and regression models, we investigate the potential of using planktonic foraminiferal size to reconstruct oceanographic parameters. The size frequency distribution of most planktonic foraminifera species is unimodal and larger species show polymodal distributions. Within our tropical dataset, we find that intraspecies size response to environmental parameters is species-specific with

carbonate ion concentration, temperature, and salinity identified as primary drivers. At the assemblage level, our analyses suggest that internal biogenic processes (primary) and temperature (secondary) are key drivers of morphometric changes in planktonic foraminifera. Our assessment of the potential to utilize assemblage size in reconstructing sea surface temperature in the tropical Indian Ocean showed that the reconstructed SST of the test MD90-0963 downcore site, relatively followed the delta O18 signals from previous works for the same site.

## Remerciements :

The authors thank Jean Charles Mazur for laboratory assistance. This project is funded by the CNRS-INSU LEFE IndSO grant, ANR grants FIRST (ANR-15-CE4-0006-01), iMonsoon (ANR-16-CE01-0004-01), and MBA's AMU President's scholarship.

## Références :

- [1] T. Yamagata, S. K. Behera, J. Luo, S. Masson, M. R. Jury, S. A. Rao, in *Earth's Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction*, C. Wang, S. P. Xie, J. A. Carton (Eds.), John Wiley & Sons, 2004, 147.
- [2] D. N. Schmidt, H. R. Thierstein, J. Bollmann, R. Schiebel, *Science*, 303 (2004) 207–210.
- [3] R. Marchant, M. Tetard, A. Pratiwi, M. Adebayo, T. de Garidel-Thoron, (2019), *Journal of Micropalaeontology*, 39 (2020) 183–202.

# L'OSCILLATION DES GLACIERS SUR L'ARCHIPEL DES KERGUELEN AU COURS DU TARDIGLACIAIRE ET DE L'HOLOCENE A PARTIR DE DATATIONS COSMOGENIQUES

# Oral

J. Charton<sup>1\*</sup>, I. Schimmelpfennig<sup>1</sup>, V. Jomelli<sup>1</sup>, G. Delpech<sup>2</sup>, P.-H. Blard<sup>3</sup>, R. Braucher<sup>1</sup>, D. Verfaillie<sup>1,4</sup>, V. Favier<sup>5</sup>, V. Rinterknecht<sup>1</sup>, H. Goosse<sup>4</sup>, X. Crosta<sup>6</sup>, L. Chassiot<sup>7</sup>, L. Martin<sup>8</sup>, D. Guillaume<sup>9</sup>, C. Legentil<sup>10</sup>, ASTER Team<sup>†</sup>

(1) Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, INRAE, Coll France, UM 34 CEREGE, Aix-en-Provence, France

(2) Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405 Orsay, France

(3) Université de Lorraine, CNRS, CRPG, Vandœuvre-lès-Nancy, France

(4) Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

(5) Université Grenoble Alpes, IGE, CNRS, Grenoble, France

(6) UMR CNRS 5805 EPOC, Université de Bordeaux, France

(7) Université Laval, Département de Géographie, Québec, Canada

(8) Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands

(9) Univ Lyon, UJM-Saint-Etienne, UCBL, ENSL, CNRS, LGL-TPE UMR5276 – France

(10) Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CNRS Laboratoire de Géographie Physique - France

† Georges Aumaître, Didier L. Bourlès, Karim Keddadouche

\*charton@cerege.fr

L'archipel des Kerguelen (49°S, 69°E) constitue un observatoire unique pour l'étude des paléoglaciers. Il s'agit, en effet, de la plus grande surface de terres englacées de la zone subantarctique de l'océan Indien (552 km<sup>2</sup> en 2001), où de nombreuses formations glacio-géomorphologiques, comme des moraines, peuvent y être datées. Toutefois, nos connaissances des fluctuations glaciaires sur l'archipel pendant le Tardiglaciaire et l'Holocène restent limitées. C'est pourquoi des échantillons issus de ces morphologies glaciaires ont été collectés dans trois vallées glaciaires : celle du glacier Arago, celle du Val Travers et enfin celle du glacier Ampère. Les nouveaux âges <sup>36</sup>Cl et <sup>10</sup>Be de durée d'exposition au rayonnement cosmique présentés dans cette étude permettent de mieux contraindre la chronologie glaciaire existante au cours des derniers 17 000 ans. Des avancées et/ou stagnations glaciaires ont pu être mise en évidence durant le Tardiglaciaire il y a ~16.0 ka and ~12.9 ka sur le site du Val Travers, et il y a ~13.6 ka sur le site du glacier Arago, probablement liée à l'événement froid de Heinrich 1 et/ou de l'Antarctic Cold Reversal. Ces résultats sont cohérents avec ceux précédemment obtenus sur l'archipel [1, 2, 3] et plus généralement dans la zone subantarctique (e.g. [4]), suggérant que tous les glaciers à cette latitude ont été globalement sensibles à ce signal climatique. L'évolution des glaciers à Kerguelen pendant l'Holocène reste en revanche encore largement méconnue. Des datations radiocarbone d'éléments tourbeux sur le site du glacier Ampère suggèrent que les glaciers étaient certainement moins étendus au début de l'Holocène qu'à la fin de l'Holocène [5]. En outre, aucune avancée du début et du milieu de l'Holocène n'a pu être démontrée jusqu'à présent en l'absence de moraines pouvant être datées de cette période. Enfin, les glaciers semblent avoir réavancé uniquement lors de la fin de l'Holocène, en particulier au dernier millénaire, il y a ~1 ka, ~430 ans et ~300 ans [1, 3, 6]. La comparaison de ce nouveau jeu de données avec des

âges <sup>10</sup>Be disponibles provenant d'autres régions subantarctiques a permis d'identifier trois différents schémas possibles d'évolution des glaciers pendant l'Holocène. On observe en effet en Nouvelle-Zélande et en Patagonie du Nord une avancée maximale des glaciers au début de l'Holocène puis un retrait graduel tout au long de la période. Au contraire, en Patagonie du Sud et en Géorgie du Sud, l'avancée plus importante des glaciers se produit au milieu de l'Holocène suivi d'un retrait graduel. Finalement, l'oscillation des glaciers de Kerguelen est semblable à celle observée dans l'extrême sud de la Patagonie avec des étendues glaciaires certainement plus petites au début et au milieu de l'Holocène. Puis, les glaciers avancent à la fin de l'Holocène pour atteindre leur taille maximale il y a quelques siècles. Nous discuterons enfin des facteurs climatiques pouvant rendre compte de l'évolution des glaciers à Kerguelen (température, précipitations) en évaluant le phasage des périodes d'avancée/recul des glaciers avec (i) la variation des températures de surface de l'océan liée au front polaire et (ii) la variation des précipitations liée au Southern Annular Mode.

## Références

- [1] V. Jomelli, F. Mokadem, I. Schimmelpfennig, et al. *Quaternary Science Reviews*, 162 (2017) 128-144.
- [2] V. Jomelli, I. Schimmelpfennig, V. Favier, et al. *Quaternary Science Reviews*, 183 (2018) 110-123.
- [3] J. Charton, V. Jomelli, I. Schimmelpfennig, et al. *Antarctic Science*, 33(1) (2020) 103-115.
- [4] E. A. Sagredo, M. R. Kaplan, P. S. Araya, et al. *Quaternary Science Reviews*, 188 (2018) 160-166.
- [5] Y. Frénot, J.-C. Gloaguen, B. van de Vijver, et al. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 320 (1997) 567-573.
- [6] D. Verfaillie, J. Charton, I. Schimmelpfennig, et al. *Antarctic Science*, 33(3), 301-317.

C. Desormeaux<sup>1\*</sup>, V. Godard<sup>1,2</sup>, D.Lague<sup>3</sup>, G.Duclaux<sup>4</sup>, L.Benedetti<sup>1</sup>, O.Bellier<sup>1</sup> & Aster TEAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix-Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, 13100 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France

<sup>3</sup> Univ Rennes, CNRS, Géosciences Rennes, UMR 6118, 35000 Rennes, France

<sup>4</sup> Université Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, IRD, Géoazur, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France

\*desormeaux@cerege.fr

L'étude de l'évolution des paysages et de leurs réponses aux perturbations tectoniques ou climatiques nécessite des représentations et des modèles précis des processus de surface. Les rivières sont des agents clés de la transmission des forçages externes à travers le paysage et les principaux moteurs de la dénudation des continents. Pour ces raisons, les mécanismes de l'incision fluviale ont été au centre de la recherche géomorphologique au cours des dernières décennies.

L'incision fluviale à long terme est généralement modélisée avec le Stream Power Model [1], un modèle basé sur l'évolution le long du cours d'eau de l'air de drainage et de l'altitude du chenal. Des développements plus complexes du SPM [2] combinent l'incision instantanée de la rivière avec la probabilité d'occurrence du débit et prennent en compte le seuil d'incision et la variabilité du débit. Ces modèles ont été confrontés aux données de terrain dans un nombre limité de cas [3-5].

Notre objectif est d'étudier le comportement des modèles stochastiques d'incision des rivières sur la marge sud-est du Massif Central (France) où un fort gradient climatique et morphologique est reporté. Nous présentons un nouveau jeu de données combinant des mesures de la variabilité du débit à partir de stations de jaugeage, des taux de dénudation sur 34 bassins à partir des nucléides

cosmogéniques (<sup>10</sup>Be) et des paramètres morphométriques issus de l'analyse du profil en long des rivières.

Nos résultats montrent une relation complexe entre les taux de dénudation et l'indice de pente (ksn) qui ne peut être expliquée uniquement par le gradient de variabilité du débit régional. En les comparant aux taux d'érosion mesurés, nous observons que les prédictions d'un modèle d'incision à seuil stochastique ne sont pas meilleures que les versions plus simples du SPM et nécessitent de prendre en compte les variations spatiales des seuils d'incision.

#### Références :

- [1] A.D. Howard, *Water Resources Research*, 30 (1994) 2261-2285.
- [2] D. Lague, N. Hovius, P. Davy, *Journal of Geophysical Research*, 110 (2005).
- [3] R.A. DiBiase and K. Whipple, *Journal of Geophysical Research*, 116 (2010).
- [4] D. Scherler, R.A. DiBiase, G.B. Fisher, J.P. Avouac, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122 (2017).
- [5] B. Campforts, V. Vanacker, F. Herman, M. Vanmaercke, W. Schwanghart, G.E. Tenorio, P. Willems, G. Govers, *Earth Surface Dynamics*, 8 (2020) 447-470.

P.Gatel<sup>1</sup>, J.Borgomano<sup>2</sup>, J.Kenter<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Total Energies, Centre Scientifique et Technique Jean Féger, 64000 Pau, France

<sup>(2)</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

The carbonate reservoirs, mostly concentrated in the Middle East, contain more than half of world's hydrocarbon resources. They therefore represent a major strategic issue, and the understanding of their behavior becomes a priority. However, despite many research and publication, where diagenetic modification is called upon to explain deviations in flow, it is very difficult to list the processes which are more important concerning alteration of reservoir properties away from their original depositional model. The aim of this research is to see if the geology character of a reservoir has a systematic measurable impact on its flow behavior, by looking at the facies variation at field and regional scale. It will help to check the role of deposit processes, diagenesis and tectonic in the distribution of reservoir properties.

The chosen studied formation for this exercise, which is the KharaiB-2, is located in the Middle East. The research will predominantly focus around onshore United Arab Emirates field, as well as Persian Gulf offshore fields. The KharaiB-2 formation was chosen for its depositional system during the Barremian, supposed to be uniform and constant across the country despite lateral facies changes with no major tectonic events coming to intersect the geological layers [2].

The KharaiB-2 (ex Thamama-B) belongs to the Upper part of Thamama Group and was deposited at the end of the Barremian and beginning of the Aptian (130-120Ma). It can be described as a third order sequence, with the lower sequence boundary placed on top of a rudist-rich unit (KharaiB-1 formation) and the upper sequence boundary placed at the bottom of a muddy orbitolinid dominated facies (Hawar formation). The upper part of the reservoir is mainly composed of rudist-dominated grainy facies, while the center part consists of mixed fauna facies and the lower part comprise orbitolina-dominated muddy facies.

A new facies grid was produced inspired by the grid of Strohmenger [1] made in 2004, which was employed since on different publication around the KharaiB-2. This facies table regroups the elements according to their geologic composition and will be necessary for the dynamic study which will come next.

Two main stratigraphic correlation from VPC (vertical proportion curves) were made in order to see regional variation and heterogeneities between the fields. Moreover, Porosity and Water saturation logs were added in order to quantify potential static and dynamic variation between the carbonate fields. In addition, Pie-Charts facies representation were performed at each reservoirs Units to see if there is a trend at field or/and regional scale.

This work provides better knowledge about the variation and structure of the formation across the region and allow to conclude the geological part of the PhD.

### Références :

- [1] Strohmenger, C.J., Weber, L.J., Ghani, A., Rebelle, M., Al-Mehsin, K., Al-Jeelani, O., Al-Mansoori, A., and Suwaina, O., 2004, *High-resolution sequence stratigraphy of the KharaiB Formation (Lower Cretaceous, U.A.E.): SPE Abu Dhabi International Conference and Exhibition*, Abu Dhabi, SPE 88729, 10 p..
- [2] Van Buchem, F.S.P., Al-Husseini, M.I., Maurer, F., Droste, H.J. and Yose, L.A., 2010. *Sequence stratigraphic synthesis of the Barremian - Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for the petroleum habitat*. In: van Buchem, F.S.P., AlHusseini, M.I., Maurer, F. and Droste, H.J. (eds.), *Barremian - Aptian stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Eastern Arabian Plate*. GeoArabia Spec. Publ., no. 4, v. 1, p. 9-48.

C.Grapeloup<sup>1\*</sup>, S.Cornu<sup>1</sup>, L.Benedetti<sup>1</sup>, V.Guillou<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix en Provence

\*[grapeloup@cerege.fr](mailto:grapeloup@cerege.fr)

<sup>36</sup>Cl is a cosmogenic nuclide ( $T_{1/2} = 301 \pm 2$  kyr; [4] naturally produced in the atmosphere by spallation of <sup>40</sup>Ar. Following the nuclear tests of the 1950s to 1970s, its production reached three orders of magnitude above the natural <sup>36</sup>Cl level and this anthropogenic <sup>36</sup>Cl might still be present in soils [5,10].

Cl is classically considered as a conservative element. However, a small fraction of Cl is retained in soils under organic form as organochlorine ( $Cl_{org}$ ) [6,9]. Organochlorination is a result of the soil microbial activity [2]. Previous studies on Cl biogeochemical cycle have suggested  $Cl_{org}$  concentrations and estimated retention of organochlorine in soil were correlated with Cl input, total Cl concentration, organic carbon content, soil pH and the dominant tree species [8]. Cl and <sup>36</sup>Cl are supposed to not fractionate in the environment.

However, the amount and the duration of Cl retained in soils is poorly known. Bastviken et al. (2007) measured experimentally the <sup>36</sup>Cl retention due to the microbial activity. They showed that 20 % of the <sup>36</sup>Cl brought to the soil is retained at a very short term and that this amount decreases to 4 % after a few weeks.

In this study we determine, for a forested soil from eastern France, the retention of Cl and <sup>36</sup>Cl in soil and the duration of this retention. Both Cl and <sup>36</sup>Cl were measured in rain, throughfall, litterfall, soil, soil water [7] over a climatic year, allowing the calculation of all the environmental stocks and fluxes. The retention rate and the retention time of Cl and <sup>36</sup>Cl were then estimated by a simplified mass balance model. Assumptions for this model are: (1) a

constant atmospheric deposit except for the period of nuclear test; (2) Cl and <sup>36</sup>Cl input to the soil are under solute form; (3) retention of Cl in the forest litter is short (< 1 yr) in the studied site; and (4) no fractionation between Cl and <sup>36</sup>Cl. The obtained Cl retention times were compared to the age of the organic carbon in soils measured by a  $\delta^{13}C$  approach [1]. The retention times yielded from the <sup>36</sup>Cl mass balance model are in good agreement with the age of organic carbon in soils suggesting that <sup>36</sup>Cl could be considered as a new isotopic tracer of the dynamic of organic matter.

#### Références :

- [1] Balesdent et al., 2018. *Nature*, 559 :599-602.
- [2] Bastviken et al., 2006. *Environmental science and technology*, 40(9) :2977–2982.
- [3] Bastviken et al., 2007. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(13) :3182 – 3192.
- [4] Bentley et al., 1986. *Handbook of environmental isotope geochemistry*, 2: 427–480.
- [5] Heikkila et al., 2009. *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 4145–4156.
- [6] Oberg et al., 2003. In *Natural Production of Organohalogen Compounds*, pages 43–62. Springer.
- [7] Pupier, 2015. *Contribution du <sup>36</sup>Cl au fond radiologique de Meuse/Haute-Marne : Distribution des pools actuels et transfert entre les compartiments des écosystèmes terrestres*. Aix-Marseille Université.
- [8] Redon et al., 2011. *Environmental Science and Technology*, 45(17) :7202 – 7208.
- [9] Rodstedth et al., 2003. *Chemosphere*, 52(2) :381–389
- [10] Tanaka and Thiry, 2020. *Science of The Total Environment*, 700, 134482.

---

**POTENTIAL OF LIGAND-PROMOTED DISSOLUTION AT MILD PH FOR THE SELECTIVE RECOVERY OF RARE EARTH ELEMENTS IN BAUXITE RESIDUE.**

---

# Oral

C. Lallemand<sup>1\*</sup>, J. P. Ambrosi<sup>1</sup>, D. Borschneck<sup>1</sup>, B. Angeletti<sup>1</sup>, P. Chaurand<sup>1</sup>, A. Campos<sup>2</sup>, M. Desmau<sup>3</sup>, T. Fehlauer<sup>1</sup>, M. Auffan<sup>1,4</sup>, J. Labille<sup>1</sup>, N. Roche<sup>1,6</sup>, L. Poizat<sup>5</sup>, B. Collin<sup>1</sup>, J. Rose<sup>1,4</sup>, C. Levard<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>*Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France*

<sup>(2)</sup>*Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, FSCM (FR1739), CP2M, 13397 Marseille, France*

<sup>(3)</sup>*Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Germany*

<sup>(4)</sup>*Duke university, Civil and Environmental Engineering department, Durham, USA*

<sup>(5)</sup>*Alteo Environnement, Gardanne, France*

<sup>(6)</sup>*INternational Water Research Institute (IWRI), Mohammed VI Polytechnic University, Ben Guerir 43150, Morocco*

\*[lallemand@cerege.fr](mailto:lallemand@cerege.fr)

In a context of overexploitation of natural resources, a circular economy and particularly the extraction of resources from secondary sources, is essential to sustain a number of key technologies including renewable energies. Among secondary sources, bauxite residue contains critical elements including rare earth elements (REEs) (712mg/kg). We investigated the use of soft and selective dissolution protocols at mild pHs (2-6) as an alternative to pyro- and hydrometallurgy for the recovery of REEs through ligand-promoted dissolution. This approach depends on the detailed characterization of the waste and

the speciation of targeted elements. We assessed dissolution using low molecular weight organic acids (LMWOAs) and their conjugate bases. Citric acid/citrate showed satisfactory dissolution of REEs (up to 50% of light REEs) up to a pH of nearly 5, while tartaric acid/tartrate showed the best dissolution selectivity (enrichment factor up to 21.5 compared to Fe, Al and Ti). Almost no heavy REEs were dissolved in any of the conditions tested, probably due to the high chemical stability of their bearing phases. Indeed, heavy REEs were found as discrete phosphate particles.

L. A. Macías-Pérez<sup>1,2</sup>, C. Levard<sup>1</sup>, M. Barakat<sup>2</sup>, B. Angeletti<sup>1</sup>, D. Borschneck<sup>1</sup>, L. Poizat<sup>3</sup>, W. Achouak<sup>2</sup>, M. Auffan<sup>1,4</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France, CEREGE, Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, BP80, 13545 Aix-en-Provence, France.

<sup>(2)</sup> Aix Marseille Univ, CEA, CNRS, BIAM, LEMIRE, Laboratory of Microbial Ecology of the Rhizosphere, ECCOREV FR 3098, F-13108 St-Paul-lez-Durance, France.

<sup>(3)</sup> ALTEO Alumina, 13120 Gardanne, France.

<sup>(4)</sup> Civil and Environmental Engineering, Duke University, Durham, NC 27708, USA

[\\*macias@cerege.fr](mailto:*macias@cerege.fr)

Bauxite residue is the byproduct generated during alumina extraction and is characterized by high levels of alkalinity, salinity, and toxic metals. Due to the absence of large-scale reuses, bauxite residues are commonly landfilled in open-air deposits that represent hostile environments for most domains of life [1]. Techniques based on special microbial capabilities such as bioremediation or metal bio-extraction are now considered sustainable and cost-effective methods to revalorize bauxite residues [2,3]. However, the establishment of microbial communities and their active role in these strategies are still poorly understood [3]. This study aimed at exploring the microbial dynamics during primary succession in a bauxite residue deposit area from Southern France. We determined the geochemical composition of bauxite residues of different age and ore origin by ICP-OES, ICP-MS and XRD analysis, and explore the development of bacterial and fungal communities using 16S and ITS metabarcoding, respectively. Our results highlight the behavior of bauxite residue deposits as primary successional environments and bring new insights into the early stages of microbial community assembly in these sites. Taxonomical analysis revealed an early-stage microbial community dominated by haloalkaliphilic microorganisms and strongly influenced by chemical gradients. Microbial richness,

diversity and network complexity increased significantly with the deposit age, reaching an equilibrium community composition similar to typical soils after decades of natural weathering. Our results suggested that salinity (EC), pH, and certain toxic metals (notably Cr and V) affected the bacterial community structure, while the fungal community composition showed no clear correlations with chemical variations. These results confirm the key role of pH and salinity in the establishment of early microbial communities and highlight them as main targets for bioremediation. We also identified bacteria with potential metal extraction abilities, such as secretion of alkaline-active enzymes that could modify the chemical phase of the metals present.

#### **Références :**

- [1] Di Carlo, E., Boullemant, A., Courtney, R., *Science of The Total Environment*, 698 (2020) 134344.
- [2] Panda, S., Costa, R.B., Shah, S.S., Mishra, S., Bevilaqua, D., Akcil, A., *Resources, Conservation and Recycling*, 171 (2021) 105645
- [3] Santini, T., Kerr, J.L., Warren, L.A., *Journal of Hazardous Materials*, 293 (2015)131–157.

H. Sheisha<sup>1,2\*</sup>, D. Kaniewski<sup>3,4</sup>, N. Marriner<sup>5</sup>, M. Djamali<sup>2</sup>, G. Younes<sup>1,2</sup>, Z. Chen<sup>6</sup>, G. El-Qady<sup>7</sup>, A. Saleem<sup>8</sup>, A. Véron<sup>1</sup>, C. Morhange<sup>1,9</sup>

<sup>(1)</sup>*Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRA, Collège de France, CEREGE, Aix-en-Provence, France*

<sup>(2)</sup>*Europôle méditerranéen de l'Arbois, IMBE, Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, Aix-en-Provence, France*

<sup>(3)</sup>*TRACES, UMR 5608 CNRS, Université Toulouse Jean Jaurès, Maison de la Recherche, Toulouse, France*

<sup>(4)</sup>*Département de Biologie et Géosciences, Université Paul Sabatier, Toulouse, France*

<sup>(5)</sup>*CNRS, ThéMA, Université de Franche-Comté, UMR 6049, MSHE Ledoux, 32 rue Mégevand, 25030 Besançon Cedex, France*

<sup>(6)</sup>*SKLEC-State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University ECNU, Shanghai, China*

<sup>(7)</sup>*National Research Institute of Astronomy and Geophysics, 1 Mirsad Street, 11421 Helwan, Egypt*

<sup>(8)</sup>*Department of Geography and GIS, Faculty of Arts, Ain Shams University, Cairo, Egypt*

<sup>(9)</sup>*EPHE-Section des Sciences Historiques et Philologiques, AOROC, UMR 8546 - Archéologie et Philologie d'Orient et d'Occident, CNRS/PSL, École normale supérieure, Paris, France*

\*sheisha@cerege.fr

Nous avons utilisé la paléocologie pour reconstruire 8000 ans de variations du niveau fluvial pour la branche occidentale du Nil, un bras aujourd'hui disparu du Nil qui bordait le plateau de Gizeh. Les taxons trouvés ont été regroupés en sept groupes de végétation dérivés du pollen PdVs en fonction de leurs affinités écologiques : Cypéracées, nilotiques tropicaux, héliophytes, dattier-saule, céréales et fougères. Notre reconstruction basée sur les scores PCA-Axis1 à l'aide d'un 'smoothing' avec un algorithme LOWESS, montre que le niveau d'eau de la branche de Khufu était plus élevé pendant la période humide africaine, avec une terminaison locale estimée à 3550 ±80 BCE (5500±80 BP). Les fluctuations négatives les plus importantes des niveaux de la branche de Khufu au cours de la période il y a 8 000 à 5 500 ans sont corrélées au forçage volcanique entraînant une diminution des

inondations estivales du Nil. Nos scores montrent que Les premières dynasties de l'Égypte ont joué lors d'une chute majeure du Nil, comme attesté par la succursale de Khufu de 2970 ± 80 à 2690 ± 80 BCE, compatible avec un décalage hydrologique au lac Tana et le début du Nil Delta Erosion due à la diminution de la sédimentation. En plus, nous trouvons qu'au cours de la première moitié du vieux royaume d'Égypte (2686-2440 BCE), le niveau de la branche khufu du Nil est resté relativement constant, caractérisé par un niveau à environ 40% de celui atteint pendant la période humide africaine. Cette phase relativement stable offrait clairement un environnement propice à l'émergence et au développement du chantier des pyramides, aidant les constructeurs à planifier le transport de la pierre et matériaux par bateau.

D.-G. Sourabie<sup>1,2\*</sup>, D. Maro<sup>2</sup>, D. Hebert<sup>2</sup>, V. Guillou<sup>1</sup>, Equipe ASTER<sup>1</sup>, E. Vitorge<sup>3</sup>, B. Lourino Cabana<sup>4</sup>, L. Benedetti<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

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

<sup>(3)</sup> EDF – DPNT – DIPDE - DEE - Service Environnement, Villeurbanne, 69100, France

<sup>(4)</sup> EDF R&D LNHE - Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, Chatou, 78401, France

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

Le chlore 36 (<sup>36</sup>Cl, T<sub>1/2</sub>= 301 000 ans) est un radionucléide d'origine naturelle et artificielle susceptible d'être rejeté accidentellement lors des opérations de démantèlement des centrales nucléaires ou chroniquement lors du retraitement des combustibles irradiés. Une fois libéré dans l'atmosphère, le <sup>36</sup>Cl (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 et de sa biodisponibilité importante, le <sup>36</sup>Cl est un radionucléide dont l'étude du devenir dans l'environnement constitue un enjeu pour les études d'impacts [2].

Ainsi, l'objectif de la thèse est la quantification puis la modélisation des dépôts secs et humides de <sup>36</sup>Cl sur une prairie en fonction des paramètres atmosphériques. Le végétal étudié est l'herbe car constituant un maillon de la chaîne alimentaire de l'homme via le lait de vache.

Pour répondre à cet objectif, une méthode d'extraction du chlore contenu dans les feuilles des plantes, les filtres aérosol et le charbon actif a été développée. Elle consiste à passer sous haute température l'échantillon sec en présence d'hydroxyde de sodium. Elle a été validée par des standards NIST de feuilles avec un rendement d'extraction massique moyen en chlorures de 84 ± 5%.

