

Océanographie

28^{ème} CONGRÈS des DOCTORANTS

AMPHITHÉÂTRE
du CEREGE

Géosciences

14 & 15
avril
2021

Ecologie

Génie des Procédés



Chimie

Environnement et Santé




Anthropologie

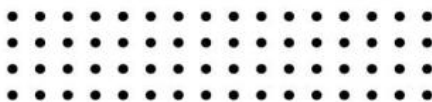


Informations pratiques :

CEREGE Technopôle
Environnement Arbois
Méditerranée,
Aix-en-Provence

 edsecongres.osupytheas.fr

 congres.edse2021@gmail.com



Ecole Doctorale Sciences de l'Environnement

**Congrès des Doctorants
en
Sciences de l'Environnement**

14 – 15 avril 2021, en ligne

<https://edsecongres.osupytheas.fr>

Avant-Propos

Les circonstances sanitaires exceptionnelles que nous traversons depuis plus d'un an nous ont conduit à annuler le congrès 2020. Mais pour la première fois, et grâce à une équipe d'organisateur·s inventifs et efficaces, le congrès de l'Ecole Doctorale « Sciences de l'Environnement » 2021 aura bien lieu les 14 et 15 avril, entièrement en distanciel.

Malgré la distance, nous espérons une nouvelle fois que 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.

Comme chaque année, ces présentations se feront à travers des exposés oraux ou sur posters. Afin de donner plus de dynamisme aux posters en distanciels, les doctorants concernés devront les présenter en 180 secondes... et votre perspicacité à tous sera testée à travers un quiz !

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. Tout d'abord, nous visiterons les milieux marins profonds et aborderons les enjeux de ces écosystèmes à travers la conférence de Mme Sarah Samadi. M. Samuel White nous fera ensuite voyager quelques siècles en arrière pour expliquer comment les activités humaines de l'époque nous renseignent sur le climat du passé. Le deuxième jour, M. Cyril Aymonier nous parlera de chimie circulaire par voie solvo-hydrothermale.

Comme cela a été initié il y a quelques années, nous aurons également l'occasion de proposer 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 M2P2 qui a préparé cet événement important et exceptionnel avec le contexte, pour notre Ecole Doctorale, notamment Mathias Monnot, Yasmine Masmoudi, Emilie Gout, Maryse Drouin, Matthieu Schneider, Fabien Aymeric, et bien sûr Olivier Boutin. Nos remerciements vont également à Isabelle Hammad qui nous fait toujours bénéficier de son expérience dans l'organisation de cet événement, malgré les fortes adaptations nécessaires.

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 congrès !

Sommaire

Avant-propos	p.3.
Programme du congrès	p.6.
Résumés des conférenciers invités	p.14.
Titres des Communications et des Posters	p.19.
Résumés	p.29.

EDSE 2021 – PROGRAMME

Mercredi 14 avril 2021

08h30 – 08h45 **Accueil**

08h45 – 08h55 **Introduction Jean-Christophe POGGIALE** (Directeur)

Présidente de session : **COBOS Mireille**

Page

08h55-9h10 **COBOS Mireille** (ADES)

La cartographie funéraire, un outil au service des études de recrutement funéraire : l'exemple du cimetière du couvent des Prêcheurs à Aix-en-Provence entre le XIII^E et le XVII^E siècle.

31

09h10-09h25 **SHINWARI Abdullah** (CEREGE)

First time analyses of conjoint cognitive skills, body mass indices and social economic status for school children from Jalalabad (AFGHANISTAN).

48

09h25-09h40 **DORY Flavia** (IMBE)

Effets des apports de carbone organique dissous en interaction avec les nutriments sur des communautés planctoniques issues d'un lac de haute altitude en période hivernale.

65

09h40-09h55 **FLINCK Axel** (INRAE)

Analysis of the correlations of hydrometeorological and piezometric signals for consideration in a parsimonious daily hydrological modeling.

83

09h55-10h10 **CHANTREUX Mathilde** (LCE)

Étude des produits de dégradation du PVC présent dans les stockages de déchets nucléaires : identification et diffusion dans l'eau.

88

Mon poster en 180 secondes

10h10	SILVESTRI Frédéric	(ADES)
10h13	EVANS Catherine	(ADES)
10h16	MANSUY Charlotte	(ADES)
10h19	MELLINAS Marie	(ADES)
10h22	LAUGIE Marie	(CEREGE)
10h25	SEMMANI Nazim	(CEREGE)
10h28	SIRDEYS Naïs	(CEREGE)
10h31	TEXIER Jérôme	(CEREGE)
10h34	BALANSA Jocelyn	(CEREGE)
10h37	JAMOTEAU Floriane	(CEREGE)
10h40	HABIB Majd	(CEREGE)
10h43	DE PAO MENDONCA Kassandra	(IMBE)
10h46	MEHIROU ZOUGGAR Aicha	(IMBE)
10h49	LELANDAIS Ludovic	(IMBE)
10h52	LAOUE Justine	(IMBE)
10h55	LAMBERT Quentin	(IMBE)
10h58	VILLSEN Kurt	(IMBE)
10h01	CASTEL Rebecca	(IMBE)
11h04	CARTEREAU Manuel	(IMBE)
11h07	MORENO Myriam	(INRAE)

11h25-11h40 Forum posters

11h40-12h30 **Conférence invitée 1 : SAMADI Sarah** (MNHN, Paris)
L'exploration naturaliste du milieu marin profonde au
21e siècle : questions scientifiques et enjeux sociétaux.

12h30-13h50 **Repas**

13h50-14h40 **Conférence invité 2 : WHITE Samuel** (OSU, Ohio USA)
Climate change and colonial rivalries in the North
Atlantic ca. 1580-1610CE : Structure and
contingency in climate history.

 Président de session : **FABIEN Aymeric**

- 14h40-14h55 **FABIEN Aymeric** (M2P2)
 Fractionnement par co2 supercritique de melanges ethanol-eau. 97
- 14h55-15h10 **BUROT Christopher** (MIO)
 Viability and stress state of bacteria associated with primary production or zooplankton-derived suspended particulate matter in summer along a transect in Baffin Bay (Arctic Ocean). 74
- 15h10-15h25 **BONFANTE Betty** (ADES)
 Pertinence du profil pour l'analyse génétique de la morphologie faciale humaine. 30
- 15h25-15h40 **CHEKIREB Amine** (CEREGE)
 Analytical expressions for past and present recharge interpretation of radiocarbon data in unconfined aquifers: application to saharan aquifers. 39
- 15h40-15h55 **QUEVAREC Loïc** (IRSN)
 Compréhension des mécanismes impliqués dans la réponse évolutive de populations de nématodes (CAENORHABDITIS ELEGANS) exposées à des rayonnements ionisants. 57

 15h55-16h10 **Pause**

 Présidente de session : **HARDY Julie**

- 16h10-16h25 **HARDY Julie** (MIO)
 Développement d'un pipeline d'analyses métagénomiques pour l'analyse fonctionnelle d'écosystèmes microbiens complexes. 77
- 16h25-16h40 **YANG Jiaqi** (M2P2)
 Water reuse from municipal wastewater after conventional treatment followed by semi-industrial ultrafiltration pilot plant. 99

-
- 33 16h40-16h55 **KAMEL Célia** (ADES)
Les patronymes en region sud-paca : structure de la population durant le XIXème à travers l'isonymie.
- 64 16h55-17h10 **DHAOU Dounia** (IMBE)
Rôle de l'allelopathie dans la dynamique de succession des communautés végétales de la mangrove du delta du fleuve rouge.
- 45 17h10-17h25 **MARTINOT Claire** (CEREGE)
Late miocene cooling of tropical indian ocean and increase of high latitude forcing.
-

Jeudi 15 avril 2021

Présidente de session : **KRÄMER RUGGIU Lisa**

- 09h00-9h15 **KRÄMER RUGGIU Lisa** (CEREGE)
Aqueous alteration on Mars: the study of Caleta el Cobre 022 a martian meteorite. 43
- 09h15-09h30 **PALMAL Sagnik** (ADES)
Prediction of eye, hair and skin color in admixed populations of Latin America 36
- 09h30-09h45 **MAHE Mathilde** (MIO)
Une collaboration entre les scientifiques, l'Etat et les pêcheurs pour avoir une pêche durable à l'aide d'un modèle, est-elle possible ? 80
- 09h45-10h00 **SALMON Quentin** (INRAE)
Complexified artificial floating islands (cAFI): a solution to sustain macroinvertebrate communities in regulated lakes ? 84
- 10h00-10h15 **GOUT Emilie** (M2P2)
Traitement d'effluents industriels par couplage de procédés membranaires et oxydation en voie humide : application aux lixiviats de centre de stockage de déchets. 98

Mon poster en 180 secondes

- | | | |
|-------|----------------------------------|---------|
| 10h15 | BOURAI Liess | (INRAE) |
| 10h18 | BODEREAU Nathan | (IRSN) |
| 10h21 | CAR Clément | (IRSN) |
| 10h24 | SCHIANO DI LOMBO Magali | (IRSN) |
| 10h27 | ZAMANE Sarah | (IRSN) |
| 10h30 | SOURABIE Déo-Gratias Kily | (IRSN) |
| 10h33 | OKHRIMCHUK Dina | (IRSN) |
| 10h36 | DUCUP DE SAINT PAUL Léa | (LCE) |

10h39	ABDEL NOUR Carole	(LCE)
10h42	FIGUEIREDO Alexandre	(LCE)
10h45	BRUN Nicolas	(LCE)
10h48	CARRIER Coralie	(IRSN)
10h51	TOSINI Lorène	(LPED)
10h54	TERNISIEN Mélanie	(LPED)
10h57	NIANG Cheikh Tidiane	(LPED)
11h00	MAWASSY Zeinab	(IRSN)
11h03	DROUIN Maryse	(M2P2)
11h06	ASTORCH CARDONA Aina	(MOI)
11h09	ABABOU Fatima	(MIO)
11h12	COMBY Caroline	(MIO)
11h15	TZORTZIS Roxane	(MIO)
11h18	CHOWDHURY Subhadeep	(MIO)

11h25-11h40 Forum posters

11h40-12h30 **Conférence invitée 3 : AYMONIER Cyril** (ICMCB,Bordeaux)
Chimie Circulaire en milieux solvo-/hydrothermaux.

12h30-13h45 **Repas**

13h45-14h45 **Table ronde : rencontres docteurs ED 251**
CARTAPANIS Olivier (CEREGE -2012)
CORNUAULT. Marine (CEREGE - 2016)
LE-HIR Morgane (M2P2 -2017)

Présidente de session : **MASRY Maria**

14h45-15h00 **MASRY Maria** (LCE)

Transfert de particules plastiques du milieu marin vers l'atmosphère par le phénomène de « bubble bursting ».

-
- 15h00-15h15 **GARIN Thibaut** (CEREGE)
Évaluation de proportions de mélanges entre masses d'eau en domaine carbonate par une approche multi-isotopiques ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). 40
- 15h15-15h30 **IBORRA Laura** (MIO)
Influence de la plongée sous-marine (calvi, corse) : fréquentation, comportement des plongeurs et conséquences sur la communauté ichthyologique méditerranéenne. 78
- 15h30-15h45 **AMADO Monica** (M2P2)
Total energy recovery yield as a function of inlet organic load for anaerobic digestion and dark fermentation bioprocesses. 95
- 15h45-16h00 **QUIZZ posters**

Présidente de session : **SCHURR Lucie**

- 16h00-16h15 **SCHURR Lucie** (IMBE)
Relation entre cultures de fenouil (*FOENICULUM VULGARE*, *APIACEAE*) et insectes floricoles en milieux agricoles. 70
- 16h15-16h30 **QUERO Solène** (CEREGE)
Dynamique de la perte de C du sol par changement d'usage forêt /vigne à échelle centennale ; apport des approches par radiocarbone. 46
- 16h30-16h45 **CANTABELLA Elsa** (IRSN)
Analyse des effets neurologiques des expositions chroniques aux rayonnements ionisants à faible dose : des réponses moléculaires aux effets neurologiques. 52

79 16h45-17h00 **LORY Caroline** (MIO)

La demande microbienne en fer dans l'océan pacifique sud-ouest tropical : une approche à l'échelle individuelle des cellules qui révèle l'importance de la diazotrophie.

17h00-17h30 **Pause**

17h30-18h00 **Remise des prix et clôture du congrès**

RESUMES DES CONFERENCIERS INVITES

Mercredi 14 avril ————— 11h40-12h30

Sarah SAMADI

Professeure au Muséum National d'Histoire Naturelle,
Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité
Directrice de l'Unité Mixte de Service 2700, Acquisition et
Analyse de Données pour l'Histoire naturelle (2AD)

L'exploration naturaliste du milieu marin profonde au 21^e siècle : questions scientifiques et enjeux sociétaux.

Plus de 65% de la surface du globe est couverte par plus de 200m d'eau. Les fonds océaniques profonds, considérés encore au milieu du 19^e siècle comme hostiles à la vie, restent aujourd'hui encore difficiles d'accès pour l'homme. L'exploration de ces profondeurs commence seulement avec les grandes expéditions de la fin du 19^e siècle. Au 20^e siècle l'exploration progresse au rythme des avancées technologiques (cartographie, submersibles, etc...) mais aussi des enjeux sociétaux (militaires, recherche de nouvelles ressources, etc...). Cependant, les discours scientifiques sur l'origine et l'écologie des organismes qui habitent les grandes profondeurs restent encore très marqués par une idée de contrainte qui renvoie à la difficulté d'accès. Au 21^e siècle, les expéditions naturalistes poursuivent cette épopée en alliant aux outils de pêche déjà mis en œuvre dans les grandes expéditions du 19^e siècle, les outils de cartographie et d'imagerie sous-marine ainsi que les outils de la génétique qui permettent d'évaluer la diversité sans forcément observer les organismes. Depuis une quarantaine d'année, le MNHN et l'IRD ont ainsi conduit un programme d'exploration intitulé Tropical Deep-Sea Benthos. Ce programme a non

seulement permis de décrire des milliers de nouvelles espèces mais également d'apporter des nouveaux éclairages sur l'évolution et l'écologie des milieux profonds. Ces données renouvellent les hypothèses quant à l'évolution de ces organismes et de ces milieux énigmatiques. Par ailleurs, ces données prennent un intérêt nouveau dans un contexte de regain d'intérêt pour les ressources minérales sous-marines.

Mercredi 14 avril ————— 13h50-14h40

Samuel WHITE

Associate Professor, Ohio State University, USA

Co-titulaire de la chaire IRD / IméRA en développement durable, Aix-Marseille Université (2020)

Climate change and colonial rivalries in the North Atlantic ca. 1580-1610CE : Structure and contingency in climate history.

During ca.1580-1610CE, the North Atlantic region underwent a period of persistent cooling related to large tropical volcanic eruptions and possible feedbacks in the climate system. At the same time, England and France successfully challenged the Spanish Empire's colonial monopoly in North America. This talk will examine the complex interplay between climatic and human events during this period. It will make the case that this historical outcome must be understood at two levels: structural factors shaping the different climatic vulnerabilities of European empires, and contingent climatic and societal events whose effects snowballed in the chaotic unfolding of human history. Based on the author's monograph *A Cold Welcome: The Little Ice Age and Europe's Encounter with North America*(Harvard University Press, 2017) and ongoing research within the PAGES-VICS and PAGES-CRIAS working groups,

it will also discuss possibilities and challenges in integrating historical research, paleoclimate reconstruction, and climate models.

Jeudi 15 avril ————— 11h40-12h30

Cyril AYMONIER

Directeur de recherche CNRS, Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux

Chimie Circulaire en milieux solvo-/hydrothermaux.

La chimie en milieux solvo-/hydrothermaux est une chimie géo-inspirée, notamment par les cheminées hydrothermales. Elle est étudiée depuis plusieurs décennies pour élaborer des matériaux aux propriétés inédites, en particulier, dans les domaines de l'énergie, du développement durable, de la photonique et de l'électronique. Depuis une dizaine d'années, cette chimie est également considérée pour le recyclage des matériaux, s'inscrivant ainsi dans une démarche de chimie circulaire.

Cette conférence proposera, dans un premier temps, une introduction sur les milieux solvo-/hydrothermaux sous- et supercritiques avec un focus sur l'évolution des propriétés spécifiques de l'eau sous pression et en température. Par exemple, l'eau supercritique possède une constante diélectrique proche de celle de l'hexane.

Ensuite, la possibilité de produire des minéraux synthétiques dans l'eau supercritique sera discutée. Alors que des millions d'années sont nécessaires pour la formation des minéraux naturels, quelques secondes suffisent pour la préparation des minéraux synthétiques dans l'eau supercritique. A titre d'exemple, du talc synthétique peut être produit en vingt secondes avec des propriétés physicochimiques uniques.

En conditions souscritiques, l'eau possède d'autres propriétés spécifiques, à savoir un produit ionique élevé, trois ordres de grandeur au-delà du produit ionique de l'eau dans les conditions normales de température et de pression. En d'autres termes, l'accès *in situ* à des concentrations significatives en ions H_3O^+ ouvre la porte à de nouvelles technologies pour le recyclage des matériaux, comme par exemple, le recyclage des aimants permanents.

EDSE 2021 14-15 avril

Titres des exposés et posters

**ANTROPOLOGIE BIO-CULTURELLE, DROIT
ETHIQUE ET SANTE – ADES –**

	Pages
- Communications orales	
BONFANTE Betty - Pertinence du profil pour l'analyse génétique de la morphologie faciale humaine.	30
COBOS Mireille - La cartographie funéraire, un outil au service des études de recrutement funéraire : l'exemple du cimetière du couvent des Prêcheurs à Aix-en-Provence entre le XIII ^E et le XVII ^E siècle.	31
KAMEL Célia - Les patronymes en région sud-paca : structure de la population durant le XIX ^{ème} à travers l'isonymie.	33
PALMAL Sagnik - Prediction of eye, hair and skin color in admixed populations of Latin America.	36
- Posters	
EVANS Catherine - Influence de l'information et de la modification des comportements sur le développement post traumatique après un cancer.	32
MANSUY Charlotte - Variabilité des densités osseuses de la zone pré-sinusienne chez l'édenté complet.	34
MELLINAS Marie - Adaptation transculturelle et évaluation psychométrique d'outils de mesure des capacités à l'utilisation des données probantes des infirmiers en pratique avancée.	35

-
- SILVESTRI Frédéric** - Quality of life in patients with head and neck cancer : impact of prosthetic rehabilitation. 37

**CENTRE EUROPEEN DE RECHERCHE ET
D'ENSEIGNEMENT DES GEOSCIENCES DE
L'ENVIRONNEMENT – CEREGE –**

- Communications orales

- CHEKIREB Amine** - Analytical expressions for past and present recharge interpretation of radiocarbon data in unconfined aquifers: application to saharan aquifers. 39

- GARIN Thibaut** - Évaluation de proportions de mélanges entre masses d'eau en domaine carbonate par une approche multi-isotopiques ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). 40

- KRÄMER RUGGIU Lisa** - Aqueous alteration on Mars: the study of Caleta el Cobre 022 a martian meteorite. 43

- MARTINOT Claire** - Late miocene cooling of tropical indian ocean and increase of high latitude forcing. 45

- QUERO Solène** - Dynamique de la perte de C du sol par changement d'usage forêt /vigne à échelle centennale ; apport des approches par radiocarbone. 46

- SHINWARI Abdullah** - First time analyses of conjoint cognitive skills, body mass indices and social economic status for school children from Jalalabad (AFGHANISTAN). 48

- Posters

- BALANSA Jocelyn** - Histoire thermique de la nappe de Digne. 38

HABIB Majd - Evolution and adaptation of coccolithophores to recent environmental changes in the mediterranean sea.	41
JAMOTEAU Floriane - Quantification of the fate of organic carbon in a long-term tropical fertilization experiment: The potential of stable carbon isotopes.	42
LAUGIE Marie - Modelling the impact of oceanic circulation and marine productivity on cretaceous seafloor anoxia.	44
SEMMANI Nazim - Paleoenvironmental reconstructions and sequence stratigraphy model of a deep lake to alluvial plain system evolution of a rift basin: an example from the Paleogene Vistrenque graben (SE France).	47
SIRDEYS Naïs - Localisation, présence/absence de sites archéologiques préhistoriques en Méditerranée : les implications des processus géomorphologiques, taphonomiques et des risques naturels depuis la dernière glaciation.	49
TEXIER Jérôme - Assessing Surface water- alluvial aquifer water exchange using a multitracer approach and modelling.	50

**INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE
SURETE NUCLEAIRE – IRSN –**

- Communications orales

CANTABELLA Elsa - Analyse des effets neurologiques des expositions chroniques aux rayonnements ionisants à faible dose : des réponses moléculaires aux effets neurologiques.	52
QUEVAREC Loïc - Compréhension des mécanismes impliqués dans la réponse évolutive de populations de nématodes (CAENORHABDITIS ELEGANS) exposées à des rayonnements ionisants.	57

- Posters

- BODEREAU Nathan** - Comportement du Carbone 14 aquatique à l'échelle globale : sources, drivers environnementaux et forçages anthropiques. 51
- CAR Clément** - Évolution des rainettes vertes (*Hyla orientalis*) face à une exposition chronique aux rayonnements ionisants dans la région de Tchernobyl. 53
- CARRIER Coralie** - Développement de nouvelles méthodes d'analyse de l'iode 129 à bas niveau appliquées à la compréhension des mécanismes de transfert de l'iode dans l'environnement. 54
- MAWASSY Zeinab** - Analysis and modelling of transfer processes to plants by foliar pathway of radionuclides in particle form. 55
- OKHRIMCHUK Dina** - Study of the long-term behaviour of ¹³⁷Cs atmospheric fallouts in French forests. 56
- SCHIANO DI LOMBO Magali** - Comparaison des effets radio-induits par les rayonnements beta reçus à l'ADN et à l'organisme entier chez le poisson zèbre, *Danio rerio*. 58
- SOURABIE Déo-Gratias Kily** - Modélisation opérationnelle des dépôts secs et humides de chlore 36 sur une prairie. 59
- ZAMANE Sarah** - Validité temporelle des paramètres de rétention des radionucléides dans les sols. 60

**INSTITUT MEDITERRANEEN DE BIODIVERSITE
ET D'ECOLOGIE – IMBE –**

- Communications orales

DHAOU Dounia - Rôle de l'allelopathie dans la dynamique de succession des communautés végétales de la mangrove du delta du fleuve rouge. 64

DORY Flavia --Effets des apports de carbone organique dissous en interaction avec les nutriments sur des communautés planctoniques issues d'un lac de haute altitude en période hivernale. 65

SCHURR Lucie - Relation entre cultures de fenouil (FOENICULUM VULGARE, APIACEAE) et insectes floricoles en milieux agricoles. 70

- Posters

CARTEREAU Manuel - Vulnérabilité des arbres des milieux arides chauds face au changement climatique futur. 61

CASTEL Rebecca - Impact sanitaire des poussières de sol dans des écoles maternelles situées dans divers contextes environnementaux. 62

DE PAO MENDONCA Kassandra - Premières estimations de l'impact du mercure sur l'éponge homoscléromorphe méditerranéenne *Oscarella lobularis*. 63

LAMBERT Quentin - Restauration des pelouses sèches méditerranéennes à *Brachypodium retusum* au sein de centrales photovoltaïques. 66

LAOUE Justine - Défenses physico-chimiques du chêne pubescent face aux restrictions de précipitations en milieu naturel. 67

-
- LELANDAIS Ludovic** - In-situ continuous atmospheric greenhouse gases (CO₂, CH₄ and CO) measurements at the OHP ICOS-Fr station tall tower in South France from July 2014 to March 2020 and related anthropogenic tracers. 68
- MEHIROU ZOUGGAR Aicha** - Mesure de la biodiversité microbienne de la zone humide Chott Ech Chergui par metabarcoding des gènes ADNr16S et COI. 69
- VILLSEN Kurt**- the pattern of dietary niche partitioning between two native riverine fish species: *Zingel asper* and *Cottus gobio*. 71

INSTITUT MEDITERRANEEN D'OCEANOLOGIE
– MIO –

- Communications orales

- BUROT Christopher** - Viability and stress state of bacteria associated with primary production or zooplankton-derived suspended particulate matter in summer along a transect in Baffin Bay (Arctic Ocean). 74
- HARDY Julie** - Développement d'un pipeline d'analyses métatranscriptomiques pour l'analyse fonctionnelle d'écosystèmes microbiens complexes. 77
- IBORRA Laura** - Influence de la plongée sous-marine (calvi, corse) : fréquentation, comportement des plongeurs et conséquences sur la communauté ichthyologique méditerranéenne. 78
- LORY Caroline** - La demande microbienne en fer dans l'océan pacifique sud-ouest tropical : une approche à l'échelle individuelle des cellules qui révèle l'importance de la diazotrophie. 79

-
- MAHE Mathilde** - Une collaboration entre les scientifiques, l'Etat et les pêcheurs pour avoir une pêche durable à l'aide d'un modèle, est-elle possible ? 80
- Posters
- ABABOU Fatima** - mechanistic understanging of diazotrophs aggregation: 'a rolling tanks approach'. 72
- ASTORCH CARDONA Aina** - Study of marine iron-rich microbial mats from lucky strike: influence of environmental variations. 73
- CHOWDHURY Subhadeep** - Dinitrogen fixation in the indian ocean: an inter-basin and inter-monsoon comparison. 75
- COMBY Caroline** - Nouvelles perspectives pour la mesure directe in situ des vitesses verticales océaniques dans les études à fine échelle. 76
- TZORTZIS Roxane** - Récents progrès dans l'étude du couplage physique et biologique à fine échelle dans la Méditerranée. 81

**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR
L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT
– INRAE –**

- Communications orales
- FLINCK Axel** - Analysis of the correlations of hydrometeorological and piezometric signals for consideration in a parsimonious daily hydrological modeling. 83
- SALMON Quentin** - Complexified artificial floating islands (cAFI): a solution to sustain macroinvertebrate communities in regulated lakes ? 84

- Posters

BOURAI Liess - Comment l'eutrophisation et la température interagissent-elles pour façonner les structures communautaires des poissons et du phytoplancton dans les lacs ? 82

MORENO Myriam - L'acclimatation aux changements climatiques de trois arbres méditerranéens ne passe pas par des ajustements de leurs propriétés hydrauliques. 85

LABORATOIRE CHIMIE ENVIRONNEMENT
- LCE -

- Communications orales

CHANTREUX Mathilde - Étude des produits de dégradation du PVC présent dans les stockages de déchets nucléaires : identification et diffusion dans l'eau. 88

MASRY Maria - Transfert de particules plastiques du milieu marin vers l'atmosphère par le phénomène de « bubble bursting ». 91

- Posters

ABDEL NOUR Carole - Photochimie des micropolluants organiques dans la microcouche de surface marine. 86

BRUN Nicolas - Réactivité en phase aqueuse du sulfate d'ammonium sous conditions atmosphériques simulées : partie 1 – impuretés organiques des cristaux de sulfate d'ammonium commerciaux. 87

DUCUP DE SAINT PAUL Léa - Caractérisation des émissions d'isothiazolinones dans l'air intérieur issues de produits de construction et de consommation. 89

FIGUEIREDO Alexandre - Étude expérimentale de la photolyse hétérogène de l'iode. 90

**LABORATOIRE POPULATION ENVIRONNEMENT
DEVELOPPEMENT – LPE –**

- Communications orales (aucunes)
- Posters

NIANG Cheikh Tidiane - Changements socio-environnementaux et rongeurs dans les zones argileuses du bas delta du fleuve Sénégal, Afrique de l'ouest : résultats d'observations sur une décennie, 2008-2019. 92

TERNISIEN Mélanie - Absence de ressources trophiques ou impossibilités de se déplacer : quel(s) paramètre(s) explique(nt) la composition des communautés de papillons en milieu urbain ? Une approche expérimentale à Marseille. 93

TOSINI Lorène - Réponse fonctionnelle des communautés végétales et microbiennes face à une multi-contamination du sol en éléments traces métalliques et métalloïdes en milieu méditerranéen. 94

**MECANIQUE, MODELISATION ET PROCEDES
PROPRES – M2P2 –**

- Communications orales

AMADO Monica - Total energy recovery yield as a function of inlet organic load for anaerobic digestion and dark fermentation bioprocesses. 95

FABIEN Aymeric - Fractionnement par co2 supercritique de mélanges éthanol-eau.	97
GOUT Émilie - Traitement d'effluents industriels par couplage de procédés membranaires et oxydation en voie humide : application aux lixiviats de centre de stockage de déchets.	98
YANG Jiaqi - Water reuse from municipal wastewater after conventional treatment followed by semi-industrial ultrafiltration pilot plant.	99
- Posters	
DROUIN Maryse - Traitement des fumées et gestion des eaux de lavage des navires de la marine marchande.	96

RESUMES
des
Communications et Posters

ANTROPOLOGIE BIOCULTURELLE, DROIT ETHIQUE ET SANTE – ADES –

PERTINENCE DU PROFIL POUR L'ANALYSE GÉNÉTIQUE DE LA MORPHOLOGIE FACIALE HUMAINE

B. Bonfante^{1*}, P. Faux^{1°}, N. Navarro², J. Mendoza-Revilla^{3,4}, Consortium CANDELA, S. Palmal¹, C. Costedoat¹, D. Balding^{5,6}, T. Cox⁷, M. Kayser⁸, L. Duplomb⁹, J. Cotney¹⁰, K. Adhikari¹¹ and A. Ruiz-Linares^{1,12}

(1) Aix-Marseille Université/CNRS/EFS, UMR 7268 (ADES), Marseille, France

(2) Université Bourgogne Franche-Comté, Biogéosciences, UMR 6282 CNRS/EPHE, Dijon, France

(3) Laboratorios de Investigación y Desarrollo, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

(4) Unit of Human Evolutionary Genetics, Institut Pasteur, Paris, France

(5) Department of Genetics, Evolution and Environment, and UCL Genetics Institute, University College London, London, UK

(6) Melbourne Integrative Genomics, Schools of BioSciences and Mathematics & Statistics, University of Melbourne, Melbourne, Victoria, 3010, Australia

(7) Dept of Oral & Craniofacial Sciences, School of Dentistry & Dept of Pediatrics, School of Medicine, University of Missouri-Kansas City, USA

(8) Department of Genetic Identification, Erasmus MC University Medical Center Rotterdam, The Netherlands

(9) Université Bourgogne Franche-Comté, UMR1231, Dijon, France

(10) Department of Genetics and Genome Sciences, University of Connecticut, Farmington, USA

(11) School of Mathematics & Statistics, Walton Hall, Milton Keynes, UK

(12) Ministry of Education Key Laboratory of Contemporary Anthropology and Collaborative Innovation Center of Genetics and Development, School of Life Sciences and Human Phenome Institute, Fudan University, Shanghai, China.

° Contribution équivalente

*betty.bonfante@univ-amu.fr

Le profil du visage varie considérablement entre les hominidés éteints ou actuels. Cette variation s'observe également chez l'Homme moderne et elle est très informative notamment pour évaluer le genre, l'âge et l'attractivité des individus [1]. Plusieurs études ont recherché les variants génétiques expliquant la variabilité de la face dans son ensemble car cela peut avoir des applications cliniques et médico-légales [2]. Mais malgré la pertinence du profil et le fait que son analyse peut être réalisée relativement simplement, aucune étude génétique ne s'y est spécifiquement intéressée.

Nous avons donc réalisé une étude d'association pangénomique (GWAS) pour identifier des SNPs (*single nucleotide polymorphism*) ayant un effet sur la morphologie du profil. Pour cela nous avons utilisé un échantillon de plus de 6 000 volontaires Latino-Américains ayant déjà permis d'identifier 5 loci affectant la morphologie du visage [3]. Nous avons extrait 59 mesures à partir de landmarks placés sur des photographies (2D) du profil droit et avons effectué des analyses génétiques avec près de 9 000 000 de SNPs imputés ou génotypés. Les mesures obtenues montrent une héritabilité modérée à élevée. Certaines, en particulier celles du milieu de la face, sont en corrélation avec l'ancestralité génétique continentale et sous-continentale. Nous avons détecté au moins une association (et jusqu'à 6) entre 32 mesures et 32 régions génomiques différentes. Des GWAS s'intéressant à la variation « normale » ou pathologique de la face avaient déjà identifié 24 de ces régions. Dont celle des gènes WARS2 et TBX15, pour laquelle nous trouvons une

association entre le ratio d'épaisseur des lèvres et une séquence introgressée de *H. denisovensis* présente chez les Amérindiens. Neuf régions n'avaient jamais été associées à la variation non pathologique du visage. Parmi ces nouvelles régions détectées, quatre montrent des signes de réplication dans une méta-analyse européenne. L'une d'elle comprend le gène VPS13B pour lequel nous montrons qu'il influence également la morphologie faciale de la souris. Ces résultats démontrent la pertinence du profil pour l'identification de variants génétiques affectant la morphologie faciale.

Remerciements

Nous remercions les volontaires pour leur soutien enthousiaste à cette recherche. Nous remercions également le consortium CANDELA pour tout le travail d'échantillonnage, de traitement des échantillons et de saisie des données. Nous sommes très reconnaissants au centre de calcul intensif d'Aix Marseille pour l'accès à ses ressources de calcul haute performance.

Références

- [1] N. Davidenko, *Journal of Vision*, 7 (2007) 6.
- [2] S. Richmond, L.J. Howe, S. Lewis, E. Stergiakouli, A. Zhurov, *Frontiers in Genetics*, 9 (2018) 462.
- [3] Adhikari K., et al., *Nature Communications*, 7 (2016) 1.

**LA CARTOGRAPHIE FUNERAIRE, UN OUTIL AU SERVICE DES
ETUDES DE RECRUTEMENT FUNERAIRE :
L'EXEMPLE DU CIMETIERE DU COUVENT DES PRECHEURS A AIX-
EN-PROVENCE ENTRE LE XIII^E ET LE XVII^E SIECLE.**

M. COBOS¹, N. NIN² et A. SCHMITT³

(1) Direction Archéologie et Muséum de la ville d'Aix-en-Provence, UMR 7268 ADES, CNRS, EFS, France.

(2) Direction Archéologie et Muséum de la ville d'Aix-en-Provence, France.

(3) UMR 5140 Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Université Paul Valéry, Montpellier, France.

*mireille.cobos@gmail.com

*ninn@mairie-aixenprovence.fr

*Aurore.Schmitt@cnrs.fr

La seconde moitié du XIII^e siècle voit l'implantation de plusieurs ordres mendiants à Aix-en-Provence. Les frères prêcheurs fondent leur couvent et leur église en 1273, intégrés au corps de la ville dans le courant du XIV^e siècle. Si l'ensemble conventuel est bien documenté, très peu de sources mentionnent le cimetière qui restera insondable jusqu'en 2016 à l'occasion d'une requalification des places Verdun-Prêcheurs.

La fouille archéologique du cimetière des prêcheurs a apporté les premiers éléments dans la connaissance de son organisation. Cet ensemble funéraire particulièrement bien stratifié, en fonction de la fin du XIII^e au XVII^e siècle, a livré 272 sépultures pour un corpus ostéoarchéologique de 285 individus dont l'étude laisse entrevoir le profil d'une population relativement jeune et fortement soumise au stress biologique.

L'organisation d'un espace cimétériel est toujours le résultat d'une multitude de facteurs dépendant aussi bien de l'identité biologique des défunts (âge et sexe), de leurs origines sociales ou des pratiques religieuses régissant alors la vie de ceux qui restent. Sa gestion n'est donc pas le fruit du hasard et semble bien codifiée par des schémas

qui sont susceptibles d'évoluer au fil du temps et des mentalités, afin de répondre aux demandes des vivants.

Nous proposons des schémas d'occupation à travers l'organisation spatiale et l'étude du recrutement funéraire de cette série. L'étude biologique dessine les contours d'une population caractérisée par des anomalies démographiques, des pratiques funéraires fluctuantes témoignant notamment d'inhumations en cercueils exclusivement avant le XV^e siècle et une pratique de la réduction de corps progressivement abandonnée à la même période. Le recoupement spatial de l'ensemble des données collectées permettra d'affiner notre perception du recrutement funéraire et par ce biais notre compréhension de cet ensemble funéraire.

Notre démarche propose ainsi une vision plus dynamique du recrutement funéraire afin de constituer une image plus complète de cette communauté de morts administrée par les vivants.