Pour la détermination des vitesses de dépôts secs, 1m<sup>2</sup> d'herbe a été installé chaque 2 semaines sur le site de la

plateforme technique IRSN La Hague (PTILH) située à 2 km de l'usine Orano-la Hague, émetteur chronique du <sup>36</sup>Cl en faible quantité. Un abri mobile automatique recouvrait l'herbe lors d'épisodes pluvieux. A proximité de l'herbe, le chlore gazeux a été prélevé par un AS3000 contenant une cartouche de charbon actif et le chlore particulaire sur un filtre composite téflon et fibre de verre. La mesure du chlore 36 est réalisée en spectrométrie de masse par accélération ASTER (Accélérateur pour les Sciences de la Terre, Environnement, Risques) au CEREGE. Tous les échantillons ont été préparés chimiquement afin d'éliminer le soufre 36 (interfèrent isobarique) et de récupérer les chlorures sous forme de pastilles de chlorure d'argent. Les résultats des 3 premières campagnes montrent un flux de dépôt sec moyen de <sup>36</sup>Cl sur l'herbe de 380 ± 92 at.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> avec une vitesse de dépôt sec  $v_{d(gaz+particules)} = 4,2 \cdot 10^{-3} m \cdot s^{-1}$ .

Par la suite, des expérimentations seront effectuées sur les dépôts humides puis une modélisation des dépôts secs et humides sera réalisée en tenant compte des paramètres liés au couvert et à la turbulence atmosphérique.

### 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.

J. Lemaire<sup>1</sup>, M. Vennetier<sup>2</sup>, B. Prévosto<sup>2</sup>, M. Cailleret

<sup>1</sup> CNPF 175 cours Lafayette 69 006 Lyon [jean.lemaire@cnpf.fr](mailto:jean.lemaire@cnpf.fr)

<sup>2</sup> INRAE UMR Recover 3275 Rte Cézanne, 13100 Aix-en-Provence [michel.vennetier@inrae.fr](mailto:michel.vennetier@inrae.fr), [bernard.prevosto@inrae.fr](mailto:bernard.prevosto@inrae.fr), [maxime.cailleret@inrae.fr](mailto:maxime.cailleret@inrae.fr)

Le dépérissement est un facteur de risque élevé pour la pérennité des écosystèmes forestiers dans le contexte du changement climatique. Des pertes de productivité et des augmentations du taux de défoliation et de mortalité sont déjà enregistrés pour un grand nombre d'espèces forestières en France, en Europe et dans le monde. Cependant, le dépérissement est un processus dépendant de l'interaction de nombreux facteurs biotiques et de l'environnement. Il est donc complexe à aborder. Si les modèles prédisant l'état mort (cas extrême du dépérissement) ou vivant de l'arbre sont de plus en plus fréquents, les modèles simulant le niveau de dépérissement d'un arbre ou d'un peuplement sont rares : par manque de données ou par la complexité du phénomène à modéliser.

Notre objectif est de fournir des modèles de déficit foliaire (indicateur du niveau de dépérissement) à l'échelle de l'arbre ou du peuplement intégrant des facteurs biotiques et abiotiques pour des essences à fort enjeux économiques en France.

Cette présentation est ici consacrée au dépérissement du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) qui est particulièrement menacé dans le Sud-Est de la France. Pour y parvenir, nous avons échantillonné 87 placettes (1740 arbres), en Région Provence-Alpes-Côte D'Azur, réparties le long d'un large gradient environnemental en quantifiant le déficit foliaire, la croissance radiale, l'abondance de deux parasites : la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) et le gui (*Viscum album*). Sur les placettes les facteurs topographiques, de sol, de climat et des indices du bilan hydrique ont été mesurés. Compte tenu du nombre élevé de facteurs de l'environnement et de fortes corrélations entre un grand nombre de ces facteurs, les modèles de dépérissement ont été construits à l'aide de régressions PLS (Partial Least Square).

Tous les modèles identifient la prépondérance des facteurs biotiques (la chenille et le gui) pour expliquer l'intensité des défoliations à l'échelle de l'individu ou du peuplement. Les facteurs de sol et de topographie, en compensant ou aggravant les conditions climatiques, sont également significatifs même si leur influence est moindre. Nous montrons également qu'il existe des interactions fortes entre les facteurs du climat, du sol, du bilan hydrique et les facteurs biotiques pour expliquer l'intensité du dépérissement.

Cette étude souligne la nécessité de prendre en compte une très large gamme de facteurs biotiques et abiotiques pour expliquer le phénomène complexe de dépérissement.

La portabilité des modèles est discutée : certains facteurs exercent une influence déterminante à l'échelle régionale (comme par exemple dans cette étude certains agents biotiques) alors que leur rôle est faible ou inexistant sur d'autres territoires. La disponibilité des données sur les variables de l'environnement et leur contribution sur le bilan hydrique à l'échelle locale est également un facteur crucial pour l'établissement de modèles de dépérissement. Enfin, nous présentons comment ces modèles sont intégrés dans une application android pour rendre cet outil de diagnostic directement opérationnel sur le terrain et permettre la collecte de données pour affiner en permanence leur prévision.

#### Références

- [1] Davi, H., Cailleret, M., 2017. Assessing drought-driven mortality trees with physiological process-based models. *Agric. For. Meteorol.* 232, 279–290. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.019>
- [2] Drénou, C., Bouvier, M., Lemaire, J., 2015. The diagnostic method ARCHI applied on declining pedunculate oaks. *Arboric. J.* 37, 166–179. <https://doi.org/10.1080/03071375.2015.1075336>
- [3] Lebourgeois, F., Aussenac, R., Lemaire, J., Néquier, T., Righi, J., 2012. Growth of Limousin Chestnut Groves in Connection with Climate – Thoughts on the Place of Chestnut in the Coming RFF\_2012\_64\_6\_751-764 <https://doi.org/10.4267/2042/51113>
- [4] Lebourgeois, F., Drénou, C., Bouvier, M., Lemaire, J., 2015. Characterisation of decaying atlantic pedunculate oak stands – Effects of drought and relations with crown architecture. *RFF\_2015\_67\_4\_333\_351*. <https://doi.org/10.4267/2042/59289>
- [5] Lemaire, J., 2015. Des données climatiques spatialisées pour un diagnostic de qualité Aurelhy, ETPQ, Safran et Digitalis. *Forêt-entreprise* n° 220, 47-52.
- [6] Vennetier, M., Ripert, C., Rathgeber, C., 2018. Autecology and growth of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): A comprehensive study in France. *For. Ecol. Manag.* 413, 32–47. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.028>

N. Bodereau<sup>1\*</sup>, F. Eyrolle<sup>1</sup>, Y. Copard<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PSE-ENV/SRTE/LRTA, Bât. 159, CEA, Cadarache, 13 115 Saint-Paul-lez-Durance

<sup>2</sup>UMR CNRS 6 143 M2C, Université de Rouen-Normandie, Bâtiment Blondel, Place Emile Blondel, 76 821 Mont Saint Aignan

\*nathan.bodereau@irsn.fr

Le Carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ) est un isotope radioactif du Carbone (C) comprenant des origines naturelles [1] mais aussi anthropiques notamment à travers les rejets des industries nucléaires (CNPE) dans les environnements aquatiques [2,3]. Le  $^{14}\text{C}$  rejeté par ces industries se distribue au sein de différentes fractions organiques et inorganiques du C en fonction de mécanismes biogéochimiques complexes [4,5]. Les objectifs de cette thèse sont de mieux comprendre le comportement de ce radionucléide au sein du cycle du C en milieu aquatique et de distinguer le  $^{14}\text{C}$  anthropique du  $^{14}\text{C}$  naturel.

Cette thèse s'appuie sur l'acquisition de données de terrain, au cours de l'ensemble d'une année hydrologique, à l'exutoire du Rhône nucléarisé (France), ainsi que sur deux de ses affluents non nucléarisés aux caractéristiques hydroclimatiques et géologiques contrastées (Durance et Ardèche). Des analyses de  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  et  $^{12}\text{C}$  ont été effectuées dans les fractions de carbone organique dissous (DOC), de carbone inorganique dissous (DIC) et de carbone organique particulaire (POC) ainsi que de nutriments. Des mesures de tritium ont été effectuées simultanément dans des échantillons d'eau filtrée afin d'enregistrer le marquage de la masse d'eau par les industries nucléaires.

La comparaison des signatures de  $^{14}\text{C}$  des eaux du Rhône avec celles des affluents mais aussi avec celles de la littérature (i.e. échelle globale) met en évidence des excès en  $^{14}\text{C}$  en particulier dans les fractions POC et DIC avec des signatures pouvant atteindre  $600 \text{ Bq kgC}^{-1}$  ( $\Delta^{14}\text{C} = 1200 \text{ ‰}$ ). Les données acquises actuellement pour la fraction DOC des eaux du Rhône, en nombre limité, montre des concentrations sensiblement plus appauvries que pour le POC et le DIC mais ne peut attester d'une non-contribution des rejets nucléaires. En étiage, les signatures importantes de  $^{14}\text{C}$ -POC et  $^{14}\text{C}$ -DIC avec des teneurs élevées en tritium confirment une contribution des rejets des installations nucléaires.

Les concentrations élevées de Chlorophylle A corrélées aux fortes signatures  $^{14}\text{C}$ -POC montrent un enrichissement significatif au sein de cette fraction lorsque la production primaire aquatique est importante [6] ; le  $^{14}\text{C}$  issu des centrales est rejeté sous forme essentiellement DIC (~93 %) [7], et est assimilé lors de la photosynthèse (e.g., algues), s'incorporant finalement dans la fraction organique particulaire (POC), Les

analyses complémentaires sur la fraction DOC, en cours d'acquisition, permettront de déterminer si le  $^{14}\text{C}$  artificiel affecte l'ensemble du cycle du  $^{14}\text{C}$  naturel.

### Remerciements :

Cette étude a été soutenue par l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR), un programme de recherche multipartenaire financé par le Fonds Européen de Développement (Feder) et le Plan Rhône. Les analyses ont été réalisées par le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), le Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14) (Saclay, France), Isotoptech (Debrecen, Hongrie) et l'Institut Méditerranéen d'Océanographie (M.I.O.) (Marseille, France). Nous remercions nos collègues de l'IRSN, Franck Giner et David Mourier, qui ont participé aux prélèvements aux stations OSR d'Arles et du sud. Nous remercions également les collègues des laboratoires LSCE/LMC14 et M.I.O. Patrick Rambault, Jean-Pascal Dumoulin, Ingrid Caffy, Marc Sieudat, Emmanuelle Delque-Kolic et Christophe Moreau pour le stockage des échantillons, la préparation, la graphitisation et les mesures de  $^{14}\text{C}$ .

### Références :

- [1] T. Naegler, I. Levin, *Journal of Geophysical Research*, 111 (2006) 1-14.
- [2] F. Eyrolle, H. Lepage, Y. Copard, L. Ducros, D. Claval, L. Saey, C. Cossonnet, F. Giner, D. Mourier, *Science of Total Environment*, 643 (2018) 40-51.
- [3] Y. Copard, F. Eyrolle, C. Grosbois, H. Lepage, L. Ducros, A. Morereau., N. Bodereau, C. Cossonnet, M. Desmet, *Science of Total Environment*, 806 (2022), 150890
- [4] P.A. Raymond, J. E. Bauer, *Organic Geochemistry*, 32 (2001) 469-485.
- [5] T.R. Marwick, F. Tamooh, C.R. Teodoru, A. Borges, F. Darchambeau, S. Bouillon, *Global Biogeochemical Cycle*, 29 (2015) 122-137.
- [6] F. Eyrolle, O. Radakovitch, Y. Copard, H. Lepage, N. Bodereau, P. Raimbault, A. Dabrin, V. Lagadec C. Le Corre, *Journal of Soil and Sediment*, in press.
- [7] D. Kang, J. Lee, S. Kim, S. Nooh, S. Kang, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 322 (2019) 1409-1415.

C. Car<sup>1\*</sup>, O. Armant<sup>1</sup>, A. Gilles<sup>2</sup>, JM. Bonzom<sup>1</sup>

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes PSE-ENV/SRTE/LECO, Cadarache, 13115 Saint-Paul lez Durance, France

(2) Aix-Marseille Université, INRAE, UMR RECOVER, centre Saint-Charles, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille, France

\*clement.car@irsn.fr

Il existe de nombreuses inconnues sur les conséquences d'une exposition chronique aux rayonnements ionisants (RI) sur la faune sauvage suite à une radio-contamination de l'environnement comme après un accident nucléaire majeur tel que celui de Tchernobyl [1]. Parmi les quelques études menées dans cette zone à l'échelle des populations, rares sont celles prenant en compte le tissu d'interactions dans lequel se trouve l'organisme considéré (écologie), ainsi que l'histoire dans laquelle s'inscrit cet organisme (évolution). Or, ces éléments semblent essentiels pour comprendre l'état biologique de la faune sauvage et ainsi ajuster nos égards envers elle, en proposant notamment une politique de conservation adaptée à la situation. Il est notamment connu que les mécanismes évolutifs sont impliqués dans la mise en place de réponses à un polluant comme les RI, entraînant diverses conséquences sur les organismes [2]. D'une part, des baisses drastiques de taille de population peuvent entraîner une importante dérive génétique, mécanisme qui peut être couplé à des épisodes de sélection. Ce scénario conduit à des baisses de diversité (génétique et phénotypique) pouvant ainsi diminuer la capacité des populations à supporter de nouveaux changements environnementaux. D'autre part, la présence d'un taux de substitution plus important dans les zones contaminées ou la migration d'individus provenant de populations extérieures aux zones contaminées peuvent à l'inverse amener à une augmentation de cette diversité. L'évolution intra-spécifique de trois espèces a déjà été étudiée dans la zone d'exclusion de Tchernobyl à travers des estimations de la diversité génétique des populations. Pour une espèce de campagnols (*Clethrionomys glareolus*), il a été observé une diversité génétique mitochondriale plus importante dans les zones les plus contaminées, et l'étude la plus récente conclue sur l'existence d'un nombre important de mutations dans ces zones [3]. De même, chez une espèce de crustacé d'eau douce (*Daphnia pulex*), une augmentation de la diversité génétique nucléaire en fonction du débit de dose absorbé par les individus a été mesurée [4]. En revanche, chez une autre espèce de crustacé d'eau douce (*Asellus aquaticus*) aucune différence de diversité génétique nucléaire n'a été observée entre les populations et ce quel que soit le niveau de contamination [5]. Au-delà des variations de sensibilité individuelle aux rayonnements ionisants, ces différences interspécifiques questionnent la potentialité de chaque groupe taxinomique à évoluer en présence d'un environnement nouvellement radio-contaminé.

En comparant la génétique de populations de mésanges charbonnières (*Parus major*) avec celle de rainettes vertes (*Hyla orientalis*) [6] dans la zone d'exclusion de Tchernobyl, nous nous sommes intéressés à la façon dont les paramètres démographiques peuvent influencer les trajectoires évolutives des populations dans un

environnement radio-contaminé. En effet, contrairement à la rainette verte qui présente des tailles de ponte très importantes (1400 œufs par ponte) et une faible dispersion (centaines de mètres par génération), la mésange charbonnière présente des portées plus petites (une dizaine d'œufs par couvée) et une dynamique de dispersion plus importante (jusqu'à 10 voire 100 km dans certaines régions). Pour ces deux espèces, une augmentation de la diversité mitochondriale a été observée dans la zone d'exclusion de Tchernobyl en comparaison avec d'autres populations européennes, ce qui indique donc une modification de forces évolutives (liées à l'effectif efficace, le taux de migrants, et le taux de mutations). Cependant, la structure du réseau d'haplotypes ne permet pas chez les mésanges d'identifier une histoire évolutive propre à la zone d'exclusion de Tchernobyl comme cela a pu être observé pour les rainettes [6].

Comment expliquer ces différences ? La présence d'hétéroplasmies et d'un grand nombre d'haplotypes privés à la zone d'exclusion de Tchernobyl semble indiquer chez les mésanges, tout comme pour les rainettes, l'existence d'un fort taux de substitutions mitochondriales. A cela s'ajoutent des flux de gènes qui peuvent complexifier les trajectoires évolutives des populations de mésanges. Ces conclusions sont corroborées par des données phénotypiques. En effet, les capacités de reproduction des adultes (taille de ponte, pourcentage de survie) ne dépendent pas exclusivement de la contamination de l'environnement, ce qui est cohérent avec la présence d'individus adultes provenant de populations extérieures à la zone. Cependant, dans le cas des mésanges, les oisillons exposés à des doses de RI relativement élevées présentent un état de santé (reflété par des données hématologiques) altéré. Un suivi des oisillons au cours de leur vie serait nécessaire pour préciser l'ampleur du renouvellement des populations locales, mais ces résultats montrent dès à présent l'importance de la prise en compte des paramètres démographiques dans la compréhension des différences interspécifiques de sensibilité et d'évolution face aux RI.

#### Références :

- [1] N.A. Beresford et al., *Journal of Environmental Radioactivity*, 211 (2020) 106033.
- [2] J.W. Bickham, *Ecotoxicology*, 20 (2011) 497-502.
- [3] R.J. Baker, et al., *Evolutionary Applications*, 10 (2017) 784-791.
- [4] J. Goodman et al., *Journal of Evolutionary Biology*, 35 (2022) 413-422.
- [5] N. Fuller, et al., *Ecology and Evolution*, 9 (2019) 10135-10144.
- [6] C. Car et al., *Evolutionary Applications*, 15 (2022) 203-219.

T. SEYER<sup>1,2</sup>, D. BĂNARU<sup>2</sup>, S. VAZ<sup>3</sup>, T. HATTAB<sup>3</sup>, C. LABRUNE<sup>4</sup>, S. BOOTH<sup>2</sup>, O. RADAKOVITCH<sup>1</sup>, S. CHARMASSEN<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> IRSN, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, DEI/SESURE/LERCM, BP3, 13115 Saint Paul Lez Durance

<sup>(2)</sup> Aix-Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, MOI UM110, Mediterranean Institute of Oceanography, Marseille, France

<sup>(3)</sup> UMR MARBEC (IFREMER, IRD, UM CNRS), 34203 Sète cedex, France

<sup>(4)</sup> CNRS, Sorbonne Université, LECOB, UMR 8222, Observatoire Océanologique, F-66650 Banyuls-sur-Mer, France\*

\* [thomas.seyer@hotmail.fr](mailto:thomas.seyer@hotmail.fr)

Le Golfe du Lion, en Méditerranée Nord-Ouest, une zone de forte production biologique en lien avec les apports du Rhône, est fortement exploité par les flottes de pêches françaises et espagnoles. Cette dernière décennie, il a subi des changements majeurs en termes de biomasses et de captures. Cette étude présente un modèle Ecopath mis à jour et amélioré du plateau continental (0-200m) de cette zone, appelé GOLE4M. La paramétrisation et la calibration de ce modèle sont basées sur des données de terrains de 2010 à 2014.

Il comprend 66 groupes fonctionnels (formés à partir de 200 espèces/groupes pélagiques et benthiques), représentant 99% de la biomasse estimée et 97% des pêches estimées. Les espèces sélectionnées incluent (en nombre d'espèces) 52% de poissons, 16% de mollusques, 8% de crustacés et 8% d'échinodermes (plus autres). Les biomasses ont été évalué à partir de 3 sets de données (dont les campagnes MEDITS et PELMED), en fonction de leur pertinence pour une espèce donnée. Ce travail a bénéficié de données récentes sur les groupes du benthos (campagnes REDITS2010 et APPEALMED), jusqu'ici négligés. Les données des pêcheries, principalement basées sur les données du SIH, ont été détaillées pour 7 types d'engins de pêche (chaluts de fond, chaluts pélagique, filets, sennes, palangres, pêches récréatives et autres). Elles intègrent également des estimations de facteurs de corrections pour les pêches non déclarées, récréatives et les rejets.

Une fois équilibré, le modèle présente 5 niveaux trophiques (NT) avec Prionace glauca le plus élevé (5,2). Les invertébrés benthiques et démersaux représentent la plus grosse biomasse du système (45,6%), suivi par les vertébrés (23,4%) et le phyto et le zooplancton (12,6% et 11,7%, respectivement). Cependant, en lien avec leur forte productivité, les groupes phytoplanctoniques sont les plus consommés (56,1%), devant le zooplancton (9,8%), les groupes d'invertébrés (10%) et les poissons (0,6%). Parmi les poissons, les plus consommés sont *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus*, et *Sprattus sprattus* (51% de consommation cumulée). Les espèces les plus exploitées par les pêcheries sont *Sparus aurata* (8,9%), *Merluccius merluccius* (8,2%) and *E. encrasicolus* (8,1%). Les poissons crustivores 2, les calamars et *Conger conger* apparaissent comme des espèces/groupes clés. Les oiseaux marins et *Dicentrarchus labrax* présentent les plus haut index d'omnivorie (1,6 et 1,1, respectivement). La majorité des flux surviennent au NT II qui abrite 35,1% du « total throughput ». En revanche, la majeure partie des exports (dominés par les captures) survient aux NT III et IV, avec un NT moyen des prises de 3,47. La procédure d'évaluation du pédigrée du modèle donne un score de 0,64, le plaçant dans la tranche supérieur en termes de qualité de données.

GOLE4M est la première étape d'un projet de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) consistant à construire un modèle dynamique capable de suivre de le devenir des radionucléides dans le Golfe du Lion.

O. Boukaroum<sup>1\*</sup>, P. Höhener<sup>1</sup>, D. Gori<sup>1</sup>

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, LCE – UMR 7376, Faculté des Sciences, 13331 Marseille Cedex 3 - France

\*mohamed-ouassim.boukaroum@univ-amu.fr

Extensive use of petroleum hydrocarbons for diverse applications resulted in important environmental pollution, particularly in soil and groundwater. Many remediation techniques have been developed to treat hydrocarbon contaminations in those compartments. Before their application, it is essential to assess the fate of pollutants to ensure effective implementation [1-2].

Compound Specific Isotope Analysis (CSIA) is nowadays a well-implemented technique to monitor the progress of remediation after an oil spill. CSIA relies on changes in stable isotopes composition resulting from various processes (biodegradation under various conditions, volatilisation, diffusion, etc.). The former can be clearly identified by multi-elemental isotope analysis [3].

The objective of this study is to demonstrate the potential of CSIA to monitor long term hydrocarbon pollution in soils and groundwater. The biodegradability of trimethylbenzene isomers was studied as they are commonly found in oil spills and are relatively persistent [4]. Biodegradation experiments were conducted in microcosm reproducing a contaminated aquifer in the South of France [5]. Concentration and isotopes were monitored during the biodegradation under diverse oxidoreductive conditions.

First results show that trimethylbenzene biodegradation under sulfate-reducing condition leads to a positive  $\Delta\delta^{13}\text{C}$  shift up to +1.5‰ and  $\Delta\delta^2\text{H}$  by more than +100‰. Those results confirm the biodegradability of those persistent compounds in the conditions encountered in this groundwater system. The results will be later compared

with field study and conclusions on the application of CSIA to assess the origin and fate of persistent hydrocarbons will be drawn.

#### Acknowledgments :

This work is funded by the French National Research Agency (ANR) through grant ANR-18-CE04-0004, project DECiSiVE and by the Doctoral College Environmental Sciences (ED251).

#### References :

- [1] P. Panagos, M. Van Liedekerke, Y. Yigini, and L. Montanarella, 'Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network', *J. Environ. Public Health*, vol. 2013, pp. 1–11, 2013, doi: 10.1155/2013/158764.
- [2] I. C. Ossai, A. Ahmed, A. Hassan, and F. S. Hamid, 'Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review', *Environ. Technol. Innov.*, vol. 17, p. 100526, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.eti.2019.100526.
- [3] C. M. Aelion, P. Höhener, D. Hunkeler, and R. Aravena, Eds., *Environmental isotopes in biodegradation and bioremediation*. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [4] T. Fichtner, A. Fischer, and C. Dornack, 'Biodegradability of Trimethylbenzene Isomers under Denitrifying and Sulfate-Reducing Conditions', *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 4, p. 615, Feb. 2019, doi: 10.3390/ijerph16040615.
- [5] V. Ponsin, O. R. Mouloubou, P. Prudent, and P. Höhener, 'Does phosphate enhance the natural attenuation of crude oil in groundwater under defined redox conditions?', *J. Contam. Hydrol.*, vol. 169, pp. 4–18, Nov. 2014, doi: 10.1016/j.jconhyd.2014.04.003.

J. Camman<sup>1,2</sup>, G.Uzu<sup>2</sup>, G.Freche<sup>2</sup>, L.Richard<sup>2</sup>, J.L.Jaffrezo<sup>2</sup>, T.Madhbi<sup>2</sup>, N. Marchand<sup>1</sup>, B. d'Anna<sup>1</sup>, H. Wortham<sup>1</sup>

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

(2) Univ Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble, France

\*julie.camman@univ-amu.fr

In recent years, air pollution has become a global public health issue with at the national level 40,000 deaths attributable to fine particles each year (2016-2019). A significant number of epidemiological studies have linked some cardio-respiratory diseases and cancers but also chronic affections as asthma to particulate matter exposure. The mechanisms are not all yet well understood, but studies agree that Reactive Oxygen Species (ROS) present in particulate matter (PM) or induced by mechanisms within them induce oxidative stress, leading to damage in cells. These ROS are induced by many different chemical species themselves emitted from a variety of anthropic and natural sources. However, not all compounds produce oxidising species in the same way. Air quality monitoring regulations are currently based on the measurement of PM mass, but other parameters as composition, size distribution, surface area of PM influence its toxicity.

To integrate these parameters, atmospheric scientists develop for two decades a metric to account for the intrinsic capacity of particles to oxidize the lung which is called the Oxidative Potential (OP). A recent study confirmed that the mass of PM is controlled mainly by secondary inorganic components and crustal material while the OP concentration is driven by anthropogenic sources [1], implying that the measurement of this PM mass would not fully encourage the consideration of OP in the characterisation of the health impact of ambient air. The OP of particles is usually measured from the depletion of an antioxidant in contact with PM in solution from filters sampled over a period of several hours or days [2]. Although the method is inexpensive and easy to implement it probably underestimates the extent of the OP due to the short half-life of some ROS that may decompose during sample collection.

To overcome this problem and achieve a more accurate and time-resolved measurement, online tests are developed. The principle is to measure the OP of the ambient air directly in the field thanks to a prototype reproducing the physiological conditions of a lung. The *Institut des Géosciences de l'Environnement* (IGE) is currently developing this prototype including two complementary OP tests: acid ascorbic acid, a natural pulmonary antioxidant widely used in common acellular methods for quantifying OP, and dithiotreitol (DTT), a common lung fluid surrogate used by the atmospheric community. The principle is to pump ambient air for 20 minutes, collect and solubilise it in water ( $T_{\text{water}} = 37^{\circ}\text{C}$ ) -

including particles but also gases - in a mist chamber. This mixture is then directed into a flow cell where antioxidant representative of the pulmonary environment is injected, out of the light. The consumption reaction of the reactant is followed by spectrophotometry. The OP measure takes into account the blank of the device (constituted by water and antioxidant without any PM) and all volumes and durations involved, and is expressed as  $\text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Initial field trials for a few days were carried out in Grenoble. The prototype was deployed for several days within an underground parking and on the roof of the *Institut des Géosciences de l'Environnement*, located on the outskirts of the city and away from any direct source of particles. The results show that OP of the airborne particles analysed on the car park is higher than the one measured on the roof of the laboratory, for the same amount of PM material. This first step demonstrates that not all particles present in the ambient air react in the same way with the pulmonary medium. The qualification of this device is one of the objectives of the thesis project, the long-term objective of this work being to introduce this measurement routinely at air quality monitoring sites.