Remerciements

Nous souhaitons remercier les équipes de fouilles sans lesquelles rien de tout cela n'aurait été possible.

INFLUENCE DE L'INFORMATION ET DE LA MODIFICATION DES COMPORTEMENTS SUR LE DEVELOPPEMENT POST TRAUMATIQUE APRES UN CANCER

C. Evans^{1,2}, B. Saliba-Serre, S. Colson^{1,5}, K. Bendiane³, M. Préau⁴, M. Signoli², A.D Bouhnik³

(1) Ecole des Sciences Infirmières Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales Aix Marseille Univ (2) UMR 7268 ADES, Aix Marseille Univ, CNRS, EFS, Marseille, France (3) SESSTIM (UMR912) (4) Université Lumière Lyon 2 GREPS (5) EA3279 SEReSS

catherine.evans@univ-amu.fr

Près de 400 000 personnes sont diagnostiquées d'un cancer en France chaque année.[1] Grâce aux progrès thérapeutiques et au dépistage, environ 62% survivent au cancer à 5 ans. Les conséquences de la maladie sont aujourd'hui mieux connues dans les suites du diagnostic, notamment grâce aux résultats de l'enquête Vican5.[2]

Le récent rapport de la Ligue contre le cancer souligne qu'« après un cancer le combat continue ».[3] Une attention doit être portée à cette population de survivants et à leurs besoins, à cette étape du « vivre après un cancer ».

Problématique

Certains survivants considèrent « l'après cancer » comme le départ d'une nouvelle vie qui peut les amener à tout changer dans leur existence à travers un processus d'adaptation appelé Développement Post Traumatique (DPT) mesuré par une échelle développée par Tedeschi et Calhoun. [4]

Objectif de l'étude

A partir de ces différents constats nous avons recherché les facteurs pouvant influencer le DPT, en nous concentrant sur les facteurs modifiables.

Matériel et Méthode

Notre étude porte sur 1982 individus de la cohorte Vican 5 âgés de 20 à 82 ans au moment du diagnostic, ayant participé aux deux recueils de données, à 2 ans et à 5 ans du diagnostic. Son objectif principal est de déterminer les caractéristiques associées à un DPT modéré ou élevé.

Cette approche a été menée par la mise en œuvre de modèles de régression logistique.

Résultats

Sont positivement associés à un DPT modéré ou élevé : le fait d'être une femme, d'avoir une perception positive du temps passé à l'information, d'avoir augmenté son activité physique depuis le diagnostic de la maladie, d'avoir adopté une alimentation plus saine et bénéficié d'un soutien psychologique depuis le diagnostic.

Discussion

Répondre au besoin d'information des patients, et proposer des soins de supports afin de les aider à modifier leurs comportements pourraient permettre de se développer suite au cancer, permettant ainsi de mieux aborder l'étape du « vivre après un cancer ».

Références

- [1] Le Guyader-Peyrou S, Defossez G, Dantony E, Mounier M, Cornet E, Uhry Z, et al. *Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018. Volume 2 – Hémopathies malignes. Étude à partir des registres des cancers du réseau Francim Saint-Maurice (Fra)* : Santé Publique France 2019.169p.
- [2] La vie deux ans après un diagnostic de cancer, ed. INCa. 2014.
- [2] La vie cinq ans après un diagnostic de cancer, ed. INCa. 2018.
- [3] Cain, A. L. (2018). *Après un cancer le combat continue*. 144.
- [4] Tedeschi, R. G., & Calhoun, L. G. (1996). The Posttraumatic Growth Inventory : Measuring the Positive Legacy of Trauma. *Journal of Traumatic Stress*, 9(3), 455-471. <https://doi.org/10.1002/jts.2490090305>

LES PATRONYMES EN REGION SUD-PACA : STRUCTURE DE LA POPULATION DURANT LE XIX^{ème} SIECLE A TRAVERS L'ISONYMIE

C. Kamel¹, B. Saliba-Serre¹, M-H. Lizée², M. Signoli¹, C. Costedoat¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, EFS, UMR 7268 ADES, 51, Boulevard Pierre Dramard 13344 Marseille, France

(2) UR1467 RECOVER-INRAE, 3275 Route Cézanne, 13100 Aix-en-Provence, France

*celiakamel1@gmail.com

L'analyse de la distribution des patronymes à travers le temps et l'espace permet d'appréhender la structure des groupes humains, leurs échanges ou encore leur possible isolation [3]. La population Française a déjà été étudiée à travers les patronymes et il a été montré que la région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur se distingue du reste de la France du XX^{ème} et du XXI^{ème} siècle [5,6]. L'objectif de cette étude est donc de saisir l'évolution et les particularités de la région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur à travers l'analyse de la distribution des patronymes sur une période antérieure : le XIX^{ème} siècle. Pour ce travail 806 069 actes de naissances de 521 communes de 1810 à 1890 ont été enregistrés et un total de 23 340 patronymes ont été récoltés. L'estimation des divers paramètres isonymiques ont permis la description de ce corpus encore jamais exploité auparavant. Afin d'apprécier l'évolution populationnelle, le jeu de données a été scindé en 3 périodes de 25ans. Le canton étant l'unité géographique de cette étude, les relations entre chacun d'entre eux ont pu être évaluées à partir des distances de Lasker qui ont permis la construction de dendrogrammes. Une corrélation positive et significative ($p < 0.0001$) a été retrouvée entre les distances de Lasker et les distances géographiques au moyen du test de Mantel. Les estimations de la consanguinité les plus faibles ont été retrouvées dans la vallée de la Durance. La migration estimée à partir de v de Karlin & McGregor a montré des valeurs plus élevées dans le quart sud-ouest de la région. La diminution des valeurs du R_{st} , à travers les trois périodes, est en accord avec une homogénéisation patronymique entre les cantons. Notre approche en 3 périodes a pu montrer une évolution de la population influencée par des phénomènes linguistiques, culturels, historiques et migratoires depuis le Moyen-âge

bouleversés par les changements socio-économiques du XIX^{ème} siècle [1,2,3,4].

Remerciements

Nous remercions Madame Morgane Gibert et Monsieur Jacques Chiaroni pour leurs conseils.

Références

- [1] *Histoire de la Provence*. M. Aghulon, N. Coulet (Eds), Paris, Presses Universitaires de France, 1987.
- [2] *Atlas historique. Provence, Comtat Venaissin, Principauté d'Orange, comté de Nice, principauté de Monaco*. E. Baratier, G. Duby, E. Hildesheimer (Eds), Paris, Armand Colin, 1969.
- [3] P. Darlu, G. Bloothoof, A. Boattini, L. Brouwer, M. Brouwer, G. Brunet, P. Chareille, J. Cheshire, R. Coates, K. Drager, B. Desjardins, P. Hanks, P. Longley, K. Mandemakers, P. Mateos, D. Pettener, A. Useli, F. Manni, *The Family Name as Socio-Cultural Feature and Genetic Metaphor: From Concepts to Methods, Human Biology*, 84(2) (2012) 169-214.
- [4] Y. Gastaut, *Histoire de l'immigration en PACA: XIX^e et XX^e siècles, Hommes et migrations*, 1278 (2009) 48-61.
- [5] B. Mourrieras, P. Darlu, J. Hochez, S. Hazout, *Surname distribution in France – A distance analysis by distorted geographical Map, Annals of Human Biology* 22(3) (1995) 183-198.
- [6] C. Scapoli, H. Goebel, S. Sobota, E. Mamolini, A. Rodriguez-Larralde, I. Barrai, *Surnames and dialects in France: Population structure and cultural evolution, Journal of Theoretical Biology* 237(1) (2005) 75-86.
- [7] *Voyages en Provence, Alpes, Côte d'Azur*. E. Temime (Eds), France, Galimard, 1997.

VARIABILITE DES DENSITES OSSEUSES DE LA ZONE PRE-SINUSIENNE CHEZ L'EDENTE COMPLET

C. Mansuy¹⁻²⁻³, B. Saliba-Serre¹, O. Hüe², P. Tavitian¹⁻²⁻³, M. Ruquet¹⁻²⁻³

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, EFS, UMR 7268 ADES, Faculté médecine Nord, 13344 Marseille, France

(2) Aix Marseille Univ, Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales, Ecole de médecine dentaire, 13005 Marseille, France

(3) APHM, Service de réhabilitation orale, Pôle Odontologie, Hôpital de la Timone, 13005 Marseille, France

*charlotte.mansuy@univ-amu.fr

La survenue de la perte totale des dents serait directement liée à l'âge, mais il existe de grandes différences de prévalence de l'édentement selon les pays, selon les zones géographiques d'un même pays et dans des groupes d'origines diverses [1]. Les modifications de l'os alvéolaire après avulsion dentaire varient d'un individu à l'autre et dépendent de nombreux facteurs, généraux (ostéoporose, âge...) ou locaux (qualité et quantité osseuse avant extraction...). La structure interne de l'os maxillaire devrait donc varier selon les individus. L'objectif de cette étude est d'évaluer la variabilité de la structure interne de l'os pré-maxillaire en utilisant la tomodynamométrie quantitative (QCT).

Matériels et Méthodes : Des analyses QCT ont été menées à l'aide du logiciel Nobel Clinician® sur un échantillon de patients édentés complets au maxillaire ayant effectué un CBCT (Cone Beam Computed Tomography) pré-implantaire dans le service d'odontologie de l'Hôpital de la Timone. Pour chaque individu, six points de repère de la zone de l'incisive centrale, de la canine et de la première prémolaire ont été utilisés, sous la forme de six implants posés virtuellement dans la zone pré-sinusienne. Au niveau de chaque implant, six points de mesure de la densité osseuse ont été relevés, en unités Hounsfield (UH) au niveau du col, de la partie médiane du corps et de l'apex des parties vestibulaires et palatines [2].

Résultats - Discussion : Sur 30 patients étudiés (15 hommes et 15 femmes), la densité osseuse moyenne de la zone pré-sinusienne de l'échantillon était de $660,9 \pm 76,7$ UH. La densité osseuse apicale était plus faible chez les femmes (539 ± 140 UH) que chez les hommes (640 ± 108 UH) ($p=0,033$). Les densités osseuses étaient décroissantes de la surface de la crête aux structures plus apicales ($p<0,02$), et significativement plus grandes dans les régions incisives par rapport aux régions prémolaires. Ces résultats sont en accord avec les études précédentes [3-6], et correspondent à un os « normal » selon le système

de classification HNS de Rebaudi et coll. [7].

Conclusion : Cette méthode doit être exploitée sur un échantillon plus grand afin d'étudier l'influence d'autres critères anthropologiques ou de comparer plusieurs échantillons issus de populations différentes.

Références

- [1] F. Müller, M. Naharro, G.E. Carlsson, What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clin Oral Implants Res*, 8 (2007) 2-14.
- [2] P. Tavitian, M. Ruquet, C. Mense, E. Nicolas, O. Hue, A numeric analysis of bone density in the edentulous interforaminal region. *Int J Prosthodont*, 30 (2017) 526-9
- [3] M.R. Norton, C. Gamble, Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res*, 12 (2001) 79-84.
- [4] I. Turkyilmaz, O. Ozan, B. Yilmaz, A.E. Ersoy, Determination of bone quality of 372 implant recipient sites using Hounsfield unit from tomography: a clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 10 (2008) 238-44.
- [5] L.-J. Fuh, H.-L. Huang, C.-S. Chen, K.-L. Fu, Y.-W. Shen, Variations in bone density at dental implant sites in different regions of the jawbone. *J Oral Rehabil*, 37 (2010) 346-51.
- [6] K. Hiasa, Y. Abe, Y. Okazaki, K. Nogami, W. Mizumachi, Y. Akagawa, Preoperative computed tomography-derived bone densities in hounsfield units at implant sites acquired primary stability. *ISRN Dent*, (2011) 678729.
- [7] A. Rebaudi, P. Trisi, R. Cella, G. Cecchini, Preoperative evaluation of bone quality and bone density using a novel CT/microCT-based-hard-normal-soft classification system. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 25 (2010) 75-85

ADAPTATION TRANSCULTURELLE ET EVALUATION PSYCHOMETRIQUE D'OUTILS DE MESURE DES CAPACITES A L'UTILISATION DES DONNEES PROBANTES DES INFIRMIERS EN PRATIQUE AVANCEE

M. Mellinas¹, S. Colson¹, M. Signoli, C. Evans, A. Amania Saliba-Serre¹, A. Lami¹

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

*marie.mellinas@univ-amu.fr

Le terme d'Evidence Based ou données probantes est défini par l'Organisation Mondiale de la Santé comme « des conclusions issues de la recherche pouvant servir de base à la prise de décision dans le domaine de la santé et des soins » [1] L'Evidence Based Nursing est une nouvelle compétence des Infirmiers en Pratique Avancée au grade Master depuis 2018 dans un contexte d'intégration universitaire.

Objectif : Valider une version française du Knowledge and Skills, Evidence Based Nursing (KS.EBN) et de l'Evidence Based Practice Belief (EBP.B) afin d'évaluer les connaissances et la capacité à l'utilisation des données probantes des étudiants infirmiers en première et deuxième année du Diplôme d'état d'infirmier en pratique avancée au grade Master [3].

Méthode : Adaptation transculturelle et évaluation des qualités psychométriques du KS.EBN et de l'EBP [2] [4] Les deux instruments ont d'abord été traduits par deux traducteurs indépendants de l'anglais vers le français. La Synthèse de la traduction en français a fait l'objet d'une traduction inversée vers l'anglais par deux autres traducteurs professionnels indépendants. La synthèse des différentes traductions a été soumise à un Comité Expert, ce qui a permis de produire une première version des questionnaires en français. Les questionnaires sont en phase de test auprès de la population cible : 58 étudiants infirmiers en pratique avancée de première année, 61 étudiants de deuxième année.

Résultats : la traduction et l'adaptation transculturelle : les équivalences : sémantique, idiomatique et fonctionnelle ont été recherchées. Le contenu des instruments a été conservé, le nombre, l'ordre des items, la consigne, le scénario clinique et la grille de notation. La présentation des instruments a été modifiée pour permettre une adaptation à l'outil Wooclap. Les premiers résultats obtenus auprès des étudiants de première année : 61% sont plutôt d'accord et 31% fortement d'accord pour dire que la pratique basée sur des données probantes permet une meilleure qualité de soins. 68% pensent que les soins qu'ils prodiguent sont basés sur des données probantes, 60% estiment qu'ils ne sont pas clairs avec les étapes de l'evidence Based nursing. D'après

leurs commentaires, les énoncés sont clairs mais ils ne maîtrisent pas le sujet.

Les résultats attendus : évaluer les différents types de validité : apparente, de contenu, de construit (analyses factorielles, convergente, discriminante), de critère (concomitante et prédictive). Évaluer les différents types de fidélité : cohérence interne (coefficient de Cronbach), fidélité test-retest, fidélité interjuges.

Conclusion : La phase de pré test auprès de la population cible doit être finalisée (fin mars) afin de permettre une évaluation psychométrique des instruments.

Références

- [1] I. Ben Amar, R. Boennec, D. Colas Boudot, P. Ribémont, Force de FRAPS numéro 2 (2017)
- [2] Méthodes qualitatives, quantitatives, et mixtes dans la recherche en sciences humaines, sociales, et de la santé M. Corbière, N. Larivière, Presses de l'Université du Québec, 2020.
- [3] M. Ock GU, Y. Ha, J. Kim, Journal of Clinical Nursing. 24 (2015) 1380 -1393
- [4] Melnyk, B. Mazurek, L. Gallagher-Ford, T. Bindu Koshy, Worldview's on Evidence Based Nursing, 13 (2016)

PREDICTION OF EYE, HAIR AND SKIN COLOR IN ADMIXED POPULATIONS OF LATIN AMERICA

S. Palmal^{1*}, P. Faux¹, CANDELA consortium, K. Adhikari^{2,3}, A. Ruiz-Linares^{1,3,4}

(1) Aix-Marseille Université, Campus Timone, UMR 7268 ADES, 4ème étage aile rouge, 27 Bvd Jean Moulin 13005 Marseille, France

(2) School of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Technology, Engineering & Mathematics, the Open University, Room 203, Alan Turing Building, Walton Hall, Milton Keynes, MK7 6AA

(3) Department of Genetics, Evolution and Environment, and UCL Genetics Institute, University College London, London, UK

(4) Ministry of Education Key Laboratory of Contemporary Anthropology, Collaborative Innovation Center for Genetics and Development, School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China

*contact_author spsagnik@gmail.com

There is increasing interest in the use of genetic information for predicting physical appearance traits particularly in forensics [1] and palaeoanthropology. Thus, most studies have been performed in Europeans with eye, hair and skin pigmentation being the traits examined [2]. Very little information is currently available on the accuracy of phenotype prediction in individuals of mixed continental ancestry.

We examined prediction accuracy for pigmentation phenotypes in the CANDELA consortium dataset. This dataset, of over 6,500 individuals [3], includes basic demographic information (age, sex, country of sampling) as well as data for pigmentation traits (including Categorical Eye Colour (3-level and 5-level), Hair Colour (3-level) and Quantitative Eye Colour (HSV scale and HCL scale), Skin Colour (average Melanin index)) and genetic data (imputed genotypes for ~9M SNP, from ~700k genotyped SNP). We examined the impact on prediction accuracy of three main factors: (i) The methods of prediction, including classical statistical methods and machine learning approaches, (ii) The inclusion of non-genetic predictors, continental genetic ancestry and pigmentation SNPs in the prediction models, and (iii) Compared two sets of pigmentation SNPs: the commonly-used HirisPlex-S set and novel SNP sets that we have defined based on association results in the CANDELA samples.

We find that Random Forest or regression are globally the best performing methods. Also achieved greater prediction accuracy increments with continuous pigmentation traits than with categorical traits. Although continental genetic ancestry has substantial power for prediction of pigmentation in Latin Americans, the inclusion of pigmentation SNPs increases prediction accuracy considerably, particularly for skin color. For hair and eye color, HirisPlex-S has a similar performance to the CANDELA-specific sets. We examined the effect of continental admixture on prediction accuracy by splitting the population sample into 5 different ancestry bins (at 20% increments of Native/European ancestry). As the

percentage of European ancestry increases, we observe greater accuracy brought by the SNPs. Among SNP sets, the CANDELA SNP set performs better than HirisPlex [4,5] except for the highest European ancestry bin (>80%). That specific bin served as benchmark to compare our results based on European sampling. We obtained an AUC for the 3-level categorical eye colour of 89%, 74%, 90% for brown, intermediate and blue eye colour. Similar values have been reported in a Dutch cohort [4].

This study shows that phenotypes with more variability in a specific ancestry population tend to show better prediction accuracy - eye color and hair color exhibit more variability in the European population but not the same for skin color. So investigating in a non-European population allowed us to achieve better predictive power than HirisPlex-S for skin color. Our study first demonstrates that in an admixed population like Latin America, continental genetic ancestry is a poorer predictor of pigmentation than a set of a few ten SNPs at pigmentation loci.

Remerciements

We are grateful to the volunteers for their enthusiastic support for the research. We thank all the research team members involved in volunteer recruitment, sample processing and data entry [3]. Centre de Calcul Intensif d'Aix-Marseille is acknowledged for granting access to its high-performance computing resources. We thank AMIDEX for funding the project.

Références

- [1] K. Breslin et al. *Forensic Science International: Genetics* 43 (2019) 102152.
- [2] L. Chaitanya et al *Forensic Science International: Genetics*. 35 (2018) 123–135,
- [3] Adhikari, K. et al. *Nat. Commun.* 7:10815 doi: 10.1038/ncomms10815 (2016).
- [4] Liu F. et al. *Current Biology* Volume 19, Issue 5, 10 March 2009, Pages R192-R193.
- [5] K. Zaorska, P. Zawierucha, M. Nowicki, *Human Genetics* (2019) 138:635–647

**QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER :
IMPACT OF PROSTHETIC REHABILITATION**

F. Silvestri^{1,2*}, B. Saliba-Serre², V. Graillon³, N. Fakhry⁴, M. Ruquet^{1,2}, G. Maille^{1,2}

(1) Faculté d'Odontologie, Aix Marseille Université, 27 boulevard Jean Moulin, 13555 Marseille cedex 5 ; Pôle Odontologie, UF des soins spécifiques, hôpital Timone, Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille, 264, rue Saint-Pierre, Marseille 13385 Marseille cedex 5

(2) EFS CNRS, Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales, UMR 7268 ADES, Aix Marseille Université, 51 boulevard Pierre Dramard, 13944 Marseille cedex 15

(3) Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales, Aix Marseille Université, 27, boulevard Jean Moulin, 13555 Marseille cedex 5 ; Pôle PROMO, service de Chirurgie Maxillofaciale Stomatologie et Chirurgie Orale, hôpital de la Conception, Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille, 147 boulevard Baille, 13005, Marseille

(4) Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales, Aix Marseille Université, 27, boulevard Jean Moulin, 13555 Marseille cedex 5 ; Pôle PROMO, service ORL et Chirurgie cervico-faciale, hôpital de la Conception, Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille, 147 boulevard Baille, 13005, Marseille

*frederic.silvestri@wanadoo.fr

Background : Oral quality of life is of great importance in head and neck cancer, where each patient combines functional, social and esthetic needs. Our study aimed to evaluate the influence of prosthetic and/or maxillofacial rehabilitation on patients' perceived oral quality of life.

Material and Methods : The General Oral Health Assessment Index (GOHAI) was used in 28 patients with head and neck cancer who had undergone radiotherapy, recruited at La Timone University Hospital, Marseille, France, and who required prosthetic rehabilitation. The questionnaire was completed at three timepoints in the study: before insertion of the prosthesis (T0), then one week (T1) and three months after insertion (T2).

Results : The percentage of patients with poor quality of oral health decreased from 96.4% to 64.3% between T0 and T1. Between T0 and T1, the mean score of the psychosocial component of the GOHAI increased from 14.28 ± 4.51 to 20.14 ± 5.20 and the mean functional component score increased from 9.32 ± 3.86 to 12.07 ± 4.04 .

Conclusions : Prosthetic rehabilitation appeared to have a positive impact on oral quality of life in our study subjects, particularly on social relations and self-esteem. Its influence on pain and discomfort remains to be clarified.

This preliminary study gives a prospective view of the impact of prosthetic rehabilitation in patients with head and neck cancer who had undergone radiotherapy. Analysis of data yielded by cross-referencing of different questionnaires should make it possible to refine these results.

References

- [1] Jéhannin-Ligier K, Dantony E, Bossard N, Molinié F, Defossez G, Uhry Z et al. Projection de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine en 2017. Rapport technique. Saint-Maurice : Santé publique France, 2017.
- [2] Atchison K, Dolan TA. Development of the geriatric oral health assessment index. *J Dent Educ* 1990;54:680-7.
- [3] Tubert-Jeannin S, Riordan PJ, Morel-Papernot A, Porcheray S, Saby-Collet S. Validation of an oral health quality of life index (GOHAI) in France. *Community Dent Oral Epidemiol* 2003;31:275-84.
- [4] Moroi HH, Okimoto K, Terada Y. The effect of an oral prosthesis on the quality of life for head and neck cancer patients. *J Oral Rehabil* 1999;26:265-73. doi: 10.1046/j.1365-2842.1999.00379
- [5] Schweyen R, Kuhnt T, Wienke A, Eckert A, Hey J. The impact of oral rehabilitation on oral health-related quality of life in patients receiving radiotherapy for the treatment of head and neck cancer. *Clin Oral Investig* 2017;21:1123-30. doi: 10.1007/s00784-016-1874-4.

CENTRE EUROPEEN DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT DES GEOSCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT – CEREGE –

HISTOIRE THERMIQUE DE LA NAPPE DE DIGNE

J. Balansa^{1*}, N. Espurt¹, J.-C. Hippolyte¹, A. Lahfid², S. Caritg²

(1) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Coll. France, INRAE, CEREGE, Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, 13545 Aix-en-Provence, France

(2) BRGM, Service géologique national, 3 Avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans, France

*balansa@cerege.fr

La nappe de Digne est une structure majeure de la zone subalpine méridionale chevauchant le bassin d'avant-pays néogène de Valensole. Cette nappe a été largement étudiée d'un point de vue sédimentaire concernant ses formations mésozoïques et sa couverture Paléogène (formation des grès d'Annot d'âge Eocène à Oligocène ; e.g [1]), et d'un point de vue tectonique concernant son architecture structurale et ses déformations (e.g. [2,3]). Les roches qui la composent sont caractérisées par une schistosité majeure et un métamorphisme de type anchizone jusque dans la formation des grès d'Annot, accompagné d'importantes circulations de fluides [4,5]. Afin d'établir les températures maximales dans la nappe et leur distribution spatiale, nous avons procédé à une analyse de la paléo-thermicité par spectroscopie RAMAN sur la matière carbonée [6,7] dans les formations sédimentaires d'âges Trias à Paléogène. Les résultats montrent que les formations sédimentaires de la nappe ont enregistré des pics de températures entre 260° et 350° C. Ces valeurs augmentent vers le Nord pour les formations de mêmes âges, telles que le Lias ou le Callovo-Oxfordien. Les grès d'Annot, au Nord de la structure de la chaîne de la Blanche, ont également enregistré des températures de l'ordre de 300°C. Ces températures élevées ne peuvent être expliquées ni par un enfouissement sédimentaire classique, ni par l'empilement tectonique des nappes de Flyschs de l'Embrunais-Ubaye qui ont surmonté ces grès d'Annot. La sédimentation des grès d'Annot s'est effectuée dans un bassin fortement subsident et est associée à des structures extensives synchrones [8], typiques de bassins flexuraux d'avant-pays. Des travaux récents dans les rifts chauds ont mis en évidence que des remplissages sédimentaires syn-rifts pouvaient favoriser l'augmentation de la température dans les niveaux inférieurs de la pile sédimentaire [9,10]. Ainsi, nous proposons un modèle géodynamique où l'histoire thermique de la nappe de Digne est provoquée par l'effet

combiné 1) de la flexure lithosphérique de l'avant-pays alpin permettant un épaissement des dépôts syn-orogéniques et 2) d'une hausse de la thermicité induite par la formation d'une fenêtre asthénosphérique post-Eocène, occasionnée par la traction de la plaque eurasiennne subduite dans une zone déjà amincie lors du rifting vocontien.

Références

- [1] J.-P. Ivaldi, *Géologie Alpine*, 50 (1974), pp. 75-98.
- [2] P. Gigot, C. Grandjacquet, D. Haccard, *Bulletin de la Société Géologique de France*, XVI (1974), pp. 128-139.
- [3] M. Gidon, J.-L. Pairis, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 303 (1986), pp. 981-984.
- [4] C. Rousset, A. Bambier, C. Kerckhove, *Service de la Carte géologique de la France*, (1983).
- [5] T. Cavailles, J.-P. Sizun, P. Labaume, A. Chauvet, M. Buatier, R. Soliva, L. Mezri, D. Charpentier, H. Leclère, A. Travé, C. Gout, *AAPG Bulletin*, 97 (2013), pp. 1521-1543.
- [6] O. Beyssac, B. Goffé, C. Chopin, J. N. Rouzaud, *Journal of Metamorphic Geology*, 20 (2002), pp. 859-871.
- [7] A. Lahfid, O. Beyssac, E. Deville, F. Negro, C. Chopin, B. Goffé, *Terra Nova*, 22 (2010), pp. 354-360.
- [8] C. Kerckhove, F. Thouvenot, *Service de la Carte géologique de la France*, (2010), 124 p.
- [9] C. Clerc, Y. Lagabriele, P. Labaume, J.-C. Ringenbach, A. Vauchez, T. Nalpas, R. Bousquet, J.-F. Ballard, A. Lahfid, S. Fourcade, *Tectonophysics*, 686 (2016), pp. 82-97.
- [10] Y. Lagabriele, R. Asti, T. Duretz, C. Clerc, S. Fourcade, A. Teixell, P. Labaume, B. Corre, N. Saspiturry, *Earth-Science Reviews*, 201 (2020).

**ANALYTICAL EXPRESSIONS FOR PAST AND PRESENT RECHARGE
INTERPRETATION OF RADIOCARBON DATA IN UNCONFINED
AQUIFERS: APPLICATION TO SAHARAN AQUIFERS**

A. Chekireb¹, J. Gonçalves¹, B. Hamelin¹, P. Deschamps¹, P. Séraphin¹

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

*chekireb@cerege.fr

In this study, we developed two-dimensional hydrodynamic age expressions for the free-surface aquifer problem required for radiocarbon data interpretation in terms of recharge. Time-varying recharge is accounted for in fully transient or pseudo-steady state alternative analytical expressions applying to weakly or highly hydraulically reactive unconfined aquifers, respectively.

These expressions extending a previous model based on a constant recharge represent a convenient alternative approach to the more complex numerical resolution of a particle tracking problem considering climate variability. An application of the developed expressions was carried out to assess past (40ky) and present recharge rates for the North Western Saharan Aquifers System (NWSAS) and the Djefara plain (Tunisia-Libya). Using the available ¹⁴C

data at different outcrops, we obtained local recharge values ranging from 1.27 to 6.86 mm yr⁻¹. Here, it is shown that using the standard purely steady-state model for radiocarbon interpretation leads to present recharge overestimation up to 360%. A linear relation between the present recharge and the average annual rainfall was obtained and used to identify the regional distribution of the recharge and domain-averaged values. Global values of 1.32 ± 1.47 mm yr⁻¹ for the NWSAS and 3.97 ± 1.46 mm yr⁻¹ for the Djefara are in excellent agreement with the values obtained by hydrogeological models and derived using Satellite gravity data. The relation between recharge and rainfall obtained here can be used as a first-order estimate for hydrogeological modeling or water management analysis for aquifers in the Saharan area.

ÉVALUATION DE PROPORTIONS DE MELANGES ENTRE MASSES D'EAU EN DOMAINE CARBONATE PAR UNE APPROCHE MUTI-ISOTOPIQUES ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

T. Garin¹, B. Ladouche², B. Arfib¹, B. Dewandel², J. Goncalves¹

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

(2) – BRGM, D3E/NRE-University of Montpellier, 1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier, France

*garin@cerage.fr

Les aquifères carbonatés sont connus comme une source majeure d'eau potable dans la région méditerranéenne [1]. Par conséquent, l'estimation qualitative et quantitative de la ressource en eau souterraine est cruciale, en particulier dans les zones à forte densité de population.

Dans cette étude, des traceurs géochimiques et isotopiques ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sont utilisés pour discriminer les différentes origines des eaux souterraines et évaluer le mélange de masses d'eau dans un environnement carbonaté méditerranéen. L'étude de cas, située dans le sud-est de la France, offre un contexte géologique intéressant pour explorer la plus-value des isotopes du strontium [2] avec des dépôts carbonatés triasiques à crétacés érodés et localement resédimentés au sein de formations fluviatiles déposées durant l'extension Oligocène et le Quaternaire. De plus, le paysage karstique, par le biais de zones de pertes, induit des processus d'infiltration rapide des précipitations. La zone étudiée, de 500 km², présente également une variation d'altitude marquée allant de la mer à 1148 m, ce qui devrait donner un contraste significatif des valeurs isotopiques des stables de l'eau. Des échantillons d'eau ont été prélevés chaque mois pendant deux ans sur les eaux souterraines et de surface, dans les rivières, les forages et les sources karstiques. Les échantillons mensuels d'eau de pluie fournissent le signal isotopique de la recharge à deux altitudes et une distance différente de la mer.

Les signatures hydrogéochimiques permettent de distinguer les pôles géochimiques de deux masses d'eau principales ainsi qu'une légère influence marine sur un

forage. Les concentrations en nitrates (NO_3^-) mettent en évidence l'influence anthropique sur les ressources en eaux souterraines [3]. Une approche multi-traceurs [4] prenant en compte l'interaction eau-roche, les processus de mélange et de recharge, couplée aux conditions hydrogéologiques et à des traçages artificiels, conduit à un modèle conceptuel de cet hydrosystème complexe.

Remerciements

Ce travail est inclus dans le projet universitaire Karst-Huveaune financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, la Région Sud-PACA, le Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône, Aix-Marseille Provence Métropole, le BRGM et Aix-Marseille Université.

Références

- [1] COST 65 – *European Commission Directorate-General XII Science Research and Development*, (1995) 446
- [2] G. Faure, R. Assereto, E.L. Tremba, *Sedimentology*, 25 (1978) 523-543
- [3] O. Nikolenko, A. Jurado, A.V. Borges, K. Knöller, S. Brouyère, *Science of the Total Environment*, 621 (2018) 1415-1432
- [4] L. Gourcy, E. Giraud-Petelet, *Rapport BRGM/RP-59729-FR*, (2011) 69

EVOLUTION AND ADAPTATION OF COCCOLITHOPHORES TO RECENT ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE MEDITERRANEAN SEA

M. Habib^{1,2*}, A.E.R Hassoun², L. Beaufort¹

(1) CEREGE, Aix Marseille Université – CNRS, BP80 cedex4, 13545 Aix en Provence, France

(2) National Council for Scientific Research in Lebanon-National Center for Marine Sciences, Batroun, Lebanon

* habib@cerege.fr

The semi-enclosed Mediterranean Sea is very vulnerable to environmental changes and anthropogenic pressures. Hence, it is considered as a hotspot for climate change where faster warming, deoxygenation, and acidification rates are occurring. Moreover, it is obvious nowadays that climate change is really affected by human activities and caused by the increase of carbon dioxide emissions as reported in the recent IPCC report¹. In addition, all these changes that are facing the Mediterranean Sea will affect its unique marine ecosystems especially the calcifying organisms such as corals, foraminifera, and coccolithophores². Coccolithophores are calcifying phytoplanktonic species that are behind the major part of the production of modern oceanic carbonates³. Furthermore, they play a major role in sequestering organic matter into the bottom of the sea⁴.

In Lebanon, no studies have been conducted yet to quantify coccolithophores populations and assess their relationships with environmental drives. Hence, this work focuses on studying these species collected from the east of the Mediterranean Sea precisely in Batroun (B1&B2) and Beirut (A3) in the upper 150m depth, also samples from the west of the Mediterranean Sea (Marseille). All the seawater parameters like temperature, salinity, pH, alkalinity, and total dissolved inorganic carbon are measured to derive all the carbonate-chemistry parameters like the saturation state for CaCO₃ which is in a decreasing trend⁵. As a preliminary result, *Emiliania huxleyi* is the most dominant species encountered in all the studied areas. Moreover, several species are found other than *E. huxleyi* like *Syracosphaera pulchra*, *Rhabdosphaera clavigera*, and *Florisphaera profunda*. Besides, it is very important to know how these calcifying phytoplankton populations react to biogeochemical changes connected to global phenomena such as climate change and to local pressures (e.g. pollution), especially in the under-studied Eastern-Levantine Mediterranean basin. This PhD thesis will help us to better assess the historic and recent impacts of environmental phenomena on the coccolithophores, in the coastal Mediterranean areas.

Remerciements

The authors would like to thank Mr. Elie Tarek and Mr. Hussein Jaber for helping us during the sampling process in the field. We also appreciate the support of ELME project that financed parts of this work. Finally, we acknowledge financial support and nice hosting from CEREGE, CNRS-L, and Lebanese University.