The second objective is to characterise the impact of the chemical composition of atmospheric particles on their OP. For this purpose, in addition to the measurement of OP, the chemical composition of the analysed PM is characterised by the "*Laboratoire d'analyse mobile Massalya*" (LCE). Several campaigns have been carried out to investigate the influence of the nature of the PM sources (vehicular emissions, port environment, urban secondary aerosol) on their OP. Publications presents mainly measurements on filters but very few have focused on online techniques to determine oxidative potential. This could provide a chemical understanding of some of the variations in OP on the same day.

#### References :

[1] Daellenbach, K.R., Uzu, G., Jiang, J., Cassagnes, L.-E., Leni, Z., Vlachou, A., Stefanelli, G., Canonaco, F., Weber, S., Segers, A., Kuenen, J.J.P., Schaap, M., Favez, O., Albinet, A., Aksoyoglu, S., Dommen, J., Baltensperger, U., Geiser, M., El Haddad, I., Jaffrezo, J.-L., Prévôt, A.S.H., *Nature* 587 (2020) , 414–419.

[2] Cho, A.K., Sioutas, C., Miguel, A.H., Kumagai, Y., Schmitz, D.A., Singh, M., Eiguren-Fernandez, A., Froines, J.R., *Environmental Research*, 99 (2005), 40–47

---

# DEVELOPPEMENT ET VALIDATION D'UN PROCEDE DE TRAITEMENT ET DE VALORISATION DE LIXIVIATS DE COMPOST : DEMARCHE D'ECONOMIE CIRCULAIRE POUR UNE PLATEFORME DE COMPOSTAGE

---

# Oral

C. Ibrahim Irka<sup>1\*</sup>, F. Theraulaz<sup>1</sup>, P. Wong Wah Chung<sup>1</sup>, P. Prudent<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, LCE UMR 7376, Marseille, France

\*[chaheer.irka@yahoo.fr](mailto:chaheer.irka@yahoo.fr)

Un traitement approprié est proposé en utilisant un andain spécifique (biotierre) recevant les lixiviats de composts de boues d'épuration. L'évolution du biotierre et la dégradation du contenu organique ont été suivies pendant 2 mois avec des arrosages réguliers de lixiviat pour évaluer les impacts physico-chimiques et le risque d'enrichissement de certains paramètres agronomiques (Azote et phosphore) et certains éléments traces métalliques (ETM) potentiellement néfastes pour l'environnement. La perspective finale est la valorisation des substrats du biotierre dans le processus de compostage en respectant la norme française de qualité d'usage, NFU 44-095 [1], dans une démarche d'économie circulaire [2]. Dans un premier temps, plusieurs biotieres ont été étudiés afin de trouver celui présentant le meilleur optimum technique pour une application industrielle. Dans un deuxième temps, l'étude du biotierre optimisé a été réalisée pour suivre l'évolution des composés ciblés pendant l'essai. Les paramètres physico-chimiques classiques (carbone total (CT), azote total (NT), éléments traces métalliques (ETM), phosphore total (PT)) ont été mesurés dans les fractions solides sèches des biotieres conformément à la norme. Même si le lixiviat de compost étudié était fortement concentré en azote ammoniacal (10,4 gN.L<sup>-1</sup> en moyenne), une diminution significative de cet élément a été observée dans le biotierre après 2 semaines. L'étude de l'évolution de la signature isotopique ( $\delta^{15}\text{N}$ ) confirme une perte de l'azote apporté par le lixiviat

sous forme d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Les caractéristiques physico-chimiques du biotierre à la fin de l'expérience étaient les mêmes qu'avant le premier arrosage de lixiviat dans le biotierre. De plus, aucun enrichissement significatif en contaminants notamment en ETM n'a été observé. Les résultats ont montré qu'il serait possible pour les plateformes de compostage de mettre en œuvre ce procédé peu coûteux et durable pour le traitement des lixiviats.

## Remerciements :

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

## Références :

- [1] AFNOR, Afnor EDITIONS (2002). <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u44095/amendements-organiques-composts-contenant-des-matieres-dinteret-agronomique/fa107372/520> (consulté le 9 septembre 2021).
- [2] J.H. Clark, T.J. Farmer, L. Herrero-Davila, J. Sherwood, Green Chem, 18 (2016), 3914–3934.

L. Le Berre<sup>1,2,3,\*</sup>, B. Chazeau<sup>1,4</sup>, B. Temime-Roussel<sup>1</sup>, G.M. Lanzafame<sup>1</sup>, A. Armengaud<sup>3</sup>, S. Sauvage<sup>5</sup>, L. Ntziachristos<sup>6,7</sup>, N. Marchand<sup>1</sup>, B. D'Anna<sup>1</sup> and H. Wortham<sup>1</sup>

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

(2) ADEME, French Agency for ecological transition, Angers, 49004, France

(3) AtmoSud, Regional Network for Air Quality Monitoring of Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Marseille, France

(4) Laboratory of Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen, Switzerland

(5) CERIEE, Centre for Energy and Environment, IMT Lille Douai, University of Lille, Douai, 59508, France

(6) Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

(7) Aerosol Physics Laboratory, Physics Unit, Tampere University, Tampere, 33720, Finland

\* [lise.le-berre@univ-amu.fr](mailto:lise.le-berre@univ-amu.fr)

Le transport maritime ; en constante augmentation ces dernières années ; constitue une source importante d'émissions de polluants atmosphériques qui engendrent des impacts substantiels sur le climat, la qualité de l'air et la santé des populations [1]. Les nombreux efforts législatifs, déployés ces dernières années, ont permis de réduire les émissions de certains polluants gazeux tel que le dioxyde de soufre. En revanche, la composition chimique des particules submicroniques, et notamment celle en Eléments Traces Métalliques (ETM), est aujourd'hui peu documentée [2] alors que cette information est un élément crucial pour évaluer et quantifier les impacts sanitaires et environnementaux.

Face à ces constats, deux campagnes de mesures de grande ampleur ont été réalisées à l'été 2021 à Marseille ; ville qui accueille en son cœur le premier port français de marchandises et de croisières. Plus de 40 composés (dont près de 30 ETM) ont été étudiés dans la fraction submicronique des particules. Le nombre et la granulométrie des particules ainsi que les concentrations de composés gazeux (e.g. SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs) ont également été renseignés. Ces mesures ont été effectuées simultanément 1) sous influence directe des navires, le long des quais du port (deux sites de mesures) et 2) en fond urbain sur le super site aérosols de Marseille (MRS-LCP) situé à 2 km du port.

Au sein de la zone portuaire, l'étude des nombreux panaches, captés sur les deux sites de mesures, confirme que les panaches de navires sont associés à des pics de particules ultrafines ( $D_{mob} < 70$  nm), de Black Carbon (BC), d'aérosol organique (OA), d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). L'utilisation inédite d'analyseurs de métaux en ligne (Xact 625i) à un pas de temps de 30 min permet, quant à elle, de mettre en évidence la présence systématique dans les panaches, de vanadium (V), de nickel (Ni) et de soufre (S) avec en sus, dans certaines conditions, du fer (Fe), du calcium (Ca), de l'arsenic (As), du titane (Ti) et du cuivre (Cu).

Une analyse statistique plus poussée sur les ETM a permis de définir les profils d'émissions « métaux » des

navires. Cette analyse a été réalisée à l'aide d'un modèle-récepteur PMF (Positive Matrix Factorisation) équipé du solveur multilinéaire ME-2 (SoFi Pro) [3].

Sur le site de fond urbain (MRS-LCP), des PMF préliminaires réalisées à partir d'une matrice de données ETM (été 2019) montraient qu'un facteur « bateaux » pourrait être identifié. Ce facteur, enrichi en V et Ni, présentait un profil journalier corrélé aux arrivées et aux départs des navires. Les profils « métaux » des navires déterminés au sein de la zone portuaire pourront être utilisés pour contraindre de futures PMF « métaux » sur le site MRS-LCP et ainsi permettre de mieux évaluer la contribution de la source « bateaux » sur la qualité de l'air de Marseille. L'impact de l'obligation de réduction des teneurs en soufre dans les carburants (janvier 2020), pourra alors être évaluée en comparant les résultats des PMF de l'été 2019 à ceux de l'été 2021.

### Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'agence française de la transition écologique (ADEME) ainsi que l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air AtmoSud pour le financement du doctorat de L. Le Berre qui s'appuie sur les mesures réalisées dans le cadre 1) du projet SCIPPER financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 814893 et 2) du projet PAREA également soutenu par l'ADEME dans le cadre de son programme de recherche CORTEA 2019.

### Références

- [1] S. Sorte, V. Rodrigues, C. Borrego, and A. Monteiro, *Environmental Pollution*, 257 (2020) 113542.
- [2] E. Gregoris *et al.*, *Atmospheric Pollution Research*, 12 (2021) 261–271.
- [3] F. Canonaco, M. Crippa, J. G. Slowik, U. Baltensperger, and A. S. H. Prévôt, *Atmospheric Measurement Techniques*, 6 (2013) 3649–3661.

M. Marechal<sup>1,4\*</sup>, O. Correc<sup>1</sup>, A. Couzinet<sup>1</sup>, N. Cimetièrre<sup>2</sup>, F. Gérardin<sup>3</sup>, J-L. Boudenne<sup>4</sup>

<sup>(1)</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Aquasim, 11 rue Henri Picherit, 44323 Nantes.

<sup>(2)</sup> École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes (ENSCR), Chimie et Ingénierie des Procédés, 11 Allée de Beaulieu, 35708 Rennes.

<sup>(3)</sup> Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Cedex.

<sup>(4)</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, 3 Place Victor Hugo, 13003 Marseille, France

\*[martin.marechal@cstb.fr](mailto:martin.marechal@cstb.fr)

La pollution dissoute dans les eaux de piscines est souvent simulée par un mélange de substances appelé BFA (Body Fluid Analog / Analogie de fluides corporels), dont la composition permet de représenter les apports des baigneurs en substances dissoutes (urine, salive, transpiration) [1]. Beaucoup d'études utilisent le BFA, aussi bien à l'échelle laboratoire [2,3] qu'à l'échelle pilote [4,5]. Cependant, la pollution apportée dans les baigneurs peut aussi être sous forme particulaire, à l'instar des cheveux, des squames, de micro-organismes ou de certains produits cosmétiques [6].

La pollution particulaire est quant à elle peu référencée dans la littérature scientifique, et seulement quelques études évoquent la possible formation de sous-produits de chloration (SPCs) à partir des particules présentes dans les eaux de piscines [7,8]. Les particules semblent non seulement avoir une contribution significative sur la formation des SPCs, mais le potentiel de formation des SPCs semble être supérieur au BFA ou à la matière organique naturelle [7]. À l'heure actuelle, le BFA ne prend pas en compte les particules en tant qu'espèces consommatrices de chlore ou précurseurs des SPCs. Une meilleure compréhension de la composition des particules apportées par les baigneurs permettra donc de formuler une description plus précise du BFA.

Cette étude montre les résultats obtenus lors de 2 campagnes menées dans une piscine couverte située dans l'ouest de la France. La première campagne visait à étudier la pollution particulaire présente dans l'eau de lavage de filtre à sable d'un bassin suite à un rétrolavage du filtre. La deuxième campagne avait pour but de quantifier la pollution particulaire apportée par des baigneurs scolaires ayant fréquenté le même bassin. Ces baigneurs étaient les seuls autorisés suite aux restrictions mises en place au moment de cette deuxième campagne par le gouvernement lors de la pandémie de Covid-19. Pour les 2 campagnes, le pH et la conductivité ont montré des tendances similaires. De plus, la concentration en chlore combiné était supérieure dans les eaux de lavage de filtre que dans l'eau ultrafiltrée (prélevée pour la première campagne), l'eau du bassin et l'eau d'alimentation (eau potable).

Les mesures effectuées lors de la première campagne ont montré la présence d'un pic de matières en suspension qui atteignait environ 90 mg.L<sup>-1</sup> dans les eaux de lavage de filtre. La taille des particules variait de 2 à 200 µm (96% des particules) et les analyses granulométriques a mis en évidence un pic de taille de particules à 23,8 µm. Le carbone organique particulaire et le carbone organique total ont été estimés respectivement à 152,1 et 198,0 mgC.baigneur<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> (environ 77% de carbone particulaire

par rapport au carbone organique total), très inférieur à la quantité de carbone organique total rejeté par les baigneurs et citée dans la littérature (environ 500 mgC.baigneur<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, [9]).

Pour la deuxième campagne, la valeur maximale concernant les matières en suspension était de 90 mg.L<sup>-1</sup>. Les analyses granulométriques ont montré la présence de 2 pics : le premier à 0,6-0,7 µm possiblement dû à la présence de bactéries et le second à 18-20 µm (média filtrant) [10]. Les rejets en carbone organique particulaire et en carbone organique total ont été estimés à 16,4 et 28,2 mgC.baigneur<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> respectivement (ratio carbone particulaire / carbone total : environ 58%). L'analyse de certains SPCs ont montré que l'acide dichloroacétique (DCAA, environ 75 µg.L<sup>-1</sup>) et l'acide trichloroacétique (TCAA, environ 122 µg.L<sup>-1</sup>) étaient les espèces dominantes dans les eaux de lavage de filtre, suivies par l'hydrate de chloral (environ 28 µg.L<sup>-1</sup>) et le chloroforme (environ 18 µg.L<sup>-1</sup>). Sur l'ensemble des SPCs analysés, seul l'hydrate de chlore ne présentait pas de concentration dans l'intervalle de celles relevées dans les piscines françaises (96,5-430, [5]) et seul le bromodichlorométhane (2,0-3,3 µg.L<sup>-1</sup>) présentait des valeurs de concentrations au-dessus de la moyenne française (1,2 µg.L<sup>-1</sup>, [5]).

## Références :

- [1] S. J. Judd, G. Bullock, *Chemosphere*, 51 (2003) 869-879.
- [2] A. Kanan, T. Karanfil, *Water Research*, 45 (2011) 926-932.
- [3] K. M. S. Hansen, S. Willach, M. G. Antoniou, H. Mosbaek, H. Albrechtsen, H. R. Andersen, *Water Research*, 46 (2012) 312-318.
- [4] S. J. Judd, S. H. Black, *Water Research*, 34 (2000) 1611-1619.
- [5] L. Tsamba, O. Correc, A. Couzinet, *Environment International*, 137 (2020) art n°105566.
- [6] T. Manasfi, B. Coulomb, J-L. Boudenne, *International journal of hygiene and environmental health*, 220 (2017) 591-603.
- [7] K. M. S. Hansen, S. Willach, H. Mosbaek, H. R. Andersen, *Chemosphere*, 87 (2012) 241-247.
- [8] H. Kim, J. Shim, S. Lee, *Chemosphere*, 46 (2002) 123-130.
- [9] M. G. A. Keuten, M. C. F. M. Peters, H. A. M. Daenen, M. K. de Kreuk, L. C. Rietveld, J. C. van Dijk, *Water Research*, 52 (2014) 259-270
- [10] *Utilisation des procédés membranaires pour la filtration des eaux de piscine*. Avis de l'ANSES, rapport d'expertise collective (Édition scientifique), Mai 2020.

B. Marques<sup>1\*</sup>, E. Kostenidou<sup>1</sup>, B. Vansevenant<sup>2,3</sup>, T. Sarica<sup>4</sup>, B. Temime-Roussel<sup>1</sup>, L. Fine<sup>2</sup>, Y. Liu<sup>3</sup>, K. Sartelet<sup>4</sup>, C. Ferronato<sup>2</sup>, B. D'Anna<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, UMR 7376, 13331 Marseille, France

<sup>(2)</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, IRCELYON, F-69626, Villeurbanne, France

<sup>(3)</sup> AME-EASE, Univ Gustave Eiffel, Lyon, France

<sup>(4)</sup> CERE, Ecole des Ponts ParisTech EdF R&D, Marne-la Vallée, 77455, France

\*[baptiste.marques@univ-amu.fr](mailto:baptiste.marques@univ-amu.fr)

Le transport routier constitue une source importante de pollution, responsable d'effets néfastes sur la santé et sur l'environnement. On distingue deux types d'émissions à l'échappement des véhicules : les émissions particulaires primaires, et les émissions de précurseurs gazeux tels que les composés organiques volatils (COV) et de volatilité intermédiaire (COVI), qui contribuent à la formation de l'aérosol organique secondaire (AOS). En France, le trafic routier représente 40% des émissions de carbone suie [1] et 15% des émissions de COV en zone urbaine [2]. L'étude de la composition des émissions primaires et des précurseurs d'AOS sont donc des enjeux majeurs pour pouvoir diminuer l'impact du transport routier sur la qualité de l'air.

Dans le cadre du projet MAESTRO et de l'ANR POLEMICS, en collaboration avec le laboratoire EASE et l'IRCELYON, nous avons réalisé une série d'expériences sur différents véhicules essence et diesel des normes Euro 5 et Euro 6. Les tests ont été réalisés sur un banc à rouleaux selon les cycles de conduite ARTEMIS [3] (Cycles urbain et autoroutier) afin d'étudier l'influence des conditions de conduite et des technologies de dépollution tels que le catalyseur d'oxydation (DOC) et les filtres à particule diesel (DPF) et essence (GPF) sur les émissions à l'échappement. Les outils analytiques de la plateforme mutualisée Massalya et du LCE (Proton-Transfer-Reaction-Time-of-Flight Mass Spectrometer pour les COV, Aerosol Mass Spectrometer et Multi Angle Absorption Photometer pour la caractérisation chimique des particules, et Scanning Mobility Particle Sizer pour l'analyse de leur distribution granulométrique) ont permis de caractériser les émissions primaires gazeuses et particulaires avec une haute résolution temporelle (1-60 secondes). En complément, des analyses hors-ligne par ATD-GC-MS ont

été réalisées à l'IRCELYON, afin de d'étudier les précurseurs d'AOS et plus particulièrement les COVI.

Lors de cette présentation, nous nous intéresserons à la caractérisation des émissions primaires gazeuses et particulaires de six véhicules essence et diesel. Nous présenterons tout d'abord les résultats de l'analyse des émissions particulaires primaires et l'impact de l'introduction du GPF, puis nous détaillerons l'étude des émissions primaires gazeuses, afin de caractériser de manière détaillée leur composition chimique et d'identifier les différents précurseurs gazeux responsables de la formation d'AOS. Enfin, nous présenterons les résultats de l'analyse statistique des variations temporelles des concentrations en COV par Positive Matrix Factorisation (PMF), qui a permis d'identifier différents facteurs influençant leurs émissions tels que le démarrage du moteur, l'activation des catalyseurs, ou le ratio de mélange air/carburant.

#### Références :

- [1] Citepa, Juillet 2021. Inventaire Des Émissions de Polluants Atmosphériques et de Gaz à Effet de Serre En France – Format Secten.
- [2] Baudic, A.; Gros, V.; Sauvage, S.; Locoge, N.; Sanchez, O.; Sarda-Estève, R.; Kalogridis, C.; Petit, J.-E.; Bonnaire, N.; Baisnée, D.; et al. Seasonal Variability and Source Apportionment of Volatile Organic Compounds (VOCs) in the Paris Megacity (France). *Atmos. Chem. Phys.* 2016, 16
- [3] André, M. The ARTEMIS European Driving Cycles for Measuring Car Pollutant Emissions. *Science of The Total Environment* 2004, 334–335, 73–84.

# M2P2

M. Drouin<sup>1\*</sup>, G. Parravicini<sup>1</sup>, S. Nasser<sup>2</sup>, P. Moulin<sup>1</sup>

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, EPM, Marseille, France

(2) CMAships Boulevard Jacques SAADE, 4 Quai d'Arènes 13235 Marseille Cedex 02, France

\*maryse.drouin@etu.univ-amu.fr

Le transport de marchandises est aujourd'hui principalement réalisé par la voie maritime. Bien que considéré comme étant le mode de transport à grande échelle le moins polluant, des restrictions de plus en plus strictes concernant les rejets atmosphériques et aqueux sont imposées par l'Organisation Maritime Internationale (OMI). L'objectif est de limiter encore plus empreinte environnementale des bateaux au cours de leurs voyages en réponse à l'accroissement des échanges internationaux. Depuis plusieurs années la concentration en oxyde de soufre dans les fumées des bateaux est de plus en plus contrôlée. Des limitations plus strictes sur l'émission des SO<sub>x</sub> ayant déjà été mises en place dans les zones sensibles et contrôlées (zones portuaires ou côtières) depuis 2015. C'est en 2020, que la concentration de SO<sub>x</sub> tolérée dans les fumées d'échappement a drastiquement été réduite en pleine mer, passant de 3,5 à 0,5% autorisé ce qui a engendré une importante transition énergétique : « cap suflur 2020 » [1]. De plus, des restrictions locales plus dures sur le rejet des eaux en milieu naturel voient le jour notamment dans les zones sensibles.

Pour faire face aux nouvelles réglementations tout en réduisant les coûts de navigations liés à la consommation de fioul moins de soufre, les armateurs ont décidé d'installer sur certains de leurs navires déjà en service des unités de traitement des gaz d'échappement [2]. La désulfuration des gaz d'échappement est réalisée par absorption des composés soufrés et autres polluants du gaz au contact d'une phase aqueuse alcaline. L'unité est capable de fonctionner soit en « open loop » (simple passage de l'eau dans la colonne) en pleine mer soit en « closed loop » (recirculation en continu) lorsque les réglementations sont plus strictes en fonction des zones de navigation. Le fonctionnement en « closed loop » couple le procédé d'absorption avec des unités membranaires permettant ainsi le traitement des eaux de lavage directement avant leur rejet en mer.

L'objectif de l'étude est d'étudier le fonctionnement des unités d'ultrafiltration afin de déterminer des conditions de fonctionnement viable qui (i) respectent les contraintes de navigations (ii) s'adaptent à la variabilité des fluides à traiter et (iii) anticipent les prochaines réglementations. En d'autres termes, il convient d'identifier les paramètres opératoires permettant de limiter le volume de concentrat, de maintenir et stabiliser les performances sur le long terme et d'améliorer l'élimination des composés polluants tels que les particules fines, les métaux lourds et les

hydrocarbures. Les installations sont déjà implantées et opérationnelles sur une cinquantaine de navires.

Pour répondre à la problématique, une unité de filtration semi-industrielle est dimensionnée et fonctionne de façon analogue aux unités installées à bords des navires. La filtration est réalisée à flux constant avec l'initialisation de rétrolavages (RL) à intervalle de temps régulier à contre sens de la membrane. Une membrane multitubulaire en carbure de silicium comme sur les bateaux est utilisée pour les tests [3]. Différentes conditions opératoires (flux, fréquence de RL) sont appliquées à l'unité. Les suspensions d'alimentation proviennent directement des bateaux étudiés et sont représentatives de la variabilité de la qualité des eaux à traiter en conditions réelles.

De manière générale, le comportement de la membrane dépend majoritairement de la qualité des suspensions à traiter. L'analyse des résultats a permis de distinguer deux catégories de fluides. Des effluents ayant un faible pouvoir colmatant où la perméabilité est maintenue à des valeurs supérieures à 400 L.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.bar<sup>-1</sup> avec de fortes conditions de filtration c'est-à-dire un fort flux : J<sub>p</sub> = 250 L.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> et un fort taux de récupération : R<sub>w</sub> = 92%. La seconde catégorie regroupe des effluents plus complexes à traiter qui pour une même durée de filtration, donne des perméabilités de travail plus faibles autour de 200 L.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.bar<sup>-1</sup> malgré des conditions de filtration plus douces (J<sub>p</sub> = 60 L.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, R<sub>w</sub> = 70%). Ainsi, il est nécessaire de s'adapter au bateau sélectionné (puissance des moteurs, voie de navigation, etc..) afin de déterminer les meilleures conditions opératoires. Par ailleurs, les analyses réalisées sur les échantillons prélevés montrent une bonne élimination des matières en suspension avec une turbidité au perméat inférieure à 6 NTU et une rétention d'environ 90% des métaux lourds. À terme les paramètres opératoires définis seront testés en conditions réelles sur les unités déjà implantées à bords des navires afin de valider leur robustesse au cours de la navigation.

## Références

- [1] « IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions », <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx> (consulté le 14 mars 2022).
- [2] S. Vedachalam, N. Baquerizo, A. K. Dalai, *Fuel*, 310 (2022) 122243
- [3] E. Eray, VM. Candelario, V. Boffa, H. Safar, DN. Østedgaard-Munck, N. Zahrtmann, H. Kadrispahica, M. K. Jørgensen, *Chemical Engineering Journal*, 414 (2021) 1288

V.Numa<sup>1,2\*</sup>, C. Crampon<sup>1</sup>, A.Bellon<sup>2</sup>, E. Badens<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

<sup>2</sup> Symrise SAS, Clichy, 92110, France

\* venicia.numa@symrise.com

La production mondiale de déchets est estimée à environ 2 milliards de tonnes par an, mais seulement 13,5% sont recyclés ou valorisés. Parmi ces déchets, 44% sont des déchets d'origine alimentaire. La pomme est l'un des fruits les plus consommés au monde et représente environ 70 millions de tonnes par an (2017). La valorisation du marc de pomme pourrait donc aider à réduire l'impact environnemental des industries alimentaires, à obtenir des composés bioactifs à haute valeur ajoutée tels que les polyphénols (phloridzine, phlorétine)[1],[2] et des composés lipophiles (acide ursolique, érythrodiol, acide oléique, acide linoléique) [3]–[5]. Ces composés, en particulier pour la partie lipophile, peuvent être obtenus par extraction au CO<sub>2</sub> supercritique (Sc-CO<sub>2</sub>), connue pour être une technique durable prometteuse pour les extraits à haute valeur ajoutée. Les principaux objectifs de cette étude sont de déterminer les meilleures conditions d'extraction des composés présents dans le marc de pomme par Sc-CO<sub>2</sub> comparativement à des méthodes conventionnelles, de développer une méthode d'extraction intégrée et de mettre en place une méthode applicable à l'échelle industrielle.

Les conditions étudiées pour les extractions par Sc-CO<sub>2</sub> du marc de pomme lyophilisé et broyé sont des pressions entre 200 et 400 bars, des températures entre 35 et 55 °C, un débit de CO<sub>2</sub> à 0,14 kg/h et une taille moyenne des particules de 400 µm. Les rendements d'extraction obtenus par Sc-CO<sub>2</sub> dépendent des conditions opératoires et sont compris entre 6 et 10% vis-à-vis de la masse initiale de biomasse pour des durées allant jusqu'à 125min. Comme prévu, ces extraits ont montré un nombre élevé de composés lipophiles, tels que l'acide linoléique, un composé intéressant pour l'industrie cosmétique (régénération de la barrière lipidique, réduction de la perte d'eau) qui se trouve également dans l'extrait de n-hexane Soxhlet. Comparativement, des extractions par Soxhlet (durée de 8 h) ont été effectuées avec différents solvants ; n-hexane et un mélange éthanol-eau (50:50 ; w:w%). Les extraits obtenus ont ensuite été analysés par chromatographie liquide (HPLC). Toutes les méthodes d'extraction ont permis d'identifier des composés intéressants dans les extraits tels que l'acide ursolique (antioxydant) ou encore l'érythrodiol (réduction de l'inflammation) de la famille des acides triterpéniques. L'extraction par Soxhlet a conduit à des rendements d'extraction d'environ 12 et 28% pour les extractions réalisées avec le n-hexane et le mélange éthanol-eau, respectivement. Les extraits éthanol-eau ont montré la présence de phloridzine, un composé d'intérêt majeur de

la pomme, et de l'acide oxopomolique a été détecté dans les extraits n-hexane et éthanol-eau. L'extraction par Sc-CO<sub>2</sub> assistée de co-solvants polaires sera une perspective d'intérêt, en particulier pour la comparaison avec l'extraction par Soxhlet éthanol : eau.