Références

- [1] IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. . http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1.
- [2] Riebesell, U., Zondervan, I., Rost, B., Tortell, P. D., Zeebe, R. E., & Morel, F. M. M. (2000). Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO₂. *Nature*, 407(6802), 364–366. <https://doi.org/10.1038/35030078>.
- [3] Beaufort, L., Probert, I., De Garidel-Thoron, T., Bendif, E. M., Ruiz-Pino, D., Metzl, N., ... De Vargas, C. (2011). Sensitivity of coccolithophores to carbonate chemistry and ocean acidification. *Nature*, 476(7358), 80–83. <https://doi.org/10.1038/nature10295>.
- [4] Beaufort, L., Probert, I., & Buchet, N. (2007). Effects of acidification and primary production on coccolith weight: Implications for carbonate transfer from the surface to the deep ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8(8). <https://doi.org/10.1029/2006GC001493>.
- [5] Hassoun, A. E. R., Fakhri, M., Raad, N., Abboud-Abi Saab, M., Gemayel, E., & De Carlo, E. H. (2019). The carbonate system of the Eastern-most Mediterranean Sea, Levantine Sub-basin: Variations and drivers. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 164(March), 54–73. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.03.008>

QUANTIFICATION OF THE FATE OF ORGANIC CARBON IN A LONG-TERM TROPICAL FERTILIZATION EXPERIMENT: THE POTENTIAL OF STABLE CARBON ISOTOPE

F. Jamoteau^{1,2,3*}, J. Balesdent^{† 3}, I. Basile-Doesch³, E. Tillard^{4,5}, A. Versini^{1,2}

(1) CIRAD, UPR Recyclage et risque, Station de La Bretagne, 97743 Saint-Denis, Réunion, France ;

(2) Recyclage et Risque, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France ;

(3) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Coll France, INRAE, CEREGE, F-13545 Aix-en-Provence, France ;

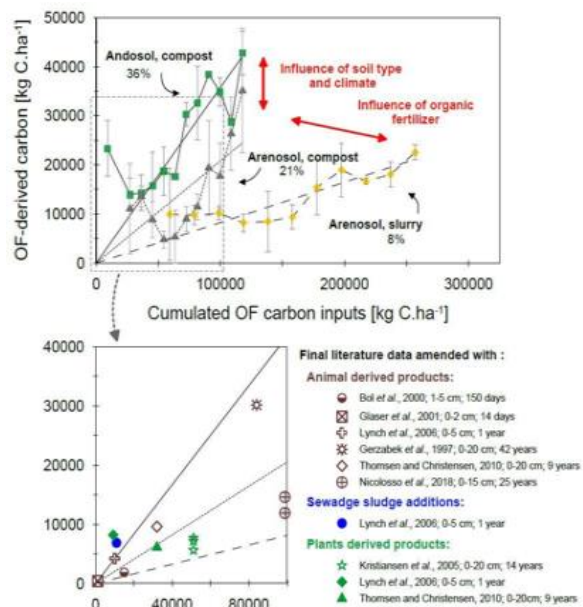
(4) CIRAD, Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, 97410 Saint-Pierre, Réunion, France ;

(5) Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

*jamoteau@cerege.fr

Cropping soils destabilizes a part of initially stabilized organic matter [1]. The application of organic fertilizers (OF) on crop soils is a way to recycle nutrients and increase C stocks. Quantification of soil OF-derived C is often estimated by comparing plots with and without added OF [2]. However, OF additions (and their subsequent byproducts through biotransformation) may boost crop production and/or induce mineralization of native C due to an indirect effect [3]. We tested the use of stable carbon isotopes (¹³C) to quantify C only sourced from added OF and to discriminate OF-C from crop-C and native-C. The study is based on a 13-years tropical experiment on a C-poor arenosol and a C-rich andosol in La Reunion island (0-15 cm topsoil). Both soils were amended (after each pasture cut; 7 cuts per year) with the same quantity and quality of two different OFs : a bovine slurry (19,760 kg C.ha⁻¹.yr⁻¹) and a bovine manure compost (9,060 kg C.ha⁻¹.yr⁻¹). Even if the isotopic composition of OFs slightly varied along the experiment, the isotopic method allowed us (1) to track over time the soil δ¹³C evolution patterns due to the OF inputs and (2) calculate the remaining OF-C in soils. OF-C retention was highly dependent on the nature of the OF (Figure 1) : OF-C retention reached 21% with compost and 8% with slurry in the arenosol. OF-C retention was also influenced by climate and soil-type: compost retention was 21% in the arenosol and 36% in the andosol, revealing the very high retention capacity of andosols for recently added carbon. Finally, the comparative method estimated less compost-C retention than the isotopic method while both methods produced quite similar estimates of slurry-C retention.

Figure 1. Carbon stock derived from organic fertilizers as a function of cumulated C inputs from organic fertilizer amendments (0-15 cm soil layer) (Jamoteau *et al.*, in revision).



Références

- [1] Guo, L. B., et R. M. Gifford. « Soil Carbon Stocks and Land Use Change: A Meta Analysis ». *Global Change Biology* 8, n° 4 (2002): 345-60.
- [2] Liang, F., Li, J., Zhang, S., Gao, H., Wang, B., Shi, X., Huang, S., Xu, M., 2019. Two-decade long fertilization induced changes in subsurface soil organic carbon stock vary with indigenous site characteristics. *Geoderma* 337, 853–862.
- [3] Kuzyakov, Y., Friedel, J.K., Stahr, K., 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1485–1498.

AQUEOUS ALTERATION ON MARS: THE STUDY OF CALETA EL COBRE 022 A MARTIAN METEORITE

L. Krämer Ruggiu^{*1}, J. Gattacceca¹, B. Devouard¹, A. Udry², V. Debaille³, P. Rochette¹, J.-P. Lorand⁴, L. Bonal⁵, P. Beck⁵, V. Sautter⁶, M. M. M. Meier⁷, Y. Marrocchi⁸, C. Maden⁷, and H. Busemann⁷

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Coll France, IRD, INRA, Aix-en-Provence, France, (2) Department of Geoscience, University of Nevada Las Vegas, Las Vegas, NV 89154, USA, (3) Laboratoire G-Time, Université Libre de Bruxelles, Belgium, (4) LPG, CNRS UMR 6112, Nantes Univ., France, (5) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, Grenoble, France, (6) IMPMC, MNHN, Paris, France, (7) ETH Zurich, Inst. Geochem. Petrol., Zurich, Switzerland, (8) CRPG, CNRS, Université de Lorraine, UMR 7358, Vandoeuvre-les-Nancy, France.

*kramer@cerege.fr

Introduction: Nakhilites are Martian meteorites. They are clinopyroxene-rich cumulates [1] showing variable amounts of aqueous alteration [2]. They are keys to better understand the Martian crust. Caleta el Cobre 022 (CeC 022) is one of only 11 nakhilites (after pairing) discovered to date.

Results: Caleta el Cobre 022 (CeC 022) shows an unbrecciated clinopyroxene-rich and olivine cumulate texture. It crystallized at 1215±67 Ma (Sm-Nd age) and with an ejection impact dated at about 11 Ma (for ³He, ²¹Ne and ³⁸Ar), similar as other nakhilites [3]. Thus, CeC 022 probably comes from the same volcanic system as the other nakhilites and was ejected by the same impact from the surface of Mars.

CeC 022 is composed of zoned augite with irregular cores, euhedral rims, and thin overgrowths Fe-rich relative to the core when in contact with the mesostasis, and low-Ca pyroxene adjacent to the olivine. The olivines show no zoning. Phenocrysts of Fe-Ti oxides are \ddot{u} lvospinel-magnetite with microscale exsolutions of ilmenite/ \ddot{u} lvospinel and nanoscale exsolutions. CeC 022 contains fine-grained mesostasis, comprising K-feldspars, pyroxene, apatite, ilmenite, dendritic Fe-Ti oxides, silica, and also large plagioclase laths.

Aqueous alteration: Caleta el Cobre 022 contains the largest amount of martian aqueous alteration. The main martian alteration products in CeC 022 occur in olivine phenocrysts as a reddish-orange phase in transmitted light. This material is found mainly as veins along cracks in the olivine with Fe-oxides and sulfides situated at the center of the veins, but it can also be located as patches in the mesostasis. This alteration product has already been described in nakhilites under various names [5-8] such as iddingsite, which represent a complex assemblage of minerals. Its chemistry, mineralogy and crystallinity are complex and make it hard to be decidedly defined. Backscattered electron images reveal two types of iddingsite found in association with each other. Energy dispersive spectrometry (EDS) analyses show that a brighter type in contact with olivine in the BSE image has a greater amount of iron. It is enriched in Fe and Mn, and is poorer in Si, Mg and K, compared to the darker type. Low total (<90 wt. %) of the analysis suggests that these phases are hydrated. The brighter type of iddingsite has a Raman spectrum showing more extensive crystallization with a few oxides, possibly hematite or magnetite, and carbonates bands. Raman spectroscopy reveals that the darker iddingsite type is a poorly crystallized hydrated assemblage of minerals. Both, Raman and IR spectroscopy show weak bands of carbonate and/or phyllosilicate, and H₂O bending and H₂O + OH stretching modes, evidencing the hydration of these alteration products. Raman spectrum show that each type of iddingsite is

homogenous throughout the sample, independent of the location in the meteorite.

Discussion: CeC 022 reveals contrasting cooling rates. It has similarities with faster-cooled nakhilites, such as Northwest Africa (NWA) 817, NWA 5790 or Miller Range (MIL) 00346 nakhilites [4]: conservation of augite irregular cores, Fe-rich overgrowth, high proportion of mesostasis with fine grained K-feldspars, quenched oxides, and high rare earth element content. In opposition, it shares similarities with slower-cooled nakhilites, the Nakhla and NWA 10153 subgroups [4]: pyroxene modal abundance, Crystal Size Distribution slope and intercept, average pyroxene size, phenocrysts minerals composition, unzoned olivine, and its abundant plagioclase phenocrysts. With all its particular features, CeC 022 must originate from a different, previously unsampled flow in the same volcanic system as the other nakhilites, increasing martian sample diversity and our knowledge of nakhilites. Also, this meteorite contains an unusual large amount of iddingsite, which makes it a perfect sample to constrain its composition and mineralogy and thus have more information to study the aqueous alteration on Mars.

Références

- [1] Treiman, Allan H., *Geochemistry* 65.3 (2005): 203-270.
- [2] Hicks, L. J., J. C. Bridges, and S. J. Gurman. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 136 (2014): 194-210.
- [3] Cohen, B. E., Mark, D. F., Cassata, W. S., Lee, M. R., Tomkinson, T., & Smith, C. L. *Nature communications* 8.1 (2017): 1-9.
- [4] Udry and Day, *Geochim. Comm. Acta* 208, 292-315, (2018).
- [5] Treiman, Allan H., Ruth A. Barrett, and James L. Gooding. *Meteoritics* 28.1 (1993): 86-97;
- [6] Bridges, J. C., and M. M. Grady. *Earth and Planetary Science Letters* 176.3-4 (2000): 267-279.
- [7] Gillet, Ph, et al. *Earth and Planetary Science Letters* 203.1 (2002): 431-444.
- [8] Gooding, James L. *Icarus* 99.1 (1992): 28-41.

MODELLING THE IMPACT OF OCEANIC CIRCULATION AND MARINE PRODUCTIVITY ON CRETACEOUS SEAFLOOR ANOXIA

M. Laugie^{1*}, Y. Donnadieu¹, J.B. Ladant², L. Bopp^{3,4}, F. Raison⁵

(1) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Coll. France, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, 13545, France

(2) Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

(3) Ecole Normale Supérieure (ENS Paris) - Département des Géosciences – France

(4) Laboratoire de Météorologie Dynamique (UMR 8539) (LMD) - Université Pierre et Marie Curie – Paris 6, Institut national des sciences de l'Univers, École Polytechnique, École des Ponts ParisTech, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8539, École Normale Supérieure - Paris - France

(5) Total E&P – R&D Frontier Exploration - France

*laugie@cerege.fr

Oceanic anoxic events (OAEs) are abrupt events of widespread deposition of organic-rich sediments and extensive seafloor anoxia [1]. Mechanisms usually invoked as drivers of oceanic anoxia are various and still debated today [1]. They include a rise of the CO₂ atmospheric level due to increased volcanic activity [2], a control by the paleogeography [3], changes in oceanic circulation [4] or enhanced marine productivity [5]. In order to assess the role of these mechanisms, we use an IPCC-class model, the IPSL-CM5A2 Earth System Model [6], which couples the atmosphere, land surface, and ocean components, this last one including sea ice, physical oceanography and marine biogeochemistry which allows to simulate oceanic oxygen.

We focus here on OAE2, which occurs during the Cretaceous at the Cenomanian-Turonian boundary (93.5 Ma), and is identified as a global event with evidence for seafloor anoxia in the Atlantic and Indian Oceans, the Southwest Tethys Sea and the Equatorial Pacific Ocean [1]. Using a set of simulations at 90 Ma (Cenomanian-Turonian), we analyze the long-term paleogeographic control of oceanic circulation and consequences on oceanic oxygen concentration and anoxia spreading. Short-term controls driven by high nutrient inputs are also studied. The different simulated maps of oxygen are used to study the evolution of marine productivity and oxygen minimum zones as well as the spreading of seafloor anoxia, in order to unravel the interlocking of the different mechanisms and their specific impact on anoxia through space and time.

Aknowledgments

We express our thanks to Total E&P for funding the project and granting permission to publish. We thank the CEA/CCRT for providing access to the HPC resources of TGCC under the allocation 2018-2019/2020-GEN2212 made by GENCI. We acknowledge use of the Ferret (ferret.pmel.noaa.gov/Ferret/) program for analysis and graphics in this paper.

References

- [1] H. C. Jenkyns, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11 (2010) 3.
- [2] S.C. Turgeon & R.A. Creaser, *Nature Letters*, 454 (2008) 17.
- [3] Y. Donnadieu, R. Pierrehumbert, R. Jacob, F. Fluteau, *Earth and Planetary Science Letters*, 248 (2006) 426.
- [4] A.J. Trabucho, E. Tuenter, G.A. Henstra, K.J. Van Der Zwan, R.S.W. Van De Wal, H.A. Dijkstra, P.L. De Boer, *Paleoceanography*, 25 (2010) PA4201.
- [5] I.C. Handoh, G.R. Bigg, E.J.W. Jones, M. Inoue, *Geophysical Research Letters*, 26 (1999) 2.
- [6] P. Ségulchre, A. Caubel, J.B. Ladant, L. Bopp, O. Boucher, P. Braconnot, P. Brockmann, A. Cozic, Y. Donnadieu, V. Estella-Perez, C. Ethé, F. Fluteau et al., *Geoscientific Model Development* (2019).

LATE MIOCENE COOLING OF TROPICAL INDIAN OCEAN AND INCREASE OF HIGH LATITUDE FORCING

C. Martinot¹, C.T. Bolton¹, K. Tachikawa¹, A. Sarr¹, E. Gray¹, L. Vidal¹, C. Sonzogni¹, M. Garcia¹, W. Kuhnt², A. Holbourn², J. Lübbbers², N. Andersen³

(1) CEREGE, Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRA, Coll France ; (2) Institute of Geosciences, University of Kiel ; (3) Leibniz Laboratory for Radiometric Dating and Stable Isotope Research, University of Kiel

* martinot@cerege.fr

The Late Miocene (11.6-5.3 Ma) is a period of particular interest because it offers the opportunity to assess the sensitivity of Earth climate system to changing internal (ice volume and vegetation induced albedo changes, greenhouse gas concentration) and external drivers (orbital forcing) in a warmer than modern Earth¹⁻³ with a continental configuration relatively close to modern. During this time interval major ecological changes were recorded both on land and in marine environment³⁻⁵, and Northern Hemisphere glacial activity increased⁶. Recently a gradual global cooling from 7.5Ma to 5.8 Ma (the Late Miocene Global Cooling; LMGC) in sea surface temperature (SST) derived from alkenone thermometry (U^{k}_{37} index) was recorded at high and mid-latitudes of 8 and 5°C degree respectively¹. However, the cooling recorded in tropics remain very moderate and does not exceed 1°C. Because U^{k}_{37} index is not well suited to very warm waters, in particular in equatorial region⁷, it is likely that this cooling is underestimated in tropics, therefore reconstruction of tropical SST derived from other proxies are needed. Moreover because of insufficient resolution, most existing SST records do not capture short-term climatic events and orbital variability required to solve the puzzle of Late Miocene climate system. Here we present new high resolution Mg/Ca-derived SST record, from IODP site U1443 drilled during Expedition 353 in the open equatorial Indian Ocean (5°N, 90°E). Mg/Ca-SST were measured in the test of the mixed layer dwelling foraminifer *Trilobatus trilobus* and span the Late Miocene-Early Pliocene (5-9Ma) with a mean resolution of 5.5kyr. From 7.5 and 5.7 Ma, tropical SST reveal for the first time a long-term cooling trend of 3°C, consistent with mid and high latitude alkenone-SST trends. Time series analyses used to decipher orbital scale variability of SST reveal that before the onset of LMGC, SST are more dominated by precession and long-eccentricity, then after 7.7Ma strong obliquity cycle start to dominate the signal suggesting an increase in high latitude forcing, potentially linked to increase in continental ice sheet and increased Northern Hemisphere glacial activity. Then we compare our global compilation of SST-data with Earth System Model IPSL-CM5A25 simulations to test the effect of a pCO_2 decrease on tropical Indian Ocean SST. The simulation reveal that a decrease of pCO_2 alone, in a range in agreement with compilations of globally reconstructed SST and pCO_2 , could not explain the SST cooling observed at site U1443. This implies that other drivers are required, possible candidates are a positive feedback loop initiated by large scale cooling and aridification (growth of ice sheets, expansion of desert and C4 biomes) leading to

a significant increase in albedo and further decrease of global temperatures and/or a more regional process linked to change in connection between warm water masses from Pacific to Indian ocean through Indonesian throughflow constriction and sea level variation.

Remerciements

I thank my two thesis supervisors Clara Bolton and Kazuyo Tachikawa. I also thank Anta Sarr for Late Miocene simulation with Earth System Model IPSL-CM5A25, Laurence Vidal and Corinne Sonzogni for isotopic analysis and Marta Garcia for ICP-MS analysis at CEREGE, Emmeline Gray, Wolfgang Kuhnt, Ann Holbourn, Julia Lübbbers and Nils Andersen for benthic isotopic data.

Références

- [1] Herbert, T. D., Lawrence, K. T., Tzanova, A., Peterson, L. C., Caballero-Gill, R., & Kelly, C. S. (2016). Late Miocene global cooling and the rise of modern ecosystems. *Nature Geoscience*, 9(11), 843
- [2] Holbourn, A. E., Kuhnt, W., Clemens, S. C., Kochhann, K. G., Jöhnck, J., Lübbbers, J., & Andersen, N. (2018). Late Miocene climate cooling and intensification of southeast Asian winter monsoon. *Nature communications*, 9(1), 1584.
- [3] Steinthorsdottir, M., Coxall, H. K., de Boer, A. M., Huber, M., Barbolini, N., Bradshaw, C. D., ... & Strömberg, C. A. E. (2020). The Miocene: the Future of the Past. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, e2020PA004037
- [4] Pound, M. J., Haywood, A. M., Salzmann, U., & Riding, J. B. (2012). Global vegetation dynamics and latitudinal temperature gradients during the Mid to Late Miocene (15.97–5.33 Ma). *Earth-Science Reviews*, 112(1-2), 1-22.
- [5] Feakins, S. J., Liddy, H. M., Tauxe, L., Galy, V., Feng, X., Tierney, J. E., ... & Warny, S. (2020). Miocene C4 grassland expansion as recorded by the Indus Fan. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 35(6), e2020PA003856.
- [6] Drury, A. J., Westerhold, T., Frederichs, T., Tian, J., Wilkens, R., Channell, J. E., et al. (2017). Late Miocene climate and time scale reconciliation: Accurate orbital calibration from a deep-sea perspective. *Earth and Planetary Science Letters*, 475, 254-266.
- [7] Leduc, G., de Garidel-Thoron, T., Kaiser, J., Bolton, C., & Contoux, C. (2017). Databases for sea surface paleotemperature based on geochemical proxies from marine sediments: implications for model-data comparisons. *Quaternaire*, 28(2), 201-216

DYNAMIQUE DE LA PERTE DE C DU SOL PAR CHANGEMENT D'USAGE FORET /VIGNE A ECHELLE CENTENNALE ; APPORT DES APPROCHES PAR RADIOCARBONE

S. Quéro^{1*}, C. Hatté², N. Cam¹, J. Balesdent¹, A. Duvivier¹, D. Borschneck¹, I. Basile-Doelsch¹

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

(2) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France.

*quero@cerege.fr

Les terres cultivées représentent 1500 millions d'hectares dans le monde et la FAO estime qu'il faudra augmenter cette surface de 8%, d'ici 2050, afin de répondre à la croissance démographique [1]. Or, la conversion de terres arables peu anthropisées, comme des forêts, vers des cultures, a entre autres comme conséquence une perte importante et rapide de carbone organique (pouvant aller jusqu'à 50% en 10 ans), qui s'accompagne d'une détérioration des services écosystémiques des sols [2]. Les mécanismes qui contrôlent la dynamique du carbone suite à un changement d'usage sont encore mal compris. L'abondance naturelle du radiocarbonate (¹⁴C) est utile pour suivre cette dynamique, mais les données sur le système sol sont encore relativement rares [3], en particulier à l'échelle d'un horizon [4]. C'est pourquoi cette étude explore l'évolution des teneurs en carbone et en radiocarbonate à l'échelle du profil de sol et à l'échelle de l'horizon dans un sol ayant subi, il y a plus de 100 ans, un changement d'usage d'une forêt vers une vigne.

Une approche par paire (deux parcelles distantes de 15m sur une topographie plane avec des utilisations différentes des terres) a été choisie. Le site est localisé au Plan de la Tour (83), dans le massif des Maures (France), sous climat méditerranéen (-3°C < T_{hiver} < 18°C et T_{été} > 22°C, P_{mois le plus sec} < 40mm [5]). Le sol est un arenosol peu différencié sur granite. L'analyse des photos aériennes et des cartes cadastrales (de 1815 à nos jours) montre que ces deux parcelles ont connu le même usage des sols depuis au moins 100 ans. Des travaux complémentaires de terrain ont permis d'écarter l'effet d'un terrassement aux points d'échantillonnage sélectionnés. La parcelle en vigne subit un labour profond (50 cm) tous les 70 ans en moyenne et le sol est à nu en interrang. Sur chaque site (forêt et vigne), une fosse a permis l'échantillonnage des sols (sur 3 faces) jusqu'à une profondeur de 80 cm environ.

La distribution des teneurs en carbone organique dans les sols est très contrastée entre les deux utilisations des terres. Les teneurs sous vigne sont significativement plus faibles que celles sous forêt sur l'ensemble du profil (23 fois plus basses pour le 0-5cm) et ce, même en profondeur. La mise en culture a donc provoqué une perte importante de carbone (-52 t.ha⁻¹ sur les 30 premiers centimètres).

La variabilité intrahorizon du radiocarbonate est très faible sous forêt (à 0-10 cm, le F¹⁴C variant entre 1,095 et 1,124, ΔF¹⁴C = 0,029, et à 40-50cm, entre 0,974 et 1,005, ΔF¹⁴C = 0,031). A l'inverse, la variabilité est très grande sous vigne jusqu'à la profondeur de labour (à 0-10cm, le F¹⁴C varie entre 0,88 et 0,969, ΔF¹⁴C = 0,089, et à 40-50cm, entre 0,909 et 1,081, ΔF¹⁴C = 0,172). En effet à 50 cm de profondeur, certains échantillons sont composés principalement de carbone « vieux » (F¹⁴C autour de 0,85), alors que d'autres sont composés majoritairement de

carbone « jeune », postérieur au pic des bombes des années 1960 (F¹⁴C > 1). Le labour a donc enfoui du carbone jeune de surface en profondeur et de manière hétérogène dans le sol entre 0 et 50 cm. Ce résultat montre que, dans un agrosystème ayant subi un travail du sol, l'utilisation de données ¹⁴C n'est valide que lorsque l'hétérogénéité à l'échelle des horizons est prise en compte.

Le ¹⁴C sous forêt montre un profil classique avec la présence de carbone « jeune » en surface, devenant de plus en plus « vieux » avec la profondeur (F¹⁴C < 1 autour de 40cm). Celui sous vigne, au contraire, indique, malgré les hétérogénéités au sein des horizons, la présence de carbone ancien de la surface jusqu'au fond de la fosse (F¹⁴C entre 0,893 et 0,99). Les pratiques agricoles ont donc induit la perte du pool de MO le plus jeune, les pools de carbone restants, distribués aléatoirement au sein du profil, ayant des turnovers compris entre 300 ans et 3000 ans [6].

Remerciements

Nous remercions le LSCE de Paris-Saclay, pour l'utilisation de l'ECHO MICADAS. Ce travail est financé par l'ANR (projet NanoSoilC 589 ANR-16-CE01-0012-02) et soutenu par l'Université d'Aix-Marseille.

Références

- [1] *The future of food and agriculture, alternative pathways to 2050*. Food & Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2018.
- [2] Lal, R., *Carbon Management*, 4 (2013), 439–462.
- [3] Van Der Voort, T.S., Hagedorn, F., McIntyre, C., Zell, C., Walthert, L., Schleppei, P., Feng, X., Eglinton, T.I., *Biogeosciences*, 13 (2016), 3427–3439.
- [4] Shi, Z., Allison, S.D., He, Y., Levine, P.A., Hoyt, A.M., Beem-Miller, J., Zhu, Q., Wieder, W.R., Trumbore, S., Randerson, J.T., *Nature Geoscience*, (2020).
- [5] Rubel, F., Kotteck, M., *Meteorologische Zeitschrift*, 19 (2010), 135-141.
- [6] Balesdent, J., Basile-Doelsch, I., Chadoeuf, J., Cornu, S., Derrien, D., Fekiacova, Z., Hatté, C., *Nature*, 559 (2018), 599–600.

PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS AND SEQUENCE STRATIGRAPHY MODEL OF A DEEP LAKE TO ALLUVIAL PLAIN SYSTEM EVOLUTION OF A RIFT BASIN: AN EXAMPLE FROM THE PALEOGENE VISTRENQUE GRABEN (SE FRANCE)

N. Semmani^{1*}, F. Fournier¹, N. Godeau¹, J. Borgomano^{1,2}

(1) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Coll. France, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, 13545, Fran

(2) Chaire carbonates Ca3e, Total SA, Amidex

* nazim.semmani@gmail.com

The Vistrenque graben is a NE-SW trending Cenozoic rift basin located in the western part of the Camargue basin (SE France). The graben extends over 50*30 Km² 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 extending over the middle compartment of the western Vistrenque rift graben is of great interest to investigate the depositional environments and the evolution of the rift basin in the time. The density of subsurface data including well cores and logs, and a good seismic coverage make it possible to build high-resolution stratigraphic and sedimentological models.

This work is based on a detailed sedimentological characterization (microfacies, sedimentary processes) and sequence stratigraphic interpretation of the Paleogene deposits of selected deep wells (Gal 1 – 9 & Vauvert 1). Detailed cores and thin sections analysis allowed the identification of depositional facies that are grouped into facies associations and the description of the vertical stacking pattern of the sedimentary units.

Offshore lake to bench slope facies association indicated by the dominance of gravity-driven sedimentation are dominant in the lowermost interval (*Série grise* formation) and suggest deep lake settings controlled by a relatively steep slope subjected to seismic and gravity destabilization. During this time, the lacustrine system is fed by substantial detrital carbonate and terrigenous sedimentary flux derived mainly from the dismantling of the surrounding Mesozoic emerging landscapes.

A major change in the sedimentation pattern has been evidenced by the development of shallow lake facies to palustrine facies with increasing occurrence of fluvial to alluvial facies in the overlying *Série calcaire* and *Série mixte* formation. The predominance of shallow lake facies

with marked pedogenetic imprint interbedded with alluvial to fluvial channelized facies reflects 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 a notable development of alluvial floodplain deposits across the Vistrenque graben. The vertical and lateral extent of the alluvial deposits suggest the filling of the lake and a period of tectonic quiescence prior to the return to lake and playa environments as evidenced by the development of a thick evaporite succession in the Upper Oligocene (*Série Calcaréo-salifère*).

U/Pb absolute age dating yielded an early to middle Rupelian age for the repeated exposure events affecting *Série calcaire* and *Série mixte* formations. A significant evaporitic interval in the upper part of the *Série grise* formation records an arid climatic phase that can be correlated across the SE France grabens [3]. Regional scale correlation of climatic-driven sedimentary events supported by palynological data gives clues to precise the chronostratigraphic framework of the Vistrenque graben.

Acknowledgements

This work is a part of the PhD thesis of the first author and is funded by MESRI. The authors would like to thank the Total Amidex Chair for the financial support and Total SA for providing the subsurface geological data.

References

- [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., 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.), 1991.
- [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 Société Géologique de France*, 166 (1995) 137-147.

FIRST TIME ANALYSES OF CONJOINT COGNITIVE SKILLS, BODY MASS INDICES AND SOCIAL ECONOMIC STATUS FOR SCHOOL CHILDREN FROM JALALABAD (AFGHANISTAN)

A. Shinwari^{1*}, A. Véron¹, R. Laporte², A. Samsor³

(1) CEREGE, Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, Coll de France, INRAE, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 04, France

(2) Aix Marseille Université, Centre d'Etudes et de Recherche sur les Services de Santé et la Qualité de Vie - CEReSS - EA 3279 - Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales, Laboratoire de Santé Publique, 27Bd Jean Moulin, 13385 Marseille Cedex 05, France

(3) IRB MOPH, Member Institutional review board Afghanistan

* shinwari@cerege.fr

According to UNICEF Afghanistan is the “worst place to be born in the world” [1]. Children face malnutrition (1.3 million children under 5 years old with acute malnutrition), lack of education and hygiene (3.7 million children ‘out-of-school’), forced marriages and sexual abuse (40% of young women forced into marriage before 18), child soldier, toxic element exposure. As of result almost 2 in 5 children did not reach full mental or physical development (2000-2009 stats). Among these many issues we raise those related to lead (Pb) toxicity and its effects on social, mental and physical development of children. At lower exposure levels (below international standards) Pb is now known to also affect children’s brain development as evidenced by reduced intelligence quotient (IQ), behavioral changes such as shortening of attention span, and increased antisocial behavior, all of those leading to reduced educational attainment [2,3,4]. Our objective is to define Pb burden in school children, its consequences on their cognitive development and its source imprints (car exhausts are expected to be significant as leaded gasoline is used in Afghanistan still). We have designed a cross-sectional study in Jalalabad (eastern Afghanistan, pop. 200.000) where we have randomly chosen 245 students in 5 schools among 70 (in order to achieve statistical representativity of the cohort). Blood and environmental samples shall be tested for Pb and corresponding stable isotopes to attain Pb burden in children and its environmental sources (i.e. water, dust, soils). These analyses shall be associated with socioeconomic status (People Poverty Index, PPI surveys), and IQ level (Tony-3 IQ scores) of the tested children as well as basic anthropometric indices. Here we present the first results ever obtained in Afghanistan showing the relationship between IQ scores, socio economic status and Body Mass

Index (BMI). The cohort was 70.16% male and 29.84% female with a mean age of 11.68±2.01, mean weight and height of 37.51±9.90kg and 1.44±0.11m. Their mean calculated BMI was 17.64±3.14. According to PPI 89.9% of the children are living below the \$ 2.50 poverty line among which 56.3% below the \$ 1.25 poverty line. Based on the raw Toni IQ scores, children were classified into one of the five non-verbal IQ categories: 120 (superior); 110–119 (high average); 90–109 (average), 80–89 (below average), 60–79 (low/borderline). The mean Tony scale score of the children was 83.76±1.25 with 49.2% students in the average category, 34.6% below average and 16.3% low/borderline. Data dispersion and correlation between variables are being made in order to infer regression models.

Remerciements

We are grateful to the French Ministry of Foreign Affairs for supporting this study.

Références

- [1] <https://www.unicef.org/afghanistan/situation-children-and-women-afghanistan>
 [2] BP. Lanphear, KN. Dietrich, P. Auinger, C. Cox, *Public Health Reports*, 115-6 (2000) 521-529.
 [3] BP. Lanphear, R. Hornung, J. Khoury, K. Yolton, KN. Dietrich, *Environmental Health Perspectives*, 113-7 (2005) 894-899.
 [4] HL. Needleman, PJ. Landrigan, *American Journal of Public Health*, 94-1 (2004) 8.

**LOCALISATION, PRESENCE/ABSENCE DE SITES ARCHEOLOGIQUES
PREHISTORIQUES EN MEDITERRANEE : LES IMPLICATIONS DES
PROCESSUS GEOMORPHOLOGIQUES, TAPHONOMIQUES ET DES RISQUES
NATURELS DEPUIS LA DERNIERE GLACIATION**

N. Sirdeys^{1,2*}, V. Ollivier^{2,3}, O. Bellier^{1,3}, J.-P. Bracco²

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

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture, LAMPEA, Aix-en-Provence

(3) Aix Marseille Univ, CNRS, FR ECCOREV, Aix-en-Provence, France

*nais.sirdeys@univ-amu.fr ou sirdeys@cerege.fr

En Méditerranée, les dynamiques sédimentaires, les risques naturels et l'anthropisation des milieux ont montré à plusieurs reprises sur les 50 000 dernières années, combien leurs interactions complexes s'avèrent déterminantes dans la lecture des paysages et la répartition, conservation, destruction de sites archéologiques [1,2].

Dans l'objectif de comprendre de manière détaillée les origines, les ordres d'amplitudes, les fréquences et la rapidité des processus en milieux méditerranéens, cette étude diachronique et multiscalaire prend place autour des massifs provençaux les plus caractéristiques du Sud-Est de la France (Luberon, Alpilles, Sainte-Victoire, Lure, Trévaresse, etc.).

Dans cet objectif, la première contribution de ce projet de thèse porte sur l'analyse poussée des variations des dynamiques sédimentaires du Pléistocène supérieur à travers l'étude de formations détritiques dans lesquelles se succèdent d'épaisses accumulations sédimentaires typiques des environnements froids du dernier pléiglaciaire (glacis de géli fractes) et des horizons pédologiques (à matrices limoneuses et /ou argileuses fines) plus ou moins développés. Ces horizons sont à la fois reconnus comme étant des marqueurs morphoclimatiques d'interstades tempérés [3] mais aussi, et parfois, comme des marqueurs riches en matériaux archéologiques [4]. Indépendamment du fait que ces horizons puissent présenter des vestiges archéologiques, et que leur matrice fine soit taphonomiquement propice à leur bonne conservation, leur présence traduit plusieurs périodes de ralentissements ou de pauses dans les dynamiques des accumulations sédimentaires pourtant très actives avant et après leur mise en place.

Pour la première fois, une analyse complète de ces formations mêlant méthodes géomorphologiques (géométrie des dépôts, rythmes de sédimentation), cartographiques (SIG), à des analyses de laboratoire géochimiques (analyses élémentaires au μ XRF), colorimétriques, chronométriques (14 C), et sédimentologiques (granulométrie laser avec image sizing), intègre également les corpus de données archéologiques et paléoenvironnementales disponibles, afin de 1) caractériser et préciser les variations morphoclimatiques du Pléistocène supérieur et leur mise

en place (transitions, dynamiques, processus) à l'échelle régionale; 2), d'offrir un mode de lecture permettant de cibler et décrypter dans la précision les potentialités de présence/absences archéologiques sur le terrain et, 3) d'identifier dans la diachronie, au sein des séquences sédimentaires et modelés étudiés, la présence d'indices et/ou de marqueurs d'aléas, dont la compréhension s'avère essentielle pour estimer les risques (archéologiques/naturels) [5].

A terme, ces analyses permettront de distinguer clairement la part des processus environnementaux complexes entrant en jeu dans l'existence, la compréhension et la caractérisation des potentiels archéologiques et des risques naturels à travers la définition d'une grille de lecture adaptée prenant en compte la diversité des contextes méditerranéens sur les derniers 50 000 ans.

Remerciements

Nous tenons à remercier Aix-Marseille Université pour le financement de la bourse inter-ED (251 et 355) obtenue pour mener à bien ce projet. Nous remercions également les financeurs et collaborateurs de l'équipe du projet LoST (ECCOREV), l'équipe du projet MéditeRANat (l'Institut Arkaia), ainsi que le Parc Naturel Régional du Luberon-Lure pour le soutien financier, matériel et logistique. De plus, cette étude a bénéficié d'un accès privilégié aux données archéologiques du Service d'Archéologie Régional de la région PACA. Les analyses sédimentologiques, géochimiques et colorimétriques sont réalisées sur la plateforme PlaSédO de l'UMR 7269 LAMPEA (<https://lampea.cnrs.fr/spip.php?article3853>).

Références

- [1] M. Provansal, F. Bertonecello, G. Gili, *ArchéoSciences*, 30 (2006) 17.
- [2] M. Lazzari, S. Lazzari, *Disaster Advances*, (3) (2014) 63–71.
- [3] V. Ollivier, F. Magnin, J. L. Guendon, *et al.*, *Quaternaire*, 25 (2) (2014) 91–111.
- [4] D. Richter, N. Mercier, H. Valladas *et al.*, *Journal of Archaeological Science*, 34 (4) (2007) 532–539.
- [5] O. Bellier, *Cahiers de la Sécurité Interieure*, 10 (2009), 284-290.