Ces travaux nous aideront à optimiser l'extraction par Sc-CO<sub>2</sub> pour obtenir des rendements d'extraction optimaux, des composés d'intérêt et une amélioration de leurs propriétés actives, notamment pour l'industrie cosmétique. Cependant, plusieurs contraintes doivent être prises en compte avec les co-produits, telles que leur stabilité, leur disponibilité, leur traçabilité et leur approvisionnement.

Enfin, par cette valorisation du marc de pomme, la mise en place d'une économie circulaire durable du secteur alimentaire à destination du secteur cosmétique via des procédés verts et innovants serait favorisée.

## Références :

- [1] K. Waldbauer, R. McKinnon, and B. Kopp, "Apple Pomace as Potential Source of Natural Active Compounds," *Planta Med.*, vol. 83, no. 12–13, pp. 994–1010, Aug. 2017, doi: 10.1055/s-0043-111898.
- [2] C. G. Grigoras, E. Destandau, L. Fougère, and C. Elfakir, "Evaluation of apple pomace extracts as a source of bioactive compounds," *Ind. Crops Prod.*, vol. 49, pp. 794–804, Aug. 2013, doi: 10.1016/j.indcrop.2013.06.026.
- [3] R. De la Peña Armada, M. R. Bronze, A. Matias, and I. Mateos-Aparicio, "Triterpene-Rich Supercritical CO<sub>2</sub> Extracts from Apple By-product Protect Human Keratinocytes Against ROS," *Food Bioprocess Technol.*, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11947-021-02615-0.
- [4] J. Li *et al.*, "Supercritical carbon dioxide and hexane extraction of wax from apple peel pomace: content, composition, and thermal properties," *Sep. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 14, pp. 2230–2237, 2015.
- [5] S. H. Nile, A. Nile, J. Liu, D. H. Kim, and G. Kai, "Exploitation of apple pomace towards extraction of triterpenic acids, antioxidant potential, cytotoxic effects, and inhibition of clinically important enzymes," *Food Chem. Toxicol.*, vol. 131, p. 110563, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.fct.2019.110563.

---

**MESOPELAGIC MICROBIAL CARBON PRODUCTION  
CORRELATES WITH DIVERSITY ACROSS DIFFERENT MARINE  
PARTICLE FRACTIONS**

---

#Oral

Chloé M. J. Baumas<sup>1</sup>, Frédéric A. C. Le Moigne<sup>1</sup>, Marc Garel<sup>1</sup>, Nagib Bhairy<sup>1</sup>, Sophie Guasco<sup>1</sup>,  
Virginie Riou<sup>1</sup>, Fabrice Armougom<sup>1</sup>, Hans-Peter Grossart<sup>2,3</sup>, Christian Tamburini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix-Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO, UM 110), Marseille, France

<sup>2</sup> Department of Experimental Limnology, Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Stechlin, Germany

<sup>3</sup> Institute of Biochemistry and Biology, Potsdam University, 14469 Potsdam, Germany

\*[chloe.baumas@mio.osupytheas.fr](mailto:chloe.baumas@mio.osupytheas.fr)

The vertical flux of marine snow particles significantly reduces atmospheric carbon dioxide concentration. In the mesopelagic zone, a large proportion of the organic carbon carried by sinking particles dissipates thereby escaping long term sequestration [1]. Particle associated prokaryotes are largely responsible for such organic carbon loss. However, links between this important ecosystem flux and ecological processes such as community development of prokaryotes on different particle fractions (sinking vs. non-sinking) are yet virtually unknown. This prevents accurate predictions of mesopelagic organic carbon loss in response to changing ocean dynamics. Using combined measurements of prokaryotic heterotrophic production rates and species richness in the North Atlantic, we reveal that carbon loss rates and associated microbial richness are drastically different with particle fractions. Our results demonstrate a strong negative correlation between prokaryotic carbon losses and species richness. Such a trend may be related to

prokaryotes detaching from fast-sinking particles constantly enriching non-sinking associated communities in the mesopelagic zone. Existing global scale data suggest this negative correlation is a widespread feature of mesopelagic microbes [2].

**Références :**

[1] Le Moigne, F. A. C. (2019). Pathways of organic carbon downward transport by the oceanic biological carbon pump. *Frontiers in Marine Sciences*, 6(October), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00634>

[2] Baumas, C. M. J., Le Moigne, F. A. C., Garel, M., Bhairy, N., Guasco, S., Riou, V., Armougom, F., Grossart, H.-P., & Tamburini, C. (2021). Mesopelagic microbial carbon production correlates with diversity across different marine particle fractions. *The ISME Journal*, 15(6), 1695–1708. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-00880-z>

MM. Desgranges<sup>1\*</sup>, D. Point<sup>2</sup>, J. Sonke<sup>2</sup>, S. Audry<sup>2</sup>, A. Pietri<sup>4</sup>, F. Colas<sup>4</sup>, C. Baumas<sup>1</sup>, F. Le Moigne<sup>1</sup>, A. Dufour<sup>1</sup>, P. Raimbault<sup>1</sup>, B. Oursel<sup>1</sup>, J. Ledesma<sup>3</sup>, W. Carhuapoma<sup>3</sup>, K. Díaz<sup>3</sup>, M. Graco<sup>3</sup>, LE. Heimbürger-Boavida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, 163 avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex09, France

<sup>2</sup>Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi-Pyrénées, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

<sup>3</sup>Instituto del Mar del Peru (IMARPE), Esq. Gamarra y Gral. Valle S/n Prov. Const. del Callao, Callao, 1 Peru

<sup>4</sup>LOCEAN - Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques

\*marie-maelle.desgranges@mio.osupytheas.fr

Humans are exposed to mercury through consumption of seafood contaminated with methylmercury (MeHg), a neurotoxin produced within the water column and having the ability to bioconcentrate and biomagnify along the trophic chain. Several studies agree that MeHg concentrations are higher in oxygen-depleted aquatic environments where remineralization of organic matter would favor MeHg production. Oxygen minimum zones (OMZ) in upwelling areas, such as Peru, located in the eastern boundary currents in the Atlantic and Pacific oceans have high primary productivity resulting in intense remineralization of organic matter in the underlying OMZ. Thus, a study showed in a transect of the Tropical South Pacific Ocean that concentrations of methylated mercury species were highest near the coast off Peru under the lower oxygen conditions. However, another study in the California Current concludes that neither the sediment nor the oxygen minimum zone appears to be substantial sources of MeHg in this upwelling area. Our study takes

place in the Peruvian upwelling system, which is a highly productive system and one of the shallow and more intense OMZ, with extreme redox and carbon gradients known to favor MeHg production. We collected samples of filtered and unfiltered seawater, sediment, and interstitial water to determine mercury speciation along two coast-wide transects (14°S and 12°S) during an austral winter cruise in August 2019. Our total mercury (tHg) results in the water column ( $0.9 \pm 0.3$  pM) are in the same range as previous study. The average of MeHg/tHg is  $44 \pm 33$  %, with the highest values found near the surface. The highest concentrations of particulate mercury are in the most coastal areas. Diffusive flux calculations indicate that sediment is not a significant source of mercury to the water column. Our study contributes to a better understanding of the biogeochemical cycling of mercury in upwelling areas by providing the first mercury data in the very coastal Peruvian OMZ.

M. Fiard<sup>1\*</sup>, P. Cuny<sup>1</sup>, L. Sylvi<sup>1</sup>, C. Hubas<sup>2</sup>, R. Jézéquel<sup>3</sup>, D. Lamy<sup>4,5</sup>, R. Walcker<sup>6</sup>, A. El Houssainy<sup>1</sup>, L.E. Heimbürger-Boavida<sup>1</sup>, T. Robinet<sup>2</sup>, I. Bihannic<sup>7</sup>, F. Gilbert<sup>6</sup>, E. Michaud<sup>7</sup>, G. Dilberg<sup>4</sup>, C. Milton<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, 13288 Marseille, France

<sup>(2)</sup> Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (UMR 8067 BOREA) Muséum National D'Histoire Naturelle, CNRS, Sorbonne Université, IRD, UCN, UA, Station Marine de Concarneau, 29900 Concarneau, France

<sup>(3)</sup> CEDRE, Rue Alain Colas, 29218 Brest CEDEX 2, France

<sup>(4)</sup> Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (UMR 8067 BOREA) Muséum National D'Histoire Naturelle, CNRS, Sorbonne Université, IRD, UCN, UA, Rue Buffon, 75005 Paris, France

<sup>(5)</sup> Institute of Ecology and Environmental Sciences of Paris (iEES-Paris), Sorbonne Université, Univ Paris Est Créteil, IRD, CNRS, INRA, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

<sup>(6)</sup> Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

<sup>(7)</sup> Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, 29280 Plouzané, France

\*maud.fiard@univ-amu.fr

Les forêts de mangrove font partie des écosystèmes emblématiques de la planète. Elles sont localisées au niveau des côtes et estuaires en zones intertropicales et sont réparties en deux grandes aires floristiques : le bassin oriental (Indo-Ouest Pacifique) et le bassin occidental (Atlantique-Est Pacifique). Ces forêts participent à l'atténuation du changement climatique en séquestrant jusqu'à 226 gC/m<sup>2</sup>/an [1] et constituent des zones de reproduction et d'alimentation pour de nombreux organismes aquatiques et terrestres. En Guyane Française (entre les estuaires de l'Oyapock et du Maroni, Amérique du Sud), les mangroves occupent 70000 ha dans la zone littorale, faisant de la Guyane le territoire français abritant la plus grande superficie de mangrove. Les mangroves guyanaises sont connues pour être faiblement impactées par les activités humaines contrairement à la majorité des mangroves de l'aire occidentale. Au sein de la matrice sédimentaire, le compartiment microbien est très diversifié et joue des rôles fondamentaux dans le fonctionnement de l'écosystème (production, décomposition de la matière organique (MO), recyclage des nutriments, base du réseau trophique) [2]. Malgré son importance, le microbiote des mangroves de l'aire occidentale des zones faiblement anthropisées est très peu décrit. Dans cette étude, nous avons caractérisé les variations du microbiote en réponse aux caractéristiques environnementales sédimentaires de l'estuaire de la rivière Cayenne qui borde la plus grande ville de Guyane française, Cayenne (plus de 60 000 habitants). Pour cela, trois stations d'échantillonnage (S1, S2, S3) ont été sélectionnées le long du gradient urbain-rural de l'estuaire. La station 1 (S1) est située à proximité immédiate de la ville et de sa station d'épuration. La station 2 (S2) est localisée à la confluence des rivières Cayenne et Montsinery et est proche de quartiers résidentiels. La station 3 (S3) est située à 11,7 km de S1 et à 4,7 km de S2, dans une zone naturelle, relativement préservée des activités humaines. Dans chaque station, trois carottes de sédiments ont été prélevées (0-18cm) et trois horizons composites ont été analysés : 0-2 cm, 2-10 cm, et >10 cm. Plusieurs paramètres environnementaux ont été mesurés : pH, potentiel redox, salinité, granulométrie, carbone total

(TC), azote total (TN), métaux et métalloïdes traces (TMM), et contaminants organiques. Au sein de ces horizons, la biomasse microbienne (dosage fluorimétrique), l'abondance bactérienne et archéenne (PCR quantitative) et la structure du microbiote (séquençage 16S MiSeq Illumina et traitement bio-informatique) ont été déterminés. Trois types de pressions ont été mis en évidence le long de l'estuaire : un enrichissement en MO en S1, une contamination à la dieldrine en S2 (un pesticide organochloré interdit depuis une cinquantaine d'années), et une contamination au naphtalène en S3 (hydrocarbure aromatique d'origine pyrolytique). L'enrichissement en S1 a engendré une augmentation de l'abondance bactérienne. Par ailleurs, en relation apparente avec les 3 types de pressions identifiés, les assemblages microbiens sont différents au sein des trois sites de mangrove étudiés. Nous avons pu déterminer que le pH, la granulométrie, la teneur en TC et la concentration en dieldrine étaient les principaux déterminants de la composition du microbiote. De plus, nous avons pu identifier dix taxa indicateurs répondant aux faibles pressions rencontrées dans l'estuaire : Bathyarchaeota, Candidatus Nitrosopumilus et le genre *Nitrospira* (réponse à l'enrichissement en MO), Desulfobacteraceae, Desulfarculaceae et Acanthopleuribacteraceae (réponse à la contamination aux composés organochlorés) et Chitinophagaceae et Geobacteraceae (réponse à la contamination au naphtalène). Ce travail apporte un éclairage sur la biodiversité et les facteurs environnementaux qui façonnent les communautés microbiennes de l'aire occidentale et a permis d'identifier des bioindicateurs microbiens de faibles pressions anthropiques [3].

#### Références :

- [1] Laffoley, D., Grimsditch, G.D., 2009. The Management of Natural Coastal Carbon Sinks. IUCN.
- [2] Alongi, D.M., 1994. The role of bacteria in nutrient recycling in tropical mangrove and other coastal benthic ecosystems. *Hydrobiologia* 285, 19-32.
- [3] Fiard, M., Cuny, P., Sylvi et al., 2022. Mangrove microbiota along the urban-to-rural gradient of the Cayenne estuary (French Guiana, South America): Drivers and potential bioindicators. *Sci Total Environ.* 807, 150667.

P. Martinot<sup>1</sup>, X. Mari<sup>1</sup>, C. Guigue<sup>1</sup>, S. Chifflet<sup>1</sup>, L. Guyomarc'h<sup>1</sup>, B. Misson<sup>1</sup>, C. Dignan<sup>1</sup>, N. Pradel<sup>1</sup>, P. Cuny<sup>1</sup>, O. Pringault<sup>1</sup>, M. Benavides<sup>1</sup>, F. Van Wamkeke<sup>1</sup>, C. T. Vu<sup>2</sup>, M. Tedetti<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Aix Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288, Marseille, France

<sup>(2)</sup> Département WEO, Université des Sciences et Technologies de Hanoi (USTH), 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, 100000 Hanoi, Vietnam

\*[pauline.martinot@mio.osupytheas.fr](mailto:pauline.martinot@mio.osupytheas.fr)

Le Black Carbon (BC ; carbone suie) est émis dans l'atmosphère lors de la combustion incomplète de combustibles fossiles, de biocarburants et de biomasse, et se dépose sous forme de particules à la surface des terres et des océans. Ces dernières années, le BC a reçu une attention particulière en raison de ses effets sur la santé humaine et les écosystèmes marins. Dans l'eau, le BC se partitionne entre phases dissoute et particulaire en fonction de son hydrophobicité. Le BC dans la phase dissoute inclut alors un ensemble hétérogène de molécules organiques pyrogéniques issues du continuum de combustion et de solubilité, allant de biomolécules non aromatiques jusqu'aux groupements aromatiques polycondensés. Cet ensemble hétéroclite de molécules organiques peut se définir comme de la matière organique dissoute dérivée de BC (DOM-BC). Au sein de cette DOM-BC, le BC dissous (DBC) est considéré *stricto sensu* comme étant seulement la fraction aromatique polycondensée, déterminée notamment par la méthode des acides benzène polycarboxyliques (BPCA). Les flux atmosphériques et fluviaux annuels de DBC à l'océan atteindraient de 29 à 49 Tg C an<sup>-1</sup>, et le stock de DBC dans l'océan (de 14 à 36 Pg C ; [1]) représenterait une fraction significative (de 2 à 5,5%) du stock de DOM océanique (~650 Pg C ; [2]). Malgré des travaux récents sur la distribution du DBC dans les eaux marines, la réactivité de la DOM-BC et du DBC dans l'océan reste largement méconnue. En particulier, la biodisponibilité et l'impact de ce matériel sur les procaryotes hétérotrophes (premiers consommateurs de la DOM dans l'océan), font l'objet de nombreux débats à l'heure actuelle, la DOM-BC étant considérée comme potentiellement biodisponible mais le DBC seule étant jugé bioréfractaire.

Dans ce contexte, nous avons étudié la biodisponibilité potentielle et l'impact de DOM issue de différents BC sur les procaryotes hétérotrophes marins. Les DOM-BC utilisées dans cette expérience ont été produites à partir de BC provenant de la combustion de combustibles fossiles : 1) du matériel standard de type Diesel Particulate Matter (NIST® SRM® 2975), ci-après noté *D*, 2) *D* mais oxydé sous lampe UV avant utilisation (*DOX*), et 3) des suies collectées dans la cheminée d'un navire amarré dans le port de Haiphong, au Vietnam (*V*). Une expérience de biodégradation de 90 jours a été réalisée *in vitro* avec un assemblage bactérien naturel collecté en mai 2021 en Baie de Marseille (station SOLEMIO) exposé à la DOM issues des trois BC (*D*, *DOX*, *V*). En plus de ces trois conditions, un contrôle contenant uniquement l'assemblage bactérien sans le BC (*C*) et une condition de *V* abiotique (*Va*) ont été mis en place. Pour les 5 conditions, les échantillons ont été incubés en triplicatas. Au cours de cette biodégradation, des sous-échantillons ont été prélevés à 7 temps pour la détermination de divers paramètres chimiques, dont le

carbone organique dissous (DOC), le DBC, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), la DOM chromophorique et fluorescente (CDOM, FDOM), les nutriments et les métaux, ainsi que des paramètres biologiques : l'abondance, la production, la respiration et la diversité des procaryotes.

Ces mesures de production et d'abondance bactériennes ont confirmé un schéma classique de croissance pour toutes les conditions, avec une phase exponentielle culminante au 3<sup>ème</sup> jour d'incubation. La production et l'abondance bactériennes étaient maximales en condition *DOX* (1,40 10<sup>3</sup> ng C L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> et 1,64 10<sup>6</sup> cell mL<sup>-1</sup>, respectivement). La production bactérienne en condition *D* était supérieure à celle en condition *V*, tandis que les abondances étaient similaires dans ces deux conditions. Ces différences d'activité entre les conditions mettent en avant la capacité variable des procaryotes à assimiler la DOM-BC en fonction de l'origine du BC. En condition *DOX*, les procaryotes présentaient une forte activité de respiration, tandis qu'en condition *D*, la DOM assimilée était surtout utilisée pour la production de biomasse. Le traitement *V* était caractérisé par la présence d'une phase de latence en début d'incubation, avant de laisser place à une activité mixte de respiration et de production de biomasse. Les concentrations en DOC, utilisées comme proxy de la quantité de DOM, montraient une diminution significative dans les trois conditions principales (*D*, *DOX*, *V*). Les concentrations en DBC, déterminées en début et en fin d'incubation par la mesure des BPCAs, diminuaient significativement (de ~ 30%) uniquement en conditions *DOX* et *V*. Les concentrations en HAPs présentaient la diminution la plus importante (64%) en condition *DOX*.

Les trois DOM-BC sélectionnées montraient donc une réactivité biologique significative, les communautés bactériennes présentant des différences dans l'utilisation de ces substrats. L'origine/le niveau d'oxydation du BC apparaissent comme des paramètres clés dans la biodisponibilité et l'impact de la DOM-BC et du DBC pour/sur les procaryotes hétérotrophes marins. Des mesures complémentaires (diversité, métaux, nutriments, FDOM) permettront confirmer les dynamiques observées.

#### Références :

- [1] S. Wagner, R. Jaffé, et A. Stubbins, *Limnology and Oceanography Letters*, 3 (2018) 168-185.
- [2] M. A. Moran, E. B. Kujawinski, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (2016) 3143-315.

---

## USE OF PHOTOGRAMMETRY-BASED DESCRIPTORS TO ASSESS THE EFFECT OF 3D SHALLOW MEDITERRANEAN ROCKY REEFS ON TELEOST ASSEMBLAGES

---

# Oral

T. Monfort<sup>1,2\*</sup>, P. Drap<sup>3</sup>, L. Barth<sup>2</sup>, O. Bianchimani<sup>2</sup>, T. Estaque<sup>2</sup>, M. Fargetton<sup>2</sup>, J. Gasc<sup>2</sup>, L. Nunez<sup>2</sup>, J. Richaume<sup>2</sup>, T. Thibaut<sup>1</sup>, A. Cheminée<sup>2,4</sup>.

<sup>1</sup> Aix-Marseille Université, IRD, CNRS, Université de Toulon, MIO UM 110, Marseille France,

<sup>2</sup> Septentrion Environnement, Marseille, France,

<sup>3</sup> CNRS, Aix-Marseille Université, Université de Toulon, LID UMR 7020, Marseille, France,

<sup>4</sup> Faculté des Sciences, Aix-Marseille Université, Marseille, France.

\* [tiffany.monfort@mio.osupytheas.fr](mailto:tiffany.monfort@mio.osupytheas.fr)

In the Mediterranean Sea, shallow rocky reefs and the associated three-dimensional (3D) structure support rich and abundant communities; they are therefore of functional importance, in particular for the renewal of fish stocks [1, 2]. However, these habitats and their functions are likely to be altered by anthropogenic pressures inducing habitat transformations. It is therefore necessary to assess their 3D structure, their transformations and relationship to communities, especially for management and conservation purposes. In this study we aimed (i) to compare two methods that quantify the metrics of the 3D structure (rugosity) of shallow rocky reefs (chain-and-tape method and photogrammetry), and (ii) to quantify the possible links between this habitat structure and the fish assemblages. Moreover, (iii) a third part of the study extended the study of habitat structure effect on assemblages by including as well the potential effect of both protection (in versus out no-take zones) and geographical localization (Corsica vs Provence). We found that photogrammetry and the chain-and-tape method yielded a similar estimate of rugosity, but photogrammetry was the most efficient method in terms of measurement quality and time (when considering in-water acquisition). This method also displayed the best repeatability. The 3D habitat descriptors (mean surface rugosity, variation of surface rugosity, and depth) differed significantly between the studied sites and were therefore included as covariables. Inside the Calanques National Park (Provence), total fish abundance and species richness increased with higher mean surface rugosity. In addition, the composition of fish assemblages was significantly influenced by surface rugosity, although this effect was modulated by depth. When focusing on specific taxa, neither density patterns nor size class distributions displayed clear patterns in relation to rugosity metrics [3]. As preliminary conclusions, our study has shown (i) that photogrammetry is an appropriate method to assess 3D

structure metrics in a temperate rocky reef. Moreover, (ii) this study demonstrated that spatial variability of teleost fish assemblages can be explained by habitat rugosity which probably increases the number of shelters and food resources, and therefore improves chances of survival. Finally, (iii) the potential interaction effects of 3D structure with protection level and localization will be quantified through complementary field work currently being performed for this third objective.

### References:

- [1] : La Rivière M., Michez N., Delavenne J., Andres S., Fréjefond C., Janson A-L., Abadie A., Amouroux J-M., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Cimiterra N., Derolez V., Fernez T., Fourt M., Frisoni G-F., Grillas P., Harmelin J-G., Jordana E., Kleszczewski M., Labrune C., Mouronval J-B., Ouisse V., Palomba L., Pasqualini V., Pelaprat C., Pérez T., Pergent G., Pergent-Martini C., Sartoretto S., Thibaut T., Vacelet J., Verlaque M. (2021) Fiches descriptives des biocénoses benthiques de Méditerranée. UMS PatriNat éd., Paris : 660 pp.
- [2] : Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., ... & Verlaque, M. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine pollution bulletin*, 117 (1-2) (2017), 311-329.
- [3] : Monfort T, Cheminée A, Bianchimani O, Drap P, Puzenat A and Thibaut T. The Three-Dimensional Structure of Mediterranean Shallow Rocky Reefs: Use of Photogrammetry-Based Descriptors to Assess Its Influence on Associated Teleost Assemblages. *Front. Mar. Sci.* 8 (2021) 639309.

---

## THE LOST MERCURY: HIGH MERCURY RELEASE AND RAPID SCAVENGING FROM DEEP HYDROTHERMAL VENT SITES AT THE MID-ATLANTIC RIDGE

---

# Oral

N. Torres-Rodriguez<sup>1\*</sup>, A. Dufour<sup>1</sup>, A. Lestari<sup>1</sup>, L.-E. Heimbürger<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> MIO-Mediterranean Instiut of Oceanography

\* natalia.torres-rodriguez@mio.osupytheas.fr

Hydrothermal vents are potentially one of the main sources of mercury (Hg) to the ocean. During hydrothermal vent activity, acidic hot fluids ascend through the ocean crust leaching high amounts of metals and other elements, including Hg, from the surrounding rocks. These leached elements will enter the seawater column potentially affecting the biogeochemistry of the surrounding environments. Since Hg can bioaccumulate in the food web, quantifying Hg release from hydrothermal vents is crucial. However, Hg release from hydrothermal vents has been measured just in four locations, three of them located in the northeast Pacific Ocean and all of them showing results that vary by several orders of magnitude. In the present study, Hg concentrations of focused and

ambient seawater diluted hydrothermal fluids from TAG, Lucky Strike and Rainbow hydrothermal vent sites are reported. Mercury concentrations above the vent sites (focused fluids) vary from 367 pM to 4206 pM in TAG, 4 pM to 16930 pM in Lucky Strike and 56 pM to 4830 pM in Rainbow. Once these high Hg fluids are released into the water column, concentrations decrease rapidly even at the vent site (diluted fluids). Dilute fluids have Hg concentrations as high as 2 pM in TAG, 26 pM in Lucky Stricke and 1.2 pM in Rainbow. Sediment samples were also analyzed. Our findings could indicate that rapid Hg scavenging is one of the main processes occurring in these hydrothermal sites, suggesting that not all deep hydrothermal vents are important Hg sources to the ocean.

# Posters

## ADES

### IMPACT DES ACTIVITES LOCOMOTRICES SUR LA BIOMECHANIQUE DU FEMUR : ETUDE ONTOGENETIQUE DU BABOUIN OLIVE

# Poster

Q. Cosnefroy<sup>1\*</sup>, F. Marchal<sup>1</sup>, G. Berillon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UMR 7268 ADES, Aix-Marseille Université-CNRS-EFS, Marseille, France

<sup>2</sup>UMR 7194 HNHP, CNRS-MNHN-UPVD, Paris, France

\*[quentin.cosnefroy@gmail.com](mailto:quentin.cosnefroy@gmail.com)

La locomotion est l'un des facteurs principaux dans la transmission de contraintes mécaniques au squelette [1]. Ces contraintes entraînent un remodelage osseux qui modifie les propriétés biomécaniques de l'os, aussi bien dans sa forme que dans sa structure. L'étude de cette étroite relation entre fonction et structure osseuse présente notamment un intérêt particulier lorsqu'il s'agit de reconstruire les comportements locomoteurs des espèces fossiles.