ASSESSING SURFACE WATER- ALLUVIAL AQUIFER WATER EXCHANGE USING A MULTITRACER APPROACH AND MODELLING

J. Texier¹, J. Gonçalves¹, T. Stieglitz¹, C. Vallet-Coulomb¹

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

*texier@cerege.fr

Alluvial aquifers are generally highly productive in terms of groundwater and are therefore particularly exploited. The study site is a drinking water production facility located on the alluvial plain of the Rhône river, France. This site consists of several pumping wells and observation piezometers organized along the riverbank. The site is continuously supplying water to neighboring agglomerations with intermittent pumping. In this situation, the pumping produces a piezometric depression allowing leading to a water exchange from the river to the aquifer which is a common feature in the case of alluvial aquifer exploitation along a riverside [1].

The four pumping wells and five piezometers were equipped with continuous automatic temperature and water level measurement probes, the river stage is monitored as well. These data are used to determine the exchange (direction and magnitude) between the aquifer and the river. Although pumping is intermittent, it does not allow a sufficient recovering of the natural piezometric level, i.e. the aquifer is permanently below the river stage.

In addition to the automatic probes, additional data acquisition campaigns were carried out. During these campaigns different tracers were used such as conductivity, stable isotopes of water and radon activity [2,3]. Together with the continuously measured temperature, these various tracers were used to identify hydrodynamic variables and parameters, such as Darcy's velocity, dispersivity, transit times.

A MODFLOW model [4] was developed, integrating the site geometry and hydrodynamic context, with the Rhone River at the western boundary and the Ouveze river at the eastern boundary. Model calibration was performed using the study site piezometric records and the optimization package PEST. The flow was reproduced at the site for two situations, a natural situation without groundwater pumping, and the exploitation situation with the groundwater withdrawals. Finally, the tracer's data were integrated into the model to reproduce the transport of different tracers, in order to quantify the exchanges and the water fractions coming from the different hydraulic boundaries.

Remerciements

Nous remercions l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, le syndicat des eaux Rhône-Ventoux et Suez pour leurs soutiens au projet.

Références

- [1] M. Sophocleous, *Hydrogeology Journal*, 10 (2002).
- [2] E. Hoehn, H. Von Gunten, *Water Resources Research*, 25 (1989).
- [3] M. Fette, R. Kipfer, C.J. Schubert, E. Hoehn, B. Wehrli, *Applied Geochemistry*, 20 (2005).
- [4] M.G. McDonald, A.W. Harbaugh, in *Techniques of water-resources investigations of the United States Geological Survey*, U.S. Geological Survey, Washington, D.C., (1988).

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE – IRSN –

COMPORTEMENT DU ¹⁴C AQUATIQUE À L'ÉCHELLE GLOBALE : SOURCES, DRIVERS ENVIRONNEMENTAUX ET FORÇAGES ANTHROPIQUES

N. Bodereau^{1*}, F. Eyrolle¹, Y. Copard², H. Lepage¹, L. Ducros³, F. Giner¹, D. Mourier¹

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

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

³Laboratoire GIS, EA 7 352 CHROME, Université de Nîmes, Rue du Docteur Georges Salan, 30 021 Nîmes

*nathan.bodereau@irsn.fr

Le Carbone 14 (¹⁴C) 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 ¹⁴C rejeté par ces industries se distribue au sein de différentes fractions organiques et inorganiques du C en fonction de mécanismes biogéochimiques complexes induisant des concentrations variées [4,5]. Les objectifs de cette thèse sont, dans un premier temps, de mieux comprendre le comportement du radionucléide au sein du cycle du C en milieu aquatique et, dans un second temps, de distinguer le ¹⁴C anthropique du ¹⁴C naturel.

Les travaux sont fondés sur l'acquisition de données de terrain, à l'échelle du bassin versant rhodanien, sur un cycle hydrologique d'au moins une année, afin de capter les fluctuations de flux d'eau et de matières en suspension. Des analyses de ¹⁴C, ¹³C et ¹²C sont effectuées sur les phases Organique Dissoute (COD), Inorganique Dissoute (CID) et Organique Particulaire (COP) ainsi que des analyses de nutriments.

Le démarrage des prélèvements et des instrumentations, prévu pour mars 2020, a été suspendu et reporté à fin 2020 en lien avec la crise sanitaire.

Ainsi, cette présentation se focalisera sur un travail de recherche bibliographique, effectué durant la première année de thèse, sur le comportement du ¹⁴C aquatique à l'échelle globale.

Cette revue de la littérature a mis notamment en avant un contraste latitudinal des concentrations dans les fractions organiques lié au contexte climatique [6]. Ce travail, en cours de rédaction pour une publication, démontre aussi l'impact de l'homme sur le ¹⁴C. En effet, les fleuves sujets à une forte urbanisation et activité agricole présentent des teneurs en ¹⁴C peu enrichies à cause d'une dilution induite par : i) l'introduction de polluants organiques (e.g., pesticides, surfactants) [7], ii) la mobilisation de Carbone très ancien conservé dans les roches sédimentaires, présentes à l'affleurement, ou les horizons de sol profonds [8]. A l'inverse, des valeurs 2 à 3 fois supérieures au référentiel atmosphérique (226 Bq.kgC⁻¹ actuellement) ont été observées dans la phase CID, forme initiale du ¹⁴C rejeté par les CNPE, pour les rivières nucléarisées [9]. Néanmoins, ces valeurs élevées, dans la littérature, ne sont

pas ou peu observées dans les phases organiques malgré les mécanismes de transferts entre chacune des phases [2]. La campagne d'échantillonnage sur le Rhône devrait répondre, en particulier, à ce dernier point.

Remerciements

Dans le cadre de cette étude, le jeu de données a été élaboré à partir du travail de Trent Richard Marwick de l'Université de Leuven (Belgique), avec la participation de David E. Butman, de l'Université de Yale (Etats-Unis), de Philippe Jean-Baptiste, du Laboratoire des Sciences et du Climat et de l'Environnement (Université Versailles Saint Quentin), ainsi que de Mingxu Li, de l'Université de Yangling (Chine).

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] D. Kang, J. Lee, S. Kim, S. Nooh, S. Kang, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 322 (2019) 1409-1415.
- [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] S.L. McCallister, P.A. Del Gorgio, *PNAS*, 109 (2012) 16963-16968.
- [7] D.E. Butman, H.F. Wilson, R.T. Barnes, M.A. Xenopoulos, P.A. Raymond, *Nature Geosciences*, 8 (2015) 112-116.
- [8] Y. Copard, F. Eyrolle, O. Radakovitch, A. Poirel, P. Raimbault, S. Gairoard, C. Di Giovanni, *Earth Surf. Process. Landforms*, 43 (2018) 2495-2509.
- [9] P. Jean-Baptiste, M. Fontugne, E. Fourré, L. Marang, C. Antonelli, S. Charmasson, F. Siclet, *Journal of Environmental Radioactivity*, 187 (2018) 53-64.

**ANALYSE DES EFFETS NEUROLOGIQUES DES EXPOSITIONS
CHRONIQUES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS A FAIBLE DOSE :
DES REPONSES MOLECULAIRES AUX EFFETS NEUROLOGIQUES**

E. Cantabella*¹, T. Charlier², C. Adam-Guillermin³, O. Armant¹

(1) IRSN, PSE-ENV/SRTE, Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes (LECO)

(2) IRSET (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085

(3) IRSN/PSE-SANTE-

*contact : elsa.cantabella@irsn.fr

Les effets à long terme des expositions chroniques à faibles doses des rayonnements ionisants (RI) sur les écosystèmes font actuellement l'objet d'efforts de recherche significatifs. A l'échelle des populations sauvages, des études en situations post-accidentelles ont montré une diminution du volume crânien d'oiseaux (Tchernobyl) et de fœtus de macaques (Fukushima) dans les territoires contaminés [1,2]. D'autre part, des études de laboratoire avec des rongeurs montrent qu'une exposition prénatale aux RI réduit le nombre de cellules sur plusieurs types cellulaires neuronaux, diminue la complexité du réseau dendritique et conduit à des perturbations du comportement [3]. Une altération de l'intégrité du SNC lors d'une exposition chronique à faibles doses de RI est susceptible d'affecter des processus majeurs comme la survie, la reproduction et le comportement.

Mon projet a pour objectif d'acquérir des connaissances mécanistiques sur les effets des RI sur le cerveau adulte en utilisant le poisson zèbre, un organisme modèle en écotoxicologie. Il a la particularité de posséder une neurogénèse adulte abondante, ce qui permet des analyses sur les cellules souches neurales adultes.

De nos jours, l'évaluation du risque écologique repose sur des critères macroscopiques. Cependant, il est souhaitable de produire des données sur différentes échelles biologiques afin de comprendre les processus toxiques et identifier des marqueurs moléculaires plus précoces des observables effets fonctionnels. Ainsi, nous souhaitons mettre en relation la prolifération et différenciation cellulaires et la neurotransmission avec des paramètres individuels intégrateurs comme l'anxiété et la sociabilité. Nous avons exposé des poissons zèbre adultes (6-8 mois) à des débits de doses de 50 µGy/h, 0,5 mGy/h et 5 mGy/h durant 36 jours dans l'installation MICADO'LAB.

Ces niveaux d'exposition sont proches de la valeur de référence recommandée pour la radioprotection des écosystèmes (10µGy/h) et sont comprises dans le domaine des faibles débits de doses (<6 mGy/h) (UNSCEAR) [4,5]. Après dissection du télencéphale (partie la plus antérieure du cerveau), des analyses globales du transcriptome sur

ces tissus montrent des dérégulations de gènes nécessaires à la neurotransmission (sérotonine), la neurogénèse adulte (atf3 et ins1a) et le système neuroendocrinien (en particulier l'ocytocine) impliqué dans la régulation de la réponse au stress et le comportement social. Des analyses d'immunocytochimie sur coupe histologique de cerveaux adultes confirment certains des résultats et suggèrent fortement que les irradiations chroniques à des doses modérées à faibles de RI peuvent altérer les fonctions cérébrales chez l'adulte. La mesure de l'activité de l'acétylcholinestérase aux niveaux des muscles et du cerveau n'est pas modifiée. Deux tests comportementaux sont en cours d'analyse afin d'évaluer si ces perturbations neurologiques sont prédictives de changement au niveau des phénotypes individuels.

Remerciements

Je tiens à remercier l'IRSN qui finance ma thèse doctorale. Je remercie aussi Amagen qui nous a fourni notre population de poissons zèbres. Merci également à l'équipe poisson pour le maintien de l'élevage. Je remercie tout autant Xavier Cousin pour son expertise sur le comportement des poissons. Je remercie mes autres collègues doctorants pour leur soutien.

Références

- [1] A. Møller, A. Bonisoli-Alquati, G. Rudolfsen. *PLoS ONE*, 6 (2011) 2
- [2] S. Hayama, M. Tsuchiya1, K. Ochiai, *Scientific Reports*, 7 (2017) 3528
- [3] S. Kempf, A. Casciati, S. Buratovic, *Molecular Neurodegeneration*, 9 (2014) 57
- [4] X. Auteur, Y. Auteur, Z. Auteur, in *Chemical Engineering Concepts*, X. Editeur, Y. Editeur, Z. Editeur (Eds.), Rome, Wiley, 2011, 10.
- [5] Rapport UNSCEAR A/55/46, ISSN 0255-1381 (2000)

EVOLUTION DES RAINETTES VERTES (*HYLA ORIENTALIS*) FACE A UNE EXPOSITION CHRONIQUE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS DANS LA REGION DE TCHERNOBYL

C. Car^{1*}, O. Armant¹, A. Gilles², JM. Bonzom¹

(1) Institut de Radioprotection et de Sécurité 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 et controverses sur les conséquences d'une exposition chronique aux rayonnements ionisants (RI) sur la faune sauvage suite à une radiocontamination de l'environnement comme après un accident nucléaire majeur tel que celui de Tchernobyl ou de Fukushima [1]. Parmi les quelques études menées dans ces zones 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 de la faune sauvage. 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 épisodes d'importante sélection ou de dérive génétique associée à des baisses drastiques de taille de population conduisent à des baisses de diversité (génétique et phénotypique) diminuant ainsi 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 de migrations d'individus provenant de populations extérieures aux zones contaminées peuvent être des témoins des effets délétères actuels de la radiocontamination de l'environnement. L'évolution intra-spécifique de deux espèces a précédemment été étudiée dans la zone d'exclusion de Tchernobyl en s'appuyant sur 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 conclut sur l'existence d'un nombre important de mutations dans ces zones [3]. En revanche, chez une 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 [4].

Notre étude concerne l'évolution intra-spécifique d'un amphibien, la rainette verte (*Hyla orientalis*). Cet organisme peut être exposé à de fortes doses de RI en particulier à travers son mode de vie aquatique puis terrestre (hibernation dans le sol) et au cours de stades sensibles de son cycle de vie comme lors du développement des œufs ou de la métamorphose. Nous avons mis en évidence l'existence d'une diversité génétique mitochondriale (gène codant le cytochrome b) anormalement élevée dans la zone d'exclusion de Tchernobyl à la différence des marqueurs génétiques nucléaires (21 microsatellites) qui n'en montrent pas. De plus, l'analyse du réseau d'haplotypes mitochondriaux, montre clairement une histoire évolutive indépendante entre les populations de la zone d'exclusion de Tchernobyl et les autres populations européennes [5]. Nous avons pu démontrer, sur *H. orientalis*, l'existence de nombreuses

substitutions (mutations observées neutres ou bénéfiques), sur l'ADN mitochondrial depuis l'accident nucléaire et dissocier ainsi les effets mutationnels *in situ* d'événements de migrations, là où les études précédentes sur les campagnols ne le permettaient pas [6]. Ces résultats ont été obtenus en prenant en compte non seulement la phylogéographie européenne d'*H. orientalis*, mais aussi en combinant des marqueurs génétiques nucléaires et mitochondriaux, couplés à des méthodes qualitatives et quantitatives.

L'évolution mitochondriale observée dans la région de Tchernobyl implique en plus des effectifs efficaces très faibles. Notre principale hypothèse pour expliquer ces petites tailles de population serait l'existence d'un nombre très important de mutations délétères (non conservées) responsable de ces goulots d'étranglements. La stratégie démographique des rainettes (taille de ponte très importante (1400 œufs par ponte), temps de génération court) les rend potentiellement moins sensibles à cette pression de sélection que d'autres espèces. Des organismes à stratégie démographique différente, par exemple des mammifères (faible nombre de descendant par portée, temps de génération important), sont potentiellement plus sensibles à des pertes engendrées par les mutations délétères. Des études questionnant les processus évolutifs présents chez d'autres espèces seraient donc nécessaires pour tester la généralisation de ces mutations et leur potentiel impact sur l'écosystème contaminé.

Remerciements

Merci à G. Orizoala (Univ. d'Oviedo), P. Burraco (Univ. de Glasgow) et S. Gashchak (IRL, Slavutych) pour leur aide sur le terrain, T. Lengagne et V. Gardette (LEHNA, Univ. de Lyon) pour la détermination de l'âge des rainettes, K. Beaugelin-Seiller (IRSN) pour la reconstruction des doses de RI absorbées et V. Camilleri et I. Cavalie (IRSN) pour l'extraction d'ADN. Le projet est supporté financièrement par l'IRSN et la Fédération de Recherche ECCOREV (projet ChernoHyla). C. Car a bénéficié d'une bourse de doctorat IRSN.

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] N. Fuller, et al., *Ecology and Evolution*, 9 (2019) 10135-10144

DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES METHODES D'ANALYSE DE L'IODE 129 A BAS NIVEAU APPLIQUEES A LA COMPREHENSION DES MECANISMES DE TRANSFERT DE L'IODE DANS L'ENVIRONNEMENT

C. Carrier^{1,2,3*}, A. Habibi¹, D. Maro², D. Bourlès³

(1) IRSN/PSE-ENV/SAME/LERCA, 78116 Le Vésinet, France

(2) IRSN/PSE-ENV/SRTE/LRC, 50130 Cherbourg-Octeville, France

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

*coralie.carrier@irsn.fr

L'iode est un halogène volatil [1] possédant 37 isotopes, dont l'iode 129, le radio-isotope ayant la période la plus longue (16,1 millions d'années). Ce radionucléide est rejeté de façon chronique et réglementée par les usines de retraitement du combustible nucléaire usé, comme Orano La Hague, dans l'atmosphère et dans l'environnement marin. L'iode étant facilement absorbé par la thyroïde [2], il est important de le quantifier et donc d'évaluer la réémission de l'iode de l'environnement marin vers le littoral par émission de gaz ou d'aérosol.

L'iode 129 est souvent analysé par spectrométrie gamma mais les limites de détections obtenues avec cette technique sont supérieures aux activités potentiellement mesurables dans l'environnement.

La spectrométrie de masse permettrait d'atteindre les niveaux environnementaux et de mesurer le rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$, contrairement à la spectrométrie gamma. La spectrométrie de masse par accélérateur (AMS) présente une excellente sensibilité et sélectivité [3]. Cependant, cette technique est trop coûteuse pour être mise en place dans des laboratoires pour des analyses de routine, il n'existe d'ailleurs que 22 AMS dans le monde qui permettent la mesure de ^{129}I . La spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS) [4] est une excellente alternative à cette technique, et plus spécifiquement l'ICP-MS/MS. Cette technique présente de nombreux avantages notamment sa rapidité, son principe de fonctionnement indépendant de l'énergie d'émission et la possibilité de quantifier le rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$.

Cependant, les mesures peuvent être compliquées due aux interférences spectrales et non spectrales. La première contrainte est liée aux effets mémoires [5], accentués par l'extrême volatilité de l'iode et ses nombreuses formes. Pour y remédier, différents milieux de mesure et de rinçage du système d'introduction ont été comparés et un milieu optimal a été retenu. La seconde contrainte est liée à la présence d'interférents. Ces interférents peuvent être isobariques, essentiellement le $^{129}\text{Xe}^+$ qui est présent

comme impureté dans l'argon. Ils peuvent également être moléculaires dû par exemple à $^{127}\text{IH}_2^+$.

Grâce à un traitement chimique avant la mesure, les interférents polyatomiques ont pu être éliminés grâce à une séparation en phase solide (SPE).

L'interférence isobarique due au xénon a pu être supprimée lors de l'étape de mesure en injectant de l'oxygène dans la cellule de collision/réaction.

La nouvelle méthode mise en place permet donc la mesure de l'iode 129 en direct ou après un traitement chimique. La durée du traitement chimique a été diminuée à 40 min, et une prise d'essai jusqu'à 1 L d'échantillon peut être traitée. Un gain en sensibilité jusqu'à un facteur 200 a été observé et a permis d'estimer la limite de détection à 8 mBq.L^{-1} et à $0,15 \text{ mBq.L}^{-1}$ après traitement chimique, ce qui est 100 fois inférieur à certaines méthodes actuelles basées sur le comptage nucléaire.

Références

- [1] T. Kaiho in *Iodine Chemistry and Applications*, John Wiley & Sons, Ltd, 2014, 7–14.
- [2] K. Markou, N. Georgopoulos, V. Kyriazopoulou, A. g. Vagenakis, *Thyroid*, 11 (2001) 501–510.
- [3] M. Arnold, G. Aumaître, D.L. Bourlès, K. Keddadouche, R. Braucher, R. Finkel, E. Nottoli, L. Benedetti, S. Merchel, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 294 (2013) 24–28.
- [4] G. Yang, H. Tazoe, M. Yamada, *Analytica Chimica Acta*, 1008 (2018) 66–73.
- [5] Y.-K. Hsieh, T. Wang, L.-W. Jian, W.-H. Chen, T. Tsuey-Lin, C.-F. Wang, *Radiochimica Acta*, 102 (2014).

ANALYSIS AND MODELLING OF TRANSFER PROCESSES TO PLANTS BY FOLIAR PATHWAY OF RADIONUCLIDES IN PARTICLE FORM

Z. Mawassy^{1*}, P. Henner¹, S. Le Dizès-Maurel¹, J. Rose²

(1) IRSN, PSE-ENV/SRTE, Laboratoire de recherche sur les transferts de radionucléides dans les écosystèmes terrestres (LR2T), Cadarache, Bâtiment 183, BP 3, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance Cedex, France

(2) Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Bâtiment Pasteur, Europe Méditerranéenne de l'Arbois BP80, 13545 Aix-en-Provence cedex 4, France

* zeinab.mawassy@irsn.fr

Following normal/incidental releases of nuclear facilities, radionuclides may be released into the atmosphere under different speciations (gaseous, particulate, dissolved in water), then be intercepted and possibly retained by plant foliage and translocated to other organs. In the upcoming years, new release scenarios (ITER, UNGG dismantlement) potentially involving particles will be evaluated, thus increasing the need to assess/improve the existing tools describing transfers of particles and dosimetric evaluation. Knowledge on foliar transfer is still limited and operational tools do not consider the particulate form leading to possible dose underestimation [1]. So, this PhD work aims at quantifying and modelling the key processes influencing particulate radionuclide transfers to plants by foliar pathway.

Particles covers a wide range of scenarios depending on their nature, size and reactivity [2, 3]. At leaf interface, radionuclides may be incorporated by stomatal or cuticular pathways, then possibly reaching conductive tissues [4, 5, 6, 7]. The extent of these processes will depend on the possible dissolution of particles on/within foliage, or intact particles transfer. Yet the conditions (particle size, reactivity) and mechanisms for intact particles transfer are unknown, thus requiring investigation of both incorporation pathways in relation to particle properties [8, 9]. The resulting radionuclide stocks and fluxes have to be quantified and compared to non-particulate source terms and finally, models need to be tested and/or specifically parametrized and/or completed to allow global assessment of foliar transfer whatever the transfer pathways.

To address these different questions, the project will consist of:

1) Controlled conditions experiments to obtain data on the plant incorporation-leaf absorption through transcuticular/stomatal pathways and translocation as a function of the main following factors: plants characteristics (e.g. foliage interface physico-chemical and morphological criteria: roughness, cuticle thickness, stomatal density and size), particles characteristics (low/high reactive particles with variety of sizes ranging from nano [20-50 nm] to micrometer [$>5 \mu\text{m}$]), or type of deposit (dry/wet). Monitoring of contaminant absorption in/translocation out in leaves will be followed qualitatively/quantitatively by different techniques: e.g. assessing particles locations by 2D and 3D imaging (SEM-EDX, micro-X-ray fluorescence, micro and nano-Xray tomography).

2) Development and validation of a simple generic model of radionuclides foliar transfer, potentially including specific treatment for low diameter/low reactivity particles. The data obtained from the experiments (see 1) would be compared to aggregated transfer factor predictions and outputs of other generic models related to non-particle source terms. Based on results of comparisons, existing tools will be completed and improved if needed.

3) Numeric application to a real-case scenario (e.g. ITER/ UNGG-like scenario involving tritiated or ³⁶Cl-bearing particles).

Référence

- [1] S. Le Dizès-Maurel, *Review of existing knowledge and data on deposition of airborne micronic (possibly tritiated) particles and subsequent transfer and internalization in plant biomass*, Rapport IRSN n° RT/PSE-ENV/2019-00321, 2019, 40..
- [2] L. Wang, H. Gong, N. Peng, J.Z. Zhang, *Environmental Science & Technology*, 52 (2018) 5182.
- [3] E. Schreck, V. Dappe, G. Sarret, S. Sobanska, D. Nowak, J. Nowak, E.A. Stefaniak, V. Magnin, V. Ranieri, C. Dumat, *Science of the Total Environment*, 476-477 (2014) 667.
- [4] J. Hong, J.R. Peralta-Videa, C. Rico, S. Sahi, M.N. Viveros, J. Bartonjo, L. Zhao, J.L. Gardea-Torresdey, *Environmental Science and Technology*, 48 (2014) 4376.
- [5] C. Larue, H. Castillo-Michel, S. Sobanska, L. Cécillon, S. Bureau, V. Barthès, L. Ouerdane, M. Carrière, G. Sarret, *Journal of Hazardous Materials*, 264 (2014) 98.
- [6] A. Avellan, J. Yun, Y. Zhang, E. Spielman-Sun, J.M. Unrine, J. Thieme, J. Li, E. Lombi, G. Bland, G.V. Lowry, *ACS Nano*, 13 (2019) 5291.
- [7] J. Lv, P. Christie, S. Zhang, *Environmental Science Nano*, 6 (2019) 41.
- [8] P. Hurtevent, Y. Thiry, S. Levchuk, V. Yoschenko, P. Henner, C. Madoz-Escande, E. Leclerc, C. Colle, V. Kashparov, *Journal of Environmental Radioactivity*, 121 (2013) 43.
- [9] P. Henner, P. Hurtevent, Y. Thiry, S. Levchuk, V. Yoschenko, V. Kashparov, *Journal of Environmental Radioactivity*, 124 (2013) 171.

STUDY OF THE LONG-TERM BEHAVIOUR OF ^{137}Cs ATMOSPHERIC FALLOUTS IN FRENCH FORESTS

D. Okhrimchuk^{1*}, P. Hurtevent¹, M.-A. Gonze¹, A. Probst², M. Simon Cornu¹

(1) Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), Centre de Cadarache, 13115 Saint Paul lez Durance, France

(2) EcoLab, Université de Toulouse, CNRS, 31400 Toulouse, France

*dina.okhrimchuk@irsn.fr

Atmospheric releases of radionuclides (RN) led to the contamination of various ecosystems. Radiocaesium (^{137}Cs) is the most common long-lived RN in the affected areas. Forests are sinks of pollutants due to the high capture efficiency of their canopies and their ability to recycle chemical elements or RNs on long-term [1,2,3]. The TREE4 model was parametrized, tested and validated for short to medium-term relying on datasets from Japanese forests stands contaminated by the ^{137}Cs released by the Fukushima accident [4,5]. The objective of this PhD is transposing TREE4 to the French forests and assessing the ^{137}Cs behaviour on long term.

To address this issue, recovering knowledge on behaviour, distribution and biogeochemical cycle (BGC) of ^{137}Cs and its chemical analogues (K, ^{133}Cs) is a prerequisite and a literature review was performed [1,2,3,6,7]. This task led to establishing a methodology to estimate biological fluxes of K in the forest (root uptake vs. immobilization vs. internal translocations). Sampling campaigns on 5 RENECOFOR (ONF) monitored stands (European beech, Norway spruce, Scots pine, English and Sessile oaks) began in January 2021 to provide datasets according to the BGC flux calculation methodology and determining the distribution of Cs isotopes and K.



Sampling campaign in January 2021
(European beech)

Characterization of forest stand dynamics at the studied sites based on RENECOFOR data and review of allometric

biomass models published in the literature for the tree species under investigation was started but is still underway. Modelling the biomass growth of the forest stand over the study period (1950-2020) is a challenging issue due to the great variability observed between tree individuals and missing data or unknown conditions before RENECOFOR monitoring started (1992). Biometrics from sampled trees will complete this work.

For 2021, in parallel with data acquisition from sampled stands (See figure), determination of ^{137}Cs respective contributions of Global fallout vs. Chernobyl deposits and hydrologic data analysis on investigated sites will complete data acquisition for TREE4 transposition purpose.

Acknowledgements

We are grateful to Manuel Nicolas (ONF, Head of the RENECOFOR network), Lebourgeois François (AgroParisTech, INRAE) and ONF staff for providing the necessary materials, data from forest sites and accompanying during the sampling campaign at the site.

References

- [1] D. W. Cole and M. Rapp. Elemental cycling in forest ecosystems, in *Dynamics Properties of Forest Ecosystems*, D. E. Reichle (Ed.), Cambridge University Press, 1981, 341-409.
- [2] Y. Thiry, C. Colle, V. Yoschenko, S. Levchuk, M. Van Hees, P. Hurtevent, V. Kashparov. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100 (2009) 1062-1068.
- [3] P. Calmon, Y. Thiry, G. Zibold, A. Rantavaara, S. Fesenko. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100 (2009) 757-766.
- [4] M.-A. Gonze, P. Calmon, P. Hurtevent, F. Coppin & V. Nicoulaud. Application du modèle TREE4 au transfert de radiocésium dans les forêts de conifères à Fukushima. *Rapport PSE-ENV 2018-00071*.
- [5] P. Calmon, M.-A. Gonze & C. Mourlon. *Science of the Total Environment*, 529 (2015) 30-39.
- [6] N. Foster, J. Bhatti. *Encyclopaedia of Soil Science* (2006) 718-721.
- [7] J. Ranger, D. Ranger, L. Masar, D. Vairelles, *Annals of Forest Science*, 38 (1981) 127-158.

**COMPREHENSION DES MECANISMES IMPLIQUES DANS LA
REPONSE EVOLUTIVE DE POPULATIONS DE NEMATODES
(CAENORHABDITIS ELEGANS) EXPOSEES A DES RAYONNEMENTS
IONISANTS**

L. Quevarec^{1*}, D. Réale², O. Armant¹, C. Adam-Guillermin³ et J.-M. Bonzom¹

(1) IRSN/PSE-ENV/Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes (LECO), Centre de Cadarache, BP 3, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance Cedex, France

(2) Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, Montréal, Qc, H3C 3P8, Canada

(3) IRSN/PSE-SANTE/SDOS/LMDN, Centre de Cadarache, BP 3, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance Cedex, France

*contact : loic.quevarec@irsn.fr

Les pressions anthropiques sur les écosystèmes, comme les pollutions par des substances radioactives, peuvent mener à l'extinction de populations si leur réponse évolutive (adaptation génétique, acclimatation...) est insuffisante [1]. Pour une meilleure évaluation des risques écologiques d'une contamination de l'environnement, il est donc important de quantifier les réponses évolutives de ces populations, et de comprendre les conséquences de ces changements évolutifs sur leur maintien à long terme [2].

L'objectif de ce projet est d'étudier expérimentalement les réponses évolutives de populations de *Caenorhabditis elegans* exposées à des rayonnements ionisants gamma (Cs-137).

Pour atteindre cet objectif, pendant 20 générations, des populations de *C. elegans* ont été exposées à trois débits de dose (0 - 1,4 et 50 mGy.h⁻¹). Plusieurs traits d'histoire de vie ont été mesurés à chaque génération : l'effectif de la population, la fréquence des mâles, le succès d'éclosion et la taille de ponte. Différents plans expérimentaux ont également été réalisés pour déterminer si les modifications des traits observés étaient dues ou non à une adaptation génétique des populations.

Après 20 générations, l'effectif des populations irradiées augmente significativement de 5,3 % à 1,4 mGy.h⁻¹ et diminue de 7,7 % à 50 mGy.h⁻¹ par rapport aux populations contrôles. De surcroît, une augmentation significative de la fréquence des mâles, de 12 % et 18 %, a été mesurée respectivement pour des débits de dose de 1,4 et 50mGy.h⁻¹. Enfin, une diminution significative de 6,6 % du succès d'éclosion et de 8,2 % de la taille de ponte précoce a été observée pour 50 mGy.h⁻¹.

La modification du sex-ratio pourrait s'expliquer par une augmentation des anomalies de non disjonction sur le chromosome X [3] et des modifications du mode de reproduction. A 50 mGy.h⁻¹, la diminution du succès d'éclosion pourrait être due à un effet négatif des rayonnements ionisants sur l'embryogénèse. Une atteinte de l'embryogénèse et/ou de la gamétogénèse [4, 5] pourrait expliquer la diminution de la taille de ponte précoce. Ces deux paramètres pourraient expliquer la diminution de l'effectif des populations irradiées.

L'atteinte à la reproduction observée ici est cohérente avec de précédents travaux menés pendant 3 générations chez *C. elegans*, montrant une diminution du nombre cumulé de larves suite à une exposition à des rayonnements ionisants gamma [6].

Les génomes entiers des populations seront séquencés au fil des générations, ce qui permettra d'estimer la perte ou non de diversité génétique (richesse haplotypique, hétérozygotie...) au sein des populations exposées aux rayonnements ionisants. Par une approche de QTL (Quantitative Trait Loci) le lien entre un phénotype et une région génomique sera établi [7], permettant ainsi de mettre en évidence des gènes soumis à la sélection vis-à-vis d'une exposition aux rayonnements ionisants.

Remerciements

Merci à H. Teotónio et à toute son équipe (IBENS – ENS, Paris) pour avoir accueilli L.Q. et J.-M.B. au sein de leur laboratoire, et pour avoir partagé plusieurs techniques autour du modèle *C. elegans*. Merci également à H. Teotónio pour nous avoir gracieusement remis la souche A6140 de *C. elegans*. Merci à M. Dutilleul, S. Frelon, A. Gilles et H. Teotónio pour leurs conseils avisés. Merci à E. Dufourcq-Sekatcheff pour son aide technique. Ce projet de thèse est financé par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN).

Références

- [1] S. Otto, *Proceedings of the Royal Society B*, 258 (2018) 1891.
- [2] M. Dutilleul, L. Lemaire, D. Réale, et al. *Ecotoxicology*, 22 (2013) 862–868.
- [3] S. Ayyadevara, Ā. Tazearslan, R. Alla, et al. *Frontiers in Genetics*, 5 (2014) 211.
- [4] C. Lecomte-Pradines, T. Hertel-Aas, C. Coutris, et al. *Journal of Toxicology and Environmental Health A*, 80 (2017) 830-844.
- [5] E. Maremonti, D.M. Eide, D.H. Oughton, et al. *Science of The Total Environment*, 695 (2019) 133835.
- [6] A. Buisset-Goussen, B. Goussen, C. Della-Vedova, et al. *Journal of Environmental Radioactivity*, 137 (2014) 190-197.
- [7] F. Gomez, V. Loeschcke & F. Norry, *International Journal of Radiation Biology*, 7 (2013) 89.

COMPARAISON DES EFFETS RADIO-INDUITS PAR LES RAYONNEMENTS BETA REÇUS A L'ADN ET A L'ORGANISME ENTIER CHEZ LE POISSON ZEBRE, *DANIO RERIO*

Schiano Di Lombo Magali^{3*}, Cachot Jérôme¹, Perrot Yann², Gagnaire Béatrice³

(1) Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC), UMR CNR 5805 EPOC, Talence 33405, France

(2) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN, équipe LRD1), BP17, Fontenay aux Roses 92262, France

(3) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSE-ENV/SRTE/LECO, Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance 13115, France

*contact author: magali.schianodilombo@irsn.fr

Les populations naturelles d'organismes aquatiques sont exposées à des radionucléides émetteurs de différents types de rayonnements (α , β , γ) [1]. L'exposition d'un organisme à des radionucléides est susceptible de causer des effets délétères qui dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de rayonnement, la dose absorbée, le temps d'exposition et la répartition subcellulaire du radionucléide dans l'organisme. La caractérisation à l'échelle subcellulaire de la distribution d'un radionucléide et la dose associée est donc cruciale pour déterminer les mécanismes associés aux effets induits [2].

Les mécanismes spécifiques des rayonnements β sur les organismes sont relativement peu connus. L'ensemble des travaux déjà réalisés au LECO sur les stades embryonnaire-larvaires du poisson zèbre ont permis de révéler des différences de mécanismes d'action pour les rayonnements β émis par le tritium en fonction de la forme considérée (HTO ou thymidine tritiée) [1,3,4]. Dans la continuité de ces travaux, cette thèse propose de caractériser les effets, ainsi que la répartition subcellulaire et la dose générée par le tritium administré sous forme organique sur le poisson zèbre aux stades larvaires, puis adultes. Ce travail combinera des démarches expérimentales et des simulations microdosimétriques pour (a) caractériser la dose générée par le tritium en fonction de sa répartition subcellulaire à l'échelle d'un organe, (b) lier la dose aux effets observés chez les larves exposées et sur la reproduction chez l'adulte et (c) lier la dose aux effets observés chez les larves issues de parents contaminés.

Dans un premier temps, des larves de poisson zèbre seront exposées à de la thymidine tritiée à des débits de dose allant de 0,4 et 4 mGy/h. Les effets aux niveaux développementaux, comportementaux, musculaires, immunologiques et génétiques seront étudiés. Dans une seconde partie, les poissons adultes seront exposés à ces mêmes débits de dose et les mêmes types d'effets seront étudiés. Lors de ces approches expérimentales, les doses générées à l'échelle appropriée seront évaluées par des simulations numériques et reliées aux effets observés. Une

expérience préliminaire a montré qu'une activité de $6,1 \times 10^4$ Bq/mL entraîne une internalisation de thymidine tritiée à un débit de dose interne de 0,6 et 0,2 mGy/h respectivement chez les œufs (24 hpf) et chez les larves (96 hpf). De plus, cette expérience a confirmé que le tritium était internalisé sous forme organique et que le fait de rincer les œufs avant analyse retirait une partie de ce dernier. Pour finir, les résultats ont mis en évidence une contamination croisée des cristalliseurs, probablement due à l'évaporation du tritium dans l'incubateur. Des expériences supplémentaires sont en cours pour quantifier, qualifier et réduire cette évaporation.

Remerciements

Toute l'équipe remercie l'IRSN d'avoir accepté de financer cette thèse, ainsi que toute l'équipe du LECO dont les techniciennes pour avoir aidé au bien-être animal et l'apprentissage des techniques d'analyses.

Références

- [1] Arcanjo, Caroline, Denis Maro, Virginie Camilleri, Isabelle Cavalié, Olivier Simon, Karine Beaugelin-Seiller, Loïc Carasco, Daniel Orjollot, Christelle Adam-Guillermin, et Béatrice Gagnaire. *Journal of Environmental Radioactivity*, 203 (2019) 30
- [2] Tang, Nicolas, Marta Bueno, Sylvain Meylan, Yann Perrot, Hoang N. Tran, Amélie Freneau, Morgane Dos Santos, *International Journal of Molecular Sciences* 20 (2019) 6204
- [3] Arcanjo, Caroline, Olivier Armant, Magali Floriani, Isabelle Cavalié, Virginie Camilleri, Olivier Simon, Daniel Orjollot, Christelle Adam-Guillermin, et Béatrice Gagnaire. *Aquatic Toxicology*, 200 (2018) 114
- [4] Arcanjo, Caroline, Christelle Adam-Guillermin, Sophia Murat El Houdigui, Giovanna Loro, Claire Della-Vedova, Isabelle Cavalié, Virginie Camilleri, Magali Floriani, et Béatrice Gagnaire. *Aquatic Toxicology*, 219 (2020) 105384

MODELISATION OPERATIONNELLE DES DEPOTS SECS ET HUMIDES DE CHLORE 36 SUR UNE PRAIRIE

Déo-Gratias Sourabie^{1,2*}, Denis Maro², Didier Hebert², Valéry Guillou¹, Equipe Aster¹, Lucilla Benedetti¹

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

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

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

Le chlore 36 (³⁶Cl, T_{1/2} = 301 000 ans) est un radionucléide d'origine naturelle produit par spallation et activation neutronique dans l'atmosphère, et d'origine artificielle émis lors des essais nucléaires et produit pendant l'exploitation des réacteurs UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz) par activation du chlore 35 [1,2]. Il est susceptible d'être mesuré dans les effluents et déchets générés par les opérations de démantèlement et fait donc partie des radionucléides présents dans le spectre de rejet des scénarios accidentels des rapports de sûreté des centrales en démantèlement [3]. Une fois libéré dans l'atmosphère, le ³⁶Cl (gaz et particules) peut atteindre le sol par des dépôts secs ou humides. Cependant, les connaissances sur ces dépôts sont très parcellaires, et de ce fait, il n'existe pas de modélisation robuste des processus qui les contrôlent [4]. Or, du fait de sa mobilité relativement élevée dans la géosphère et de sa biodisponibilité importante, le ³⁶Cl est un radionucléide dont l'étude du devenir dans l'environnement constitue un enjeu pour les études d'impacts [5].

Ainsi, l'objectif de cette thèse est la quantification puis la modélisation du dépôt par temps sec et par temps humide du ³⁶Cl, pouvant être émis de façon accidentelle (démantèlement) mais aussi chroniques (Orano La Hague), sur une prairie en tenant compte principalement des paramètres liés au couvert et à la turbulence atmosphérique. Cette thèse est réalisée en partenariat avec EDF/DIPPE et le CEREGE. Les résultats obtenus et les connaissances acquises serviront à l'amélioration de la caractérisation des transferts du ³⁶Cl dans l'environnement et pourront être intégrés dans des modèles comme SYMBIOSE (rejets chronique) ou C₃X (rejets accidentels) au niveau de l'IRSN. Ce projet repose d'abord sur des expérimentations in situ afin d'obtenir des données sur les concentrations de ³⁶Cl dans l'atmosphère (air, eau de pluie) et déposées par dépôts secs et humides. Les prélèvements sont réalisés sur la plateforme technique IRSN La Hague (PTILH) situé sous les vents dominants

de l'usine d'Orano, émetteur chronique de ³⁶Cl. Le végétal étudié est l'herbe représentative des prairies car constituant un maillon de la chaîne alimentaire de l'homme via le lait de vache. Le chlore total est mesuré par chromatographie ionique tandis que le ³⁶Cl est mesuré par spectrométrie de masse par accélération ASTER (Accélérateur pour les Sciences de la Terre, Environnement, Risques) implanté au CEREGE. A partir de ces données, des paramètres atmosphériques et du couvert, une modélisation des dépôts sera réalisée pour le chlore particulaire et le chlore gazeux (inorganique, organique) par adaptation des modèles existants et validés.

Références

- [1] Bouchez. C, Pupier. J, Benedetti. L, Deschamps. P, Guillou. V, Keddadouche. K, Aumaitre. G, Bourlés. D, *Chemical Geology*, 404 (2015), 62-70.
- [2] Heikkilä. U, Beer. J, Feichter. J, Alfimov. V, Synal. H, Schotterer. U, Eichler. A, Schwikowski. M, Thompson. L, *Atmos. Chem. Phys.*, 9 (2009), 4145-4156.
- [3] Calmet. D, Coreau. N, Germain. P, Goutelard. F, Letessier. P, Frechou. C, Maro. D, *Conference in Honolulu, HI on 3-8 Chlorine-36 Measurement in the Near-field Environment of a Spent Nuclear Fuel Reprocessing Plant, Radiochemical Measurements Honolulu, United States*, November 2001
- [4] Le-Dizes. S, Gonze. M, in *modélisation opérationnelle des transferts de Chlore-36 dans les systèmes sol-plante agricoles: analyse de l'existant & pistes d'amélioration*, A., IRSN/PRP-ENV/SERIS n° 2016-013 (2016), p49
- [5] Pupier. J, Benedetti. L, Bouchez. C, Bourlés. D, Leclerc. E, Thiry. T, Guillou. V, ASTER Team, *Quaternary Geochronology* 35 (2016) p26-35.

VALIDITE TEMPORELLE DES PARAMETRES DE RETENTION DES RADIONUCLEIDES DANS LES SOLS

S. Zamane¹, L. Carasco¹, D. Orjollet¹, A. Martin-Garin¹, J. Rose², F. Coppin¹

(1) IRSN /PSE-ENV/SRTE/LR2T, CE Cadarache, BP3, 13115 Saint Paul lez Durance France

(2) CEREGE: CNRS, Aix Marseille Univ., IRD, INRAE, Coll. de France

*sarah.zamane@irsn.fr

Afin de mieux comprendre la distribution et le transfert des radionucléides (RNs) dans l'environnement, l'IRSN mène des recherches dans le but d'améliorer les connaissances et les outils pour la gestion des sols contaminés. La modélisation prédictive de la distribution des RNs dans le système sol/solution est souvent basée sur l'utilisation d'un coefficient de partage (Kd) reliant la concentration totale du RN du sol à celle présente en solution^[1]. Bien que ce coefficient soit supposé à l'équilibre et fixe dans le temps plusieurs études montrent une stabilisation avec le temps des radionucléides dans la fraction solide (Cs, Mn, Co, Zn, Tc...) [2,3,4]. Cependant ces études restent parcellaires notamment car elles ont été généralement réalisées pour un RN, un type de sol et une méthode d'extraction rendant leur extrapolation difficile. L'objectif de la thèse est donc d'étudier pour des sols de natures contrastés (sableux, organique, argileux, carbonaté) l'évolution dans le temps de la distribution solide/liquide de trois éléments ayant des comportements différents (Cs, I, U) et introduits sous deux formes de contaminations : liquide et végétaux contaminés avec ¹³⁷Cs, ¹²⁹I, ²³³U utilisés comme traceurs.

Les sols seront contaminés par le cocktail de RNs apporté sous forme aqueuse, ou via des végétaux contaminés, et incubés à minima 18 mois. Outre le suivi en continu de certains paramètres (température, humidité, production de CO₂...), des prélèvements ponctuels permettront de suivre la distribution des RNs entre les phases solide et liquide (extractions successives) et la distribution au sein de la phase solide (extractions chimiques séquentielles). Pour expliciter les éventuelles variations observées, la

dégradation de la matière organique et l'évolution des communautés microbiennes seront suivies en particulier. En parallèle, le suivi des éléments endogènes du sol (¹³³Cs, ¹²⁷I et ²³⁸U) permettra de comparer le comportement d'une contamination récente, apportée *via* les traceurs, à celui qu'il pourrait être à plus long terme. Les résultats obtenus permettront de déterminer pour quelle(s) combinaison(s) RN/nature de contamination/sol il sera nécessaire de prendre en compte une modification dans le temps de la distribution solide/liquide des RNs. Suivant la cause de cette modification (i.e., modification de la spéciation du RN, évolution des phases porteuses, changement de phase porteuse...) une modélisation alternative à l'approche Kd sera proposée.

Références

[1] International Atomic Energy Agency (IAEA), *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments*, IAEA-TRS-472, IAEA, Vienna, 2010.

[2] K. Tagami, S. Uchida, *Geoderma*, 84 (1-3) (1998), pp. 3-13.

[3] L. Al Attar, M. Al-Oudat, S. Bassam, A. Basem, *Journal of Environmental Radioactivity*, 164 (2016), pp. 19-25.

[4] K. Brimo, M.A. Gonze, L. Pourcelot. *Journal of Environmental Radioactivity*, 208-209 (2019), pp.106029.

**INSTITUT MEDITERRANEEN DE BIODIVERSITE
ET D'ÉCOLOGIE – IMBE –****VULNÉRABILITÉ DES ARBRES DES MILIEUX ARIDES CHAUDS FACE
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE FUTUR**M. Cartereau^{1,2*}, A. Baumel², A. Leriche¹, F. Médail¹*(1) Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Aix-en-Provence, France**(2) Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France*

*manuel.cartereau@imbe.fr

Notre travail a pour but de quantifier la vulnérabilité des arbres des milieux arides chauds face à la menace du changement climatique futur, à l'échelle globale.

Les milieux arides *sensu lato* occupent environ 41% de la surface des continents et hébergent plus de 1500 espèces d'arbres. Cette biodiversité est garante d'un grand nombre de services écosystémiques dont l'atténuation des phénomènes de désertification [1, 2]. Ces milieux, déjà sous forte contrainte hydrique, pourraient être particulièrement affectés par le changement climatique futur. Nos premières analyses portant sur environ 830 espèces d'arbres colonisant ces milieux, montrent que 21% d'entre-elles sont menacées d'extinction selon les critères d'évaluation de l'UICN, et 43% suivent une tendance démographique vers le déclin [3]. Ces arbres représentent donc des enjeux écologiques importants et la compréhension de leur vulnérabilité constitue un levier majeur pour leur conservation.

Notre approche repose tout d'abord sur une nouvelle définition géographique des milieux arides chauds à l'échelle mondiale, basée sur des critères bioclimatiques. Ils couvrent environ 19% des surfaces continentales et sont répartis sur l'ensemble des continents, à l'exception de l'Antarctique. Nous avons ensuite réuni 130 000 occurrences concernant un millier d'espèces d'arbres (issues des bases de données en ligne). A partir de ces données nous proposons une sectorisation de ces milieux en 8 grandes biorégions (Amérique du Nord, Amérique du Sud, îles Galapagos, bassin Méditerranéen et Macaronésie, région Saharo-sindienne-arabique-Est africaine, Afrique du Sud, Socotra et Australie), hébergeant des assemblages d'espèces différents. En faisant l'hypothèse que le

changement climatique futur sera hétérogène à l'échelle mondiale, ces huit biorégions, pourraient ne pas être affectées de la même manière. Enfin, la vulnérabilité de chaque espèce au changement climatique est estimée en confrontant sa niche climatique actuelle au climat prédit dans le futur par les modèles de circulation globale. La comparaison de la vulnérabilité des arbres des différentes biorégions mises en évidence et les pistes de recherche pour la suite du projet sont discutées.

Remerciements

Les auteurs de cette présentation remercient Dr. Cyrille Chatelain (Conservatoire et Jardin botaniques de Genève) pour l'extraction de données d'occurrences de la base de données African Plant Database, ainsi que Dr. James Aronson (Missouri Botanical Garden), Dr. Samuel Pironon, Ian Ondo (Kew Royal Botanic Gardens) et Dr. Wolfgang Cramer (IMBE) pour leurs avis et retours très utiles sur divers aspects du projet.

Références

- [1] *Trees, forests and land use in drylands, the first global assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2016.
- [2] T. Aronson, E. Le Floch, J. Aronson, *Desert Trees of the World Database (@Tropicos)*, <http://legacy.tropicos.org/Project/Desert%20Trees>
- [3] IUCN, THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES™, <https://www.iucnredlist.org/>

IMPACT SANITAIRE DES POUSSIÈRES DE SOL DANS DES ÉCOLES MATERNELLES SITUÉES DANS DIVERS CONTEXTES ENVIRONNEMENTAUX

R. Castel^{1,2*}, L. Malleret², Y. Noack³, V. Tassistro¹, F. Marot, M. Izard, M. Claeys¹, T. Orsière¹

(1) IMBE, AMU, CNRS, IRD, AU, 13005 Marseille, France

(2) LCE, UMR 7376, AMU, CNRS, ECCOREV, 13545 Aix-en-Provence, France

(3) CEREGE, 13545 Aix-en-Provence, France

(4) ADEME, 49000 Angers France

(5) ATMOSUD, 13294 Marseille France

*rebecca.castel@imbe.fr

En conséquence de la croissance démographique et de l'industrialisation, les activités anthropiques ont produit et relargué dans tous les compartiments environnementaux un nombre croissant de molécules chimiques, parfois sorbés aux particules. Les cinétiques de transformation de ces molécules sont variables et certaines de ces molécules sont considérées comme persistantes puisqu'elles se dégradent peu, voire pas. La population est ainsi exposée à des mélanges complexes de composés, qui sont présents dans le milieu. C'est notamment le cas des poussières sédimentées, qui peuvent contenir un grand nombre de polluants différents. Les enfants de moins de 6 ans, du fait de leur comportement spécifique, sont particulièrement exposés aux poussières de sols : marche à quatre pattes, jeu au sol, portage des mains et des objets à la bouche. Ils peuvent ainsi ingérer jusqu'à 100 mg de poussières de sols de manière involontaire [1]. Dans l'appareil digestif, une partie des contaminants va se solubiliser : c'est la fraction bioaccessible, qui peut être ensuite absorbée par l'organisme. Les contaminants d'intérêt sanitaire, auxquels ce travail s'intéresse, sont les éléments traces métalliques (ETM) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) car ils sont ubiquitaires et certains sont génotoxiques et/ou cancérogènes [2].

L'objectif de la thèse est d'apporter des éléments de compréhension sur l'impact que pourraient générer chez les enfants en bas-âge l'ingestion de poussières au sol, selon le contexte environnemental. Il se décline en 3 volets : (1) déterminer la génotoxicité de mélanges HAP-ETM sur des cellules gastriques, (2) caractériser les poussières de sol prélevées dans des écoles maternelles localisées dans divers contextes, (3) déterminer la fraction bioaccessible des HAP et des ETM présents dans ces poussières et la génotoxicité associée sur des cellules gastriques.

(1) La méthodologie envisagée pour aborder le premier volet a consisté à partir de prélèvements préliminaires et d'une étude bibliographique, à sélectionner 6 HAP et 6 ETM parmi les composés d'intérêt, pour examiner les effets de mélange. Au préalable, la cytotoxicité individuelle de chaque contaminant est étudiée sur une gamme de concentration (2,5 nM – 50 mM) en utilisant une méthode fluorimétrique, le CellTiterBlue® (Promega), sur des cellules d'adénocarcinome gastrique humain (AGS). Deux concentrations (hautes/basses) sont alors choisies pour chaque contaminant et des mélanges aléatoires seront générés par des plans d'expériences. La génotoxicité des mélanges est évaluée à l'aide du test des comètes en conditions alcalines et du test du micronoyau avec blocage de la cytodivision sur des cellules AGS.

(2) Des écoles localisées dans les Bouches-du-Rhône ont été sélectionnées en fonction de leur contexte environnemental : industriel, portuaire, urbain, rural. Des

prélèvements de poussières de sol en extérieur et en intérieur sont faits à la balayette et à l'aspirateur avec une tête modifiée en saisons hivernale et estivale. Des prélèvements atmosphériques et de sols effectués en parallèle devraient aider à mieux caractériser l'origine atmosphérique ou terrigène de ces poussières. Les échantillons seront caractérisés sur le plan physique, chimique (contenus en HAP et ETM) et génotoxique.

(3) Pour déterminer le contenu bioaccessible gastro-intestinal en ETM et HAP dans les poussières, des méthodes d'extraction in-vitro physiologique et chimique seront testées puis appliquées sur nos échantillons. Après caractérisation du contenu chimique de ces fractions, la génotoxicité sera déterminée par le test des comètes et le test du micronoyau.

Résultats préliminaires : La cytotoxicité des contaminants d'intérêt est en cours ainsi que le choix des niveaux de concentrations dans les mélanges. Pour les études de mélange de HAP, le plan d'expérience a été conçu en s'appuyant sur le facteur d'équivalence toxique du benzo[a]pyrène [3]. Ceci devrait permettre d'évaluer s'il y a des effets de synergisme dans nos mélanges.

Conclusion & Perspectives : Notre travail devrait permettre d'améliorer les connaissances concernant les interactions entre des HAP, entre des ETM et entre ces deux familles de contaminants quand ils sont en mélanges complexes. Il permettra de caractériser les HAP et ETM présents dans les poussières des écoles maternelles des Bouches-du-Rhône, d'évaluer l'influence du contexte environnemental sur leurs compositions et de déterminer leur possible génotoxicité. Au bilan, cette recherche doctorale devrait apporter une meilleure compréhension du danger que posent ces poussières de sol dans le cas d'une ingestion par voie orale et aider à améliorer les outils d'évaluation des risques sanitaires liées à l'ingestion de mélanges de contaminants environnementaux.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier le labex DRIIHM, la fédération de recherche ECCOREV, la DREAL, l'ADEME et la Région Sud pour leurs soutiens financiers ainsi que les pôles de compétitivité SAFE et EUROBIOMED pour leur parrainage.

Références

- [1] US EPA, *Child Exposure Handbook*, 2017.
- [2] CIRC, *Monographs*, 2021.
- [3] I. Nisbet, P. Lagoy, *Regulatory toxicology and pharmacology*; 16 (1992) 290-300.

FIRST ESTIMATE OF THE IMPACT OF MERCURY ON THE MEDITERRANEAN HOMOSCLEROMORPH SPONGE OSCARELLA LOBULARIS

De Pao Mendonca Cassandra^{1,2*}, Borchiellini Carole¹, Dufour Aurélie³, Rocher Caroline¹, Angeletti Bernard⁴, Heimbürger-Boavida Lars-Eric³, Issartel Julien¹, Renard Emmanuelle^{1,2}

(1) Aix Marseille Univ, Univ Avignon, CNRS, IRD, UMR 7263, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale IMBE, Station Marine d'Endoume, Rue de la Batterie des Lions, Marseille, France

(2) Aix Marseille Univ., CNRS, UMR 7288, IBDM, Marseille, France

(3) Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, UMR 7294, MIO, Marseille, France

(4) Aix Marseille Univ., CNRS, CEREGE, Marseille, France

*kassandra.de-pao-mendonca@imbe.fr

The metallic element mercury, Hg, is known to be transferred to marine ecosystems via atmospheric deposition and effluents [1]. Its bioaccumulation and bioamplification into the food web in the organic form, methylmercury, have been thoroughly described [2]. Because of the impact of mercury on vertebrates, it represents a major concern for human health [3]. In contrast, to date, the effects of mercury on invertebrate marine animals and on marine ecosystems as a whole is less documented [4]. We propose here to focus on a key player of benthic marine ecosystems: the sponges (Porifera) and more especially *Oscarella lobularis* (Porifera, Homoscleromorpha), a species living in the emblematic Mediterranean coralligenous community.

For the first time, we studied the concentration of mercury (AMA) in tissues, its impacts on viability (LC50 96 hours of exposure on two developmental stages and on two seasons), on some gene expressions (RTqPCR on catalase, glutathion peroxidase, superoxide dismutase, metallothionein and phytochelatin synthase), on epithelial integrity and on regenerative capacities in *Oscarella lobularis*.

Chemical analyzes showed that *O. lobularis* bioaccumulates mercury and that the seven sites compared in the Bay of Marseille (Maïre, Frioul, Prado artificial reefs, Riou Sud, Perez cave, Caramassaigne, Méjean) are differently impacted by this pollutant. From a toxicological point of view, this species is more vulnerable to methylmercury compared to other marine animals for which data are available. Even more worrying for this sponge species, the buds, juveniles produced by asexual reproduction and representing the main source of reproduction of this species, are more sensitive than adults (LC50 = 2 µg/L) and adults are more sensitive during summer (LC50 = 9µg/L). The study of gene expression levels suggests that metallothioneins rather than phytochelatin synthases are involved in the detoxification of mercury in this species. In addition, glutathione peroxidase seems to be the main player in the response to

oxidative stress. At the cellular level, mercury impacts the epithelial integrity and regenerative capabilities of buds at concentrations of methylmercury as low as <1 µg/L (4 days of exposure).

In conclusion, our results provide an important set of new data on the effect of mercury in sponges which will participate to a better understanding of the prevalence and effect of mercury in marine biodiversity.

Remerciements

I thank Emmanuelle Renard and Julien Issartel for critical reading and Dorian Guillemain (OSU Pytheas) for collecting *O. lobularis* samples. Moreover, I thank the mercury team of MIO and the Service Commun de Biologie Moléculaire (SCBM) of IMBE for providing facilities needed to prepare samples.

Références

- [1] Mason, Robert P., Anna L. Choi, William F. Fitzgerald, Chad R. Hammerschmidt, Carl H. Lamborg, Anne L. Soerensen, et Elsie M. Sunderland. *Environmental Research*, 119 (2012) 01.
- [2] Bănaru D., Castro-Jiménez, J., Chen C-T., Jiménez B., Muñoz-Arnanz J., Jacquet-Schintu S., Heimbürger L.E., Dufour A., Petrova M.V., De Pao Mendonca K., Carré B., Ré C., Lebreton B., Guillou G., Sempere R., *1st Iberian Ecological Society Meeting - SIBECOL*, Barcelona, Spain, 2019.
- [3] Grandjean, Philippe, Hiroshi Satoh, Katsuyuki Murata, et Komyo Eto., *Environmental Health Perspectives*, 118 (2010) 1137.
- [4] Ugolini, A, F Borghini, P Calosi, M Bazzicalupo, G Chelazzi, et S Focardi. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 5 (2004) 526.

ROLE DE L'ALLELOPATHIE DANS LA DYNAMIQUE DE SUCCESSION DES COMMUNAUTES VEGETALES DE LA MANGROVE DU DELTA DU FLEUVE ROUGE

D. Dhaou^{1*}, D. Van Tan², D. Sundaravaradarajan¹, C. Fernandez¹, A. Bousquet-Mélou¹

(1) Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale – Aix Marseille Univ – CNRS – IRD 7263, Campus St Charles, Case 4, 13331 Marseille, France

(2) Faculty of Biology, Hanoi National University of Education (HNUE), 136 Xuan Thuy, Cau Giay, Ha Noi 100000, Vietnam

* dounia.dhaou@imbe.fr

Parmi les interactions entre plantes, la compétition pour les ressources est considérée le plus souvent comme le moteur essentiel de la dynamique des écosystèmes [1]. Cependant, des recherches récentes ont montré que l'allélopathie peut également affecter la structure des communautés végétales via la libération de composés spécialisés dans le milieu [2,3]. Les propriétés allélopathiques d'une espèce pionnière pourraient donc influencer le devenir des espèces qui la suivent dans la succession [4]. Il existe encore peu de connaissances autour de ce phénomène *in situ* dans les mangroves [5,6].

Dans le cadre de la succession des mangroves de l'embouchure de la Rivière Rouge, on observe des peuplements pionniers à *Avicennia marina* en bord de mer et à *Sonneratia caseolaris* dans des situations moins salines [7]. Dans ce cadre, le potentiel allélopathique de substrats issus de peuplements monospécifiques d'espèces pionnières de bord de mer (*A. marina*) et de bord de rivière (*S. caseolaris*) a été évalué sur la croissance et la survie de trois espèces de la succession (*Kandelia obovata*, *Aegiceras corniculatum* et *Rhizophora stylosa*), espèces également utilisées dans les opérations de restauration [8]. Nous émettons l'hypothèse que des composés allélochimiques seraient émis dans le sol via les parties souterraines de ces espèces, ou via le lessivage de leurs litières de feuilles. Pour chaque espèce cible, de jeunes plantules ont été plantées en mésocosmes placés *in situ* contenant quatre types de substrats : issus d'un peuplement monospécifique d'*A. marina* avec (i) et sans (ii) ajout de litière de feuilles, ou d'un peuplement de *S. caseolaris* avec (iii) ou sans ajout de litière (iv). Des paramètres de croissance et de survie des plantules des espèces cibles ont été suivis pendant 6 mois. La qualité chimique des substrats a été évaluée au début et à la fin de l'expérimentation.

Nos résultats montrent la présence d'un effet des substrats testés sur la croissance et la survie chez *K. obovata* seulement. Pour cette espèce, la hauteur et le diamètre des plantules en présence de litière sont plus importants quelle que soit l'espèce source, tandis que leur survie diminue de manière significative, cette fois-ci pour les substrats issus d'*A. marina*, et plus particulièrement en présence de litière. Ces premiers résultats indiquent que les deux espèces pionnières testées pourraient émettre des composés dans le sol qui limiteraient la survie de certaines espèces cibles, malgré l'enrichissement en matière organique lié à la présence de leur litière de feuilles. La comparaison plus approfondie des contenus chimiques de

ces sols avec ou sans litière par une approche de métabolomique non ciblée est prévue pour vérifier cette hypothèse. Ces travaux de recherche visent à approfondir les connaissances liées à la dynamique des communautés végétales de ces forêts tropicales pour contribuer à des outils de gestion et de restauration de ces écosystèmes.

Remerciements

Ces travaux ont été possibles grâce à la collaboration d'Aix-Marseille Université (AMU) et de l'Université Nationale d'Education d'Hanoï (HNUE) dans le cadre du programme Laboratoire International Associé (LIA) France-Vietnam et du soutien de la Société d'Ecologie Tropicale Européenne (Gtô Student Research Grant Program) qui a permis de financer cette mission et la mise en place de l'expérimentation *in situ*. Nous remercions le Mangrove Ecosystem Research Center (MERC), le laboratoire de biochimie de l'HNUE et leur personnel de nous avoir permis l'accès à leurs plateformes expérimentales et pour leur aide tout au long de l'expérimentation. Nous remercions également tous les membres de l'équipe DFME de l'IMBE.

Références

- [1] C. Rojo, M. Segura, M.A. Rodrigo, *Ecological Engineering*, 58 (2013) 149-155.
- [2] M. Zhu, C. Liu, M. Deng, K. Du, *Journal of Forest and Environment*, 3 (2015).
- [3] G. Thiébaud, L. Thouvenot, H. Rodriguez-Perez, *Frontiers in Plant Sciences*, 9 (2018).
- [4] C. Fernandez, M. Santonja, R. Gros, Y. Monnier, M. Chomel, V. Baldy, A. Bousquet-Mélou. *Journal of Chemical Ecology*, 39 (2013) 298-311.
- [5] L. Chen, S. Peng, *Allelopathy Journal*, 22 (2008).
- [6] Y. Liu, F. Li, Q. Huang, *Journal of Environmental Sciences*, 25 (2013) 776-784.
- [7] P.N. Hong, H.T. San, in *IUCN, Wetlands Conservation Programme*, IUCN Southeast Asia Regional Office, 1993.
- [8] N. Van Cu, N.T. Son, V. Ermoshin, *Geography and Natural Resources*, 39 (2018) 389-395.

EFFETS DES APPORTS DE CARBONE ORGANIQUE DISSOUS EN INTERACTION AVEC LES NUTRIMENTS SUR DES COMMUNAUTES PLANCTONIQUES ISSUES D'UN LAC DE HAUTE ALTITUDE EN PERIODE HIVERNALE

F. Dory^{(1)*}, L. Cavalli⁽¹⁾, E. Franquet⁽¹⁾, M. Claeys-Bruno⁽¹⁾, B. Misson⁽²⁾, T. Tatoni⁽¹⁾, C. Bertrand⁽¹⁾

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

(2) Univ Toulon, Aix Marseille University, CNRS/INSU, IRD, MIO UM 110, Mediterranean Institute of Oceanography, La Garde, France

*flavia.dory@imbe.fr

Les lacs de haute altitude sont des milieux sentinelles du changement global, sensibles aux variations des conditions environnementales [1]. On s'attend dans ces milieux à une augmentation du carbone organique dissous (COD) en provenance des bassins versants d'ici la fin du siècle en lien avec la modification du régime de précipitations [2]. Les communautés phytoplanctoniques des lacs de haute altitude sont caractérisées par une faible redondance fonctionnelle et une forte sensibilité aux changements environnementaux. La composition des communautés phytoplanctoniques dans ces milieux est très dépendante des apports en provenance des bassins versants, notamment en carbone organique dissous.

Des études antérieures ont montré qu'une augmentation du COD allochtone pouvait influencer le compartiment planctonique dans les milieux aquatiques, et notamment les relations trophiques entre bactéries hétérotrophes et phytoplancton. L'augmentation du COD peut favoriser les bactéries hétérotrophes par rapport au phytoplancton autotrophe *via* l'augmentation de la compétition pour les nutriments inorganiques [3]. On observe également une augmentation des taxa phytoplanctoniques mixotrophes qui, en ingérant les bactéries hétérotrophes, éliminent leurs principaux compétiteurs pour les nutriments inorganiques [4].

Les lacs de haute altitude sont caractérisés par une période hivernale relativement longue pendant laquelle les lacs sont recouverts de glace. La dernière phase de la période hivernale (phase d'ablation) se caractérise par des apports issus de la fonte du manteau neigeux du bassin versant. Les communautés planctoniques hivernales constituent de bons candidats pour étudier l'effet des apports de COD pour les raisons suivantes : (i) ces communautés subissent l'impact des apports du bassin versant pendant la phase d'ablation ; (ii) elles sont constituées de taxa adaptés aux conditions relativement hétérotrophes de la période hivernale et devraient montrer une réponse claire aux apports de COD ; (iii) elles constituent « l'inoculum » de la succession planctonique estivale et des modifications de la structure des communautés pourraient avoir d'importantes répercussions sur le fonctionnement des lacs.

Nous avons réalisé une expérimentation en conditions contrôlées sur des communautés planctoniques d'un lac de haute altitude en période hivernale. Nous avons échantillonné l'eau sous la glace et utilisé un plan d'expériences pour étudier l'effet des apports de COD en

interaction avec les nutriments sur les organismes planctoniques pendant la phase d'ablation de la période hivernale. La communauté planctonique a été soumise à des ajouts de COD dans deux conditions de disponibilité en nutriments, deux conditions de lumière, et deux conditions de température. L'objectif de cette étude était de mieux comprendre comment des apports de COD labile en interaction avec les nutriments en phase d'ablation peuvent modifier les interactions trophiques entre bactéries et phytoplancton.

Nos résultats expérimentaux indiquent que les apports de COD labile peuvent rapidement modifier les interactions trophiques du compartiment planctonique en fonction de la limitation des nutriments dans les lacs de haute altitude. Nous avons montré une diminution des interactions commensalistes entre les bactéries et le phytoplancton, mais une augmentation des processus de compétition et de prédation après les ajouts de COD.

Remerciements

Nous remercions Eric Meineri pour son aide au prélèvement des eaux du lac de Cordes dans des conditions difficiles, ainsi que les membres de l'Office Français de la Biodiversité pour leur aide sur le terrain. Les analyses chimiques ont été réalisées par l'Institut méditerranéen d'océanographie et par David Brinwillier de la section «Analyses biologiques et chimiques» de l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie.

Références

- [1] C.E. Williamson, J.E. Saros, W.F. Vincent, J.P. Smol. Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54 (2009) 2273-2282.
- [2] R.W. Battarbee, M. Kernan, N. Rose. Threatened and stressed mountain lakes of Europe: assessment and progress. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 12 (2009) 118-128.
- [3] R.L. Carney, J.R. Seymour, D. Westhorpe, S.M. Mitrovic. Lotic bacterioplankton and phytoplankton community changes under dissolved organic-carbon amendment: evidence for competition for nutrients. *Marine and Freshwater Research*, 67 (2016) 1362-1373.
- [4] A. K. Bergström, M. Jansson, S. Drakare, P. Blomqvist. Occurrence of mixotrophic flagellates in relation to bacterioplankton production, light regime and availability of inorganic nutrients in unproductive lakes with differing humic contents. *Freshwater Biology*, 48(5) (2003) 868-877.

RESTAURATION DES PELOUSES SECHES MEDITERRANEENNES A *BRACHYPODIUM RETUSUM* AU SEIN DE CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES

Q. Lambert^{1*}, A. Bischoff¹, R. Gros¹

(1) Aix-Marseille Université, Université d'Avignon, CNRS, IRD, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie (IMBE), Marseille, France

*quentin.lambert@imbe.fr

Les travaux de défrichage, de terrassement et les passages des engins lors de la construction de centrales photovoltaïques entraînent la destruction de la végétation et la dégradation des propriétés du sol [1–4]. Les panneaux solaires réduisent la quantité de rayonnement lumineux au niveau du sol et modifient ainsi le microclimat (température et humidité) [5,6]. Le développement des centrales photovoltaïques en Europe nécessite d'évaluer précisément leurs impacts sur les systèmes écologiques et d'améliorer leur intégration dans l'environnement par des mesures adaptées d'évitement et de réduction de ces impacts [7]. La restauration écologique vise à assister l'autoréparation des écosystèmes dégradés par des techniques de génie écologique.

La thèse de doctorat de Quentin Lambert s'inscrit dans le cadre des stratégies de l'Agence pour la Transition Environnementale (ADEME). Ce travail représente un volet de ma thèse et vise : 1) à identifier des méthodes efficaces de restauration des pelouses xérophiles typiques des régions méditerranéennes et 2) à évaluer l'effet des panneaux solaires sur les conditions microclimatiques et les dynamiques végétales.

Des expériences in situ de restauration écologique ont été mises en place en 2016 dans une centrale photovoltaïque au sol (Roquefort-des-Corbières, Aude). L'expérimentation s'est focalisée sur quatre modalités de restauration : 1) un transfert de foin d'une communauté végétale de référence (i.e. caractéristique d'une pelouse xérophile méditerranéenne), 2) un semis d'une graminée structurante de ces pelouses (*Brachypodium retusum*), 3) un amendement en matière organique (vermicompost). 4) une végétalisation spontanée (témoin)

Les quatre modalités ont été testées sous les panneaux solaires et en dehors de leur influence. Cinq blocs ont été positionnés de part et d'autre de la centrale photovoltaïques pour appréhender ses variabilités topographiques et pédologiques.

Parmi les techniques de restaurations testées, le transfert de foin est celle qui a permis de réinstaller la plus grande richesse en espèces végétales de la communauté de référence. Le semis de *B. retusum* a également eu un effet positif sur la restauration d'une communauté de référence. Nos résultats révèlent également que le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR) était 15 fois plus faible sous les panneaux solaires. La température des sols sous les panneaux est plus élevée en hiver et plus basse en été. Bien que les panneaux interceptent les précipitations météorologiques, les sols sous les panneaux sont plus humides, ce qui peut être la conséquence d'une plus faible évapotranspiration.

La richesse spécifique de la communauté végétale était plus faible sous les panneaux, alors que le nombre d'espèces communes à la communauté de référence et le recouvrement des espèces cibles n'étaient pas significativement différentes des placettes hors-panneaux.