Chez les primates, le répertoire locomoteur, c'est-à-dire la diversité des modes de locomotion pratiqués par l'individu, change au cours de la vie. Chez le babouin olive (*Papio anubis*), lorsque l'autonomie locomotrice est établie, le répertoire est composé d'une diversité de modes locomoteurs dans des proportions variables [2]. Chez les adultes en revanche, le répertoire est beaucoup plus stéréotypé avec une extrême prédominance de la quadrupédie terrestre [3]. L'objectif de cette étude est de tester si les changements au sein répertoire locomoteur sont reflétés par les propriétés biomécaniques de la diaphyse fémorale au cours de l'ontogénèse du babouin olive.

Pour étudier les propriétés biomécaniques de la diaphyse fémorale, nous avons mesuré des paramètres de géométrie de section diaphysaire, ainsi que produit des cartographies d'épaisseur d'os cortical [4] sur un échantillon ontogénétique de 50 spécimens. La totalité des individus de notre échantillon appartient à un même groupe social hébergé à la Station de Primatologie du CNRS de Rousset-sur-Arc ; et pour lesquels des données comportementales sont disponibles. Les individus ont été répartis dans 5 stades de développement, du nouveau-né à l'adulte.

Nos résultats indiquent qu'en l'absence de contraintes locomotrices, la diaphyse fémorale des nouveau-nés présente une répartition d'os cortical symétrique selon l'axe longitudinal, à partir du centre d'ossification

primaire à mi-diaphyse. Dans les stades ultérieurs, l'épaisseur corticale diminue sur toute la diaphyse et des renforts corticaux postéro-médiaux et postéro-latéraux se mettent rapidement en place dans la partie proximale. Les paramètres de résistance à la flexion ainsi que les cartographies d'épaisseur corticale indiquent une grande proximité entre les stades enfant, juvénile et adulte.

Chez les nouveau-nés, qui ne subissent pas de contraintes locomotrices, le schéma biomécanique observé correspond à l'ossification primaire du fémur. Chez les adultes quadrupèdes spécialisés, la diaphyse fémorale présente des caractéristiques biomécaniques compatibles avec des conditions de stress mécaniques stéréotypés. Entre ces deux stades, nos résultats suggèrent que dès l'établissement de l'autonomie locomotrice, les propriétés biomécaniques de la diaphyse fémorale correspondent à celles observées chez les adultes. Le modèle biomécanique de la diaphyse fémorale reste donc stable, au cours de l'ontogénèse du babouin olive, en dépit des modifications du répertoire locomoteur. Nous observons donc une désynchronisation entre les changements du répertoire locomoteur et les propriétés biomécaniques de la diaphyse fémorale. Ceci souligne la difficulté de rendre compte de la diversité du comportement locomoteur à partir des propriétés biomécaniques fémorales et invite à la prudence lorsqu'il s'agit de reconstruire des comportements complexes à partir d'indices morphologiques.

#### Références:

- [1] C.B. Ruff, *American Journal of Physical Anthropology*, 119 (2002).
- [2] F. Druelle, P. Aerts, G. Berillon, *American Journal of Primatology*, 78 (2016).
- [3] K.D. Hunt, *Journal of Anatomy*, 228 (2016).
- [4] A. Profico, L. Bondioli, P. Raia, P. O'Higgins, D. Marchi, *American Journal of Physical Anthropology*, 174 (2020).

## LA MALADRERIE SAINT-LAZARE DE BEAUVAIS (OISE, FRANCE) : ETUDE ANTHROPO-BIOLOGIQUE D'UN CHARNIER DE PESTIFÉRÉS DU XVII<sup>ème</sup> SIÈCLE.

# Poster

R. Coton<sup>1\*</sup>, L. Bouniol<sup>2</sup>, E. Verna<sup>1</sup>, A. Seguin-Orlando<sup>3</sup>, C. Costedoat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Université, CNRS, EFS, ADES, 13015 Marseille, France

<sup>2</sup>Service Archéologique de la ville de Beauvais, 60000 Beauvais, France

<sup>3</sup>Université Toulouse III Paul Sabatier, CNRS, Faculté de Médecine Purpan, 31000 Toulouse, France

\* raphaelle.coton@univ-amu.fr

Les épidémies de peste ont profondément marqué l'histoire humaine avec des effets significatifs sur les populations tant au niveau démographique qu'économique, mais aussi sur un plan culturel et cultuel [1]. Afin d'appréhender ces effets, les chercheurs ont accès à deux sources de données : les archives historiques et les archives biologiques. C'est au travers de l'étude de ces dernières que s'inscrit notre travail doctoral. Les opérations de fouilles archéo-anthropologiques ont mis au jour près d'une cinquantaine de sites d'inhumations en relation avec la gestion funéraire des épidémies de peste du passé. L'étude de ces contextes, renseigne à la fois la gestion funéraire en temps de crise, mais aussi les caractéristiques biologiques des victimes [2].

En 2013, lors de fouilles préventives menées par le Service archéologique de la ville de Beauvais sur le site de la Maladrerie Saint-Lazare, une vaste zone d'inhumations est mise au jour au sein d'un espace ayant accueilli des malades de peste au XVII<sup>ème</sup> siècle [3]. Près d'une trentaine de fosses dites multiples y sont identifiées parmi lesquelles deux sont particulièrement impressionnantes de par le nombre d'individus inhumés : un minimum de 170 individus pour l'une et de 40 individus pour l'autre [4].

Dans cette communication affichée, nous présentons les premiers résultats de l'étude anthropologique conduite sur près de 220 individus issus de la Maladrerie Saint-Lazare de Beauvais et plus précisément du secteur nommé « enclos des pestiférés ». En premier lieu, nous nous sommes attachés à renseigner le profil biologique de cet échantillon paléodémographique en terme d'âge et de sexe. Puis, nous nous sommes penchés sur l'étude de l'état sanitaire afin de mieux cerner les conditions de vie pré-épidémiques.

Si l'intérêt de ce travail est de caractériser, de façon détaillée, cette population ostéoarchéologique exhumée, il s'inscrit également dans une perspective plus large : celle d'établir des comparaisons avec différents sites à vocation

funéraire contemporains des épidémies de peste qui touchèrent la Provence entre le XVI<sup>ème</sup> siècle et le premier quart du XVIII<sup>ème</sup> siècle [5,6,7].

### Références :

- [1] *Les Hommes et la peste en France et dans les pays européens et méditerranéens des origines à 1850*, J-N Biraben, (Centre de recherches historiques de l'EHESS et Mouton.), Paris, France, 1975.
- [2] S. Tzortzis, R. Bianucci, M. Drancourt, I. Séguy, M. Signoli, *Archives historiques et archives biologiques de la peste -Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherches, Actes du colloque d'Arles, 28-30 Octobre 2009*, X. Delestre, H. Marchesi (Editions Errance/Ministère de la Culture et de la Communication.), Arles, France, 2010, 449-460.
- [3] J-M Fémolant, *Beauvais, Maladrerie Saint-Lazare, 203 rue de Paris, zones N, O, P et Q*, Rapport de diagnostic, Service archéologique municipal de Beauvais, SRA Picardie, 2013.
- [4] L. Bouniol, *Maladrerie Saint-Lazare, 203 rue de Paris, Zones N, P et Q*, Rapport final d'opération, Service archéologique municipal, SRA Hauts-de-France, 2022
- [5] *La saison d'une peste (avril-septembre 1590) : le cimetière des Fédon à Lambesc*, B. Bizot, D. Castex, P. Reynaud, M. Signoli, (CNRS Editions.), Paris, France, 2005.
- [6] *Etudes anthropologiques de crise démographiques en contexte épidémique : Aspects paléo- et biodémographiques de la peste en Provence*, M. Signoli, (Archeopress.), Oxford, Royaume-Uni, 2006.
- [7] *Archives biologiques et archives historiques : une approche anthropologique de l'épidémie de peste de 1720-1721 à Martigues (Bouches-du-Rhône, France)*, S. Tzortzis, Doctorat de l'Université de la Méditerranée, 2009.

J.G. Oliveira<sup>1, 2\*</sup>, L. Siame<sup>2</sup>, L.J.C. Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France.

\*joseguilhermegeo@gmail.com

Le nord-est brésilien est composé d'un mélange de roches cristallines précambriennes et de bassins sédimentaires mésozoïques. Dans cette région, le modèle d'évolution du paysage est basé sur un grand soulèvement régional post-rift crétacé accompagné d'une dénudation régionale ou les roches les plus résistantes des bassins crétacés sédimentaires et les vieux granites supportent les reliefs existants [1]. Cependant, les scénarios d'évolution du paysage régional ont laissé quelques questions, selon les données AFT [2,3], environ 1000-2500 m de sédiments ont été déposés et érodés après le Cénomanién, entraînant des taux d'érosion supérieurs à 60 m/Myr après le Miocène. Ces scénarios s'opposent au modèle basé sur des observations morpho-stratigraphiques qui suggère des taux d'érosion inférieurs à 10 m/Myr [1]. Entouré de grandes surfaces d'aplanissement, le plateau d'Araripe (Chapada do Araripe), situé à la frontière des états du Ceará, Piauí et Pernambuco fait partie de la limite de 3 grands bassins versants brésiliens. La surface est la plus haute représentante dans la province structurale de Borborema du soulèvement post crétacé, avec des sédiments marins aptien-albien tardifs (groupe de Santana) à des altitudes entre 700 et 800 m asl. Cette combinaison de caractéristiques fait du plateau d'Araripe un paysage avec un fort potentiel pour aider à comprendre l'évolution du paysage depuis les 70 derniers millions d'années dans le nord-est brésilien. L'une des caractéristiques les plus visibles autour du plateau est la différence entre les versants. Tandis que la face nord (bassin versant du Jaguaribe) a un relief plus escarpé, la face sud (bassin versant du São Francisco) a des pentes plus longues et moins inclinées. Ce résumé fait partie d'une thèse de doctorat qui vise à illustrer la perspective du relief régional à partir d'une combinaison de nucléides cosmogéniques et d'analyse topographique numérique. Les discussions suivantes sont basées sur les indices dérivés du modèle numérique d'élévation, de l'analyse des profils longitudinaux et des observations sur le terrain. Le côté nord du plateau (bassin versant du Jaguaribe) montre des indices qui indiquent un relief avec une plus grande variation dans la majeure partie du bassin. En revanche, le

sud (bassin versant du São Francisco) présente des variations géomorphologiques plus faibles, avec des amplitudes altimétriques et des pentes moyennes mineures. Ces observations sont visibles sur les indices morphométriques et aussi sur les profils longitudinaux qui sont plus proche de l'équilibre dans les cours d'eau situés dans le bassin du São Francisco par rapport à ceux situés dans le bassin du Jaguaribe. Sur les 290 knickpoints identifiés, seuls 15 % se trouvent dans le bassin du São Francisco. 65% des knickpoints sont liés à des changements lithologiques ou à des failles anciennes, témoignant de l'importance du contrôle structuré dans le paysage. L'application d'indices morphométriques a permis de détailler les deux versants du plateau, contribuant à la caractérisation morphologique. Les analyses en cours au LN2C-ASTER pour mesurer les taux de dénudation à l'échelle des bassins versants à l'aide du <sup>10</sup>Be et de <sup>126</sup>Al produits in situ autour du plateau. Ces données compléteront les résultats de ce travail et permettront de mieux comprendre l'évolution du relief plio-quaternaire.

### Références :

- [1] J.P. Peulvast, F. Betard. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: The Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. *Geomorphology*, (2015) 233, 20-40.
- [2] P. Japsen, J.M. Bonow, P.F. Green, P.R. Cobbold, D. Chiossi, R. Lilletveit, R.P. Magnavita, A. Pedreira. Episodic burial and exhumation in NE Brazil after opening of the South Atlantic. *Geological Society of America Bulletin* (2012) 124:800–816
- [3] A.R. Jelinek, F. Chemale Jr, P.A. Van Der Beek, F. Guadagnin, J.A. Cupertino, A. Viana. Denudation history and landscape evolution of the northern East-Brazilian continental margin from apatite fission-track thermochronology. *Journal of South American Earth Sciences*. (2014) 54:158–181

## QUANTIFIER LE VOLUME HORS D'EAU D'UN RÉSEAU KARSTIQUE CÔTIER SEMI-NOYÉ : APPLICATION POUR LA CONSERVATION DE LA GROTTTE COSQUER

# Poster

H. Pellet<sup>1-2</sup>, B. Arfib<sup>1</sup>, P. Henry<sup>1</sup>, S. Touron<sup>2</sup>, M. Frouin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup>CRC-UAR3224-LRMH, Museum National d'Histoire Naturelle, Ministère de la Culture, CNRS, Champs-sur-Marne, France.

pellet@cerege.fr

Pour calculer le volume d'un karst, on réalise classiquement un scan 3D des parties accessibles. Cependant, les karsts sont des réseaux complexes de conduits interconnectés tridimensionnels dont certains volumes peuvent être inaccessibles ou insoupçonnés. Or, les études archéologiques de grottes, afin d'être les plus exhaustives possibles, nécessitent que toutes les salles du karst soient connues.

L'objet de cette étude est la grotte Cosquer, une grotte ornée située dans le massif des Calanques (Marseille, SE France), pour laquelle un scan 3D (par lasergrammétrie et en cours de traitement) a déjà été réalisé. La grotte se trouve dans un karst semi-noyé très peu perméable qui est connu pour avoir des variations de pression au cours du temps en lien avec la variation du niveau de la mer [1]. Au cours d'une marée, la quantité d'air de la cavité étant constante, la variation de hauteur d'eau entraîne une variation du volume d'air dans la cavité et donc de la pression.

Ce fonctionnement est analogue à ce que l'on peut observer lors de la mise en pression d'un gaz dans un cylindre fermé sous l'action d'un piston. En appliquant la loi des gaz parfaits, il est possible d'estimer le volume du

cylindre et donc, par analogie, l'ensemble des volumes d'air du karst y compris ceux qui n'ont pas été découverts en exploration spéléologique.

La mesure de la pression de l'air et du niveau d'eau dans la grotte Cosquer au pas de temps de 5 minutes permet d'appliquer les calculs aux quatre variations journalières (deux marées hautes et deux marées basses) sur plusieurs années. La variabilité des résultats est discutée au regard des incertitudes inhérentes au modèle conceptuel utilisé (surface des plans d'eau variables, saisons) et de la qualité des mesures *in situ*. À terme, le volume ainsi calculé sera comparé au volume issu du scan 3D, afin de déterminer si des espaces non explorés (salles et vides karstiques impénétrables) restent à mettre en lumière dans cette grotte ornée semi-noyée.

### Références :

[1] J. Vouvé, P. Malaurent, J. Brunet. Caractérisation physique et environnementale d'un sanctuaire préhistorique sous-marin semi-noyé et orné préalablement à l'élaboration d'une démarche conservatoire. Cas de la grotte Cosquer, *CRAS*, (1996), p. 935-942.

# ÉVOLUTION STRATIGRAPHIQUE DES BAHAMAS DU NEOGENE AU QUATERNAIRE - COMPARAISON DES MARGES SOUS LE VENT ET AU VENT SUIVANT LES FACTEURS DE CONTROLES

# Poster

P. Polard Taine<sup>1,2,3\*</sup>, J. Borgomano<sup>1,4</sup>, T. Mulder<sup>3</sup>, J. Kenter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aix-Marseille Université, CNRS UMR7330 CEREGE, 3, Place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 3, France

<sup>2</sup>TotalEnergies, Exploration & Production, CSTJF, Avenue Larribau, 64000 Pau cedex, France

<sup>3</sup>Université de Bordeaux, CNRS UMR5805 EPOC, allée Geoffroy St Hilaire, CS 50023, 33615 Pessac Cedex, France

<sup>4</sup>Carbonate Chair TotalEnergies - AMIDEX, Pau, France, Projet "Carbonates", Exploration & Production SCR/RD, TotalEnergies, 64000 Pau, France

\* pierre.polard-taine@totalenergies.com

La production et l'export de carbonates sont les processus primaire contrôlant la géométrie de la plate-forme qui est fortement affectée par des facteurs régionaux et environnementaux. Concernant la plate-forme des Bahamas, les vents et les courants dominants ont un effet important sur l'export sédimentaire et la géométrie de la plateforme. La compréhension des relations entre la plate-forme carbonatée marine peu profonde, la pente et le bassin constitue un défi scientifique important incluant la production, l'export et le dépôt de sédiment le long d'un profil sédimentaire marin. Généralement, les marges sous le vent (leeward) ont une tendance architecturale à la progradation et sont dominées par la boue tandis que les marges au vent (windward) sont à tendances aggradantes et dominées par des grains.

Cependant, les observations faites à partir de données sismiques (CARAMBAR - Carbonate Ramp of Bahamas Resedimentation) [1] et de puits (ODP - Ocean Drilling Program - Leg 101, 166 et BDP - Bahamas Drilling Program) [2,3,4] depuis le Tortonien 12 Ma sur les systèmes sous le vent et au vent des Bahamas, montrent que les facteurs de contrôles agissant sur les géométries, les taux de production, l'export ainsi que la distribution des faciès sont variables dans le temps et dans l'espace. Ceci qui confère une large gamme de réponse du système comme :

1. Des variations dans le temps de géométries de plate-forme passant de rampe à des systèmes à pente raide en combinaisons avec des grandes variations de taux de progradation et d'aggradation pour les marges sous le vent. Les marges au vent montrent des taux d'aggradation très variables dans le temps.
2. Des géométries variable du système au cours du temps sur les deux marges montrant successivement des modèles de base de tablier de pente (base of slope apron) et tablier de pente (slope apron) [5].
3. Un export sédimentaire qui n'est pas systématique, boue ou sable, suivant la position de la marge par rapport au vent. Ces différences de variations morphologiques et faciologiques des marges sous le vent et au vent se produisent en réponse à des facteurs environnementaux et régionaux ayant un impact sur la réponse du système

carbonaté. Dans cette étude quatre facteurs prédominants ont été mis en évidence :

1. Le cadre tectonique produit une topographie initiale héritée différente pour les deux marges, la réorganisation globale de l'océan, des variations climatiques et l'effondrement possible de marge.
2. Le vent, les courants de marée et l'action des vagues régulent la distribution des sédiments, le développement des récifs et également le transport des sédiments.
3. Les courants de contour ont la capacité d'ajuster la géométrie des pentes, les faciès et les épaisseurs.
4. Les variations eustatiques ont la capacité de changer radicalement l'usine de carbonate, le taux de production, l'export ainsi que les angles des pentes et leur géométrie associé.

La combinaison de ces facteurs produit une large gamme de modèles stratigraphiques, architecturaux et de faciès pour les marges au vent et sous le vent dans le temps et l'espace. Par conséquent, les données sismiques et de puits de la plate-forme peu profonde et des marges sous le vent et au vent doivent être placées dans le contexte de l'ensemble du système de dépôt pour comprendre pleinement les facteurs de contrôle et prévoir les propriétés des sédiments et les processus de dépôt.

## Références :

- [1] T. Mulder, *CARAMBAR 2 croise, RV L'Atalante*, (2016) <https://doi.org/10.17600/16001500>.
- [2] J.A. Austin, W. Schlager, A.A. Palmer, P.A. Comet, A. Droxler, G.P. Eberli, E. Fourcade, R. Freeman-Lynde, C.S. Fulthorpe, G. Harwood, G. Kuhn, D. Lavoie, M. Leckie, A.J. Melillo, A. Moore, H.T. Mullins, C. Ravenne, W.W. Sager, P. Swart, J.W. Verbeek, D.K. Watkins, C. Williams, in *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, 1986, 101.
- [3] G.P. Eberli, P.K. Swart, M.J. Malone, in *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, College Station, TX, 1997a, 166.
- [4] R.N. Ginsburg, *Journal of SEPM Special Publication*, 70 (2001).
- [5] H.T. Mullins, H.E. Cook, *Journal of Sedimentary geology*, 48 (1986) 1-2.

# SEDIMENTARY RECORD AND PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS OF DEEP-LACUSTRINE TO ALLUVIAL PLAIN SYSTEM EVOLUTION: THE PALEOGENE OF THE VISTRENQUE GRABEN (SE FRANCE)

# Poster

N. Semmani<sup>1\*</sup>, F. Fournier<sup>1</sup>, N. Godeau<sup>1</sup>, J-P. Suc<sup>2</sup>, J. Borgomano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

<sup>2</sup>Université Pierre et Marie Curie – Paris 6 – ISTEP, UMR 7196, 75005 Paris

\*nazim.semmani@gmail.com

The Vistrenque graben is a Cenozoic rift basin located in the western part of the Camargue (SE France). It extends over 50\*30 Km<sup>2</sup> and is assumed to be the deepest Cenozoic graben in the SE of France [1]. In addition to its petroleum potential, the Vistrenque graben produces currently important volumes of halite salt for chemical industry [4] and exhibits a great geothermal potential in the perspective of the energy change.

The geological researches performed to date on the Camargue basin have focused on the structural aspects pointing out the pivotal position of the Camargue basin at the scale of the Gulf of Lions passive margin and among the European Cenozoic rift system [1,5]. Contrary to neighboring Paleogene lacustrine rift basins [e.g. 2, 3], no detailed stratigraphic study has been published on the Camargue grabens in spite of the exceptionally thick (up to 4000 m) synrift succession. Uncertainties remain with regards to the paleogeography and factors controlling the sedimentation in syn-rift lakes basins from south-east France [3]: provenance of solutes and detrital supplies, hydrological framework, and climatic and sea level controls on sedimentation in continental settings are poorly constrained.

The Gallician sector located in the middle compartment of the graben has a dense coverage of subsurface data and is relevant to investigate the depositional environments and the temporal evolution of the rift basin. Detailed cores and thin sections analysis of the Paleogene deposits from deep wells (Gal 1-9 & Vauvert 1) allow the identification of depositional facies associations and the stratigraphic interpretation of the sedimentary units.

Offshore lake to bench slope facies associations indicated by the dominance of gravity-driven sedimentation are frequent in the lowermost interval (Série grise formation) and suggest deep lake settings controlled by a relatively steep slope subjected to seismic and gravity destabilization. A major change in the sedimentation pattern has been evidenced by the development of shallow lake to palustrine facies with increasing occurrence of fluvial to alluvial facies in the overlying Série calcaire and

Série mixte formation. The shift in depositional facies point to the evolution of the sedimentary system towards a shallow, gently steeped ramp type system undergoing repeated subaerial exposure. In the topmost Série rouge formation, the sedimentation is marked by the development of alluvial floodplain deposits across the Vistrenque graben and suggest the ultimate filling of the lake during a period of tectonic quiescence prior to the return to evaporative lake and playa environments in the Upper Oligocene (Série Calcaréo-salifère).

U/Pb absolute age dating yielded an early to middle Rupelian age for the subaerial exposure at the top of Série calcaire formation. Regional scale correlations of climatic-driven sedimentary events supported by palynological data give clues to precise the chronostratigraphic framework of the Vistrenque graben.

## Références :

- [1] Benedicto-Esteban, A, Modèles tectono-sédimentaires de bassins en extension et style structural de la marge passive du Golfe du Lion (Partie Nord), Sud-Est France. (Ph.D. Thesis) Université de Montpellier II, France (235 pp.), 1996
- [2] Lesueur, J.-L., 1991. Etude sédimentologique et stratigraphique du Bassin Paléogène d'Apt- Manosque-Forcalquier (Alpes de Haute Provence). Modalités de la transition Burdigalienne. (Ph.D. Thesis). University M. de Montaigne, Bordeaux III, France (407 pp.).
- [3] Letteron A, Caractérisation sédimentologique, stratigraphique et paléoenvironnementale du système carbonaté lacustre à salinité variable du Bassin d'Alès et des régions limitrophes (Priabonien, SE France) : implications paléoclimatiques et paléogéographiques. (PhD Thesis). University of Aix-Marseille, France (343pp), 2018.
- [4] Valette M, Benedicto A, Chevauchements gravitaires halotectoniques dans le bassin distensif de Camargue (marge du golfe du Lion, SE de la France), *Bulletin De La Societe Geologique De France*, 166 (1995) 137-147.
- [5] Ziegler P, European Cenozoic rift system, *Tectonophysics*, 208 (1992) 91-111.

# COMPARAISON DE MODÈLES DE PROPAGATIONS AFIN D'ESTIMER LA PROFONDEUR DE CANALISATIONS EN POLYÉTHYLÈNE ENTERRÉES

# Poster

W. Xerri<sup>1,3,\*</sup>, G. Saracco<sup>1</sup>, A. Ribodetti<sup>2</sup>, L. Zomero<sup>3</sup>, P. Picon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS-UMR7330 CEREGE, CdF, Europole de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-En-Provence Cedex4, France

<sup>2</sup>IRD-UR082 CNRS-UMR7329 Geoazur, Campus Azur Université et observatoire de la côte d'azur, 250 rue Albert Einstein CS 10269, 06905 Sophia Antipolis, France

<sup>3</sup>MADE-SA, 167 Impasse de la Garrigue, 83210 La Farlède, France

\*[xerri@cerege.fr](mailto:xerri@cerege.fr)

Un des problèmes cruciaux en génie civil est la localisation de canalisations en polyéthylène enterrées. Pour ce type de matériaux (robuste et isolant) les ondes électromagnétiques sont moins adaptées que les ondes acoustiques BF (e.g nécessité d'introduire un câble métallique dans le conduit rendant la méthode invasive, difficulté de différencier une conduite de gaz, d'une conduite d'eau). Des méthodes déjà existantes permettent d'estimer le passage de l'aplomb du tuyau, en considérant la conduite comme une source secondaire vibrante [1,2]. Nos travaux ont pour but d'estimer la profondeur de ces canalisations par méthode acoustique et de manière non invasive en envoyant un signal acoustique BF dans le conduit. Pour cela nous avons développé une chaîne d'émission et d'acquisition afin de pouvoir travailler in situ. A partir de méthodes de traitement d'antenne que nous avons adapté à notre problème (algorithme MUSIC dit de "haute résolution"), nous obtenons une estimation des paramètres d'intérêts. Des résultats prometteurs ont été obtenus sur des données réelles issues d'une zone d'essai semi-contrôlée, milieu semi-infini faiblement hétérogène en considérant une vitesse moyenne du milieu [3].

Un des principaux problèmes est que nous n'avons, a priori, aucune connaissance du milieu de propagation. Il peut changer radicalement d'un lieu d'application à l'autre. L'enjeu est la modélisation de la propagation acoustique, à l'échelle du mètre, dans un sol hétérogène (incluant sable, tout-venant), à stratification verticale (tranchée).

Nous présenterons ici différentes simulations de la propagation appliquées à notre problématique. Une première modélisation est de considérer deux milieux faiblement hétérogènes, stratifiés verticalement, avec chacun une vitesse moyenne de propagation en considérant la théorie des rayons. La deuxième sera basée sur la propagation par différences finies du champ d'onde complet [4] incluant la tranchée. Le but est de comparer les deux modélisations à l'échelle de notre problématique.