Brachypodium retusum s'adapte aux modifications microclimatiques sous les panneaux, notamment à la diminution du PAR, par une plus faible production de flavonoïdes et une augmentation de la chlorophylle. Malgré ces modifications physiologiques, la mortalité de cette espèce était plus élevée sous les panneaux solaires.

Les observations des années suivantes montreront si la restauration par transfert de foin ou par ensemencement sera réussie à la fois en dessous et à l'extérieur des panneaux solaires

Remerciements

Ce travail s'intègre dans le projet « Processus d'intégration écologique de l'énergie solaire (PIESO) financée par l'ADEME. Nous remercions également l'ADEME qui finance intégralement la thèse de Quentin Lambert, ainsi que les différents partenaires EcoMed et Total Quadran pour leur participation dans ce travail. Nous remercions Daniel Pavon, Elise Buisson et Aure Durbec pour leur participation aux relevés floristiques. Nous remercions Eliot Zachary, Thimoty Cazeaux, Léo Rocher, Sebastien Daily, et Lorenzo Ottaviani pour leur aide dans l'acquisition des données.

Références

- [1] K.A. Moore-O'Leary, R.R. Hernandez, D.S. Johnston, S.R. Abella, K.E. Tanner, A.C. Swanson, J. Kreidler, J.E. Lovich, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15 (2017) 385.
- [2] R. R. Hernandez, M. K. Hoffacker, M. L. Murphy-Mariscal, G.C. Wu, M.F. Allen, *PNAS*, 112 (2015) 13579.
- [3] A. Armstrong, S. Waldron, J. Whitaker, N.J. Ostle, *Global Change Biology*, 20 (2014) 1699.
- [4] D. Turney, V. Fthenakis, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2011) 3261.
- [5] K.E. Tanner, K.A. Moore-O'Leary, I.M. Parker, B.M. Pavlik, R.R. Hernandez, *Ecosphere*, 11 (2020) e03089.
- [6] A. Armstrong, N.J. Ostle, J. Whitaker, *Environ. Res. Lett.*, 11 (2016) 074016.

DÉFENSES PHYSICO-CHIMIQUES DU CHÊNE PUBESCENT FACE AUX RESTRICTIONS DE PRÉCIPITATIONS EN MILIEU NATUREL

J. Laoué^{1*}, C. Fernandez¹, E. Ormeno¹

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

*justine.laoue@imbe.fr

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

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

Les résultats préliminaires (en cours d'analyse)

suggèrent un ralentissement physiologique plus important chez les arbres sous stress hydrique aggravé, en particulier pendant la période estivale lorsque le stress hydrique est le plus marqué (données de 2020). Des changements morphologiques au niveau des feuilles, avec une plus faible densité stomatique chez les arbres en stress hydrique aggravé semblent également être mis en place. Quant aux défenses métaboliques, l'accumulation de métabolites spécialisés de type flavonols (sous-groupe de flavonoïdes) diminue chez les arbres sous stress hydrique aggravé comparés aux arbres sous stress hydrique naturel. Cela est néanmoins compensé par une accumulation de certains métabolites primaires (e.g., néoxanthines) chez ces arbres, ce qui assure les défenses antioxydantes du végétal.

Remerciements

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

Références

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

IN-SITU CONTINUOUS ATMOSPHERIC GREENHOUSE GASES (CO₂, CH₄ AND CO) MEASUREMENTS AT THE OHP ICOS-FR STATION TALL TOWER IN SOUTH FRANCE FROM JULY 2014 TO MARCH 2020 AND RELATED ANTHROPOGENIC TRACERS

L. Lelandais^{1*}, I. Xueref-Remy¹, A. Riandet¹, S. Sauvage², P-E. Blanc³, M. Delmotte⁴, M. Ramonet⁴, A. Armengaud⁵

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

(2) IMT Lille Douai, Univ Lille, SAGE Département Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement, Lille, France

(3) Observatoire de Haute Provence, OSU Pythéas, France

(4) Université Paris Saclay CEA CNRS UVSQ, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 Gif sur Yvette, France

(5) AtmoSud Observatoire de la Qualité de l'air en Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur, le Noilly Paradis, 146 Rue Paradis, 13294 Marseille, Cedex 06 France

*ludovic.lelandais@imbe.fr

The Observatoire de Haute Provence (OHP) belongs to the ICOS-Fr French national greenhouse gases network and is operational since July 2014. It is located about 100 km north of the Aix-Marseille metropolis in the SUD-PACA region, characterized by a Mediterranean climate and exposed to the risks of climate change as perturbations of the carbon cycle [1]. The OHP station is equipped with a tall tower of 100 m AGL, and monitors continuously atmospheric CO₂, CH₄ and CO at 10 m, 50 m and 100 m (AGL). Surrounded by forest, the ICOS-Fr OHP station is set-up in a rural environment, allowing to follow the long-term evolution of background CO₂ and CH₄. However, depending on synoptic conditions and on the season, anthropogenic emissions can increase the greenhouse gases concentration at the station. Six years of atmospheric CO₂, CH₄ and CO measurements (from July 2014 to March 2020) were analyzed to assess their variability at different spatio-temporal scales. Regarding CO₂ (CH₄), we inferred that the annual growth mean at OHP is about +2.7 ppm/year (+7.9 ppb/year); the amplitude of the seasonal cycle is about 13ppm (44 ppb); and the amplitude of the diurnal cycle varies regarding the season. The frequency of synoptic and short time variations of CO₂ and CH₄ will also be presented in this poster. Correlations between species and other tracers monitored by the regional air quality agency (ATMOSUD), were also exploited to better infer the role of natural vs anthropogenic fluxes at OHP.

Remerciements

The authors would gratefully thank ATMOSUD for their help to obtain data about particulate matters and O₃, inventories data and for the financial support to realize this study. The conseil régional de Provence-Alpes-Côte-d'Azur is also gratefully thanked for the crucial financial support to finish this study. The Icos-France network to let us explore and use GHGs data. Moreover, the NOAA Air Resource Laboratory (ARL) is thanked for providing the HYSPLIT Transport and dispersion model on READY website (<http://www.ready.noaa.gov>).

Références

[1] T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

**MESURE DE LA BIODIVERSITÉ MICROBIENNE DE LA ZONE HUMIDE
CHOTT ECH CHERGUI PAR METABARCODING DES GÈNES ADNr16S
ET COI**

A. Mehrou Zouggar^{1-2*}, V. Dubut¹, S.A.C. Lamara², E. Meglecz¹, S.M.E.A. Abi ayad², P. Mirleau¹, A. Chenuil¹

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

(2) Université Oran1 Ahmed Ben Bella, Laboratoire d'Aquaculture et Bioremédiation (AQUABIOR), B.P. 1524 Oran, Algérie

*aicha.mehrou-zouggar@imbe.fr

Chott Ech Chergui et la deuxième plus grande zone humide d'Afrique. Classée RAMSAR en 2001 [1], elle s'étend sur une superficie de 855.000 ha en milieu semi-désertique. La juxtaposition de lacs saisonniers et d'autres quasi-permanents, alimentés par des sources thermales, renfermant des eaux salées et des eaux douces en font un écosystème remarquable.

Les conditions extrêmes de cette zone humide suscitent l'étude de la biodiversité qu'elle héberge. En particulier, l'étude des communautés microbiennes présente de nombreux intérêts pour les biotechnologies et revêt un caractère fondamental pour comprendre son fonctionnement, dans un contexte où les pressions liées au changement climatique et à l'anthropisation du milieu accroissent la détérioration de cette zone humide. Dans cette étude, nous visons à caractériser la composition des communautés d'organismes procaryotes et eucaryotes présent dans l'eau et les sédiments en s'appuyant sur un échantillonnage qui reflète les conditions environnementales contrastées du milieu.

Pendant un an, des prélèvements mensuels d'eau et de sédiments ont été réalisés sur sept sites de la zone humide. Les échantillons ont été traités par étapes successives d'extraction de l'ADN environnemental (ADNe), d'amplification des gènes ADNr16S et COI, du marquage moléculaire des amplicons et de leur séquençage très haut débit sur plateforme Illumina Miseq®. Une analyse bioinformatique à ensuite permis de démultiplexer les échantillons et d'identifier les variants génétiques en les confrontant aux bases de données génétiques.

Le séquençage d'amplicons a généré un total de 50666 et 67414 variants procaryotes (ADNr16S) dans les échantillons d'eau et de sédiments, respectivement. Ces

variants se répartissent dans 11 embranchements bactériens et 2 embranchements archées. 47748 et 51272 variants eucaryotes (COI) ont été obtenus dans les échantillons d'eau et de sédiments, respectivement ; se répartissant dans 22 embranchements. Par ailleurs, en dépit d'un filtrage bioinformatique strict, de nombreux variants microbiens ne présente pas de correspondance dans les bases de données génétiques, suggérant de compléter l'étude des microorganismes isolés par culture dans cette zone humide par une approche de barcoding moléculaire.

L'analyse des communautés microbiennes a mis en évidence leur variabilité spatiale et temporelle dans les différents prélèvements d'eau et de sédiments, en relation avec l'hétérogénéité des conditions environnementales selon les sites.

Cette étude ouvre la voie à des analyses d'inférence fonctionnelle chez les procaryotes et à l'identification d'organismes particulièrement adaptés aux conditions extrêmes de la zone humide Chott Ech Chergui.

Remerciements

Je remercie les doctorants M. Rabahi, C. Mehali, S. Nil et M. Meliani qui m'ont aidée à réaliser l'échantillonnage.

Références

[1] Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971).

RELATION ENTRE CULTURES DE FENOUIL (*FOENICULUM VULGARE*, APIACEAE) ET INSECTES FLORICOLES EN MILIEUX AGRICOLES

L.Schurr^{1*}, V. Masotti¹, B. Geslin¹, S. Gachet¹ & L. Affre¹

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

*lucie.schurr@imbe.fr

La pollinisation par les insectes est un service écosystémique indispensable à plus de 75% des plantes cultivées [1]. Alors que pour certaines cultures le rôle des différents insectes floricoles dans la production de fruits ou de graines est bien connu (pommes ; poires etc... ; [2][3]), pour une large majorité d'entre elles, nous ignorons encore le rôle précis des pollinisateurs aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif. C'est notamment le cas du fenouil.

Or, la production de fenouil est stratégique pour la Société Pernod-Ricard France car le pastis tient son goût anisé d'une molécule, l'anéthol, qui se trouve en grande quantité dans les fruits du fenouil (*Foeniculum vulgare*). Pour la production de son pastis, notamment de la gamme « Ricard plantes fraîches », la société Pernod-Ricard a instauré et augmente les surfaces cultivées en fenouil aromatique sur le plateau de Valensole (Alpes de Hautes Provence, France). Dans sa démarche « Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) », la société vise une acquisition des matières premières de leurs produits la plus respectueuse de l'environnement. Ainsi, ils ont engagé un co-financement pour l'étude de l'interaction entre les cultures de fenouil et les insectes floricoles sur le plateau de Valensole. Les objectifs sont (1) d'analyser l'effet des ressources apportées aux insectes par la culture de fenouil, (2) d'étudier les effets du contexte paysager et des pratiques agricoles sur les communautés d'insectes, et (3) de déterminer si la présence, l'abondance, et la diversité des insectes ont un rôle dans la formation de fruits matures et dans la quantité d'anéthol contenue dans ces fruits.

Nous avons montré que la culture de fenouil est dépendante des insectes pour la formation de fruits matures. En effet, en exclusion d'insectes, le taux de production de fruits matures est proche de 0, et significativement plus faible qu'en pollinisation entomogame. Mais nous avons pu montrer que c'est surtout la diversité en insectes dans le milieu, et non leur abondance, qui augmente les rendements de la culture (mesurés en quantité d'huile essentielle de fenouil extraite des fruits, contenant l'anéthol).

Étonnamment, nous n'avons pas montré d'influence des pratiques agricoles (taille des parcelles agricoles, quantité d'insecticides) sur l'abondance et la diversité des insectes. Nous avons montré que, contrairement à de nombreuses études [4] [5][6], la proportion de milieux semi-naturels forestiers dans un rayon proche de nos cultures de fenouil ne semble pas avoir d'impact sur la communauté d'insectes de nos parcelles agricoles. En revanche, plus la distance à ces milieux forestiers est grande moins la communauté d'insectes est diversifiée. C'est la configuration du paysage (diversité en habitats et leur agencement dans l'espace) qui structure la communauté d'insectes. L'indice d'interspersion et de juxtaposition IJI est un indice d'hétérogénéité du paysage qui rend compte du mélange de patches d'habitats et de la longueur des bordures entre les différents patches. Nous

avons montré que lorsque IJI est grand autour de nos cultures de fenouil, l'abondance et la diversité en insecte sont grandes. Une augmentation de l'IJI montre une augmentation de l'hétérogénéité du paysage, de la complexité du milieu, et de la longueur des bords linéaires entre les cultures, facilitant l'accès potentiel à des ressources variées pour les insectes, qui peuvent être complémentaires.

Ainsi, favoriser la culture de fenouil dans des milieux avec des habitats diversifiés bien répartis, et la proximité de milieux semi-naturels forestiers, peut permettre d'augmenter l'abondance et surtout la diversité en insectes dans les parcelles agricoles, permettant à la fois de freiner le déclin des insectes et d'augmenter les rendements en anéthol des cultures de fenouil sur le Plateau de Valensole.

Remerciements

Nous remercions la société Pernod-Ricard France (PRF) et l'ANRT pour le financement de cette thèse, ainsi que S. Kaufmann, responsable environnement PRF, encadrant au sein de l'entreprise. Merci également à M. Brugger, M. Delobbeau, S. Bourdon, L. Ropars, G. Nève, M. Zakardjian, F. Flacher et J-P. Ortiz, pour leur aide sur le terrain et au laboratoire.

Références

- [1] Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, et al (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc R Soc B Biol Sci 274:303–313. doi: 10.1098/rspb.2006.3721
- [2] Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, et al (2013) Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. Science 339:1608–1611. doi: 10.1126/science.1230200
- [3] Geslin B, Aizen MA, Garcia N, et al (2017) The impact of honey bee colony quality on crop yield and farmers' profit in apples and pears. Agric Ecosyst Environ 248:153–161
- [4] Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Büger C, et al (2002) Scale-Dependent Effects of Landscape Context on Three Pollinator Guilds Author (s): Ingolf Steffan-Dewenter , Ute Münzenberg , Christof Bürger , Carsten Thies and Teja Tscharntke Published by : Wiley on behalf of the Ecological Society of America Stable. Ecology 83:1421–1432
- [5] Holland JM, Douma JC, Crowley L, et al (2017) Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. Agron Sustain Dev 37: . doi: 10.1007/s13593-017-0434-x
- [6] Raderschall CA, Bommarco R, Lindström SAM, Lundin O (2021) Landscape crop diversity and semi-natural

**THE PATTERN OF DIETARY NICHE PARTITIONING BETWEEN TWO
NATIVE RIVERINE FISH SPECIES: *ZINGEL ASPER* AND *COTTUS
GOBIO***

K. Villsen^{1*}, E. Corse^{1,2,3}, E. Megléczy¹, G. Archambaud-Suard⁴, A. V. Ereskovsky^{1,5,6}, R. Chappaz⁴, V. Dubut¹

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

(2) Centre Universitaire de Mayotte, Dembeni, Mayotte, France

(3) MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Montpellier, France

(4) INRAE, Aix Marseille Université, RECOVER, Aix-en-Provence, France.

(5) St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

(6) Koltzov Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* kurt.villsen@imbe.fr

Interspecific competition, by acting upon sympatric species as they compete for limited resources, is one of primary drivers of ecological processes [1]. The long-term coexistence of species that share resources depends on their ability to avoid competition by resource partitioning. Understanding how syntopic species undergo interspecific competition and resource partitioning therefore has important implications for the management of endangered species [2]. The Rhone Streber (*Zingel asper*) and the European Bullhead (*Cottus gobio*) occupy very similar ecological niches: they are both generalist benthic predators that mostly consume aquatic invertebrates and inhabit shallow streams with rocky substrates [3, 4]. Both of these species are protected by European conservation legislation with *Z. asper* being listed as critically endangered on the IUCN red-list [5]. We combined dietary data reconstructed from metabarcoding of predator feces as well as prey availability and habitat characteristics obtained from three sampling locations to infer to what extent these species experience interspecific competition. We found that both species showed strong preferences for the same main prey species but differed in some secondary prey preferences. Applying both taxonomic and functional approaches to compare the trophic niche components between species, we found that *C. Gobio* had smaller individual trophic niche widths with higher inter-individual diet variation compared to *Z. asper*. This suggests that *Z. asper* consumes more diverse prey that are associated with a wider variety of habitats than *C. gobio*. Lastly, we found that the dietary partitioning between *Z. asper* and *C. gobio* was non-significant. We conclude that dietary overlap between *Z. asper* and *C. gobio* is high suggesting they may compete for trophic resources in cases of limited prey availability. Our findings offer novel perspectives for the conservation and management of the critically endangered *Z. asper*.

Remerciements

We thank the staff from the Office Français pour la Biodiversité (OFB), Aix-Marseille Université, INRAE Aix-en-Provence, the Conservatoire d'Espaces Naturels

Rhône-Alpes (CENRA), and the Parc Naturel Régional du Verdon (PNRV) for their help with fieldwork. We especially thank Patrick Gindre, François Huger, Daniel Pedretti and Guillaume Verdier (OFB) for their valuable technical and logistical support with fieldwork, and we are grateful to Marianne Georget, Juliette Dejean, Laure Moreau, Anne Ferment (PNRV) and Mickaël Cagnant (OFB) for their support during the project. This study is part of the French Plan National d'Action en faveur de l'apron du Rhône (2012-2016) coordinated by the Direction Régionale pour l'Environnement, l'Aménagement et le Logement d'Auvergne-Rhône-Alpes and managed by the CENRA. This study was funded by the Syndicat Mixte d'Aménagement du Val Durance ; (SMAVD), the Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (AERMC), the Conseils Régionaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Bourgogne-Franche-Comté and Auvergne-Rhône-Alpes, the Direction Régionale pour l'Environnement, l'Aménagement et le Logement PACA (DREAL PACA) and the PNRV. E.C. was supported by a post-doctoral grant from Electricité de France (EDF) and OFB, and K.V. was supported by a PhD grant from the Ecole Doctorale des Sciences de l'Environnement (ED251 ; Aix-Marseille Université). Data used in this study were produced by the molecular facilities of LabEx CeMEB (platforms 'ADN Degrade' and 'GenSeq', Montpellier), CIRAD (Montferrier-sur-Lez) and SCBM (IMBE, Marseille).

Références

- [1] J. Roughgarden, *The American Naturalist*, 106 (1952) 683.
- [2] P. Chesson, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31 (2000), 343.
- [3] L. Cavalli, N. Pech, and R. Chappaz, Diet and growth of the endangered *Zingel asper* in the Durance River, *Journal of Fish Biology*, 63 (2003) 460.
- [4] C. A. Mills and R. H. K. Mann, The bullhead *Cottus gobio*, a versatile and successful fish, 1983, 76.
- [5] A. J. Crivelli, "Zingel asper. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T23207A9427850.

INSTITUT MEDITERRANEEN D'OCEANOLOGIE – MIO –

MECHANISTIC UNDERSTANDING OF DIAZOTROPHS AGGREGATION: 'A ROLLING TANKS APPROCH'

Ababou. F¹, Le Moigne. F.A.C¹, Camps. M¹, Grosso. O¹, Bonnet. S¹,

(1) Mediterranean Institute of Oceanography (MIO) UMR CNRS 7294 - IRD 235, Aix Marseille Université, France

*fatima.ababou@mio.osupytheas.fr

Atmospheric dinitrogen (N₂) fixation by marine planktonic diazotrophic organisms is a major source of new N to the ocean [1]. Diazotrophs are ubiquitous in the global ocean and play a key role by sustaining new primary production and export [2]. Recent *in situ* studies suggest that the majority of diazotroph groups present in surface are exported out of the euphotic layer, but processes involved in sinking have never been studied [3]. Diazotrophs span different forms (unicellular or filamentous) [4], sizes (1-100 μm), and ability to produce exopolysaccharides (EPS), which may affect their ability to form aggregates and sink [5]. Yet, this has to be explored. Here we use rolling tanks experiments [6] to investigate the aggregation and sedimentation capacity of two cultured filamentous diazotrophs strains (*Trichodesmium*, *Calothrix*) and four strains of unicellular diazotrophs: two UCYN-B and two UCYN-C with contrasting EPS content. Experiments were performed in darkness at 20°C for 4 days at 3.5 rpm to simulate cells/particles aggregation and physically reproduce particles movement during sinking [7]. Sinking velocities of the aggregates formed after 4 days were measured [8], together with concentrations of particulate organic carbon (POC in suspension or in aggregates), of dissolved organic carbon (DOC), and EPS. UCYN-B producing EPS and *Calothrix* showed the highest aggregation capacities, and the highest sinking velocities. Results are discussed in light of EPS production and regarding the fate of diazotrophs in the water column and their potential role in the biological carbon pump.

Remerciements

We would like to thank PACEM and PRECYM platforms for carrying out the chemical analyses and flow cytometry. Thanks to 'Alpes Maintenance Générale' for the design and manufacture of the rolling table and thanks to PSP INDUSTRIE for manufacturing the tanks.

Références

- [1] K. Leblanc, V. Cornet, M. Caffin, *Biogeosciences*, 13 (2016) 5205.
- [2] Y.W. Luo, S. C. Doney and *al*, *Earth Syst. Sci. Data*, 4 (2012) 47.
- [3] J.C. Prairie, Q.W. Montgomery, K.W. Proctor, K.S. Ghiorso, *Journal of Marine Science and Engineering*, 7 (2019) 265.
- [4] R. J. Langlois, J. Laroche, P. A. Raab, *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (2005) 7910.
- [5] A. Engel, S. Thoms, U. Riebesell, E. Rochelle-Newell, I. Zondervan, *Nature*, 428 (2004) 929.
- [6] B.N. Cruz, S. Neuer, *Frontiers in Microbiology*, 10 (2019) 1864.
- [7] F. A. C. Le Moigne., M. Gallinari, E. Laurenceau, C. L. De La Rocha, *Biogeosciences*, 10 (2013) 5755.
- [8] [H. Farnelid](#), [K. T.Kubo](#), [H. Ploug](#), [J. E. Ossolinski](#), [J. R. Collins](#), [B. A. S. Van Mooy](#), [J. P. Zehr](#), *The ISME Journal*, 13 (2019) 170.

STUDY OF MARINE IRON-RICH MICROBIAL MATS FROM LUCKY STRIKE: INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL VARIATIONS

A. Astorch-Cardona^{1*}, M. Guerre¹, C. Rommevaux¹⁽¹⁾ Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

*aina.astorch@mio.osupytheas.fr

Even though oceans are considered to be mainly oxygenated and depleted in Fe(II), there are different areas in which these conditions are not met, such as hydrothermal vents [1]. In these environments, superheated reduced vent fluids rich in Fe(II) flow into cold oxygenated seawater, creating redox gradients which allow the development of unique ecosystems based on chemolithoautotrophy [1,2]. Although a great number of microorganisms within the Archaea and Bacteria are able to thrive in these ecosystems [2], there is a particular interest in a group of bacteria which use dissolved Fe(II) or Fe₀ as their main energy source: iron-oxidizing bacteria (FeOB) [3,4,5].

Regardless of the constraints that FeOB face in such conditions, as the energetics and the kinetics of the oxidation of iron are quite low [6], they are considered to be primary producers in this kind of ecosystems, forming centimetre-thick orange-coloured iron-rich microbial mats [3,7,8]. Previous analyses have shown that there is a great phylogenetic diversity in these mats, and that there coexist microorganisms involved in the iron, carbon, sulphur and nitrogen biogeochemical cycles within them [7]. Nevertheless, the microorganisms that play a key role in their formation and in the coupling of the iron cycle with the other elements cycles are the FeOB [3,8], whose isolates from marine environments belong almost exclusively to the *Zetaproteobacteria* class [8].

Several studies have been carried out focusing on FeOB but contrarily to this, there has yet not been any project based on iron-rich microbial mats and their evolution over time and in correlation with environmental variations. Due to this, the role of FeOB within these ecosystems and the impact that physico-chemical variations can have on them have yet not been fully elucidated. It is for this reason that this project has been performed since 2016 and will be further developed during the following years.

Up until now, this study has focused on determining the composition of the communities inhabiting iron-rich microbial mats retrieved from two sites of the Lucky Strike hydrothermal field (LSHF-MAR, N37°17'/W32°17'); the Capelinhos and the North Tour Eiffel sites, during four consecutive years (2016-2019). The analysis of the phylogenetic diversity of these mats performed by 16S rRNA sequencing is presented, as well as the study of the modifications of the community composition depending on physico-chemical parameter variations recorded by the EMSO-Azores observatory.

The future directions of this study are to continue analysing the composition of the communities in the coming years (2020, 2021 and 2022). Furthermore, four additional sites have been sampled (Lava Lake, South Isabel, Y3 and West Syntra) in 2020 and will be sampled again in 2021 and 2022, so as to be able to compare the variation in the community's composition throughout time and between sites.

Beyond the phylogenetic analysis, the aim of this project is to understand which are the essential metabolic activities within the mats and which genes are related with them, as well as to discern which are the necessary metabolic interactions to allow the survival of the group. To reach these objectives, global analysis such as metatranscriptomics will be performed for all the samples. Finally, mat samples collected in 2020 will be cultured in order to try to enrich FeOB and therefore to be able to better characterize the iron oxidation metabolic pathways present in the mats via proteomic analysis targeting iron oxidation. Moreover, these cultures will be used to analyse the diversity of the microbial communities and the proportion of FeOB in them, as well as to define their potential interactions with other microorganisms.

Acknowledgments

We would like to thank the heads of the missions of the MoMar 2016 - 2020 campaigns, as well as the sailors and underwater gear personnel of the French oceanographic fleet for the collection of samples.

References

- [1] D. Emerson, J.A. Rentz, T.G. Lilburn, *PLoS One*, 8 (2007) e667.
- [2] C. Rommevaux, P. Henri, J. Degboe, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20 (2019) 3065.
- [3] H. Makita, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (2018) 110.
- [4] J.F. Mori, J.J. Scott, K.W. Hager, *The ISME Journal*, 11 (2017) 2624.
- [5] B.K. Chiu, S. Kato, S.M. McAllister, *Frontiers in Microbiology*, 8 (2017) 1.
- [6] D. Emerson, E.J. Fleming, J.M. McBeth, *Annual Review of Microbiology*, 64 (2010) 561.
- [7] J.J. Scott, J.A. Breier, G.W. Luther, *PLoS One*, 10 (2015) 1.
- [8] K. Laufer, M. Nordhoff, M. Halama, *Applied Environmental Microbiology*, 83 (2017) 1.

VIABILITY AND STRESS STATE OF BACTERIA ASSOCIATED WITH PRIMARY PRODUCTION OR ZOOPLANKTON-DERIVED SUSPENDED PARTICULATE MATTER IN SUMMER ALONG A TRANSECT IN BAFFIN BAY (ARCTIC OCEAN)

C. Burot^a, R. Amiraux^{a,b,c}, P. Bonin^a, S. Guasco^a, M. Babin^c, F. Joux^d, D. Marie^e, L. Vilgrain^f, H. Heipieper^g, J-F. Rontani^{a*}

^a Aix-Marseille University, Université de Toulon, CNRS/INSU/IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288 Marseille, France.

^b UMR 6539 Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (CNRS, UBO, IRD, Ifremer) Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) Plouzané, France.

^c Takuik Joint International Laboratory, Laval University (Canada) - CNRS, Département de biologie, Université Laval, Québec G1V 0A6, Québec, Canada.

^d Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC), Observatoire Océanologique de Banyuls, 66650 Banyuls sur mer, France.

^e Sorbonne Université, CNRS, UMR 7144, Station Biologique de Roscoff, 29680 Roscoff, France.

^f Sorbonne Université, CNRS UMR 7093, LOV, Observatoire océanologique, Villefranche-sur-Mer, France.

^g Department of Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, Germany.

*contact_author : christopher.burot@mio.osupytheas.fr

Arctic sea ice shelters a huge diversity of organisms particularly well-adapted to the harsh living conditions in this ecosystem [1]. One of the numerous ecosystem services that this particular biota fulfil is the production of organic matter [1] and atmospheric carbon sequestration.

Sympagic diatoms (diatoms inhabiting the ice matrix) are responsible for much of this production. Their contribution to annual primary production (PP) varies widely depending on the season and the region (<1–60%, [2]), but it represents a crucial food source for the marine food web. The fate of sympagic biota in sea ice and as they descend in the water column depends mostly on grazing by zooplankton and mineralization by their attached bacteria. The activity of their attached bacteria is thus crucial to estimate the amount of organic material that will reach the seafloor.

In the Arctic, bacteria appear to be in a weak physiological state, indeed, it has been shown that between 25 and 80% of Arctic bacterioplankton seems to be dormant or inactive [3]. This weak activity is attributed to the harsh life conditions inside the ice matrix, such as strong salinity [4], or the production of bactericidal free fatty acid (FFa) by sympagic algae.

In this study we monitored the salinity stress and mortality of bacteria associated with sympagic algae and suspended particles in samples collected during the GreenEdge 2016 cruise in Baffin Bay, along a transect from sea ice to open water. Using specific lipidic tracers and their oxydation products and bacterial viability measurements we managed to obtain interesting results.

Within sea ice, attached bacteria are undergoing a strong salinity stress, and appear to be strongly grazed by heterotrophic μ -zooplankton. Under sea ice, bacteria are strongly stressed by the release of bactericidal free fatty acid by sympagic algae, resulting in a high mortality of the attached bacteria. At the ice edge, brine canals seem to be clogged by high amounts of exopolysaccharides (EPS) that are then released in the water after most of the organic

material has been flushed away from the ice. Finally, in ice-free waters, we obtained contrasting results, depending on the water's depth.

Remerciements

This work was supported by the BACSTRESS (INSU - EC2CO-Microbien) and GREENEDGE projects. The GREENEDGE project is funded by the following French and Canadian programs and agencies: ANR (Contract #111112), CNES (project #131425), IPEV (project #1164), CSA, Fondation Total, ArcticNet, LEFE and the French Arctic Initiative (GREENEDGE project)

Références

[1] : Boetius A, Anesio A.M, Deming J.W, Mikucki J.A, Rapp J.Z. « Microbial Ecology of the Cryosphere: Sea Ice and Glacial Habitats ». *Nature Reviews Microbiology* 13, n° 11 (2015): 677-90

[2] : Fernández-Méndez, M., Katlein, C., Rabe, B., Nicolaus, M., Peeken, I., Bakker, K., Flores, H., Boetius, A. Photosynthetic production in the central Arctic Ocean during the record sea-ice minimum in 2012. *Biogeosciences* 12 (2015): 3525-3549.

[3] : Howard-Jones, M., Ballard, V., Allen, A., Frischer, M., Verity, P. Distribution of bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the central Barents Sea during summer. *Journal of Marine Systems* 38 (2002): 77-91.

[4] : Amiraux R, Belt S.T, Vaultier F, Galindo V, Gosselin M, Bonin P, Rontani J.F. « Monitoring Photo-Oxidative and Salinity-Induced Bacterial Stress in the Canadian Arctic Using Specific Lipid Tracers ». *Marine Chemistry* 194 (2017): 89-99.

DINITROGEN FIXATION IN THE INDIAN OCEAN: AN INTER-BASIN AND INTER-MONSOON COMPARISON (DINDE)

Subhadeep Chowdhury¹, Arvind Singh², Sophie Bonnet¹, Mar Benavides^{1*}*(1) Aix Marseille University, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288 Marseille, France**(2) Geosciences Division, Physical Research Laboratory, Navrangpura, Ahmedabad, 380009, India*

*contact_author: mar.benavides@ird.fr

Dinitrogen fixation (the reduction of atmospheric N₂ to ammonium) is an energy intensive process performed by specialized prokaryotes called diazotrophs. Diazotrophs include autotrophic cyanobacteria (filamentous and unicellular), and non-cyanobacterial diazotrophs (bacteria and archaea). Since the 1970s, N₂ fixation was mainly attributed to autotrophic diazotrophs (*Trichodesmium*, *Richelia*), thriving in surface waters of tropical and subtropical oceans. Molecular tools have expanded the known diversity of diazotrophs, which include unicellular and non-cyanobacterial diazotrophs, are widespread beyond tropical waters, and sometimes fix N₂ at substantial rates. Therefore, it is crucial to consider their contribution to reactive nitrogen availability in the ocean.

N₂ fixation has been widely studied in the Atlantic and Pacific Oceans. Among the world's oceans, the Indian

Ocean (IO) remains the most enigmatic, being the least explored region of the world. Due to the Asian monsoon system, the IO has a quite particular functioning mode: a semi-annual type of reversing monsoon winds. These winds affect ocean currents, influencing marine biogeochemical cycles and plankton dynamics. The impact of the monsoon seasonality on N₂ fixation remains poorly understood. Endorsed by the Second International Indian Ocean Expedition (IIOE-2), our project aims to reveal the diversity and contribution of cyanobacterial vs non-cyanobacterial diazotrophs to N₂ fixation fluxes in the IO under the varying monsoon system. This work will lead to explore and acquire more insight into the N₂ fixation of IO in the contrasted sub-basins and contrasted seasons to solve the biogeochemical mystery of IO.

NOUVELLES PERSPECTIVES POUR LA MESURE DIRECTE *IN SITU* DES VITESSES VERTICALES OCÉANQUES DANS LES ÉTUDES À FINE ÉCHELLE

C. Comby^{1*}, S. Barrillon¹, J.-L. Fuda¹, A. M. Doglioli¹, R. Tzortzis¹, G. Gregori¹, M. Thyssen¹, A. A. Petrenko¹

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

*caroline.comby@mio.osupytheas.fr

La connaissance des vitesses verticales est essentielle pour étudier la dynamique océanique à fine échelle (de la dizaine à la centaine de km, pour une durée de quelques jours à quelques semaines) dans les couches superficielles de l'océan ainsi que pour comprendre son impact sur les mécanismes de production biologique [1], dans les environnements côtiers et hautiers. L'intérêt général croissant pour les fines échelles et, plus précisément, pour la détermination des vitesses verticales, s'explique par leur rôle clé dans l'équilibre océanique mondial. En effet, malgré leur faible intensité, ces vitesses verticales impactent l'efficacité de la pompe biologique par leur influence sur la dynamique des flux verticaux des éléments nutritifs et de l'énergie turbulente qui se répercute ensuite sur la dynamique planctonique [2,3,4]. Avec l'augmentation des problèmes de réchauffement climatique liés au forçage du cycle du carbone par les activités anthropiques, l'estimation des vitesses verticales devient une information essentielle pouvant permettre une meilleure représentation des bilans biogéochimiques [5, 6]. Cependant, ces vitesses verticales ont longtemps été négligées, simplement paramétrées, ou considérées comme non mesurables, en raison principalement de leur ordre de grandeur ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$), généralement très inférieur à celui des vitesses horizontales ($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$). En conséquence, la mesure directe *in situ* des vitesses verticales reste actuellement l'un des plus grands défis de l'océanographie physique.

Nous avons développé une nouvelle méthode de mesure directe *in situ* des vitesses verticales en utilisant les données de différents courantomètres acoustiques à effet Doppler (ADCP) associés à des sondes CTD (mesurant la conductivité, la température et la pression de l'eau), puis nous avons effectué une analyse comparative des résultats obtenus par cette méthode. Les données analysées ont été collectées lors de la campagne FUMSECK (2019, mer Ligure), à partir de trois ADCP : deux Workhorses (ADCP classique), le premier déployé sur un carrousel et le second en chute libre, et un Sentinel V (ADCP nouvelle génération possédant quatre faisceaux classiques et un cinquième faisceau vertical), également déployé sur un carrousel. Nos analyses ont fourni des mesures de vitesses verticales de l'ordre du $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, avec des écarts-types de quelques $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ [7]. Si le cinquième faisceau du Sentinel V a montré une meilleure précision que les ADCP classiques, la technique de la chute libre a, quant à elle, permis une mesure plus précise par rapport à la technique sur carrousel. Certaines de ces mesures ont été recueillies en bordure du courant Nord, courant côtier de Méditerranée Nord occidentale. Ces nouvelles données sur les bordures de courants côtiers représentent une source d'information pour l'amélioration future de l'altimétrie côtière en particulier.

Enfin, cette étude innovante ouvre la possibilité d'effectuer des mesures simples et directes *in situ* des vitesses verticales, en couplant la technique de chute libre avec un ADCP à cinq faisceaux. Ainsi, nous envisageons de déployer un Sentinel V en chute libre, aussi bien dans les zones hauturières, caractérisées par une dynamique océanique de fine échelle plus intense, que dans les zones côtières, où les forçages topographiques peuvent être à l'origine de vitesses verticales de grande amplitude.

Remerciements

Nous remercions le capitaine et l'équipage du R/V *Téthys II* pour leur aide dans le déploiement des instruments. Nous remercions Kévin Grangier (Teledyne RD Instruments) pour avoir fourni l'ADCP Sentinel V et pour ses commentaires utiles. Nous remercions également Nagib Bhairy pour le traitement post-campagne des données CTD, ainsi que tous les membres du SAM (Service Atmosphère Mer) pour leur aide ponctuelle.

Références

- [1] L. Rousselet, A. M. Doglioli, A. de Verneil, A. Pietri, A. DellaPenna, L. Berline, P. Marrec, G. Gregori, M. Thyssen, F. Carlotti, S. Barrillon, F. Simon-Bot, M. Bonal, F. d'Ovidio, and A. Petrenko, *Journal of Geophysical Research*, 124 (2019) 3561.
- [2] A. P. Martin, K. J. Richards, M. J. Fasham, *Journal of Marine Systems*, 28 (2001) 65.
- [3] A. Mahadevan, *Annual Review of Marine Science*, 8 (2016) 161.
- [4] M. Lévy, P. J. S. Franks, K. S. Smith, *Nature Communications*, 9 (2018) 4758.
- [5] L. Resplandy, M. Lévy, G. Madec, S. Pous, O. Aumont, D. Kumar, *Journal of Geophysical Research*, 116 (2011) C11007.
- [6] D. J. McGuillcuddy, *Annual Review of Marine Science*, 8 (2016) 13.1.
- [7] C. Comby, S. Barrillon, J.-L. Fuda, A. M. Doglioli, R. Tzortzis, G. Gregori, M. Thyssen and A. A. Petrenko, submitted to *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, (2020).

DEVELOPPEMENT D'UN PIPELINE D'ANALYSES METATRANSCRIPTOMIQUES POUR L'ANALYSE FONCTIONNELLE D'ECOSYSTEMES MICROBIENS COMPLEXES

J. Hardy^{1,2,3}, P. Bonin¹, L. Cabrol¹, S. Contreras³, S. Ferreira³, S. Lacroix², A. Lazuka², A-S. Lepeuple², C. Militon¹, C. Urien³.

(1) Institut Méditerranéen d'Océanographie, Marseille, France, Bâtiment Méditerranée, Campus de Luminy, 163 Avenue de Luminy, 13288

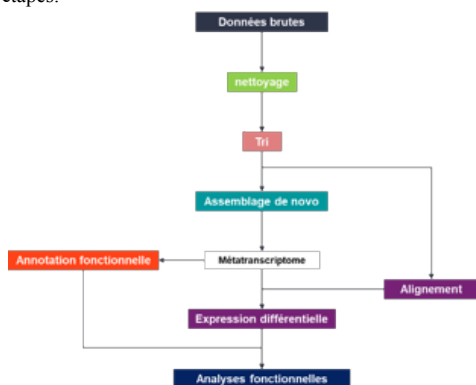
(2) VERI, Maisons-Lafitte, France, Chemin de la Digue, 78600

(3) GENOSCREEN, Lille, France, 1 Rue du Professeur Calmette, 59000

*julie.hardy@veolia.com

La méthanisation est un processus de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène qui conduit à la valorisation énergétique des résidus organiques sous forme de biogaz riche en méthane [1]. Dans certaines conditions, notamment face à des perturbations, le fonctionnement des communautés microbiennes complexes impliquées dans ce procédé n'est pas encore bien connu. L'optimisation de ces procédés nécessite une meilleure connaissance du fonctionnement des communautés complexes. Cette connaissance devrait permettre de jeter les bases d'une ingénierie métabolique visant à orienter les flux de matière vers les produits à forte valeur ajoutée.

L'approche de Métatranscriptomique permet une étude approfondie de l'ensemble des ARN issus de la transcription des gènes de tous les microorganismes présents dans un échantillon. Le travail présenté décrira le développement d'un pipeline d'analyse de données du séquençage haut débit dédié à la métatranscriptomique environnementale. Ce pipeline est composé de différentes étapes.



Après les étapes de nettoyage et de tri, seuls les ARN messager (ARNm) issus de la transcription des gènes actifs sont conservés. Puis, des fragments continus d'ARN sont construits à partir des séquences d'ARNm, par assemblage

de novo. L'expression différentielle permet d'identifier les gènes significativement sur- ou sous-exprimés entre différentes conditions testées. Enfin, l'annotation fonctionnelle assigne les voies métaboliques et les enzymes d'intérêt correspondant aux gènes différentiellement exprimés [2]. Les sorties générées pour chacune des étapes du pipeline sont exposées.

Cette approche permettra d'évaluer le potentiel fonctionnel d'un écosystème complexe via l'identification fonctionnelle des transcrits et la quantification de leurs abondances et donc des voies métaboliques exprimées.

Remerciements

Je remercie ma responsable de thèse, P. Bonin pour son temps et ses conseils avisés. Je tiens à remercier L. Cabrol pour sa patience et son enseignement.

Je remercie l'équipe Veolia notamment A-S. Lepeuple, S. Lacroix et A. Lazuka pour les conseils et l'aide apportée dans le domaine du procédé biologique, de la biologie moléculaire, et de la microbiologie.

Je remercie l'équipe Genoscreen notamment S. Ferreira, C. Urien et S. Contreras pour les conseils et l'aide apportée dans le domaine bioinformatique.

Je remercie C. Militon pour sa collaboration en me fournissant les données.

Références

[1] R. Moletta, *La méthanisation (2e ed.)*. Lavoisier, 2011.

[2] Y. Jiang, X. Xiong, J. Danska, et J. Parkinson, « Metatranscriptomic analysis of diverse microbial communities reveals core metabolic pathways and microbiome-specific functionality », *Microbiome*, vol. 4, p. 2, janv. 2016, doi: 10.1186/s40168-015-0146-x.

INFLUENCE DE LA PLONGÉE SOUS-MARINE (CALVI, CORSE) : FRÉQUENTATION, COMPORTEMENT DES PLONGEURS ET CONSÉQUENCES SUR LA COMMUNAUTE ICHTYOLOGIQUE MÉDITERRANÉENNE

L. Iborra^{1,2,3*}, M. Leduc¹, P. Lejeune¹, S. Gobert^{1,2}, P. Cuny³

(1) STARESO, Pointe de la Revellata, BP33, 20260 Calvi, France

(2) Université de Liège, Département BEE, B6C Allée du 6 Août, 15, Sart Tilman, 4000 Liège, Belgique

(3) MIO, Aix-Marseille Université, OCEANOMED bât. Méditerranée, Luminy, 163 Avenue de Luminy, Case 901, 13009 Marseille, France

*laura.iborra@stareso.com

La popularisation de l'activité de plongée sous-marine s'est accrue ces dernières années ajoutant une nouvelle dimension aux impacts humains sur les systèmes aquatiques (Spalding et al., 2017). Bien que des impacts au niveau individuel aient été identifiés (Chung et al., 2013, Au et al., 2014), les causes de ces comportements et les réponses à l'échelle de la communauté ichtyologique méditerranéenne ne sont pas claires (Di Franco et al., 2013, Rouanet et al. 2017).

La présente étude vise à étudier, durant deux années consécutives (2019 et 2020) (i) la fréquentation du site de plongée de la Revellata (baie de Calvi, Corse, France) grâce à l'intégralité des feuilles de palanquées des structures de plongée locales mais aussi avec la prise de photographies (ii), le comportement des plongeurs grâce à l'observation de leur pratique en plongée, par tranche de 10 minutes, afin de déterminer le nombre de contacts qu'ils ont avec le milieu, le type de contact (volontaire/involontaire) et la partie du corps ou l'instrument concerné et enfin (iii) la composition de la communauté ichtyologique (i.e. richesse spécifique, abondance, structure démographique) grâce à des comptages visuels de poissons réalisés en plongée avant et après l'arrivée des plongeurs sur le site. En complément, une attention particulière a été portée sur l'espèce patrimoniale qu'est le mérou brun (*Epinephelus marginatus*), en relevant la taille et la réaction des individus observés face aux plongeurs, selon 5 typologies comportementales : « Fuite proche < 10 m », « Fuite lointaine > 10 m », « Attraction », « Indifférence » et « Changement de position, observation du plongeur ».

Les résultats montrent que le site de plongée suivi est particulièrement fréquenté avec en moyenne 82 plongeurs par jour en saison. Les plongeurs sont peu sensibilisés aux impacts de la plongée et plus de 80 % des plongeurs ont un contact avec le milieu durant leur plongée, avec une moyenne de 9 contacts/10 min. La majorité des contacts involontaires est effectuée par les palmes et le reste des contacts est très diversifié, aussi bien avec le corps qu'avec des équipements (octopus, bloc, manomètre, parachute etc). De plus, le plongeur ayant un appareil photo est plus susceptible d'avoir des contacts volontaires avec le substrat. L'expérience des plongeurs est également un facteur prépondérant et ainsi la gestion de leur flottabilité influe sur les types de contacts observés.

Les populations de poissons répondent différemment en fonction de l'espèce concernée. Les corbs (*Sciaena umbra*) et les mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) semblent être les plus dérangés par la présence de plongeurs. Leurs biomasses diminuent significativement

après le passage de plongeurs ce qui traduit une fuite des grands individus ou une volonté de se cacher. En complément, il apparaît que plus les mérours sont gros, plus ils ont tendance à fuir loin. Au contraire, les petits individus sont curieux et sont plus susceptibles de montrer une attraction envers le plongeur.

Finalement, il apparaît que la fréquentation des sites de plongée, la sensibilité environnementale et les connaissances du plongeur, sa technicité ainsi que son type de pratique conditionnent son impact sur le milieu marin. La combinaison de suivis complémentaires permet d'avoir une vision d'ensemble des processus en action dans le cadre de cette activité. Ces résultats permettront finalement de proposer des recommandations, d'aider à éclairer la décision publique, notamment pour orienter plus efficacement les politiques de gestion et de conservation.

Remerciements

Nous remercions l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et la Direction Inter Régionale de la Mer Méditerranée (DIRM) dans le cadre du projet Dive Impact (PAMM Méditerranée). Ce travail s'inscrit dans le cadre du doctorat de Laura Iborra, financé par l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT, subvention CIFRE), en cotutelle entre l'université de Liège, Aix-Marseille Université et la station de recherche océanographique STARESO. Nous remercions les structures de plongée de Calvi (Hippocampe plongée, EPIC, A Piaghja Diving Calvi, Calvi plongée et Castille) ainsi que tous les plongeurs de passage qui ont accepté de répondre à nos questionnaires.

Références

- [1] M. Spalding, L. Burke, S.A. Wood, J. Ashpole, J. Hutchison, P. Ermgassen, *Marine Policy*, 82 (2017) 104-113.
- [2] S.S. Chung, A. Au, J.-W. Qui, *Environmental Management* 51 (2013) 824-837.
- [3] A.C. Au, L. Zhang, S. Chung, J.-W. Qiu, *Marine Pollution Bulletin* 85 (2014) 789-796.
- [4] A. Di Franco, P. Baiata, M. Milazzo, *Mediterranean Marine Science* 14 (2013) 15-18.
- [5] E. Rouanet, B. Belloni, P. Astruch, D. de Monbrison, A. Goujard, M. Leteurtois, L. Berthier, *GIS Posidonie publ.* (2017) 1-184

LA DEMANDE MICROBIENNE EN FER DANS L'OCEAN PACIFIQUE SUD-OUEST TROPICAL : UNE APPROCHE A L'ECHELLE INDIVIDUELLE DES CELLULES QUI REVELE L'IMPORTANCE DE LA DIAZOTROPHIE

Caroline Lory^{1*}, France Van Wambeke¹, Marion Fourquez¹, Aude Barani¹, Chloé Tilliette², Sandra Nunige¹, Cécile Guieu², Sophie Bonnet^{1*}

(1) Institut Méditerranéen d'Océanologie M.I.O., IRD, CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France

(2) Laboratoire d'Océanographie de Villefranche LOV, Sorbonne Université, CNRS, F-06230, Villefranche-sur-Mer, France.

* caroline.lory@mio.osupytheas.fr, sophie.bonnet@mio.osupytheas.fr

Dans l'océan oligotrophe, la fixation biologique du diazote (N₂) par les diazotrophes est souvent limitée par la disponibilité en fer (Fe), puisque ce micro-nutriment est essentiel à la photosynthèse et à la fixation du N₂ [1,2]. Dans l'océan Pacifique Sud-Ouest Tropical (WTSP), des efflorescences de diazotrophes sont visibles depuis l'espace [3] et plusieurs études ont rapporté des taux de fixation parmi les plus élevés de l'océan mondial (> 600 μmolN m⁻² d⁻¹, [4–5]). Ce succès a été attribué à une combinaison de facteurs favorables tels qu'une température de surface élevée, une disponibilité suffisante de phosphate [6] et de possibles fertilisations de Fe. En effet, ce vaste bassin océanique est caractérisé par la présence de sources hydrothermales peu profondes au niveau de l'arc volcanique des Tonga [7,8], dont les fluides sont riches en Fe. En se diffusant jusque dans la couche euphotique, ces fluides pourraient alimenter les eaux de surface en Fe, et ainsi lever la limitation en Fe chez les diazotrophes [9]. Néanmoins, les besoins en Fe des diazotrophes et de la communauté microbienne de surface ainsi que la compétition à l'accès à cette ressource entre organismes restent méconnus.

Au cours de la mission océanographique TONGA, nous avons réalisé des mesures d'assimilation du ⁵⁵Fe par fraction de taille au-dessus d'un volcan peu profond (~400 m) et dans des eaux éloignées, supposées moins impactées par les apports hydrothermaux. Pour la première fois, nous avons couplé ces mesures à du tri cellulaire par cytométrie en flux afin de quantifier les taux d'assimilation 'par cellule'. L'ensemble de ces résultats nous permettent d'évaluer la demande biologique le long d'un gradient de concentrations en Fe dans le WTSP ainsi que de comparer les besoins des diazotrophes par rapport au reste de la communauté planctonique. Nous montrons que les besoins cellulaires des diazotrophes sont les plus élevés des organismes triés et que dans ces eaux oligotrophes, la fixation de N₂ est directement corrélée à l'assimilation du Fe. Le pico-plancton (0,2-2μm) représente aussi une part significative dans la demande biologique totale en Fe et les

activités spécifiques de chaque organisme sont comparés pour évaluer la compétition à l'accès au Fe.

Remerciements

Nous remercions Marc Garel du M.I.O. pour son soutien durant les expériences en radioactivité ainsi que Dominique Marie de la Station Biologique de Roscoff pour les analyses des abondances cellulaires en cytométrie en flux. Nous remercions également l'équipage de l'Atalante durant la mission océanographique TONGA (doi : 10.17600/18000884)

Références

- [1] P.G. Falkowski, *Nature*, 387 (1997) 272.
- [2] S. Blain, A. Tagliabue, in *Iron Cycle Ocean*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2016, 79.
- [3] C. Dupouy, J. Neveux, A. Subramaniam, M.R. Mulholland, J.P. Montoya, L. Campbell *et al.*, *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 81 (2000) 13.
- [4] L.F. Messer, C. Mahaffey, C. M. Robinson, T.C. Jeffries, K.G. Baker, J. Bibiloni Isaksson, *ISME*, 10 (2016) 1499.
- [5] S. Bonnet, M. Caffin, H. Berthelot, O. Grosso, M. Benavides, S. Helias-Nunige *et al.*, *Biogeosciences*, 15 (2018) 4215–32.
- [7] T. Moutin, T. Wagener, M. Caffin, A. Fumenia, A. Gimenez, M. Baklouti, *et al.*, *Biogeosciences*, 15 (2018) 2961.
- [7] G.J. Massoth, C.E.J. De Ronde, J.E. Lupton, R.A. Feely, E.T. Baker, G.T. Lebon, S. M. Maenner, *Geological Society*, 219 (2003) 119.
- [8] C.E.J de Ronde, G.J. Massoth, D.A. Butterfield, B.W. Christenson, J. Ishibashi, R.G. Ditchburn, *et al.*, *Mineralium Deposita*, 46 (2011) 541.
- [9] C. Guieu, S. Bonnet, A. Petrenko, C. Menkes, V. Chavagnac, K. Desboeufs, *et al.*, *Scientific Reports*, 8 (2018) 9075.

UNE COLLABORATION ENTRE LES SCIENTIFIQUES, L'ETAT ET LES PECHEURS POUR AVOIR UNE PECHE DURABLE A L'AIDE D'UN MODELE, EST ELLE POSSIBLE ?

M. Mahé^{2*}, N. Mayot¹, J-C. Poggiale²

(1) GIPREB Syndicat Mixte, Cours Mirabeau, 13130 Berre l'étang, France.

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

*mathilde.mahe@gipreb.fr

La palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1850) est une des espèces de bivalves la plus exploitée et commercialisée dans le monde [1]. Depuis 2013, cette espèce s'est installée dans l'étang de Berre (près de Marseille en France). En 2017, sa densité était estimée entre 41 et 1 264 palourdes/m², ce qui représentait un stock plus important que d'autres sites français, comme le bassin d'Arcachon ou le Golfe du Morbihan [2,3]. Dans ce contexte, les professionnels de la pêche ont voulu accéder à cette nouvelle ressource.

Dans une volonté de gestion durable de la palourde japonaise, un groupe de travail (COFIL) associe, depuis 2017, les scientifiques, l'état et les représentants des pêcheurs. En février 2018, la pêche professionnelle dans l'étang de Berre a ouvert. Une crise écologique pendant l'été 2018 a décimé le stock de palourdes. Le COFIL a donc décidé de fermer la pêche en septembre 2018.

Pour accompagner le COFIL dans ces futures décisions, un outil de gestion du stock va être développé. Il s'agit d'un modèle individuel (DEB) qui va simuler le cycle de vie d'une palourde, couplée à un modèle à l'échelle de la population pour simuler sa dynamique.

Pour que ce type de modèle soit le plus réaliste possible, des connaissances biologiques sont nécessaires, comme le taux de croissance, la taille à la première reproduction, la mortalité, la présence de maladie (pouvant entraîner une mortalité plus importante) ou encore le stock actuel. *R. philippinarum* est une espèce dont le cycle de vie varie géographiquement et inter-annuellement [4]. Ces connaissances doivent être adaptées à l'environnement considéré. C'est pourquoi depuis mai 2018, des expériences *in situ* sont menées pour mieux connaître et comprendre le cycle de vie des palourdes japonaises dans l'étang de Berre.

Ce modèle doit aussi s'appuyer sur les conditions environnementales. La température de l'eau est le facteur clé pour la biologie de la palourde et peut, par exemple, changer le taux de croissance [5]. De plus, la chlorophylle *a* sera utilisée comme *proxi* de la nourriture présente.

Enfin, la pression de pêche sera modélisée (loisir et professionnelle). Le principe est de pouvoir faire des scénarios de gestion et de voir l'effet sur le stock à plus ou

moins long terme. Comment le stock de palourde réagit si les professionnels pêchent 40 kg par jour ? Et s'ils sont 100 au lieu de 75 ? ect.

Ces scénarios de gestion seront créés et testés pendant le COFIL avec les scientifiques, l'état et les représentants des pêcheurs. Le but est d'associer l'ensemble des parties dans ces démarches pour avoir une pêche durable de *R. philippinarum* dans l'étang de Berre.

Remerciements

Cette étude est financée par le Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) dans le cadre du projet GEPEPA. Les auteurs souhaitent remercier vivement Raphaël GRISEL pour son aide.

Références

- [1] C. Dang, X. De Montaudouin, M. Gam, C. Paroissin, N. Bru, and N. Caill-Milly, *J. Sea Res.*, 63 (2010) 108–118
- [2] F. Sanchez, N. Caill-Milly, M. Lissardy, and N. Bru, IFREMER (2014).
- [3] M. Mahé, GIPREB (2017).
- [4] P. Genez, U. Önal, and M. R. Gezen, *J. Shellfish Res.*, 34 (2015) 337–345
- [5] J. Flye Sainte Marie, Université de Bretagne Occidentale (2007).
- [6] A. Kamara, N. Rharbi, A. Berraho, and M. Ramdani, *Mar. Life*, 15 (2005) 43–50

RECENT PROGRESS IN THE STUDY OF FINE-SCALE PHYSICAL-BIOLOGICAL COUPLING IN THE MEDITERRANEAN SEA

R. Tzortzis^{1*}, A. M. Doglioli¹, S. Barrillon¹, A. A. Petrenko¹, F. d'Ovidio², L. Izard², M. Thyssen¹, A. Pascual³, B. Barceló-Llull³, F. Cyr⁴, M. Tedetti¹, N. Bhairy¹, P. Garreau⁵, F. Dumas⁶, L. Bordoïss⁶, C. Comby¹, L. Rousselet⁷, G. Gregori¹

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

(2) Sorbonne Université, CNRS, IRD, MNHN, Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN-IPSL), Paris, France

(3) IMEDEA (CSIC-UIB), Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, Esporles, Spain

(4) Northwest Atlantic Fisheries Centre, Fisheries and Oceans Canada, St. John's, NL, Canada

(5) UMR 6523 CNRS, IFREMER, IRD, UBO, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Plouzané 29280, France

(6) SHOM, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 13 rue de Chatellier, CS592803, 29228 Brest, CEDEX 2, France

(7) Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, CA, USA

*roxane.tzortzis@mio.osupytheas.fr

The fine scales are defined here as oceanic dynamical features (eddies, fronts and filaments) generally induced by mesoscale interactions and frontogenesis, and often associated with intense vertical exchanges [1]. These processes are characterized by horizontal scales of 1-10 km with a relatively short lifetime of days/weeks to months. This temporal scale is similar to that of many biological processes, such as, phytoplankton growth, suggesting a physical and biological coupling. Numerical simulations, satellite and remote sensing observations have allowed the characterization of this regime highlighting the role played by these fine scales on structuring the phytoplankton community [2,3]. To better understand this coupling mechanism, physical and biological in situ measurements are necessary. However, the observations of fine scales remain challenging due to the difficulties of sampling at high spatio-temporal frequency (~ km ~ daily). Over the past few years, the Mediterranean Sea has become a lab for developing fine scale in situ strategies. Indeed, a series of campaigns using a satellite based adaptative and Lagrangian strategy coupled with a high-resolution physical-biological sampling, have been performed in order to follow and describe fine scale structures [4]. Following this strategy, the PROTEVSMED-SWOT 2018 cruise has been leaded in the South of the Balearic Islands, with a particular attention to correlate the Lagrangian sampling with the temporal phytoplankton growth, in order to reconstruct the phytoplankton diurnal cycle. Multidisciplinary in situ sensors have allowed to identify a frontal area with a dynamic vertical circulation. Furthermore, the presence of two Atlantic waters, at different stages of mixing associated with various abundances of several phytoplankton groups, corroborated that fine scales must be dynamical barriers to transport, as previous modeling studies have proposed. In order to better understand fine scale mechanisms, the Protevs Gibraltar cruise was performed in the Strait of Gibraltar in October 2020. This region of study is characterized by an important exchange of Mediterranean and Atlantic waters, and also by an

intense circulation that generates energetic processes, which make it a favorable place for the formation of fine scale structures. The new knowledge acquired with these studies paves the way to the future BIOSWOT-Med campaign in the western Mediterranean Sea under the future SWOT satellite crossover tracks [5].

Acknowledgements

This work was supported by the CNES in the framework of the project BIOSWOT-AdAC, and by the MIO Axes Transverses program (AT-COUPPLAGE). The authors thank the crews of the RV *Beautemps-Beaupré* and *L'Atalante* for shipboard operations, J.-L. Fuda for his help in Seasoar data treatment, and M. Goutx for discussions about the glider FDOM data. SPASSO is operated and developed with the support of the SIP (Service Informatique de Pythéas) and in particular C. Yohia, J. Lecubin, D. Zevaco and C. Blanpain (Institut Pythéas, Marseille, France).

References

- [1] J.C. McWilliams. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 472 (2016) 2189.
- [2] M. Lévy, P.J.S. Franks, K. Smith. *Nature communications*, 9 (2018) 4758.
- [3] F. d'Ovidio, S. De Monte, S. Alvain, Y. Dandonneau, M. Lévy, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (2010) 43.
- [4] A.A. Petrenko, A.M. Doglioli, F. Nencioli, M. Kersalé, Z. Hu, F. d'Ovidio, *Ocean Dynamics*, 67 (2017) 3-4.
- [5] F. d'Ovidio, A. Pascual, J. Wang, A.M. Doglioli, Z. Jing, S. Moreau, G. Grégori, *Frontiers in Marine Science*, 6 (2019) 168.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT – INRAE –

COMMENT L'EUTROPHISATION ET LA TEMPERATURE INTERAGISSENT-ELLES POUR FAÇONNER LES STRUCTURES COMMUNAUTAIRES DU PHYTOPLANCTON ET DES POISSONS DANS LES LACS ?

Liess Bouraï^{1,2*}, Maxime Logez^{1,2}, Christophe Laplace-Treytore^{2,3} et Christine Argillier^{1,2}

(1) *Equipe Fonctionnement et Restauration des Hydrosystèmes Continentaux (FRESHCO), Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (UR RECOVER), Institut National de la Recherche Pour L'agriculture, L'alimentation et L'environnement (INRAE), Aix Marseille Univ, F-13100 Aix-en-Provence, France*

(2) *Pôle R&D Ecosystèmes Lacustres (ECLA), F-13100 Aix-en-Provence, France*

(3) *UR EABX (Ecosystèmes Aquatiques et Changements Globaux), INRAE (Institut National de la Recherche Pour L'agriculture, L'alimentation et L'environnement), F-33612 Cestas, France*

*contact_author liess.bourai@inrae.fr

Les écosystèmes d'eau douce sont parmi les systèmes les plus menacés et les plus touchés par les activités anthropiques [1]. Ils se caractérisent par leur grande biodiversité [2], dont l'érosion est considérée comme plus rapide que celle des écosystèmes terrestres [3], ce qui les rend plus vulnérables. Mais nous manquons encore de connaissances sur la manière dont cet environnement soumis à des multiples pressions affecte les communautés aquatiques in situ [4,5]. En Europe, l'enrichissement en nutriments et l'augmentation de la température dus au changement climatique ont été identifiés comme les deux principales pressions exercées sur les lacs [4,6,7].

Nous avons donc étudié comment l'interaction de ces deux pressions influe sur la structure communautaire des deux composantes extrêmes des réseaux alimentaires lacustres : le phytoplancton et les poissons. Nous avons modélisé la relation entre les composantes de la communauté (abondance, composition, taille) et les conditions environnementales, y compris ces deux pressions. Différents modèles de réponse ont été testés pour chaque composante : sans pression, avec pressions et avec l'interaction entre les deux pressions. Quatre composantes ont répondu à une seule des pressions et une composante à l'effet additif des deux pressions. Deux composantes de la communauté de poissons (taille moyenne des poissons et rapport de la biomasse entre la perche et le gardon) ont été affectées par l'interaction de la température et de l'eutrophisation, révélant que l'effet d'une pression dépendait de l'ampleur de la seconde pression. Nous pouvons ainsi proposer du point de vue de la gestion des milieux d'eau douce et de leur biodiversité, la nécessité de prendre en compte le type et la force des interactions entre les pressions lors de l'évaluation de la sensibilité des communautés, afin de ne pas mésestimer leur vulnérabilité, en particulier au changement global.

Remerciements

Les auteurs remercient tous ceux qui ont participé à la collecte et à la gestion des données, en particulier Nathalie

Reynaud, Thierry Point et Thierry Tormos. Les auteurs remercient également Pierre Alain Danis pour son aide précieuse concernant les données de température et Paul Miguet pour ses conseils.

Références

- [1] Dudgeon, D.; Arthington, A.H.; Gessner, M.O.; Kawabata, Z.-I.; Knowler, D.J.; Lévêque, C.; Naiman, R.J.; Prieur-Richard, A.-H.; Soto, D.; Stiassny, M.L.J.; *Biol. Rev.* **81**, (2006), 163.
- [2] Lundberg, J.G.; Kottelat, M.; Smith, G.R.; Stiassny, M.L.J.; Gill, A.C. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **87**, (2000), 26.
- [3] Sala, O.E. *Science* **287**, (2000), 1770–1774.
- [4] Hering, D.; Carvalho, L.; Argillier, C.; Beklioglu, M.; Borja, A.; Cardoso, A.C.; Duel, H.; Ferreira, T.; Globevnik, L.; Hanganu, J.; *Sci. Total Environ.* **503–504**, (2015), 10–21.
- [5] Nöges, P.; Argillier, C.; Borja, Á.; Garmendia, J.M.; Hanganu, J.; Kodeš, V.; Pletterbauer, F.; Sagouis, A.; Birk, S. *Sci. Total Environ.* **540**, (2016), 43–52.
- [6] Kristensen, P.; Whalley, C.; Zal, F.; Christiansen, T.; Schmedtje, U.; Solheim, A.; Austnes, K.; Kampa, E.; Rouillard, J.; Prchalova, H.; *EEA European Waters Assessment; European Waters Assessment; Office for Official Publications of the European Union: Copenhagen, Denmark, 2018; Volume 7.*
- [7] Kristensen, P.; Vanneville, W. *Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2012: An Indicator-Based Report Section 3.3: Freshwater Quantity and Quality; European Waters Assessment; Office for Official Publications of the European Union: Luxembourg, 2012; Volume 12, pp. 119–127.*

ANALYSIS OF THE CORRELATIONS OF HYDROMETEOROLOGICAL AND PIEZOMETRIC SIGNALS FOR CONSIDERATION IN A PARSIMONIOUS DAILY HYDROLOGICAL MODELING

Axel Flinck^{1*}, Nathalie Folton¹, Patrick Arnaud¹*(1) INRAE, Hydrometeorological Research Team, UMR RECOVER, Aix-en-Provence, France***Contact : axel.flinck@inrae.fr*

Low water is a seasonal phenomenon, which can be long or short and more or less intense, affecting the entire watercourse. This phenomenon is nowadays a concern for many countries seeking to have a better understanding of the processes that affect it and optimal management of water resources (pumping, irrigation). The estimation of low flow indices, in particular low water French reference flows is a real challenge for the knowledge of the available water resource in order to deduce management rules for this water resource and associated risks. A lumped rainfall model at daily time step (GR) has been defined, calibrated and regionalised over French territory to answer this problem [1]. The inputs data come from SAFRAN, the distributed mesoscale atmospheric analysis system, which provides daily solid and liquid precipitation and temperature data everywhere in the French territory.

This model could be improved, in particular to more accurately simulate the hydrological response of watersheds interacting with the groundwater. The idea is to use the piezometric data from the ADES bank available in France and to integrate this information into hydrological modelling. So, the aim of this work is to test a version of this daily hydrologic model calibrated by taking into account the piezometric data. The analysis is carried out on 212 French catchments that are representative of various hydro-meteorological behaviors and located in a diverse hydrogeological context. For each catchment, we need to select one piezometer as representative as possible of the main aquifer interacting with the basin. For this main aquifer we choose to select the piezometer located on the most covering part of the watershed in terms of the drainage network and the closest to its outlet. Different signal processing methods are used to characterize the relationship between the fluctuation of river flow, piezometric levels and rainfall time series. The processing methods envisaged will be carried out in the temporal domain. To quantify the inertia of the groundwater tables and that of the catchment area, correlograms were calculated from daily chronicles of flows and piezometric levels [2]. The autocorrelation function is used to determine the degree of overall data structuring. It reflects the degree of information retention within time series and is used, in particular, to identify

phenomena of long dependence (memory effects). A cross correlatory analysis has been set up to see in more detail the correlations between the flow rate and piezometric level time series: the cross correlatory analysis. The latter was applied to time series of flows and piezometric heights. This type of analysis makes it possible to study the relationships between various observations [3]. These analyses make it possible to define a classification according to the nature of the exchanges, like presence or absence, their intensity, contribution or loss. For example, these signal processing analyses confirm one of our observations, i.e. that a basin that has been identified as having an influence on the water table will show a significant and maintained correlation between its flow rate and the piezometric height of the piezometer associated with it. We can also conclude on the flow direction of this aquifer. From these different analyses, we hope to be able to use piezometric data to consolidate the quality of the modelling by studying, for example the relationship between the temporal variability of the representative observed piezometric levels and the temporal variability of model reservoirs fill rates.

Acknowledgements

Thanks to Nathalie Folton and Patrick Arnaud, my tutor and director of my Phd, for their availability, their listening and their advice. A big thanks also to the whole team of the RHAX unit for their daily good mood, their kindness and their advice.

References :

- [1] Pushpalatha, R. et al., 2011, GR6J, A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation. *Journal of Hydrology*, 411(1-2), 66-76.
- [2] Seguin J.J., 2009, Les indicateurs piézométriques. Un outil dans la gestion des hydrosystèmes. Orientations méthodologiques. BRGM/RP-58139-FR.
- [3] Larocque, M., 1997, Intégration d'approches quantitatives de caractérisation et de simulation des aquifères calcaires fissurés. Application à l'aquifère karstique de la Rochefoucauld (Charente, France), Thèse Université de Poitiers, 247p.

L'ACCLIMATATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE TROIS ARBRES MÉDITERRANÉENS NE PASSE PAS PAR DES AJUSTEMENTS DE LEURS PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES.

M. Moreno^{1,2*}, G. Simioni¹, J-M. Limousin³, J. Rodriguez-Calcerrada⁴, J. Ruffault¹, H. Cochard⁵, J.M. Torres-Ruiz⁵, S. Delzon⁶, A. Tournant¹, P-J. Dumas¹, N. Martin-StPaul¹

(1) INRAE, URFM, Domaine Saint Paul, Centre de recherche PACA, 228 route de l'Aérodrome, CS 40509, Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, France.

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

(3) CEFÉ, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, Montpellier, France.

(4) Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid, Spain.

(5) Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, 63000 Clermont-Ferrand, France. (6) INRAE, BioGeCo, Université de Bordeaux, 33615 Pessac, France.

*myriam.moreno@inrae.fr

Les changements climatiques en région méditerranéenne conduisent à une intensification des sécheresses estivales [1]. Ces épisodes de stress hydriques extrêmes menacent la survie des espèces d'arbres et, par la même occasion, affecteraient la structure et les services écosystémiques des forêts [2]. En effet, dans des conditions de sécheresse prolongée et intense, l'un des risques majeurs pour les arbres est la défaillance hydraulique due à un niveau d'embolie élevé [3]. Le risque d'embolie du xylème dépend essentiellement de diverses caractéristiques foliaires et hydrauliques, notamment (i) la vulnérabilité de leur xylème à la cavitation, (ii) le point de perte de turgescence (un substitut du point de fermeture stomatique) [4] et (iii) leur transpiration cuticulaire (gmin) [5]. Les deux premiers traits peuvent être utilisés pour calculer les marges de sécurité hydrauliques (MSH).

Afin d'évaluer si les arbres survivront aux conditions climatiques futures, il est nécessaire de quantifier et d'évaluer la plasticité de ces caractéristiques en conditions de sécheresse intensifiée. Dans cette étude, nous avons utilisé trois expériences d'exclusion de pluies établies dans des forêts matures du sud-est de la France (sites expérimentaux de Font-blanche, Puéchabon et O3HP [6]) pour mesurer et évaluer les capacités d'adaptation de ces caractéristiques en conditions de sécheresse aggravée pour trois espèces méditerranéennes répandues : *Quercus ilex*, *Quercus Pubescens*, et *Pinus halepensis*. Nous avons réalisé des courbes pression-volume [7] des arbres des parcelles d'exclusion des précipitations et contrôles afin de voir si des ajustements des gmin et des caractéristiques hydrauliques foliaires impliqués dans la régulation stomatique se sont produits chez ces trois espèces. En utilisant la méthode optique [8] et le cavitron [9], nous avons également quantifié la plasticité de la vulnérabilité du xylème à la cavitation en comparant les valeurs du potentiel hydrique entraînant une réduction de 50% de la conductance hydraulique des plantes (P50).