## Références :

- [1] Y. Liu, D. Habibi, D. Chai, X. Wang, H. Chen, Y. Gao, S. Li, "A Comprehensive Review of Acoustic Methods for Locating Underground Pipelines", *Applied sciences*, Vol.10, No. 3 (2020): art. No. 1031, DOI. 10.3390/app10031031
- [2] J.M. Muggleton, E. Rustighi, "Mapping the Uderworld : recent developments in vibro-acoustic techniques to locate buired infrastructure", *Geotechnique Letters*, Vol. 3, No. 3 (2013): pp. 137-141, DOI. 10.1680/geolett.13.00032
- [3] W. Xerri, G. Saracco, G. Gassier, L. Zomero, P. Picon, "Preliminary Acoustic Study of 3D Localization of Buried Polyethylene Pipe", *Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation*, Vol. 1 (2021) DOI.10.1115/QNDE2021-74945
- [4] S. Operto, J. Virieux, A. Ribodetti & J. E. Anderson, "Finite-differ-ence frequency-domain modeling of viscoacoustic wave propagation in two-dimensional tilted transversely isotropic media", *Geophysics*, 74 (5) (2009), T75–T95, DOI: 10.1190/1.315724

# THE AFRICAN HUMID PERIOD CLIMATE IN THE CENTRAL SAHARA (TIBESTI REGION, NORTHERN CHAD) INFERRED FROM OXYGEN ISOTOPE COMPOSITION AND FOSSIL ASSEMBLAGE OF LACUSTRINE DIATOMS

# Poster

A.N. Yacoub<sup>1,2\*</sup>, F. Sylvestre<sup>1,2</sup>, P. Hoelzmann<sup>3</sup>, A. Alexandre<sup>1</sup>, C. Vallet-Coulomb<sup>1</sup>, M. Dinies<sup>3</sup>, A. Moussa<sup>2</sup>, F. Chalié<sup>1</sup>, C. Sonzogni<sup>1</sup>, C. Paillès<sup>1</sup>, M. Couapel<sup>1</sup>, J.C. Mazur<sup>1</sup>, S. Kröpelin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CEREGE, Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Collège de France, INRAE, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545, Aix en Provence, France

<sup>2</sup>Université de N'Djamena, Faculté des sciences exactes et appliquées, BP 1117, N'Djamena, Tchad

<sup>3</sup>Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften Physische Geografie, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin, Germany

<sup>4</sup>Africa Research Unit, Institute of Prehistoric Archaeology, University of Cologne, Germany

\*Contact : yacoubabdallah@yahoo.fr

During the Holocene (11.7 thousand years before present, thereafter 11.7ka), African tropics and subtropics experienced extreme climatic variations with a prolonged humid period referred to as the "African Humid Period" or AHP. An extensive array of paleoclimatic records and archaeological investigations showed that during this humid period, large parts of the present-day arid Sahara and semi-arid Sahel region were characterized by a green landscape covered in grasslands with tropical trees, dotted with numerous lakes, and incised by vast fluvial networks. This greening of the Sahara, which occurred approximately during the early Holocene, is at the origin of the so-called Green Sahara. It is a consequence of the low precession in Earth's orbit associated with high boreal summer insolation that led to the northward extension of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and intensification of the associated African monsoonal rainfall belt at the peak of the AHP.

The AHP is a crucial period for assessing the evolution of the Sahara's hydroclimate and it represents one of the best analogues of ongoing climate change in the area. However, to date, few lake sediment records from the Sahara are available to document this period. While Chadian Sahara holds numerous lake deposits witnessing the wetter conditions experienced during the AHP, which have led to the establishment of the giant and iconic Megalake Chad, this region remains poorly studied and there are still insufficient data to reconstruct some critical aspects regarding the AHP: i) the temporal and spatial pattern, including the time of onset, peak, and termination of the AHP; ii) the northernmost expansion of the African monsoon during the AHP. Indeed, due to the drying of most lakes at the end of the AHP, lake deposits have undergone eolian deflation that has eroded much of the sedimentary records, making their interpretation complicated. Hence, there is a great need for well-preserved lake sediments to assess climatic variations in the AHP.

Here, we aim to fill this gap of knowledge using different paleoclimatic indicators extracted from well-preserved sedimentary sequences collected from crater palaeolakes in the Tibesti volcanic massif. The Tibesti may serve as the missing link for providing such sedimentary records to

reconstruct climatic and environmental conditions during the AHP. Previous pioneering studies have shown that the increase in precipitation during the late Pleistocene to early Holocene led to the establishment of the Tibesti crater lakes. These crater paleolakes are hence logical targets to elucidate the Holocene climate history since recent pollen data, carried out approximately on the same lacustrine deposits support that wet conditions have prevailed in this area from early to late-Holocene.

We investigate fossils diatom assemblages in order to reconstruct variations in the paleolake limnological and chemical parameters. Then, using the oxygen isotope composition of fossil diatom ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{diatom}}$ ), we reconstruct the lake water isotope composition ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{lake}}$ ) and provide assumption on the evaporation vs inflow ratio (E/I).

Our records, spanning from 9.7 ka to 4.5 ka cal BP, yield the first Holocene  $\delta^{18}\text{O}_{\text{diatom}}$  record from the Central Sahara. The isotope data are combined with lake water conductivity reconstructed from transfer function based on the diatom assemblages.

These data provide new insights into the AHP hydro-climatic changes such as interactions between the internal lake processes and its catchment runoff. Wet conditions (low  $\delta^{18}\text{O}_{\text{diatom}}$  values) occurred during the early Holocene (9700-7400 cal BP) as a result of an enhanced monsoon probably due to the northward migration of the ITCZ. After the mid-Holocene, a return to drier conditions around 5800 cal BP was probably provoked by the southward retreat of the ITCZ and the monsoonal rainfall belt, which led to the return to arid and semiarid conditions and the desiccation of numerous lakes in the Sahara area. This also led to critical demographic shifts which coincide with the end of the AHP.

**FOOD PERCEPTION CAPACITY AND MOVEMENT PATTERNS IN  
FUNCTION OF LEAF-LITTER QUALITY IN  
COLLEMBOLA (*Folsomia candida*)**

# Poster

K. Argote<sup>1</sup>, M. Santonja<sup>1</sup>, B. Geslin<sup>1</sup>, C. Albert<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IMBE, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France\*[cecile.albert@imbe.fr](mailto:cecile.albert@imbe.fr)

Knowledge on movement patterns of organisms is crucial to understand and predict population dynamics in soil [1]. In fact, animal movement and behavior may respond to habitat modification or fragmentation in non-trivial ways, thereby strongly conditioning the fate of populations [2]. This study aimed both at understanding the movement patterns of collembola individuals depending on food quality and determining if the distance and the leaf litter quality influence the ability of springtails to perceive food source (appetence). Our methodology was based on controlled and highly replicable experimentation in laboratory microcosms and the movement of the individuals was monitored with photos taken every 2s for 10 min. We used five different distances to the food and four types of food (forming a quality gradient). Each set of images was analyzed to obtain spatial coordinates. As a result, our research showed that the collembolas have food preferences and a significant effect of the distance and the interaction distance-leaf litter quality on their food perception capacity. Over the 240 individuals tested, 33% perceive the food in the course of their prospecting. We observed that in most cases the animals circle the leaf before approaching it. We found that *Folsomia candida* along the successful trajectories is able to shift from non-directional or looping movement to directional movement when the approaching the food. Our results agree with previous studies [1,3,4] and are a contribution to increase knowledge on animal movement.

**Keywords:** animal movement tracking; collembola; food perception capacity; leaf-litter quality, random walk

**References:**

- [1] G. Bengtsson, E. Nilsson, T. Rydén, and M. Wiktorsson, "Irregular walks and loops combines in small-scale movement of a soil insect: implications for dispersal biology," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 231, no. 2, pp. 299–306, Nov. 2004, doi: 10.1016/j.jtbi.2004.06.025.
- [2] J. D. Anadón, T. Wiegand, and A. Giménez, "Individual-based movement models reveals sex-biased effects of landscape fragmentation on animal movement," *Ecosphere*, vol. 3, no. 7, p. art64, 2012, doi: 10.1890/ES11-00237.1.
- [3] A. Auclerc, P. A. Libourel, S. Salmon, V. Bels, and J. F. Ponge, "Assessment of movement patterns in *Folsomia candida* (Hexapoda: Collembola) in the presence of food," *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, no. 4, pp. 657–659, Apr. 2010, doi: 10.1016/j.soilbio.2009.12.012.
- [4] A. Auclerc, J. F. Ponge, S. Barot, and F. Dubs, "Experimental assessment of habitat preference and dispersal ability of soil springtails," *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 41, no. 8, pp. 1596–1604, Aug. 2009, doi: 10.1016/j.soilbio.2009.04.017.

## CHARACTERISTICS OF THE URBAN CO<sub>2</sub> PLUME FROM MARSEILLE CITY IN THE SOUTHERN FRANCE : VARIABILITY AND SOURCES IDENTIFICATION USING CO-EMITTED SPECIES AND ISOTOPIC RATIOS.

# Poster

L.Lelandais<sup>1\*</sup>, I. Xueref-Remy<sup>1</sup>, A. Riandet<sup>1</sup>, S. Sauvage<sup>2</sup>, M.Dufresne<sup>2</sup>, S.Palstra<sup>3</sup>, B.Scheren<sup>3</sup>, A.Armengaud<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, imbe, Technopôle de l'arbois, 13545 Aix en Provence, France

<sup>2</sup>Institut Mines-Télécom Nord Europe (IMT), Univ. de Lille, Douai, France

<sup>3</sup>University of Groningen, ESRIG, Centre for Isotope Research, The Netherlands

<sup>4</sup>ATMOSUD, Marseille 146 rue Paradis Bât. "Le Noilly Paradis" 13294 Marseille FRANCE

\*Ludovic.lelandais@gmail.com

Urban areas are large sources of greenhouse gases and pollutants. CO<sub>2</sub> source apportionment are of prerequisite for defining efficient mitigation strategy to reach the regional goal of carbon neutrality in 2050. It is yet challenging to document especially in a large and complex megacity such as Aix Marseille Metropolis (the 2nd biggest French city). In the framework of the ANR CO<sub>2</sub>L-AMmetropolis project, this work focuses on assessing the variability and composition of the CO<sub>2</sub> urban plume in the Marseille city as it been done for Paris for exemple [1]. Three years of continuous atmospheric measurements and one field campaigns carried on at the Longchamp station in Marseille, south-east of France (43° 18' 20" N, 5° 23' 41" E) are presented. This station is in an urban environment and is mainly influenced by traffic, residential and industrial emissions [2]. Beside air quality variables like Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), black carbon, particulate matter (PM) chemical composition and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) are continuously measured at this station to study the spatio-temporal variability of these compounds.

A field campaign of one week in January 2020 has been performed to better infer the sources of CO<sub>2</sub>. One continuous carbon monoxide instrument and two volatile organic compounds analysers were deployed. Furthermore, about 60 air samples were collected for

analysing the isotopic ratio and radiocarbon content of atmospheric CO<sub>2</sub>. Contributions from anthropogenic fossil fuel emissions and biogenic respiration are quantified using Miller tans plot method [3]. The analysis of the temporal co-variations of CO<sub>2</sub> with co-emitted species, enhancement ratios and 13C isotopic ratio provide the identification and the contribution of fossil fuel emissions sectors. These results will be used to verify regional inventories independently and highlights the main emission sectors contributing to the Marseille city center.

### References :

- [1] ATMOSUD inventaires, <https://cigale.atmosud.org/>
- [2] Lopez, M., Schmidt, M., Delmotte, M., Colomb, A., Gros, V., Janssen, C., Lehman, S.J., Mondelain, D., Perrussel, O., Ramonet, M., 2013. *CO, NO<sub>x</sub> and 13 CO<sub>2</sub> as tracers for fossil fuel CO<sub>2</sub>: results from a pilot study in Paris during winter 2010. Atmospheric Chemistry and Physics 13*, 7343–7358.
- [3] Miller, J.B., Tans, P.P., 2003. *Calculating isotopic fractionation from atmospheric measurements at various scales. Tellus B: Chemical and Physical Meteorology 55*, 207–214. <https://doi.org/10.3402/tellusb.v55i2.16697>

# SAISONNALITE DE LA HAUTEUR DE LA COUCHE LIMITE AU-DESSUS DE MARSEILLE POUR DES SITUATIONS METEOROLOGIQUES TYPES

# Poster

A. Riandet<sup>1\*</sup>, I. Xueref-Remy<sup>1</sup>, P.-E. Blanc<sup>2</sup>, I. Popovici<sup>3,4</sup>, P. Goloub<sup>4</sup>, L. Lelandais<sup>1</sup>, B. Carre<sup>2</sup>, A. Armengaud<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aix-Marseille Université, CNRS, Avignon Université, IMBE, Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup>OSU PYTHEAS- OHP, Observatoire de Haute Provence, Saint-Michel l'Observatoire, France

<sup>3</sup>CIMEL Electronique, Paris, France

<sup>4</sup>CNRS, UMR 8518, Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA), Université Lille, 59000 Lille, France

<sup>5</sup>Atmosud, Agence régionale de qualité de l'air, Marseille, France

\*aurelie.riandet@gmail.com

La couche limite atmosphérique (couche atmosphérique directement influencée par la surface terrestre [1]) est le principal facteur de dilution des gaz et aérosols. Toutefois, d'importantes incertitudes subsistent sur sa variabilité, en particulier dans le sud-est de la France du fait d'une dynamique atmosphérique complexe dans cette région en raison de la présence de la mer à l'ouest et au sud et de collines au nord et à l'est. Les études précédentes ont eu lieu en 2001, avec ESCOMPTE (Expérience sur Site pour COntreindre les Modèles de Pollution atmosphérique et de Transport d'Emissions) [2] et se sont concentrées sur deux situations météorologiques typiques de la région : les régimes de brise de mer/terre [3,4] et de mistral (un vent fort, régional, plus froid, soufflant sur le sud-est de la France depuis la vallée du Rhône [5]). Cependant, cette campagne de mesure ne s'est concentrée que sur la saison estivale et la variabilité de la hauteur de la couche limite est encore peu connue en hiver [6].

Une campagne de terrain réalisée à Marseille du 14 décembre 2021 au 28 février 2022. Un site urbain a été équipé d'un lidar CIMEL CE376-GPN dans le centre-ville de Marseille, mesurant à 532nm. Des mesures de vent sont disponibles afin de mieux caractériser les situations synoptiques. La hauteur de la couche limite est calculée avec la technique des ondelettes de Haar.

Les limites de l'instrument et de la méthode des ondelettes de Haar sont discutées avant de présenter la variabilité de la hauteur de la couche limite en hiver à travers 2 situations météorologiques typiques rencontrées à Marseille, *i.e.* les brises de mer/terre et le mistral. Cette étude représente la première étude de la hauteur de la couche limite sur Marseille en hiver et les résultats sont comparés à la campagne de mesure ESCOMPTE pour caractériser la saisonnalité de la hauteur de la couche limite dans cette région.

## Remerciements :

Ce travail est soutenu financièrement par l'Agence nationale française pour la recherche (projet ANR COoL-AMmetropolis, numéro de subvention ANR-19-CE03-0008).

## Références :

- [1] Garratt, J. (1994). Review : The atmospheric boundary layer. *Earth-Science Reviews*, 37(1-2), 89-134.
- [2] Cros, B., Durand, P., Cachier, H., Drobinski, Ph., Fréjafon, E., Kottmeier, C., Perros, P. E., Peuch, V.-H., Ponche, J.-L., Robin, D., Saïd, F., Toupance, G., & Wortham, H. (2004). The ESCOMPTE program: An overview. *Atmospheric Research*, 69(3-4), 241-279.
- [3] Bastin, S., Drobinski, P., Dabas, A., Delville, P., Reitebuch, O., & Werner, C. (2005). Impact of the Rhône and Durance valleys on sea-breeze circulation in the Marseille area. *Atmospheric Research*, 74(1-4), 303-328.
- [4] Bastin, S., Drobinski, P., Guénard, V., Caccia, J.-L., Campistron, B., Dabas, A. M., Delville, P., Reitebuch, O., & Werner, C. (2006). On the Interaction between Sea Breeze and Summer Mistral at the Exit of the Rhône Valley. *Monthly Weather Review*, 134(6), 1647-1668.
- [5] Drobinski, P., Bastin, S., Guenard, V., Caccia, J.-L., Dabas, A. M., Delville, P., Protat, A., Reitebuch, O., & Werner, C. (2005). Summer mistral at the exit of the Rhône valley. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 131(605), 353-375.
- [6] Riandet, A., I. Xueref-Remy, P.-E. Blanc, I. Popovici, P. Goloub, L. Lelandais and A. Armengaud (2022). Boundary layer height variability in winter in southeastern France for typical meteorological situations, Geophysical Research Abstracts EGU22-7326, EGU General Assembly 2022, Vienna (Austria).

S. Bazin<sup>1\*</sup>, A. Sentis<sup>1</sup>, M. Daufresne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, Aix Marseille Univ., RECOVER, Aix-en-Provence, France

\*simon.bazin@inrae.fr

L'augmentation des températures influence le comportement, la physiologie et le phénotype des espèces. Récemment, la diminution de la taille du corps avec l'augmentation de la température a été proposée comme la troisième réponse universelle au réchauffement climatique [1]. Plus précisément, la « Temperature Size Rule » stipule que le réchauffement accélère le taux de croissance initial mais conduit à une taille adulte plus petite. Les conséquences de la réduction de la taille avec l'augmentation des températures ont reçu relativement peu d'attention. Pourtant, la taille corporelle détermine de nombreuses propriétés écologiques telles que la fécondité, la locomotion, la prédation, le métabolisme... La réduction de la taille corporelle semble être la plus répandue aux niveaux trophiques supérieurs et notamment chez les poissons prédateurs. Dans les écosystèmes aquatiques, fortement structurés par le haut, la taille du top prédateur détermine les forces d'interactions trophiques et par conséquent influence fortement la structure du réseau trophique [2]. Le second chapitre de ma thèse vise à comprendre si et comment la réduction de la taille corporelle module les effets de la température sur les interactions trophiques et la structure en taille des communautés par une approche expérimentale en mésocosmes.

Pour ce faire, je m'intéresse en particulier au spectre de taille des communautés (CSS : relations linéaires entre la taille et l'abondance des organismes sur une échelle log-log) de zooplancton, phytoplancton, bactéries et invertébrés benthiques issues d'une expérience en mésocosmes où la température et la taille des poissons ont été contrôlées. Les CSS intègrent des processus biologiques et écologiques complexes et émergent d'un équilibre entre la prédation sélective par taille, la croissance et la dissipation de la biomasse [3]. De ce fait, les spectres de taille des communautés simplifient dans une relation linéaire des processus complexes et sont un descripteur puissant de la façon dont l'énergie et les nutriments sont distribués dans la biomasse d'un écosystème.

Plusieurs hypothèses de travail, dépendantes de l'échelle biologique étudiée, ont été formulées. (1) Je m'attends à ce

que la biomasse totale communautaire des mésocosmes chauffés soit plus faible avec une forte prévalence de petits individus, donc une augmentation de la pente des CSS. (2) Je m'attends à ce que les effets du réchauffement dépendent de la présence/absence des poissons, notamment parce que le réchauffement a un fort impact sur les cascades trophiques et le transfert d'énergie [4]. Avec poissons, le réchauffement devrait amplifier le contrôle descendant sur le zooplancton et libérer le phytoplancton de la prédation, augmentant avec la pente des CSS. (3) Je m'attends à ce que l'intensité des cascades trophiques soit dépendante de la taille et de l'origine thermique des poissons (20 °C vs 30 °C) puisque le métabolisme et la consommation sont dépendants de la morphologie, de l'acclimatation thermique ou du comportement [5]. Mes résultats préliminaires indiquent que le réchauffement a augmenté la pente des spectres de taille des communautés, indiquant une augmentation de l'abondance des petits individus dans les mésocosmes chauffés, en particulier pour le compartiment phytoplanctonique. De plus, les effets de la température étaient dépendants de la présence/absence de poissons, indiquant que le réchauffement a un fort impact sur les cascades trophiques. Enfin, la taille des poissons et/ou l'origine thermique ne semblent pas moduler les effets de la température ou modifier la structure de taille des communautés biologiques.

### Références :

- [1] M. Daufresne, K. Lengfellner, U. Sommer. Proceedings of the National Academy of Sciences 106, no. 31 (2009) 12788–93.
- [2] Mark C. Emmerson, D. Raffaelli. Journal of Animal Ecology 73, no. 3 (2004): 399–409.
- [3] J. Guiet, J-C. Poggiale, O. Maury. Ecological Modelling 337 (10 octobre 2016): 4-14.
- [4] J.B. Shurin, J. L. Clasen, H. S. Greig, P. Kratina, P. L. Thompson. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367, no. 1605 (November 5, 2012): 3008–17.
- [5] A. Sentis, J-L. Hemptinne, J. Brodeur. Oecologia 169, no 4 (1 août 2012): 1117-25.

L. F. De Castro Galizia<sup>1\*</sup>, T. Curt<sup>1</sup>, R. Barbero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, RECOVER, Aix-Marseille University, Aix-en-Provence, 13182, France.

\*luz.galizia@gmail.com

Pyroregions reflect the long-term patterns of fire regime components providing a level of generalization that aids in understanding wildland fire [1,2]. Yet, pyroregions may be subject to large changes in response to global warming. Here we developed the first European pyrogeography based on burned area, fire frequency, the length of the fire period, the percentage of large fires, as well as the percentage of cool-season fires to better understand current and future wildland fire across the continent. We used generalized additive models (GAMs) to relate each fire regime component with climate and environmental variables at an annual timescale [3]. Based on GAMs models, we simulated each fire regime component under the current period and for different global warming scenarios. We then delineated the pyroregions based on the projected fire regime components. We identified five large-scale pyroregions: a non-fire prone (NFP); a cool-season fire (CSF); a fire-prone (FP); a highly fire-prone (HFP); and an extremely fire-prone (EFP). Different response of pyroregions to global warming was projected with HFP, EFP showing an increase of ~ 147% and 140% in the extent, while NFP and CSF decreased by ~ 4.1% and 6.3%, respectively. Most of the transitions among pyroregions occurred in Southern Europe. Additionally, we found that the higher the warming level, the higher the

probability of an increase in the fire proneness across all pyroregions. Regions such as the Northern Iberian Peninsula, Southern France, Northern Italy, and Eastern Balkans presented a higher increase in fire proneness highlighting necessary changes in the local forest and fire management. Our estimates of the future European pyrogeography emphasized the large but uneven impact of a warming climate on fire regimes, with stronger signals in Southern Europe and the intensification of the regions that are already at risk.

**Références:**

- [1] Bowman DM, Kolden CA, Abatzoglou JT, Johnston FH, van der Werf GR, Flannigan M (2020) Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 500–515.
- [2] Galizia, L. F., Curt, T., Barbero, R. & Rodrigues, M. (2022) Understanding fire regimes in Europe. *International Journal of Wildland Fire*. 31, 56-66.
- [3] Pimont F, Fargeon H, Opitz T, Ruffault J, Barbero R, Martin-StPaul N, et al. (2021) Prediction of regional wildfire activity in the probabilistic Bayesian framework of Firelihood. *Ecological Applications* 1, 50-30.

Q. DING<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>INRAe Hydrometeorological Research Team, UMR RECOVER, 13100 Aix-en-Provence, France

\*[qifan.ding@inrae.fr](mailto:qifan.ding@inrae.fr)

L'aléa hydrologique peut être défini comme d'occurrence d'un phénomène hydrologique d'intensité donnée. Ce phénomène hydrologique peut correspondre aux étiages et aux crues. Pour prévoir et limiter des dégâts provoqués par ces phénomènes, des méthodes de modélisations hydrologiques ont été développées afin d'estimer le niveau de cet aléa [1]. Face à la question de l'estimation de crues, il est préférable d'utiliser des approches basées sur la simulation des processus pluie-débit.

La plupart de ces approches ont besoin des données météorologiques et des mesures hydrométriques pour caler les modèles hydrologiques. Cependant, les mesures hydrométriques ne sont pas toujours disponibles lors de l'application de ces approches à un grand territoire. Par exemple, sur le territoire français, les données hydrométriques sont accessibles seulement sur près de 2000 exutoires de bassins versants (une vingtaine par département). Par opposition aux bassins versants dont les débits sont bien connus (bassins dits « jaugés »), beaucoup de bassins versants restent sans mesures de débits (dits « non-jaugé »). Il faut donc développer des méthodes de régionalisation pour extrapoler l'aléa hydrologique connu sur des bassins versants jaugés vers des bassins versants non-jaugés [2].

Deux niveaux d'extrapolation spatiale sont possibles pour la régionalisation de grandeurs hydrologiques. L'estimation des débits à l'extérieur des bassins versants jaugés est largement discutée par des études sur la régionalisation. Cette estimation peut être réalisée en comparant des caractéristiques des bassins versants jaugés et non-jaugés (géologiques, météorologiques, morphologiques, etc.), et supposer que la similarité des caractéristiques des bassins versants conduit naturellement à une similarité du niveau de l'aléa [3]. Par contre, très peu d'études parlent de l'estimation de l'aléa à des échelles plus locales dont l'échelle est bien plus petite que celle des bassins versants jaugés, par exemple, les zones en amont d'un bassin versant jaugé ou sur de très petits bassins versants non-jaugés. On s'appuie alors sur la méthode SHYREG [4], qui propose une estimation de l'aléa hydrologique de façon régionale basée sur une approche événementielle, pour estimer l'aléa à la fois dans les bassins versants non-jaugés et dans des sites locaux d'une surface plus petite.

Dans un premier temps, grâce aux données existantes (précipitations simulées par un générateur de pluie [5] et données hydrométriques), il est possible d'attribuer des valeurs uniformes au paramètre du modèle hydrologique de la méthode, pour tous les pixels d'un bassin versant jaugé, qui permettra de reproduire des quantiles de crues proches de l'observation à son exutoire. Ce paramètre hydrologique unique pour cette méthode, peut être vu

comme une sorte de coefficient de ruissellement, qui indique la quantité d'eau ruisselée lors d'un événement de pluie [6]. C'est une procédure permettant de caractériser les données observées et les transférer vers un « indicateur » quantitatif de niveau de l'aléa.

Dans un second temps, on cherche à expliquer la variabilité spatiale de ce paramètre par la variabilité spatiale des caractéristiques des bassins versants, grâce à une régression linéaire [7], accompagnée par une optimisation des débits aux exutoires. De cette manière, au lieu d'avoir un paramètre uniforme seulement pour des bassins versants jaugés, on peut créer une cartographie du paramètre, spatialement distribuée, qui couvre également la surface des bassins versants non-jaugés, en gardant ainsi la variabilité à l'intérieur des bassins versants jaugés.

La méthode, à cette étape, permet déjà d'estimer l'aléa hydrologique des bassins versants à des différentes échelles. Pour améliorer ses performances à une échelle fine et pour favoriser des études sur le changement climatique, en plus de créer une variabilité spatiale de son paramètre hydrologique, on donne aussi à ce paramètre une variabilité temporelle : une valeur « hiver » et une valeur « été », basée sur l'hypothèse que l'état de sol est différent selon les saisons. En contraignant par des données supplémentaires (données saisonnières), les crues saisonnières simulées deviennent être plus cohérentes à la réalité. Cette variabilité temporelle pourrait de plus aider à mieux expliquer la variabilité de l'aléa hydrologique sur des bassins versants non-jaugés à des échelles locales.

On essaye ainsi d'évaluer la pertinence de la méthode en regardant plusieurs critères d'évaluation et en discutant d'une procédure complémentaire de la régionalisation en changeant l'échelle de calcul.

## Références :

- [1] A. Bardossy, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2007, 11, 703–710.
- [2] F. MESSNER, V. MEYER, *NATO Science Series*, 2006, 149–167.
- [3] Y. He, A. Bárdossy, E. Zehe, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011, 15, 3539–3553.
- [4] P. Arnaud, Y. Aubert, D. Organde, P. Cantet, C. Fouchier, N. Folton, *La Houille Blanche*, 2014, 20–26.
- [5] P. Arnaud, J. Lavabre, *Hydrological Sciences Journal*, 1999, 44, 433–446.
- [6] *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis across Processes, Places and Scales*, G. Blöschl, M. Sivapalan, T. Wagener, A. Viglione, H. Savenije (Eds.), Cambridge, 2013;
- [7] L. Oudin, V. Andreassian, C. Perrin, C. Michel, N. Le Moine, *Water Resources Research*, 2008, 44, W03413.

R. Hounyèmè<sup>1,2,3\*</sup>, M. Logez<sup>2</sup>, D. Mama<sup>3</sup> and C. Argillier<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ED251, Aix-Marseille University, CEREGE, Europole de l'Arbois BP80, Aix-en-Provence, 13545, France.

<sup>2</sup>AQUA-UMR RECOVER, INRAE, 3275 route de Cézanne CS 40061, Aix-en-Provence, 13182, France.

<sup>3</sup>LHA-INE, University of Abomey-Calavi, 01BP: 526, Cotonou, Benin

\*romualdaurell@yahoo.fr

In view of the very strong degradation of aquatic ecosystems, it is urgent to set up monitoring systems that are best able to report on the effects of the stressors they are exposed to. This is particularly true in developing countries, where there is a lack of funds allocated to monitoring programs despite the fact that aquatic ecosystems provide numerous services in these areas. The objective of this study was to make a relevant and objective choice of physicochemical parameters that are informative of the main stressors occurring in African lakes. An innovative method based on advanced Bayesian statistical modeling was used to analyze the relationship between several driving forces and the physicochemical parameters of the Nokoué lagoon. Eleven physicochemical parameters were selected for their response to at least one stressor: total phosphorus, orthophosphates, nitrates, TKN, dry organic matter, dissolved oxygen, BOD, salinity, water temperature, pH, and transparency. One of the original features of this study is the use of the bounds of the credibility interval of the fixed-effect coefficients of each of the predicted physicochemical parameters as local weathering standards for the characterization of the physicochemical status of this anthropized African ecosystem.

#### **Références:**

- [1] Curtis, S., and Ghosh, S. (2011). A Bayesian Approach to Multicollinearity and the Simultaneous Selection and Clustering of Predictors in Linear Regression. *J. Stat. Theory Pract.* 5, 715–735.
- [2] Bojarczuk, A., Jelonkiewicz, Ł., and Lenart-Boroń, A. (2018). The effect of anthropogenic and natural factors on the prevalence of physicochemical parameters of water and bacterial water quality indicators along the river Białka, southern Poland. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 25, 10102–10114.
- [3] Kruschke, J. (2015). *Doing Bayesian Data Analysis: A Tutorial with R, JAGS, and Stan (US: Academic Press)*.
- [4] Gnohossou, P. (2006). La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations Temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- [5] Odountan, O.H., de Bisthoven, L.J., Koudonoukpo, C.Z., and Abou, Y. (2019). Spatio-temporal variation of environmental variables and aquatic macroinvertebrate assemblages in Lake Nokoué, a RAMSAR site of Benin. *Afr. J. Aquat. Sci.* 44, 219–231.
- [6] Zandagba, J., Adandedji, F.M., Mama, D., Chabi, A., and Afouda, A. (2016). Assessment of the Physico-Chemical Pollution of a Water Body in a Perspective of Integrated Water Resource Management: Case Study of Nokoué Lake. *J. Environ. Prot.* 7, 656–669.

J. Morla<sup>1\*</sup>, S. Bazin<sup>1</sup>, M. Campana<sup>1</sup>, R. Lassus<sup>1</sup>, T. Peroux<sup>1</sup>, F. Colas<sup>2</sup>, M. Daufresne<sup>1</sup>, A. Sentis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, Aix-Marseille Univ, UMR RECOVER, 3275 route Cézanne, 13182 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup>CNRS, Lyon 1 Univ, UMR 5023 - LEHNA, 6 rue Raphaël Dubois, 69622 Villeurbanne, France

\*[julie.morla@inrae.fr](mailto:julie.morla@inrae.fr)

Global warming affect individual phenotypes which can translate into altered biotic interactions. One of the most common phenotypic change induced by global warming is a reduction of individual body size [1, 2]. Body size structures trophic interactions in aquatic food webs, the latter being particularly important for the flows of matter and energy within and between ecosystems. These thermal effects on body size, especially for top predator as fish can lead to changes in the prey-predator dynamic modifying the food web structure, but the consequences of these modifications induce by size at ecosystemic level remain largely unexplored. One of the challenge is that temperature affect directly and indirectly ecosystem functions. For instance, there is a negative relationship between temperature and the amount of available oxygen in water while aerobic organisms (bacteria, plankton, vertebrate and invertebrate) depend on oxygen concentration in the environment to ensure ecosystem processes (primary production, gas exchange, decomposition). Moreover, temperature can alter fish predatory activity and breathe due to their ectotherm nature. Here we investigated how temperature and temperature induced body size reduction can influence the food webs structure and how these modifications affect ecosystem processes.

We conducted a mesocosm experiment with temperature treatments (ambient temperature; ambient temperature +4 °C, RCP Scenario 8.5; IPCC, 2014) crossed with three fish treatments: no fish, fish reared over several generations at 20 °C (large fish) or fish reared over several generations at 30 °C (small fish). Mesocosms were inoculated with zooplankton (rotifers, daphnia, copepods) and phytoplankton from a local Pond and left open to the natural colonization and dispersion of macro-invertebrates and microorganism. From April to June 2021 we weekly sampled biological data related to the food web structure (body size and abundance of major taxonomic groups) for all the trophic levels (bacteria, plankton, invertebrate, fish). We also collected data related to ecosystem processes in each mesocosm such as organic matter decomposition rate; primary production [in µg/cm<sup>2</sup>]; greenhouse gas concentrations: CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> in ppm, and the oxygen concentration. We hypothesized that (1) Temperature alter the community stability through an unstable dynamics (density and biomass variations over time), decrease the trophic links and as a driver of physiological rate processes also directly increases oxygen demand and metabolism, influencing ecosystem functions. (2) Body size reduction induced by temperature affects the

food web structure altering interaction strengths and modifying the size dominance of lower trophic levels organisms (top down effect). (3) The presence of Fish modify the trophic cascade: (e.g. predation of zooplankton leading to a lack of pressure on phytoplankton). Our preliminary results indicate lower density of micro-zooplankton (copepods & rotifers) in warm mesocosms and a decrease of the body size of copepods & rotifers throughout the experiment. Results for invertebrates are in progress. For the ecosystem functions, our results indicate that O<sub>2</sub> oxygen, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations decrease in warm mesocosms at the end of the experiment but CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations increase in presence of fish in ambient mesocosms. We also observe an increase of cyanobacteria and diatoms in warm mesocosms but no modification of green algae concentration. Finally, organic matter decomposition rate was increased by warming and was influenced by the presence of dipteran larvae at the beginning of the experiment. We are now investigating if the experimental treatments have induced changes in the food web structure and if these changes can be linked to effects on ecosystems functions. Our preliminary results support the idea that temperature induced a body size reduction of copepods & rotifers. Our results also seem suggest that temperature alter the community stability through a decrease of micro-zooplankton density. The greenhouse gas concentrations support the well-known decrease in solubility of gases in warm water. Elevated temperature also tends to increase the release of methane and carbon dioxide into the atmosphere and decrease the amount of oxygen available to the organisms. However, the presence of fish increased the quantity of CH<sub>4</sub>, and CO<sub>2</sub> in water, probably through breathing activity and dejection. For the organic matter decomposition, only the temperature treatment has an impact on the decomposition probably related to the increased metabolism. To conclude, these preliminary results reinforce the idea that better understanding the cross and complex impacts of temperature and body size reduction on the food web structure and ecosystems functioning are determining for a better aquatic ecosystems preservation in a global warming context.

#### Références:

- [1] D. Atkinson, *Advances in Ecological Research*, 25 (1994) 1-58.  
[2] C.R. Horne A.G. Hirst, D. Atkinson, *Ecology Letters*, 18 (2015) 327-335.

Antoine Netter<sup>1,2\*</sup>, Blandine Courbiere<sup>1,2</sup>, Aubert Agostini<sup>1</sup>, Léon Boublil<sup>1</sup>, Florence Bretelle<sup>1</sup>, Eléna Coiplet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Gynecology and Obstetrics, AP-HM, Assistance Publique-Hôpitaux de Marseille, Marseille, France.

<sup>2</sup> Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, 13005 Marseille, France.

\*[antoine.netter@gmail.com](mailto:antoine.netter@gmail.com)

L'endométriose est une maladie œstrogéno-dépendante caractérisée par la croissance ectopique de tissu endométrial en dehors de la cavité utérine. Cette maladie bénigne touche environ 10 % des femmes en âge de procréer. Plusieurs circonstances peuvent conduire au diagnostic : douleurs pelviennes chroniques, bilan d'infertilité, ou découverte fortuite lors d'une laparoscopie. Sa physiopathologie reste actuellement débattue mais semble être multifactorielle, incluant probablement des facteurs génétiques et environnementaux. Bien que la théorie de la menstruation rétrograde des cellules endométriales dans le péritoine soit la plus largement acceptée, ce phénomène se produit chez environ 70-90% des femmes, alors que la prévalence de l'endométriose est beaucoup plus faible. Par conséquent, d'autres facteurs peuvent contribuer à la pathogenèse de l'endométriose, y compris les toxiques environnementaux.

L'objectif de ce travail est de fournir une revue systématique des connaissances actuelles sur la relation entre divers facteurs environnementaux et l'endométriose.

La recherche documentaire a été effectuée à partir de la base de données PubMed en sélectionnant des études de cohorte et les études cas-témoins. Nous avons testé successivement un facteur d'exposition donné combiné au mot "endométriose". Les études ont été incluses si elles présentaient des données sur l'association entre l'endométriose et l'environnement. Seules les études épidémiologiques impliquant des sujets humains ont été incluses.

Les données portent principalement sur les perturbateurs endocriniens [1], tels que les dioxines et les polychlorobiphényles, qui semblent avoir l'effet le plus marqué [2,3]. Des données intrigantes suggèrent un lien avec le travail de nuit [4], l'exposition au soleil [5] et la consommation de viande rouge [6]. Pour les autres facteurs de risque étudiés, notamment ceux liés au mode de vie (consommation de tabac, alcool, café, soja, exercice physique), les données ne sont pas suffisantes pour tirer de conclusions.

Les données épidémiologiques ne permettent pas d'établir un lien solide et scientifique entre l'exposition à des facteurs environnementaux et l'endométriose. La complexité de cette maladie exige des plans d'étude avancés et une méthodologie normalisée. Les études futures devraient être soigneusement conçues pour aborder ces questions afin de faire progresser notre compréhension de l'impact de l'environnement et de ses conséquences sur l'endométriose.

#### Références

- [1] Sirohi D, Al Ramadhani R, Knibbs LD. Environmental exposures to endocrine disrupting chemicals (EDCs) and their role in endometriosis: a systematic literature review. *Rev Environ Health* 2021;36:101–15. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0046>.
- [2] Louis GMB, Weiner JM, Whitcomb BW, Sperrazza R, Schisterman EF, Lobbell DT, et al. Environmental PCB exposure and risk of endometriosis. *Hum Reprod* 2005;20:279–85. <https://doi.org/10.1093/humrep/deh575>.
- [3] Martínez-Zamora MA, Mattioli L, Parera J, Abad E, Coloma JL, van Babel B, et al. Increased levels of dioxin-like substances in adipose tissue in patients with deep infiltrating endometriosis. *Hum Reprod* 2015;30:1059–68. <https://doi.org/10.1093/humrep/dev026>.
- [4] Schernhammer ES, Vitonis AF, Rich-Edwards J, Missmer SA. Rotating nightshift work and the risk of endometriosis in premenopausal women. *American Journal of Obstetrics & Gynecology* 2011;205:476.e1-476.e8. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2011.06.002>.
- [5] Farland LV, Degan WJ, Harris HR, Han J, Cho E, VoPham T, et al. Recreational and residential sun exposure and risk of endometriosis: a prospective cohort study. *Human Reproduction* 2021;36:199–210. <https://doi.org/10.1093/humrep/deaa280>.
- [6] Parazzini F, Chiaffarino F, Surace M, Chatenoud L, Cipriani S, Chiantera V, et al. Selected food intake and risk of endometriosis. *Hum Reprod* 2004;19:1755–9. <https://doi.org/10.1093/humrep/deh395>.

## DÉMÊLER LES MÉCANISMES ÉCO-PHYSIOLOGIQUES DE LA RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE EN FORÊTS MIXTES DE HÊTRES ET DE SAPINS GRÂCE À UN MODÈLE BASÉ SUR LES PROCESSUS

# Poster

C. Rouet<sup>1,2,3\*</sup>, H. Davi<sup>1</sup>, X. Morin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INRAE, UR629 Ecologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), Domaine Saint-Paul Site Agroparc, 84194 Avignon Cedex 9, France

<sup>2</sup>Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 20 avenue du Grésillé - BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01, France

<sup>3</sup>Office national des forêts (ONF), 2 avenue de Saint-Mandé, 75570 Paris Cedex 12, France

<sup>4</sup>CNRS, CEFE Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier 5, France

\*[camille.rouet@inrae.fr](mailto:camille.rouet@inrae.fr)

Le mélange d'essence forestière est souvent cité parmi les leviers d'adaptation des peuplements forestiers aux effets des changements climatiques. Parmi ces effets, la sécheresse sera particulièrement exacerbée pour les écosystèmes forestiers méditerranéens. Cependant, si l'on s'accorde sur la meilleure productivité observée en moyenne dans les forêts mélangées face aux forêts monospécifiques, l'effet du mélange sur la résistance au stress hydrique des peuplements est beaucoup plus contrasté. Les interactions interspécifiques semblent en effet propres à chaque assemblage forestier et fortement déterminées par la qualité du sol et les conditions climatiques. Comprendre la relation diversité-résilience au stress hydrique des forêts demande donc de mieux connaître les mécanismes éco-physiologiques régissant les interactions interspécifiques.

Nous proposons ici un modèle de dynamique forestière multispécifique intégrant (i) les effets basés sur les processus des changements globaux sur la croissance des arbres et leur sensibilité à la sécheresse et (ii) les interactions inter-individuelles qui sous-tendent la compétition - et la complémentarité - pour l'eau et la lumière.

Le modèle est évalué en peuplements purs et mélangés sur les données individuelles de croissance issues d'un dispositif de suivi de placettes de hêtraie, sapinière et hêtraie-sapinière en montagne méditerranéenne. Les simulations réalisées permettent de caractériser l'évolution de la relation entre diversité en essence et résilience à la sécheresse selon différentes conditions climatiques en mélange hêtre-sapin.

P. Techer<sup>1</sup>, F. Alonzo<sup>1</sup>, S.K.J.R Auld<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PRP-ENV, SERIS, LECO, Cadarache, France

<sup>2</sup>Biological and Environmental Sciences, Faculty of Natural Sciences, Stirling University, Stirling, UK

pierre.techer@irsn.fr

La compréhension des effets à long terme de faibles doses de rayonnements ionisants sur les écosystèmes, et sur les espèces qui les composent, reste un enjeu majeur en matière d'écotoxicologie des radionucléides à l'IRSN. Dans ce contexte, un défi de la recherche est de caractériser l'état des populations sauvages vivant dans la zone d'exclusion de Tchernobyl (CEZ). La biologie évolutive établit que la réponse d'une population exposée à un contaminant (radiologique ou chimique) est de nature adaptative et s'opère par la sélection naturelle des individus les plus aptes à faire face au stress toxique. Cette capacité définie comme la valeur sélective (fitness) peut être évaluée en suivant la survie et la reproduction, deux traits d'histoire de vie critiques pour la dynamique de population.

Récemment, Goodman et al. [1,2] ont étudié les populations de *Daphnia pulex*, une espèce de crustacé planctonique clé de voute des écosystèmes lenticules (étendues d'eau douce calme), issues de différents étangs de la CEZ. Les auteurs montrent que les populations exposées à des débits de dose allant de 0,01 µGy/h à 200 µGy/h ne présentent pas de différence significative en termes d'histoire de vie et de valeur sélective (mesurée par le nombre de descendants produits en moyenne par individu au cours de son cycle de vie). L'analyse de la structure génétique des populations montre une diversité corrélée positivement au débit de dose, ainsi qu'une faible dérive génétique, ce qui réfuterait la possibilité d'un effondrement démographique récent. Ces observations suggèrent que les populations se sont potentiellement adaptées aux rayonnements ionisants au fil des décennies d'exposition depuis l'accident.

Le présent projet de thèse vise à vérifier si les populations de *D. pulex* de la CEZ ont acquis une résistance accrue aux rayonnements ionisants. Pour ce faire, des individus issus des différents lacs seront irradiés pendant plusieurs générations sur une gamme de débits de dose variant de 6.5 µGy/h à 35 mGy/h. Des mesures quotidiennes de la croissance, survie, et reproduction seront effectuées. Des observations en microscopie électronique testeront l'apparition d'altérations mitochondriales, afin de confirmer une éventuelle atteinte du métabolisme énergétique. Ces données seront analysées à l'aide d'un modèle toxico-cinétique toxico-dynamique (TKTD), basé sur la théorie du Budget Énergétique Dynamique (DEB). Ce travail permettra de préciser la nature de la réponse adaptative développée : acquisition d'une plus grande tolérance au stress toxique induit par les rayonnements ionisants, sélection d'individus dont les traits d'histoire de vie compensent les effets de la toxicité etc.

### Références:

[1] Goodman, J., Copplestone, D., Laptev, G. v., Gashchak, S., & Auld, S. K. J. R. (2019). Variation in chronic radiation exposure does not drive life history divergence among *Daphnia* populations across the Chernobyl Exclusion Zone. *Ecology and Evolution*, 9(5), 2640–2650. <https://doi.org/10.1002/ece3.4931>

[2] Goodman J, Brand J, Laptev G, Auld SKJR. Radiation-mediated supply of genetic variation outweighs the effects of selection and drift in Chernobyl *Daphnia* populations. *J Evol Biol*. 2022 Jan 19. doi: 10.1111/jeb.13983. Epub ahead of print. PMID: 35048452.

A. Thomas <sup>\*1</sup>, F. Eyrolle <sup>1</sup>, J. Schafer <sup>2</sup>, A. Coynel <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PSE-ENV/SRTE/LRTA, BP 3, 13115, Saint-Paul-Lez-Durance, France

<sup>2</sup>Université de Bordeaux, UMR EPOC 5805, Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac CEDEX, France

\*adrien.thomas@irsn.fr

Les méthodes d'analyse des conséquences environnementales des rejets chroniques ou accidentels des installations nucléaires soulignent des lacunes de connaissances encore aujourd'hui, notamment sur l'évolution consécutive des niveaux de contaminations en radionucléides dans les milieux aquatiques, à court, moyen et long termes, sur les trajectoires de ces contaminants à l'échelle des grands bassins versants nucléarisés français, et enfin sur la capacité de résilience de ces milieux soumis à ces contaminants.

La collecte et l'analyse d'archives sédimentaires sur les marges alluviales des hydrosystèmes, ainsi que dans les compartiments d'accumulation sédimentaire des fleuves, permettent de reconstruire les concentrations des radionucléides à vie moyenne et à vie longue qui ont transité dans ces milieux durant l'ère nucléaire [1-3]. L'objectif est de mieux comprendre les trajectoires d'état des radionucléides à l'échelle des sept grands bassins versants français étudiés, grâce au couplage des jeux de données issus des archives sédimentaires, dont l'approche est quantitative, et des frises socio-historiques associées qui caractérisent les pressions anthropiques, dont l'approche est plus qualitative. Cela conduira à évaluer la résilience des milieux aquatiques face à différents types de contamination, en considérant potentiellement les décisions sociétales telles que les réglementations et normes mises en place.

La capacité de résilience des grands bassins versants face à une contamination radioactive est de préciser les périodes effectives ainsi que la capacité des milieux aquatiques à éliminer naturellement cette contamination.

Le but est de collecter des archives sédimentaires sur les sept grands fleuves nucléarisés français, et d'acquérir des jeux de données sur ces fleuves. Des jeux de données sont déjà à disposition pour quatre fleuves, à savoir la Moselle, le Rhin, la Loire et le Rhône, une est en cours de traitement, la Seine, et les deux dernières, la Meuse et la Garonne, ont pour projet d'être collectées et traitées. L'objectif est de mettre en perspective les trajectoires d'état des radionucléides de ces sept grands fleuves, aux caractéristiques géomorphologiques, hydro-sédimentaires et géochimiques contrastées, qui sont soumis à diverses typologies de contaminations radioactives, et ainsi d'évaluer leur capacité de résilience.

#### Références :

- [1] Vrel A. (2012). Reconstitution de l'historique des apports en radionucléides et contaminants métalliques à l'estuaire fluvial de la Seine par l'analyse de leur enregistrement sédimentaire, Thèse de l'Université de Caen.
- [2] Morereau A., H. Lepage, D. Claval, C. Cossonnet, J.P. Ambrosi, B. Mourier, T. Winiarski, Y. Copard, F. Eyrolle (2020). Trajectories of technogenic tritium in the Rhône River (France), *Journal of Environmental Radioactivity*, 223-224 (2020) 106370
- [3] Eyrolle F., Copard Y., Lepage H., Ducros L., Morereau A., Grosbois C., Cossonnet C. Gurriaran R., Booth S., Desmet, M. (2019). Evidence for tritium persistence as organically bound forms in river sediments since the past nuclear weapon tests, *Scientific reports*, 9, 11487.

A. Magne<sup>1,2\*</sup>, M. Le Hir<sup>2</sup>, T. Clair<sup>2</sup>, E. Carretier<sup>1</sup>, P. Moulin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aix-Marseille Univ., Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres, Equipe Procédés Membranaires, (M2P2-CNRS-UMR 7340-EPM), Europôle de l'Arbois, BP 80, Bat. Laennec, Hall C, 13545 Aix-en-Provence cedex 04, France

<sup>2</sup>Sanofi Chimie, Laboratoire Génie des Procédés 1, Process Engineering, Global Chemistry Manufacturing & Control (CMC), 45 chemin de Mételine, 04200 Sisteron, France

\*adrien.magne@etu.univ-amu.fr

Les catalyseurs sont des outils indispensables dans de nombreuses synthèses chimiques. Ils permettent de mettre en place une chimie de pointe pour aller au plus vite à la molécule cible en limitant au maximum les sous-produits et donc les étapes de purification éventuelles. Le groupe pharmaceutique SANOFI utilise un catalyseur à base de palladium – un métal rare et coûteux – dans la synthèse d'une molécule à très haute valeur ajoutée. A l'heure actuelle, la purification de la molécule d'intérêt vis-à-vis du catalyseur et des sous-produits de la synthèse chimique est longue et complexe, et entraîne en plus la désactivation du catalyseur. Sa réutilisation est donc compromise, ce qui nécessite de l'envoyer vers une entreprise extérieure pour son recyclage.

Le projet de recherche s'articule autour de la récupération de ce catalyseur à base de palladium en minimisant sa désactivation afin de pouvoir le réutiliser dans de nouveaux cycles chimiques, ce qui permettra de réduire les coûts globaux de la synthèse et de simplifier toute la chaîne de traitement. De plus, la récupération et réutilisation des catalyseurs dans les industries pharmaceutiques pourraient ouvrir l'accès à des voies de synthèse qui sont actuellement abandonnées au stade de « *early development* » pour des raisons économiques, les catalyseurs les plus efficaces étant le plus souvent les plus chers.

Cette étude fait l'objet d'une thèse collaborative entre l'Equipe Procédés Membranaires (EPM) du laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2) de Aix-Marseille Université et un laboratoire du service *Process Engineering* du site de SANOFI Sisteron.

La sensibilité à la fois du catalyseur et de la molécule SANOFI amène à mettre en place un traitement physique afin d'éviter au maximum les interactions chimiques et dégradations qui peuvent suivre. Ainsi, la séparation de ces deux constituants est envisagée via des membranes céramiques poreuses. La céramique offre l'avantage d'être résistante aux solvants organiques et d'être adaptée à des utilisations à l'échelle industrielle. De plus, un tel procédé membranaire pourrait être directement mis en place en fin de synthèse chimique afin d'accéder rapidement au catalyseur isolé pour le réutiliser immédiatement en minimisant sa désactivation. La rétention de catalyseurs par procédés membranaires a déjà été employée auparavant, à l'échelle laboratoire, ce qui offre des pistes

encourageantes mais laisse un écart important entre l'échelle laboratoire et l'industrialisation d'un procédé, ce qui est l'objectif final de cette thèse. De plus, un verrou scientifique particulièrement important de ce sujet est le fait que les deux composés, produit de synthèse et catalyseur, ont des poids moléculaires similaires (autour de 600 g.mol<sup>-1</sup>) ce qui rend impossible l'utilisation directe d'une membrane minérale.

Pour que cette séparation soit réalisable, deux pistes sont envisagées dans cette étude. La première consiste à modifier le catalyseur en le remplaçant par des catalyseurs de substitution. Ces derniers ont été sélectionnés car ils présentent des propriétés catalytiques similaires à celles de celui actuellement utilisé, mais pourraient être plus facilement séparables de la molécule à haute valeur ajoutée. L'un d'eux est un catalyseur avec un poids moléculaire atteignant les 1000 g.mol<sup>-1</sup> et pouvant théoriquement être retenu par une membrane céramique de faible seuil de coupure. Ce catalyseur simple a été synthétisé en laboratoire en vue des futurs essais de rétention membranaire. Le second catalyseur est un composé avec un encombrement stérique beaucoup plus élevé mais un poids moléculaire similaire à la molécule à haute valeur ajoutée. Il pourrait donc également être retenu par la même membrane céramique.

La seconde piste envisagée pour permettre la séparation du catalyseur et de la molécule à haute valeur ajoutée consiste à modifier cette fois-ci la membrane. Il existe déjà des cas de membranes modifiées par l'ajout de revêtements variés. Le laboratoire M2P2 d'AMU développe actuellement un revêtement spécifique capable de piéger des métaux tels que le palladium. Il serait donc possible d'utiliser des membranes céramiques modifiées par cette technologie pour capter le catalyseur actuel à la surface des pores.

Ces deux pistes sont étudiées en parallèle à l'échelle laboratoire dans un premier temps sur des filtrations frontales pour évaluer la faisabilité des différentes possibilités. Il sera ensuite envisagé une montée d'échelle avec une filtration tangentielle qui sera mieux adaptée au procédé industriel. Si les essais préliminaires de filtration sont satisfaisants, l'activité catalytique sera évaluée afin de valider la voie envisagée avant des essais à plus grande échelle sur des membranes multicanaux.

E. Myotte<sup>1</sup>, Y. Wyart<sup>1</sup>, S. Berthelot<sup>2</sup>, P. Moulin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Aix-Marseille Univ., Laboratoire M2P2, Europôle de l'arbois, Bat. Laennec, Hall C, 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup>Timab Magnesium, 57 Bd Jules Verger, 35800 Dinard, France

\*[emmanuelle.myotte@univ-amu.fr](mailto:emmanuelle.myotte@univ-amu.fr)

Les procédés membranaires ont actuellement une progression de plus de 10% dans le monde du fait de leurs nombreux avantages. Toutefois certaines applications ne peuvent pas encore utiliser ces procédés. Par exemple, si les tailles des composés présents dans la solution sont trop proches les uns des autres, il sera difficile de les séparer par membranes. Dans ce cas il serait intéressant de fixer préférentiellement sur des solides et faire ensuite la séparation. Ce couplage adsorption – procédés membranaires existent aussi bien dans le cas industriel qu'urbain. Ces procédés couplés peuvent être trouvés pour le traitement des cheminées des bateaux de la marine marchande mais également dans le traitement des eaux usées par bioréacteurs à membranes.

L'utilisation de la poudre de magnésie comme adsorbant permet à la fois de développer une forte surface d'adsorption et de contrôler le pH. Cela implique également de nombreux verrous à la fois scientifique et technologique auxquels cette thèse va essayer de répondre. Les trois premiers points identifiés sont ainsi présentés.

Pour limiter le colmatage des membranes par cet ajout de poudre, il faut utiliser un mode de filtration tangentielle préférentiellement avec une forte vitesse de circulation pouvant engendrer une abrasion. L'abrasion des membranes par une suspension de magnésie est étudiée avec deux membranes céramiques de natures chimiques différentes placées dans un banc de vieillissement. Les membranes sont caractérisées avant et après abrasion par MEB. Des mesures de perméabilité complètent les observations. Des conditions opératoires et des garanties pourront ainsi être définies concernant l'utilisation de ce couplage de procédés.

Par la suite une étude de filtration de suspensions synthétiques sera effectuée sur le même type de membrane pour mettre en évidence l'évolution de la résistance au transfert de matière qu'engendrent les suspensions de magnésie. L'influence de la concentration mais aussi la régénération des membranes sont des paramètres importants à analyser pour la conduite du procédé. Une attention particulière sera portée (i) sur l'effet de backwash et de backpulses sur l'évolution des résistances réversibles et irréversibles en fonction du colmatage engendré par la filtration, (ii) la dissolution de la suspension de magnésie par ajout d'acide (nature et concentration) sera étudiée car ceci permettrait une régénération des membranes par nettoyage chimique et constituerait une avancée importante pour le déploiement de l'utilisation de cette suspension associée aux procédés membranaires.

Enfin un couplage adsorption et filtration membranaire fera l'objet de la dernière partie de cette thèse. Une adsorption de composés dissous, tels que les métaux sur les particules de magnésie pourraient permettre par la suite une rétention par membrane de microfiltration. Ainsi, cette étude qui sera réalisée avec des solutions synthétiques

et/ou réelles permettra d'étudier la rétention des composés dissous, adsorbés par la magnésie et retenus par la membrane en fonction de l'étape. Au début de la filtration, la membrane n'est pas colmatée et les pores de celle-ci sont accessibles aux métaux dissous ; à l'inverse en fin de cycle de filtration, un gâteau solide est présent à la surface de la membrane et les composés encore dissous et non adsorbés sont obligés de traverser ce gâteau pouvant les adsorbés. L'effet de backwash et backpulses ou une régénération chimique permettra de revenir à l'état initial. Des expériences préalables d'adsorption en batch permettront d'étudier les cinétiques d'adsorption et de dissolution.

## POURQUOI UNE MODELISATION REALISTE DE L'ALCALINITE TOTALE (AT) EST-ELLE INDISPENSABLE A L'ETUDE DES FLUX AIR-MER DE CO<sub>2</sub> EN BAIE DE MARSEILLE ?

# Poster

L. Barré<sup>1\*</sup>, T. Wagener<sup>1</sup>, F. Diaz, C. Mazoyer<sup>1</sup>, C. Yohia<sup>2</sup>, C. Pinazo<sup>1</sup><sup>1</sup>Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288 Marseille, France<sup>2</sup>Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, OSU Institut Pythéas, 13288, Marseille, France

\*lucille.barre@mio.osupytheas.fr

La baie de Marseille, située à l'est du golfe du Lion, en Méditerranée nord occidentale, est caractérisée par la présence de divers processus hydrodynamiques, en lien avec l'action du vent. Parmi ces phénomènes, on observe notamment les occurrences : (i) de structures tourbillonnaires [1], (ii) d'intrusions de masses d'eau oligotrophes par le courant Nord [2], (iii) d'intrusions de masses d'eau faiblement salées et riches en nutriments, originaires du Rhône [3] et (iv) d'upwellings le long de la Côte Bleue et des Calanques de Marseille [4], modifiant ses propriétés physiques et biogéochimiques. En plus des phénomènes cités, la baie de Marseille subit une forte pression anthropique résultant de la proximité de la ville de Marseille et de la zone industrielle de Fos-sur-Mer. La forte influence des processus hydrodynamiques et la proximité des zones urbaines ont un impact sur le fonctionnement biogéochimique de la baie de Marseille et affectent notamment, le système des carbonates.

Pour l'étude de systèmes complexes comme la baie de Marseille, l'approche par modélisation présente divers avantages. Elle permet entre autres, de déconvoluer les effets des forçages environnementaux des effets des processus biologiques, facilitant la compréhension du fonctionnement du système. Une première investigation des variables du système des carbonates (alcalinité totale : AT, carbone inorganique dissous : DIC, pression partielle de CO<sub>2</sub> : pCO<sub>2</sub> et pH) basée sur une approche par modélisation, a déjà été menée en baie de Marseille [5]. Cette étude a permis, grâce à l'utilisation d'un modèle biogéochimique adimensionnel (i.e., Eco3m-CarbOx), d'obtenir une première représentation satisfaisante des variables DIC, pCO<sub>2</sub> et pH, à haute résolution temporelle en un point donné de la baie (i.e., station SOLEMIO) mais la représentation obtenue pour AT manquait de réalisme. Notre étude a pour objectif d'améliorer cette représentation afin de proposer une analyse complète et fiable des variables du système des carbonates en baie de Marseille. Dans ce but, à partir du modèle biogéochimique adimensionnel MIX-CarbOx\_0D [6], deux formulations permettant le calcul d'AT ont été testées et évaluées : (i)

une formulation s'appuyant sur la formulation utilisée dans le modèle Eco3m-CarbOx, qui considère uniquement les contributions autochtones d'AT (i.e., liées aux processus biologiques dans notre cas), et (ii) une nouvelle formulation, basée sur la salinité, qui considère seulement les contributions allochtones d'AT (i.e., liées aux rivières et notamment au Rhône dans notre cas). La comparaison des deux formulations a permis de montrer que les variations d'AT en baie de Marseille étaient principalement dues à des apports allochtones d'AT. Ainsi, en choisissant de représenter AT à l'aide de la formulation allochtone, plus adaptée à la baie de Marseille, nous obtenons une représentation plus réaliste de cette variable, et plus généralement, du système des carbonates en baie de Marseille. Cette représentation nous permettra d'étudier de manière plus fiable les flux air-mer de CO<sub>2</sub> et par conséquent, les variations du statut puits ou source de CO<sub>2</sub> de la baie de Marseille pendant l'année. La représentation d'AT pourra, néanmoins, encore être améliorée en combinant formulation allochtone et autochtone à l'aide d'un modèle à trois dimensions, couplant physique et biogéochimie.

### Références :

- [1] A. Schaeffer, A. Molcard, P. Forget, P. Fraunié, P. Garreau, *Ocean Dynamics*, 61 (2011) 1587.
- [2] N. Barrier, A. A. Petrenko, Y. Ourmières, *Ocean Dynamics*, 66 (2016) 313.
- [3] M. Fraysse, I. Pairaud, O. N. Ross, V. M. Faure, C. Pinazo, *Journal of Geophysical Research*, 119 (2014) 6535.
- [4] C. Millot, *Continental Shelf Research*, 10, (1990), 885.
- [5] K. Lajaunie-Salla, F. Diaz, C. Wimart-Rousseau, T. Wagener, D. Lefevre, C. Yohia, I. Xueref-Remy, B. Nathan, A. Armengaud, C. Pinazo, *Geoscience Model Development*, 14 (2021) 295.
- [6] L. Barré, T. Wagener, F. Diaz, C. Mazoyer, C. Yohia, C. Pinazo, *En Prep* (2022).

---

## **HISTORICAL COMPILATION OF EARLY-LIFE TRAITS OF COASTAL FISHES: A GEOREFERENCED DATABASE OF SPAWNING AND SETTLEMENT DATES FOR CONNECTIVITY AND CLIMATIC STUDIES IN THE MEDITERRANEAN BASIN**

---

# Poster

M. Di Stefano<sup>1\*</sup>, D. Nerini<sup>1</sup>, V. Rossi<sup>1</sup> and data providers

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, MIO, 163 avenue de Luminy, 13009 Marseille, France

\*marine.distefano@mio.osupytheas.fr

Early-life stages play a key role in the spatio-temporal dynamics of marine populations due to their highly dispersive properties, their sensitivities to environmental factors and their influences on juveniles' replenishment. However, these stages are difficult to monitor, so that *in-situ* observations are scarce and disparate, preventing a good understanding of the control they exert on population dynamics.

The Mediterranean coastlines have been highly surveyed during the last decades in different sub-regions; yet no effort was made to assemble observations originating from different research projects and countries. Moreover, this sea has been exploited for centuries and is now recognized as a climate-change hotspot, so that it represents an ideal laboratory to address the role of anthropogenic pressures on marine populations. To advance our knowledge, we build an exhaustive compilation of historical data collected over the past decades up to present. From spawning to settlement, it evaluates both egg and larval stages of coastal fishes characterized by bipartite life cycles.

This compilation gathers 43 datasets from North-Western Mediterranean countries (including coastlines of Spain, France, Italy, Croatia and Montenegro) over the last 30 decades (1990-2020) originating from more than 50 data providers. We consider direct and indirect observations of early-life stages such as otoliths' data, datasets of settlers and juveniles sampled by underwater visual census, shore

seine, hand-nets or light-traps, as well as fish eggs and larvae sampled with plankton nets.

All those types of data are harmonized into a uniform dataset that informs on the periods and locations of spawning and settlement. While some sampling techniques directly provide the variables of interests, other methods require a-posteriori estimations based on growth models from the Dynamic Energy Budget (DEB) theory using taxon-dependent parameters available in the online Add-my-Pet database. Finally, the complete database consists in several taxon, each of them being associated with dates and locations of both spawning and settlement, as well as other information such as the pelagic larval duration, measures of uncertainties and sampling characteristics.

Statistical analyses of the consolidated database describe the overall coverage of sampling per taxon and evaluate the sampling gaps over space and time in order to guide future sampling efforts. Moreover, the different sampling techniques are cross-compared, and the overall taxa and habitat representativeness (covered by previous sampling efforts) are evaluated. The database informs early-life traits and their variability for different coastal fish taxa in the North-Western Mediterranean in order to document their evolution in a changing world. Indeed, this database will be publicly available to help undertake future connectivity and climatic studies.

P. Fierro-Gonzaléz<sup>1\*</sup>, M. Pagano<sup>1</sup>, L. Guilloux<sup>1</sup>, Makhlouf<sup>1,2</sup>, N., F. Carlotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Université, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288, Marseille, France

<sup>2</sup>Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna, 7021, Tunisia

\*[pamela.fierro@mio.osupytheas.fr](mailto:pamela.fierro@mio.osupytheas.fr)

The zooplankton plays a key role in the carbon transfer across the food web. The structure and functioning roles of the zooplankton community were estimated at ten stations along a North-South transect from French coast (Toulon, Marseille) to the Tunisian coast (Gulf of Gabes) during the Hippocampe cruise carried out between April and May 2019. This sampling were therefore realized in different ecoregions.

The zooplankton data were collected with three different types of net tows at each station: a double vertical net tows from 200 m deep (or bottom) to surface (60 and 200 µm mesh size), an horizontal net tows in surface with Manta net, and an horizontal net tows at the DCM with Hydrobios closing nets (all nets were of 60 µm mesh size). The samples were splitted in two sub-samples: one for dry-weight and the other one for image treatment. For this latter treatment, the sub-samples were fractionated in to groups of fractions: one treated by FlowCAM [1] for fractions < 500 µm and another treated with ZOOSCAN [2] for fractions > 500 µm to obtain a complete size structure of the zooplankton community from 60 µm to few mm.

The imagery treatment allowed to differentiate in each sample different components; Microphytoplankton, detrital material (marine snow, aggregates,...), and several taxonomic groups of metazooplankton: nauplii, copepods, chaetognaths, appendicularians, other gelatinous - including salps and jellyfish, and siphonophores-, other crustaceans, and other zooplankton - including pteropods, annelids, eggs and larvae Ostracods- in order to estimate their contribution in the observed size spectrum, since the shape of the size spectra is a key ecological indicator of the dynamics of the zooplankton community [3].

In this study, one of the main objectives was to analyze the taxonomic groups and size spectrum distribution of zooplankton within the different water layers (surface and DCM) and the entire water column across regions. For each station the analysis focuses on comparisons of zooplankton community composition and size structure

between the surface, the DCM and the whole water column.

The relationships between the biological and the environmental variables were also studied by analyzing all physical, chemical and biological components together, particularly the Chla profile and the content of detritus. The contribution of the different taxonomic group to the biomasse was estimated using the relationship established by Lehette and Hernandez Leon [4].

The comparison of the taxonomic compositions highlighted some particularities of the DCM and the surface layers with the whole water column. The DCM was characterized by high dominance of nauplii but lower dominance of adults and copepodites of copepods, and nearly absence of appendicularians, whereas the neustonic layer (surface) presented lower nauplii concentrations and higher appendicularians and other zooplanktonic organisms. The contributions of the different zooplanktonic groups to the whole zooplankton biomass for each layer were as well estimated.

The relative proportions of zooplankton and detritus within the weighted biomass was as well estimated for each layer. In general, the highest concentrations of detritus were observed at the DCM and most often exceeded the zooplanktonic biomass.

Finally, to estimate the functioning role of the zooplankton community during the spring bloom in the different ecoregions, grazing, respiration and excretion rates were derived using established allometric equations

#### References:

- [1] C. Sieracki, M. Sieracki & Yentsch C, *Marine Ecology Progress Series*, 168 (1998) 285–296
- [2] G. Gorsky, M. Ohman, M. Picheral, S. Gasparini, L. Stemann, J-B. Romagnan, A. Cawood, S. Pesant, C. Garcia-Comas & Prejger F.J. *Journal Plankton Research*, 32 (2010) 285–303.
- [3] K. L. Krupica, W. G. Sprules, & Herman A. W. *Continental Shelf Research.*, 36 (2012) 29–40.
- [4] P. Lehette & Hernández-León, S. *Limnology and Oceanography-Methods.*, 7 (2009) 304–308.

A. Filella <sup>1\*</sup>, J. Umbricht <sup>2</sup>, A. Klett <sup>2</sup>, T. Vannier <sup>3</sup>, M. Voss <sup>2</sup>, L. Riemann <sup>4</sup>, and M. Benavides <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288, Marseille, France

<sup>2</sup>Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Seestrasse 15, D-18119, Rostock, Germany

<sup>3</sup>Turing Center for Living Systems, Aix-Marseille University, 13009 Marseille, France

<sup>4</sup>Department of Biology, University of Copenhagen, Strandpromenaden 5, 3000 Helsingør, Denmark

\*[alba.filella@mio.osupytheas.fr](mailto:alba.filella@mio.osupytheas.fr)

Diazotrophs provide the main source of reactive nitrogen to the ocean, sustaining primary productivity and CO<sub>2</sub> uptake. Climate change is raising temperatures, decreasing pH and reducing nutrient availability. How microbes respond to these changes is largely unexplained. Similarly, the role of DOM in the growth and survival of certain diazotrophic organisms is poorly understood. Moreover, growing evidence indicates some diazotrophs are capable of utilizing distinct DOM compounds via osmotrophy providing them with additional metabolic plasticity and ecological advantages compared to other non-diazotrophic microbes. We aimed to understand how osmotrophy could modify carbon uptake and alleviate energy stress in diazotrophs under ongoing climate change perturbations. We hypothesized that *Crocospaera* preferentially uses DOM when labile, as a carbon source in present pH conditions, as compared to future more acidic scenarios

with higher access to inorganic carbon. Alternatively, the lower pH may cause *Crocospaera* to be energy limited when trying to maintain intracellular homeostasis which would favour DOM uptake as an extra source of energy. We exposed cultures of the unicellular cyanobacterium *Crocospaera watsonii* WH8501 to current and future climate change scenarios (RCP 4.5 and 6.0 from IPCC 2014) combining temperature and pH levels (26°C and pH 8.1, 28°C and pH 8.0 and 30°C and pH 7.9). We followed their growth, nitrogen and carbon fixation rates, DOM specific uptake rates and transcriptomic responses along 8 days comparing DOM amended samples with not amended controls. We discuss how the different treatments alter *Crocospaera* metabolism, allowing or not to cope with warmer and more acidic ocean conditions, while providing an improved mechanistic understanding of the role of osmotrophy in diazotrophs and allowing for a better comprehension of the global nitrogen cycle in the future ocean.

---

## SWIMMING IN AN OCEAN OF CURVES : A FUNCTIONAL APPROACH TO UNDERSTAND ELEPHANT SEAL HABITAT USE IN THE ARGENTINE BASIN

---

# Poster

N. Fonvieille<sup>1\*</sup>, C. Guinet<sup>2</sup>, P. Goulet<sup>2</sup>, M. Tournier<sup>2</sup>, B. Picard<sup>2</sup>, C. Campagna, J. Campagna, M. Johnson, D. Nerini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), Marseille, France*

<sup>2</sup>*Centre of Biological Studies Chizé, Villiers-en-Bois, France*

\* [nadege.fonvieille@univ-amu.fr](mailto:nadege.fonvieille@univ-amu.fr)

During their foraging trip, southern elephant seals (*Mirounga leonina*) travel thousands of kilometers at sea, diving around sixty times a day in the mesopelagic zone (100 to 1 000 m). The abundance and accessibility of their prey are presumed to be structured by oceanographic features that play a key role in marine ecosystem functioning. However, knowledge gaps persist in understanding foraging strategies and habitat use by the elephant seals. In this study, we propose a functional data analysis approach (FDA) to describe the environment at a regional scale in the foraging area of five female elephant seals from the Patagonian colony. A functional principal component analysis was applied to temperature and salinity profiles (TS) from both Mercator models and *in situ* data to determine vertical modes of variations. A model-based clustering was implemented on the results to discriminate waters sharing similar thermohaline

structure. Four clusters of TS profiles were identified in the Brazil-Malvinas confluence, all visited, in varying proportion, by four of the five females studied. We found that the females favored areas where all the water bodies converge and mix, generating thermal fronts and eddies. The prey capture attempts increased in such areas. Our results are in accordance with previous findings, suggesting that (sub-)mesoscale features act as biological hotspots. Even so, further research is needed to better understand the interactions between fine scale physical features and intermediate trophic levels. In a context of exponential technological and data acquisition progress, adapted FDA approaches open a wide range of methods of particular interest to explore and extract main features of big datasets with minimal loss of information.

**Keywords**: elephant seals, habitat, Brazil-Malvinas confluence, functional analysis

# VARIABILITÉ INTERANNUELLE DU MÉSOZOOPLANCTON EN BAIE DE MARSEILLE (NO MÉDITERRANÉE) : VERS UNE COMPRÉHENSION DU CONTEXTE TROPHIQUE DES TÉLÉOSTÉENS PLANCTONOPHAGES

# Poster

T. Garcia<sup>1\*</sup>, D. Bănaru<sup>1</sup>, L. Guilloux<sup>1</sup>, V. Cornet<sup>1</sup>, G. Gregori<sup>1</sup>, M. Peraud<sup>1</sup>, F. Carlotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MIO, Mediterranean Institute of Oceanography

\*[theo.garcia@mio.osupytheas.fr](mailto:theo.garcia@mio.osupytheas.fr)

Le zooplancton est un compartiment essentiel dans le transfert d'énergie au sein de l'écosystème pélagique. Sa réponse rapide face aux variations environnementales en fait généralement un bon indicateur de l'hydrographie et du climat. L'observation sur le long-terme des variations de la structure de la communauté zooplanctonique permet ainsi d'apporter des éléments de compréhension sur le fonctionnement de l'écosystème pélagique. Dans le golfe du Lion, la biomasse, la taille, la condition corporelle de certains petits poissons pélagiques planctonophages ont diminué à partir d'une période critique (2007-2008). Un contrôle ascendant par une modification du mésozooplancton est la principale hypothèse qui pourrait expliquer ces observations [1,2,3].

Ce travail porte sur l'étude de séries temporelles du suivi bimensuel du mésozooplancton mis en place en baie de Marseille, à partir de 2004, à l'est du golfe du Lion, à la station SOLEMIO du RNO SOMLIT. L'objectif de cette étude a été de rechercher des tendances environnementales interannuelles pouvant expliquer des variations dans les tendances de la communauté zooplanctonique de la Baie de Marseille sur la période 2004-2021. Des séries temporelles d'indices climatiques, de données météorologiques, de données physico-chimiques, de données relatives au microphytoplancton (abondances), au pico-nanoplancton (abondance et indices de taille) et au zooplancton (biomasse par fraction de taille, taille, structure de la communauté) ont été compilées.

L'analyse des tendances par modèles DFA (Dynamic Factor Analysis) a permis de décrire 2 grandes tendances pour l'environnement. Ces tendances mettent en avant : (i) une diminution rapide (2004-2009) dans les concentrations de nutriments, de matières en suspensions, et de carbone et d'azote organique particulaires, (ii) un signal hauturier capté entre 2005-2008 (associé à un pic d'oxygène et de salinité) et (iii) une augmentation à partir de 2011 de

l'abondance et diminution de la taille de la majorité des taxons planctonique. Le mésozooplancton est caractérisé par trois tendances. La première, illustre la diminution de la biomasse de toute les classes de taille. La seconde relie les variations de biomasses des grandes classes de tailles du zooplancton (1000  $\mu\text{m}$  à 2000  $\mu\text{m}$ ) avec les modifications de structure en taille et de la diversité spécifique de la communauté. Elle illustre notamment une diminution de la dominance des copépodes calanoïdes ainsi qu'une augmentation de la taille du mésozooplancton à partir de 2011. La troisième tendance est expliquée par la deuxième tendance environnementale et met en avant la diminution de la biomasse des classes de taille (de 200-300 et 500-2000  $\mu\text{m}$ ) après 2011.

Les détails des mécanismes physico-chimiques et biologiques pouvant contrôler de telles variations dans la communauté zooplanctonique ne sont pas explicites et devront être étudiés à une échelle plus fine. Cependant, ces résultats illustrent les principaux modes de variations du zooplancton en baie de Marseille. Ils ont permis notamment de détecter une période critique (2011) dans le changement de l'écosystème pélagique. L'étude de ces séries temporelles apportent dès lors des éléments de compréhension sur le fonctionnement de l'écosystème pélagique et permettent de discuter sur le potentiel contrôle ascendant du zooplancton sur les populations de téléostéens planctonophages.

## Références :

- [1] C-T. Chen, D. Bănaru, F. Carlotti, *Journal of Marine Systems*, 199 (2019) 103223.
- [2] C-T. Chen, F. Carlotti, M. Harmelin-Vivien, et al., *Progress in Oceanography*, 196 (2021), 102617
- [3] C. Saraux, E. Van Beveren, P. Brosset, et al. *Deep-Sea Res Pt II*, 159 (2019) 52-61

W. Podlejski<sup>1,2,\*</sup>, L. Berline<sup>1</sup>, C. Lett<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

<sup>2</sup>Marbec, Université de Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Sète, France

\* [witold.podlejski@mio.osupytheas.fr](mailto:witold.podlejski@mio.osupytheas.fr)

Since 2011, the distribution extent of pelagic *Sargassum* algae has substantially increased and now covers the whole Tropical North Atlantic Ocean, with significant inter-annual variability. Consequently, regular stranding events of *Sargassum* algae cause economical, ecological and sanitary issues for the neighbouring countries. Reliable model of the drift is required to forecast precisely *Sargassum* transport and stranding events. However, the exact effect of the wind on *Sargassum* trajectories is still uncertain but significant.

Here, we have collected *Sargassum* successive detections and compared it with surface currents and winds in order to build a data-calibrated model of the drift. We used SAREDA dataset of *Sargassum* detection from 2015 to 2020 [1] as well as current measurements from the Surface Velocity Program (SVP) [2] and wind from ECMWF model. We selected daily pairs of *Sargassum* observations with simultaneous colocation with a drifter that provide current measurements. The long time series allowed to mitigate data scarcity due to cloud coverage and 200 of collocated trajectory's fragments were retrieved. Matching between *Sargassum* aggregations was performed using Scale Invariant Features Transform method (SIFT) [3] to extract trajectory speed and direction.

Based on this dataset, we performed linear regressions in the complex domain (each vector are associated with a complex number) to explain *Sargassum* drift with the current information provided by the drifters and the wind and Stokes drift from the models. The best factor for the windage was evaluated to 2% of the wind speed. Various regressions models were defined with variable effect of the current and the Stokes drift. In particular, the estimated effect of the current is lower than expected, denoting the inertia of the *Sargassum* algae.

These results match and precise the assumptions of the literature concerning the *Sargassum* drift. This model will be useful to model the transport of *Sargassum* biomass and forecast the risk of stranding event.

**References:**

- [1] W. Podlejski, J. Descloitres, C. Chevalier, A. Minghelli, C. Lett, L. Berline, *in prep.*
- [2] R. Lumpkin, M. Pazos, in *Lagrangian Analysis and Prediction of Coastal and Ocean Dynamics*, A. Griffa, A. D. Kirwan, A. Mariano, T. Özgökmen and T. Rossby (Eds.), Cambridge University Press, 2017.
- [3] D. G. Lowe, *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, 1999.

T. Richard<sup>1,2\*</sup>, A.-S. Tribot<sup>1,2</sup>, T. Changeux<sup>1</sup>, D.Faget<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) – Marseille*

<sup>2</sup> *Temps Espace Langages Europe Méridionale Méditerranée (TELEMMé) – Aix en Provence*

\*thomas.richard@mio.osupytheas.fr

## **Abstract**

Les œuvres d'art ont rarement été sollicitées dans des études en écologie. Le projet pluridisciplinaire BiodivAquArt a pour objectif de comprendre les variations passées de la biodiversité aquatique en se focalisant sur certains corpus d'œuvres d'art. Les natures mortes de l'époque moderne (16<sup>ème</sup>-18<sup>ème</sup> siècles) ont ainsi été sélectionnées dans un premier temps de par leur réalisme et la qualité des représentations qui y figurent. L'étude des peintures réalisées durant ces trois siècles permet d'identifier les espèces aquatiques présentes à cette

époque, mais également d'identifier les variations de la biodiversité aquatique qui ont pu s'effectuer. A travers cette présentation sous forme de poster, le choix a été fait d'illustrer la démarche du projet et la manière dont nous procédons depuis une peinture jusqu'aux résultats observés. Un projet de sciences participatives pour la récolte d'œuvres par le grand public a également été lancé et ce volet du projet sera également présenté à travers le poster.

## COMITE D'ORGANISATION

**Jean-Christophe POGGIALE**  
(Directeur de l'ED 251, MIO)

**Laurence VIDAL**  
(Directrice adjointe de l'ED 251, CEREGE)

**Dominique ESTIVAL**  
(Assistance ED 251)

**Isabelle HAMMAD**  
(Assistance ED 251)

*Institut Méditerranéen d'Océanographie – MIO*

**Théo GARCIA**  
(Doctorant)

**Gérald GREGORI**  
(Chargé de Recherche CNRS)

**Magali LESCOT**  
(Ingénieure Technicienne Administratif)

**Tiffany MONFORT**  
(Doctorante)

**David NERINI**  
(Professeur Associé)

**Witold PODLEJSKI**  
(Doctorant)