Nos résultats montrent que *Q. pubescens* possède la plus faible MSH, tandis que *Q. ilex* possède la plus forte. De plus, le gmin est plus élevé pour *Q. pubescens* que pour les

deux autres espèces. L'ensemble de ces résultats suggère que *Q. pubescens* est l'espèce la plus vulnérable à la sécheresse parmi les trois étudiées. Globalement, pour la plupart des traits et des espèces, aucune différence significative n'a été constatée entre les traitements. La seule exception concerne *Q. ilex*, pour lequel le point de perte de turgescence est plus bas dans le traitement d'exclusion de pluie. L'acclimatation à la sécheresse pour ces espèces dépendrait donc d'autres caractéristiques, telles que la réduction de la surface foliaire ou la profondeur d'enracinement.

Remerciements

Cette étude a été financée par l'Agence de la Maîtrise de l'Energie et de l'Environnement et l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement.

Références

- [1] G. Naumann *et al.*, *Geophysical Research Letters*, 45 (2018) 3285.
- [2] W. R. L. Anderegg, J. M. Kane, L. D. L. Anderegg, *Nature Climate Change* (2013).
- [3] M. T. Tyree, J. S. Sperry, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40 (1989) 19.
- [4] N. Martin-StPaul, S. Delzon, H. Cochard, *Ecology Letters*, 20 (2017) 1437.
- [5] B. Choat, *et al.*, *Nature* (2018).
- [6] M. T. Tyree, H. T. Hammel, *Journal of Experimental Botany*, 23 (1972) 267.
- [7] T. J. Brodribb, M. Carriqui, S. Delzon, C. Lucani, *Plant Physiology*. (2017).
- [8] J. Martínez-Vilalta, *et al.*, *New Phytologist*, 184 (2009) 353.
- [9] H. Cochard, *Plant, Cell and Environment*, 25 (2002) 815.

COMPLEXIFIED ARTIFICIAL FLOATING ISLANDS (cAFI): A SOLUTION TO SUSTAIN MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN REGULATED LAKES ?

Quentin SALMON^{1*}, Fanny COLAS², Julien DUBLON³, Samuel WESTRELIN³, Gilles LECAILLON¹, Jean-Marc BAUDOIN⁴

(1) Ecocean, 1342 Avenue de Toulouse, 34070 Montpellier, France

(2) Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023, Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, 69622, Villeurbanne, France

(3) INRAE, Aix Marseille Univ, Pôle R&D ECLA, RECOVER, 3275 Route Cézanne, 13100 Aix-en-Provence, France

(4) Office Français pour la Biodiversité, Unité Ecosystème Lacustre, 3275 Route Cézanne, 13100 Aix-en-Provence, France

*quentin.salmon51@gmail.com

Abstract

Lakes littoral zone provide a high diversity of habitat [1,2] that supports high abundance and diversity of micro and macro organisms [3] and many ecological functions [4]. Yet, lakes littoral zone are strongly impacted by multiple anthropogenic pressures [5]. In particular in reservoirs, use of water resources for agriculture, industry, domestic use and flood control has led to artificial water level variations (WLF) that are very far different from natural variations [6]. This results in major physico-chemical changes in the littoral zone [7] which impact all littoral communities, particularly, macroinvertebrates [8] by the loss of littoral habitats and exposing shorelines to desiccation and freezing [9]. Regulated lakes with artificial WLF were presented lower taxa richness and abundance than unregulated lakes [10].

The awareness of environmental managers and scientists on the aquatic biodiversity threats, in particular under the impulsion of the Water Framework Directive (WFD, 2000/60/CE), tend to identified several solutions as floating islands to mitigate the deleterious effects of WLF. In this study, we designed a complexified AFI (cAFI) to mimic a natural littoral zone with a terrestrial vegetated part and several underwater stages containing soil and hydrophytes. To assess the effectiveness of this cAFI in supporting the macroinvertebrate communities, three cAFI were anchored into three bays in a French hydroelectric reservoir exhibiting high WLF. Abundance, taxonomic richness and ecological traits of macroinvertebrates communities were compared between the three cAFI and control littoral sites at several sampling time during more one year. This metrics were significantly higher in the cAFI than in the control littoral stations, when the water level rise significantly and during the post-drawdown season. The sites functional profiles also showed important dissimilarities. These findings show that cAFI were successfully colonized by an original, diversified and abundant macroinvertebrates communities by providing suitable and biogenic habitats for macroinvertebrates.

Acknowledgements

This R&D study was supported by the French Office for Biodiversity (OFB), the National Institute for Research in Agriculture Agronomy and Environment (INRAE) and the company ECOCEAN as part of a CIFRE thesis. We would like to thank the National Agency for Research and Technology (ANRT) for the financial support of the thesis. We would like to thank the local partners (SMADESEP "Syndicat Mixte d'Aménagement du Lac de Serre Ponçon", CBNA "Conservatoire Botanique National Alpin") for their involvement for assembly, installation and vegetalisation of the cAFIs. We would like to thank

EDF (Electricité de France) for data sharing on reservoir level fluctuations.

References

- [1] Beckett, D. C., Aartila, T. P. & Miller, A. C. Contrasts in Density of Benthic Invertebrates Between Macrophyte Beds and Open Littoral Patches in Eau Galle Lake, Wisconsin. *The American Midland Naturalist* 127, 77–90 (1992).
- [2] Czarnecka, M. Coarse woody debris in temperate littoral zones: implications for biodiversity, food webs and lake management. *Hydrobiologia* 767, 13–25 (2016).
- [3] Winfield, I. J. Fish in the littoral zone: ecology, threats and management. *Limnologia* 34, 124–131 (2004).
- [4] Pusey, B. J. & Arthington, A. H. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Mar. Freshwater Res.* 54, 1–16 (2003).
- [5] Schmieder, K. European lake shores in danger — concepts for a sustainable development. *Limnologia* 34, 3–14 (2004).
- [6] Rosenberg, D. M., Mccully, P. & Pringle, C. M. Global-Scale Environmental Effects of Hydrological Alterations: Introduction. *BioScience* 50, 746 (2000).
- [7] Leira, M. & Cantonati, M. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. in *Ecological Effects of Water-Level Fluctuations in Lakes* (eds. Wantzen, K. M. et al.) 171–184 (Springer Netherlands, 2008). doi:10.1007/978-1-4020-9192-6_16.
- [8] Brauns, M., Garcia, X.-F. & Pusch, M. T. Potential effects of water-level fluctuations on littoral invertebrates in lowland lakes. *Hydrobiologia* 613, 5–12 (2008).
- [9] Hellsten, S. K. Environmental factors related to water level regulation — a comparative study in northern Finland. 2, 24 (1997).
- [10] Munn, M. D. & Brusven, M. A. Benthic macroinvertebrate communities in nonregulated and regulated waters of the clearwater river, Idaho, U.S.A.

LABORATOIRE CHIMIE ENVIRONNEMENT – LCE –

PHOTOCHEMIE DES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LA MICROCOUCHE DE SURFACE MARINE

C. Abdel Nour^{1*}, S. Rossignol¹, C. Mangin², G. Culioli², A. Ortalo-Magné², J.F. Briand², S. Lebarillier¹, L. Asia¹, P. Wong-Wah-Chung¹

(1) Aix Marseille Université, CNRS, LCE, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France

(2) Université de Toulon, MAPIEM, EA 4323, Toulon, France

*carole.abdel-nour@univ-amu.fr

La microcouche de surface marine (ou « sea surface microlayer », SML) comprend l'interface mer-atmosphère ainsi que les premières centaines de micromètres sous la surface de l'eau. L'une des spécificités de la SML est d'accumuler de la matière organique de diverses origines [1]. Par rapport à l'eau sous-jacente, la SML est notamment enrichie en matières organiques issues du microbiote marin (exopolysaccharides, surfactants biogéniques, protéines, etc.). Il a aussi été montré que la SML concentre un certain nombre de micropolluants organiques par rapport aux teneurs rencontrées dans l'eau sous-jacente [1] [2].

L'objectif général de cette thèse est l'étude de l'effet de l'enrichissement de la SML en matières organiques sur la photodégradation des micropolluants organiques. Pour cela, un système muni d'une lampe xénon et d'un monochromateur permet l'irradiation accélérée et contrôlée d'un réacteur photochimique au sein duquel sont recréées, à divers degrés de complexité, les conditions spécifiques rencontrées dans la SML. Le suivi des cinétiques de photodégradation des micropolluants et l'identification éventuelle des produits de transformation sont réalisés par chromatographie liquide ou gazeuse, si besoin couplée à la spectrométrie de masse.

Dans un premier temps, la photodégradation d'un micropolluant pharmaceutique modèle, la carbamazépine (CBZ), a été étudiée en présence de radicaux hydroxyles. Des proxys commerciaux ont été utilisés : la gomme de xanthane (GX) et le dodécylsulfate de sodium (SDS) pour simuler respectivement les polysaccharides et les surfactants de la SML. Ces premières expériences montrent l'inhibition de dégradation de CBZ en présence de GX et SDS. Ces composants de la SML tendraient ainsi à « préserver » les polluants de la photodégradation par un effet de piégeage des espèces réactives photo-induites (radical hydroxyle), amenant à une augmentation de temps de vie des polluants dans le milieu. D'autres espèces réactives (oxygène singulet, état excité triplet de la matière organique) et d'autres polluants (nonylphénols, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)), seront testés dans ces mêmes conditions pour généraliser ces résultats.

Dans un second temps, une collaboration avec le laboratoire MAPIEM de Toulon a été mise en place pour la production et la caractérisation biochimique d'exsudats de bactéries marines. En effet, les polysaccharides et biosurfactants issus des exsudats de bactéries et phytoplanctons marins constituent la majeure partie de la matière organique rencontrée dans la SML [3].

Les méthodes de production et de fractionnement de cette matière organique en fonction de sa solubilité dans

l'eau et/ou de sa nature surfactante seront brièvement présentées. Ces échantillons permettront de tester l'inhibition de la dégradation des polluants en présence de matière organique d'origine bactérienne, se rapprochant ainsi des conditions réelles.

Par ailleurs, un protocole de collecte d'échantillons de SML est en train d'être élaboré et des prélèvements sont prévus au large des côtes de Toulon en avril-mai 2021. L'objectif est double : l'obtention d'échantillons réels de SML pouvant être utilisés pour l'étude sous irradiation simulée de la dégradation des micropolluants et l'identification de souches bactériennes spécifiques à la SML de cette région géographique. Le protocole ainsi que les zones d'échantillonnage seront présentés.

La SML étant en constante interaction avec l'atmosphère, ce travail s'intéresse aussi au passage en phase gazeuse des micropolluants et de leurs produits de dégradation à partir de la SML. Un couplage du réacteur photochimique avec un analyseur en ligne de la phase gazeuse, de type thermo-désorption-GC-MS, est mis en place et des résultats préliminaires seront également présentés. L'objectif de ce couplage sera d'identifier et de quantifier les micropolluants et leurs produits de dégradation passant en phase gazeuse au cours des essais, en fonction de la composition de la SML, et afin d'établir également des bilans de masse de photodégradation plus précis.

Remerciements

L'auteur remercie le soutien financier de cette recherche par le projet ANR PhotoSeaSMil (2018-2022).

Références

- [1] O. Wurl, W. Ekau, W. M. Landing, and C. J. Zappa, "Sea surface microlayer in a changing ocean – A perspective," *Elem Sci Anth*, vol. 5, no. 0, p. 31, Jun. 2017, doi: 10.1525/elementa.228.
- [2] A. Engel *et al.*, "The Ocean's Vital Skin: Toward an Integrated Understanding of the Sea Surface Microlayer," *Front. Mar. Sci.*, vol. 4, May 2017, doi: 10.3389/fmars.2017.00165.
- [3] N. Kurata *et al.*, "Surfactant-associated bacteria in the near-surface layer of the ocean," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. 1, May 2016, doi: 10.1038/srep19123.

REACTIVITÉ EN PHASE AQUEUSE DU SULFATE D'AMMONIUM SOUS CONDITIONS ATMOSPHERIQUES SIMULÉES : PARTIE 1 – IMPURETÉS ORGANIQUES DES CRISTAUX DE SULFATE D'AMMONIUM COMMERCIAUX

N. Brun^{1*}, J. Wu¹, B. R'Mili, J. M. González-Sánchez¹, S. Ravier¹, B. Temime-Roussel¹, J.-L. Clément², A. Monod¹

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

(2) Aix Marseille Univ, CNRS, ICR, 13397, Marseille, France

*nicolas.brun@univ-amu.fr

Les aérosols atmosphériques sont généralement des mélanges complexes de composés organiques et inorganiques qui ont un fort impact sur le climat et la santé humaine [1,2]. Parmi ces composés, le sulfate d'ammonium est considéré comme l'un des composants dominants de la masse des aérosols dans l'atmosphère [3]. Dans des conditions de super-saturation (humidité relative légèrement supérieure à 100%), l'aérosol de sulfate d'ammonium, du fait de ses propriétés hygroscopiques, joue le rôle de noyau de condensation ou de noyau glaçogène, et participe ainsi fortement à la formation des nuages [4]. L'aérosol de sulfate d'ammonium peut également créer un environnement aqueux lorsque l'humidité relative est supérieure à son point de déliquescence (80%). Dans ce contexte, la réactivité du sulfate d'ammonium avec des composés organiques d'intérêt atmosphérique solubles dans l'eau a été étudiée et plusieurs études ont révélé que l'ion sulfate et l'ion ammonium peuvent réagir avec des composés organiques en phase aqueuse [5,6]. Compte tenu de la complexité des composés formés il est nécessaire d'utiliser des standards de qualité et de vérifier leur pureté pour réaliser ces études de réactivités. D'après une synthèse de la littérature, ces vérifications, qui sont essentielles pour ce type d'expérience, ne sont généralement pas réalisées [7].

L'objectif de cette étude est donc de déterminer de façon détaillée les impuretés organiques des cristaux de sulfate d'ammonium qui ont été utilisés lors de la 1^{ère} campagne de mesures du projet PARAMOUNT. Lors de cette campagne de mesures une présence importante d'impuretés organiques sur l'aérosol de sulfate d'ammonium utilisé pour la formation des gouttelettes de nuages a été détectée. Dans cette étude, plusieurs solutions aqueuses à différentes concentrations de sulfate d'ammonium ont été analysées par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-ESI-MS). Plusieurs marques et plusieurs puretés affichées de sulfate d'ammonium ont été testées en solution aqueuse, en utilisant différentes qualités de solvant. Des analyses complémentaires ont également été effectuées en réalisant des expériences MS/MS.

Les résultats montrent la présence de composés organiques à la surface des cristaux de sulfate d'ammonium (Figure 1). La LC-ESI-MS a permis une étude poussée de la composition de ces impuretés : entre 20 et 30 composés différents ont été détectés avec des intensités différentes suivant les cristaux testés. Les formules brutes associées à ces composés organiques contiennent systématiquement du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et parfois de l'oxygène et du soufre. Les résultats MS-MS ont confirmé la nature organique et azotée de ces molécules et ont montré que certains fragments étaient récurrents. Des composés organiques ont également été détectés dans l'eau Mili-Q mais aucune impureté

significative n'a été détectée dans l'eau de Fisher Chemical qualité LC-MS.

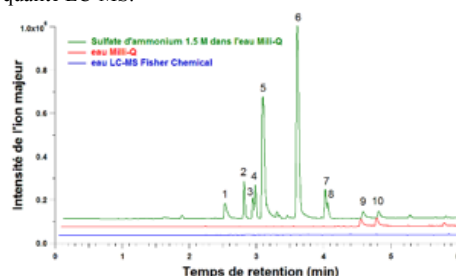


Figure 1. Chromatogramme LC/ESI-MS d'une solution aqueuse de 1,5 M de sulfate d'ammonium, et deux blancs. Masses détectées et formule brutes proposées :

1) 113.1078 - C₆H₁₃N₂; 2) 343.0997 - C₁₈H₃₄N₂O₃; 3) 269.0962 - C₁₂H₁₇N₂O₂S 4) 306.1487 - C₁₂H₂₄N₂O₂S 5) 307.1328 - C₁₂H₂₂N₂O₂S; 6) 420.2164 - C₁₈H₃₄N₂O₂S 7) 269.0962 - C₁₂H₁₇N₂O₂S 8) 340.2599 - C₁₈H₃₄N₂O₃ 9) 453.3436 - C₂₄H₄₆N₂O₄ 10) 566.4283 - C₃₀H₅₈N₂O₅

La présence d'impuretés organiques sur les cristaux de sulfate d'ammonium commerciaux doit être prise en compte en raison de leur potentiel impact sur les études de la réactivité du sulfate d'ammonium en phase aqueuse ainsi que sur ses propriétés hygroscopiques.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'Agence Nationale française de la Recherche (ANR-PRCI) et la Fondation allemande pour la recherche (DFG) dans le cadre du projet PARAMOUNT (ANR-18-CE92-0038-02) et par l'école doctorale sciences de l'environnement (ED 251).

Références

- [1] *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press, 2014.
- [2] U. Pöschl, M. Shiraiwa, *Chemical reviews*, 115(10) (2015) 4440-4475.
- [3] *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2016.
- [4] M. Tang, C. K. Chan, Y. J. Li, H. Su, Q. Ma, Z. Wu, G. Zhang, Z. Wang, M. Ge, M. Hu, H. He, X. Wang, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(19) (2019) 12631-12686.
- [5] M. M. Galloway, P. S. Chhabra, A. W. H. Chan, J. D. Surratt, R. C. Flagan, J. H. Seinfeld, J. H., F. N. Keutsch, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(10) (2009) 3331-3345.
- [6] B. Nozière, P. Dziedzic, A. Córdova, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 12(15) (2010) 3864-3872.

ETUDE DES PRODUITS DE DEGRADATION DU PVC PRESENT DANS LES STOCKAGES DE DECHETS NUCLEAIRES : IDENTIFICATION ET DIFFUSION DANS L'EAU

M. Chantreux^{1,2}, S. Rossignol¹, P. Wong-Wah-Chung¹, D. Ricard², P.-O. Bussi re³, S. Th rias³, J.-L. Gardette³

(1) Aix-Marseille Université, CNRS, LCE, UMR 7376, Europôle de l'Arbois, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France

(2) ANDRA, Parc de la Croix-Blanche, 92 298 Châtenay-Malabry CEDEX

(3) Université Clermont Auvergne, CNRS, Sigma Clermont, ICCF, UMR 6296 F-63000 Clermont-Ferrand

*mathilde.chantreux@etu.univ-amu.fr

Le projet de Centre Industriel de stockage GEOlogique (CIGEO) mené par l'Agence Nationale de déchets radioactifs (ANDRA), s'inscrit dans la « recherche et la mise en œuvre des moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs » prévues par l'article L542-1 du Code de l'Environnement (2015).

Les déchets radioactifs de type moyenne activité à vie longue sont essentiellement des déchets issus de l'exploitation, de la maintenance ou du démantèlement des installations de l'industrie nucléaire [1]. Les déchets organiques polymères font partie de cette catégorie et se retrouvent sous formes diverses : gants, bottes, joints, câbles, et sont entreposés dans des fûts en béton.

Les problématiques associées à la présence de ces matériaux organiques au sein des colis sont liées au relargage d'espèces solubles issues de leur dégradation radiolytique, lorsqu'ils sont soumis aux rayonnements ionisants en amont ou pendant leur stockage. Ces composés sont susceptibles d'interagir avec les radionucléides en augmentant leur mobilité et in fine leur risque de dispersion dans l'environnement.

La radiolyse des polymères a largement été étudiée, notamment dans la compréhension des mécanismes mis en jeu [2,3]. Il a été démontré que la radiooxydation du polymère peut conduire à la formation de nombreux produits hydroxylés, carbonylés ou issus de recombinaisons radicalaires.

L'identification des produits de radiooxydation sur des polymères comme le polyuréthane a été réalisée [4]. La formation de composés tels que des acides carboxyliques, des alcools, des esters, des cétones a été mis en évidence. Pour le PVC, Colombani et al., (2007) ont démontré le rôle très important de l'oxygène dans le processus de radiolyse. Par ailleurs, cette étude a permis de montrer l'évolution de la production d'HCl en fonction de la dose ainsi que l'identification partielle de familles de composés d'oxydation.

Le but de cette étude est d'utiliser les techniques analytiques adaptées, tout en s'appuyant sur le socle de connaissances des mécanismes de radiooxydation, afin d'identifier et quantifier les produits de dégradation radiolytique du PVC contenu dans les stockages de déchets nucléaires.

Ainsi, de la résine pure et trois formulations de PVC contenant différents additifs ont été irradiés à différentes doses, sous rayonnements γ issus d'une source ^{60}Co .   l'issue, ces échantillons de PVC ont été mis en contact avec de l'eau à pH basique (13,3) afin de recrer les conditions de stockages des déchets nucléaires.

La caractérisation physico-chimique du polymère a été réalisée grâce à différentes techniques : spectroscopie

Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), Analyse thermogravimétrique (ATG) et Chromatographie d'Exclusion Stérique (SEC).

L'analyse exhaustive des sous-produits de radiooxydation du PVC est réalisée en deux étapes. Une première étude sur le polymère afin d'obtenir une vision globale des produits de dégradation formés à l'intérieur de la matrice puis une étude sur les solutions de lixiviation. Cette seconde étude a pour but de déterminer les différentes familles de molécules composant le Carbone Organique Total (COT) contenu dans l'eau.

Les premiers résultats ont permis, entre autres, grâce à la Thermodésorption couplée à la Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (TD-GC-MS) de mettre en évidence l'augmentation de la concentration en Composés Organiques Volatils (COV) totaux en fonction de la dose d'irradiation. Par ailleurs, de nombreux acides carboxyliques, potentiellement complexants des radionucléides ont été identifiés dans les lixiviats de PVC, par Chromatographie Ionique couplée à la Spectrométrie de Masse (CI-MS).

Références

- [1] Socle de connaissances scientifiques et techniques de Cigéo, les référentiels de connaissances : le comportement des déchets MA-VL, ANDRA, 2018.
- [2] A. Rivaton, S. Cambon, J.-L. Gardette, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 227 (2005) 357–368.
- [3] A. Sidi, Etude de la dégradation radiolytique de polymères constitutifs de câble contrôle commande K1 en ambiance nucléaire, *Thèse de doctorat en chimie-physique de l'université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand*. (2016).
- [4] E. Fromentin, C. Aymes-Chodur, D. Doizi, M. Cornaton, F. Miserque, F. Cochin, M. Ferry, *Journal of Polymer Degradation and Stability*, 146 (2017) 161-173.
- [5] J. Colombani, V. Labed, C. Jousset-Dubien, A. Périchaud, J. Raffi, J. Kister, C. Rossi, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 265, 238-244.

CARACTERISATION DES EMISSIONS D'ISOTHIAZOLINONES DANS L'AIR INTERIEUR ISSUES DE PRODUITS DE CONSTRUCTION ET DE CONSOMMATION

L. Ducup de Saint Paul^{1,2*}, S. Ravier¹, H. Wortham¹, M. Nicolas², E. Quivet¹

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

(2) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 38400 Saint Martin d'Hères, France

*lea.ducup@cstb.fr

Selon la définition européenne, les biocides sont des substances destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs des organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre par une action qui peut être chimique ou biologique. Ils sont soumis à la Réglementation relative aux Produits Biocides (RPB) et sont classés en quatre groupes : les désinfectants, les produits de protection, les produits de lutte contre les nuisibles et les « autres » produits biocides [1].

Les isothiazolinones sont des substances biocides utilisées comme conservateurs dans de nombreux produits de construction (peintures, vernis) et de consommation (cosmétiques, lessives, désodorisants) pour leurs propriétés algicide, fongicide et bactéricide [2-3]. Sept isothiazolinones sont actuellement utilisées sur le marché européen.

Toutefois, malgré leurs propriétés biocides, les isothiazolinones sont également connues pour les allergies qu'elles peuvent causer par contact cutané ou inhalation : dermatite de contact allergique, eczéma, œdème [3-4].

Les isothiazolinones peuvent être recherchées et quantifiées dans des produits commerciaux, comme des cosmétiques [3-5], ou dans des matrices environnementales comme des eaux, des boues, ou l'air intérieur [6-7]. Ces études portent sur 2 à 6 isothiazolinones au maximum [8].

Dans ce contexte, le développement d'une méthode robuste de mesure des isothiazolinones pour leur caractérisation dans l'air intérieur est donc une nécessité afin de prédire le risque de l'exposition humaine à ces composés.

Dans cette étude, une méthode couplant la chromatographie liquide à la spectrométrie de masse en tandem (Ultra Performance Liquid Chromatography – tandem Mass Spectrometry, UPLC-MS/MS, Waters) a été développée et optimisée pour identifier et quantifier les 7 isothiazolinones présentes sur le marché européen. Cette méthode associe de faibles limites de détection (i.e., une dizaine de ng.m⁻³ pour chaque isothiazolinone), à une durée d'analyse limitée à moins de six minutes.

Un panel de produits ménagers, cosmétiques et de construction contenant au moins une isothiazolinone a été sélectionné afin d'étudier leur émission dans l'air.

Brièvement, quelques mg du produit testé sont placés dans une micro-chambre (44 mL) régulée thermiquement (μ -CTE, Markes International). Un flux d'air balayant le volume est collecté sur des cartouches C18. Après extraction, les échantillons sont analysés par UPLC-MS/MS.

Remerciements

Ce projet est financé par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) en collaboration avec le Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix Marseille Université.

Références

- [1] Parlement Européen, Directive 98/8/C (1998).
- [2] G. Alvarez-Rivera, T. Dagnac, M. Lores, C. Garcia-Jares, L. Sanchez-Prado, J.P. Lamas, M. Llompert, *Journal of Chromatography A*, 1270 (2012) 41-50.
- [3] U. Friis, T. Menné, M.-A. Flyvholm, J. Bonde, J. Lepoittevin, C. Le Coz, J. Johansen, *Contact Dermatitis*, 71 (2014) 65-74.
- [4] E. Garcia Hidalgo, *Doctoral Thesis*, (2017).
- [5] J.B. Wittenberg, B.J. Canas, W. Zhou, P.G. Wang, D. Rua, A.J. Krynitsky, *Journal of Separation Science*, 38 (2015) 2983-2988.
- [6] R. Nagorka, C. Gleue, C. Scheller, H.-J. Moriske, W. Straff, *Indoor Air*, 25 (2014) 68-78.
- [7] A. Rafoth, S. Gabriel, F. Sacher, H.-J. Brauch, *Journal of Chromatography A*, 1164 (2007) 74-81.
- [8] H. Zhong, Z. Li, S. Chen, Y. Zeng, J. Zheng, Y. Zeng, D. Li, *Molecules*, 24 (2019).

ÉTUDE EXPERIMENTALE DE LA PHOTOLYSE HETEROGENE DE L'IODE

A. Figueiredo^{1,2}, R. Strekowski¹, L. Bosland², H. Wortham¹

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

(2) Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN), Cadarache, 13115 Saint-Paul-lez-Durance

*Alexandre.Figueiredo@etu.univ-amu.fr

La dispersion dans l'environnement de l'iode moléculaire (I₂) est un sujet d'intérêt dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la chimie environnementale. Dans l'atmosphère, les principales sources de I₂ sont les émissions océaniques et les rejets accidentels par les installations nucléaires suite à des défauts de confinement. Comme pour beaucoup d'espèces chimiques, les puits atmosphériques de I₂ sont les dépôts secs et humides et la réactivité chimique. La complexité du comportement atmosphérique de I₂ est notamment liée à sa présence simultanée dans les phases gazeuse et particulaire de l'atmosphère selon un équilibre majoritairement contrôlé par la température. En conséquence, il peut réagir en phase homogène gazeuse et en phase hétérogène (gaz/solide) avec des cinétiques qui pourraient être significativement différentes. La photodégradation hétérogène de I₂ est particulièrement mal connue ce qui ne permet pas aujourd'hui de déterminer le temps de demi-vie atmosphérique de I₂ et donc sa capacité à être transporté sur de longues distances.

Afin de mieux comprendre et de mieux expliquer la dispersion de l'iode dans l'environnement, un protocole expérimental a été développé et validé pour déterminer dans des conditions contrôlées de laboratoire les cinétiques de photo-dégradation hétérogène de I₂ adsorbés à la surface de particules modèles. Le dispositif expérimental qui a été imaginé s'est appuyé sur les travaux antérieurs pourtant sur l'analyse de l'iode en phase liquide^[1] et la réactivité hétérogène de composés organiques semi-volatils adsorbés sur des particules atmosphériques^[2]. Le protocole qui a été mis en place dans le cadre du présent travail est constitué de trois étapes successives :

- l'adsorption de l'iode sur des particules modèles,
- l'exposition de l'iode particulaire à une lumière, simulant le spectre solaire (lampe Xe),
- l'analyse de l'iode particulaire résiduel qui inclut les étapes d'extraction solide-liquide à l'aide d'un système ASE (Accelerated Solvent Extraction), la dérivation du I₂ extrait et son analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC-MS/MS).

L'impact de la température et humidité relative sur la cinétique de photolyse hétérogène de l'iode a été étudié. Pour confirmer les résultats obtenus en laboratoire avec la lampe Xe, une expérience a été réalisée avec une irradiation naturelle extérieure.

La méthode expérimentale qui a été validée a permis de déterminer pour I₂ un temps de demi-vie en phase particulaire de 90 minutes à une température de 25°C et un taux d'humidité de 40%. Par comparaison, le temps de demi-vie de l'iode en phase homogène gazeuse est 6^[3]. La photoréactivité de I₂ en phase particulaire est donc environ 1080 fois plus lente que sa réactivité en phase homogène ce qui pourrait modifier les prévisions actuelles du transport de l'iode dans l'atmosphère.

Remerciements

Nous remercions l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et la Région Sud pour leur soutien financier.

Références

- [1] Zhang, S., Schwehr, K.A., Ho, Y.F., Xu, C., Roberts, K.A., Kaplan, D.I., Brinkmeyer, R., Yeager, C.M., Santschi, P.H., 2010. A novel approach for the simultaneous determination of iodide, iodate and organo-iodide for 127I and 129I in environmental samples using gas chromatography-mass spectrometry. *Environmental Science and Technology* 44
- [2] Pflieger, M., Grgić, I., Kitanovski, Z., Nieto, L., Wortham, H., 2011. The heterogeneous ozonation of pesticides adsorbed on mineral particles: Validation of the experimental setup with trifluralin. *Atmospheric Environment* 45, 7127–7134.
- [3] Saiz-Lopez, A., Plane, J.M.C., Baker, A.R., Carpenter, L.J., von Glasow, R., Gómez Martín, J.C., McFiggans, G., Saunders, R.W., 2012. *Atmospheric Chemistry of Iodine*. *Chem. Rev.* 112, 1773–1804.

TRANSFERT DE PARTICULES PLASTIQUES DU MILIEU MARIN VERS L'ATMOSPHERE PAR LE PHENOMENE DE « BUBBLE BURSTING »

M. Masry^{1*}, S. Rossignol¹, B. Temime Roussel¹, B. R'mili¹, P. Wong-wah-chung¹

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

*contact : maria.masry@univ-amu.fr

Le milieu marin est actuellement considéré comme un puit définitif pour les déchets plastiques. Cependant, les modèles d'estimation de l'abondance des déchets plastiques et de simulation de leur transfert et distribution peinent à s'accorder avec les observations donc à représenter l'ensemble des flux et processus [1,2]. D'autre part, la présence de microplastiques dans l'atmosphère et dans les régions éloignées a été confirmée suggérant un transport atmosphérique à longue distance [3,4]. Répondant potentiellement à ces problématiques, il a récemment été émis l'hypothèse qu'il pourrait exister un flux sortant de micro et nanoplastiques du milieu marin vers le compartiment atmosphérique via l'éclatement des bulles d'air à l'interface mer-atmosphère [5,6]. Ce phénomène, appelé « bubble bursting », est connu pour générer à grande échelle des embruns et aérosols dans les atmosphères marines [7].

Dans ce travail, la possibilité d'un tel transfert via le phénomène de « bubble bursting » a été démontrée au laboratoire dans des conditions contrôlées. Le « bubble bursting » a été simulé dans un réacteur en verre fermé contenant 4 L d'eau de composition connue. La présence de particules plastiques dans l'air du réacteur a été mesurée par comptage optique et observée par microscopie électronique en transmission. L'influence de la taille et de la nature des particules et de la composition de l'eau sur le transfert a entre autres été évaluée. Le transfert de particules commerciales de polystyrène (PS) de diamètres 350, 600 et 1000 nm en suspension dans l'eau pure a été testé et a été observé pour les PS de 350 nm de diamètre. Il a également été montré que la présence d'un surfactant modèle entraîne dans la majorité des cas une augmentation du transfert eau-air, alors que la présence de polysaccharides solubles n'a pas d'influence. L'étude additionnelle du transfert de particules commerciales de polyéthylène hydrophobes (200-9900 nm) ainsi que de particules de polyéthylène vierge et formulé, vieilli et non vieilli photochimiquement, indique que l'état d'oxydation de la surface des particules joue également un rôle, le

transfert apparaissant plus efficace dans le cas des particules hydrophiles (PS commercial). Un transfert significatif de particules a été également observé dans le cas du PE vieilli photo-chimiquement. Par ailleurs, les analyses MET indiquent que le transfert des particules peut se faire soit de façon isolée soit en agglomérats et recouvertes ou non de surfactant, donnant des indications sur les processus mis en jeu.

Remerciements

Les auteurs remercient J.F. Larché de Nexans pour les échantillons de polyéthylène vierge et formulé, et l'équipe POPPI de l'Institut de Chimie de Clermont-Ferrand pour la photodégradation du PE. Les auteurs tiennent également à remercier le CINaM, en particulier D. Chaudanson et A. Altié pour les images TEM.

Références

- [1] E. van Seville, C. Wilcox, L. Lebreton, N. Maximenko, B.D. Hardesty, J.A. van Franeker, M. Eriksen, D. Siegel, F. Galgani, K.L. Law, *Environmental Research Letters*, 10 (2015) 124006.
- [2] J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. L. Law, *Marine Pollution*, 347 (2015) 6223.
- [3] M. Bergmann, S. Mützel, S. Primpke, M. B. Tekman, J. Trachsel, G. Gerdts, *Atmospheric Science*, 5 (2019) eaax1157.
- [4] R. Dris, J. Gasperi, C. Mirande, C. Mandin, M. Guerrouache, V. Langlois, B. Tassin, *Environmental Pollution*, 221 (2017) 453-458.
- [5] S. Allen, D. Allen, K. Moss, G. Le Roux, V. R. Phoenix, J. E. Sonke, *PLoS ONE*, 15 (2020) 5.
- [6] Y. Zhang, S. Kang, S. Allen, D. Allen, T. Gao, M. Sillanpää, *Earth-Science Reviews*, 203 (2020) 103118.
- [7] *Sea Salt Aerosol Production: Mechanisms, Methods, Measurements, and Models*. E. R. Lewis, S. E. Schwartz, Wiley, 2004.

LABORATOIRE POPULATION ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT – LPE –

CHANGEMENTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX ET POPULATIONS DE RONGEURS DANS LES ZONES ARGILEUSES DU BAS DELTA DU FLEUVE SENEGAL, AFRIQUE DE L'OUEST SUR UNE DECENNIE D'OBSERVATIONS (2008-2019) : VERS UN OUTIL DE GESTION

CT. Niang^{1,2,4*}, M. Kane², Y. Niang², N. Sarr², C. Tatar³, L. March¹, JF. Mauffrey¹, E. Artige³, S. Piry³, L. Granjon³, C. Brouat³, K. Ba², V. Moron⁵, I. Laffont-Schwob¹, AB. Bal⁴, A. Dalecky¹

(1) Aix Marseille Université, IRD, LPED, 3 place Victor Hugo, 13003 Marseille, France

(2) BIOPASS, Campus ISRA/IRD de Bel Air, IRD, CBGP, Route des hydrocarbures, Dakar, Sénégal

(3) Campus International de Baillarguet, IRD, CBGP, 34980 Montferrier-sur-Lez, France

(4) BIOPASS2, Université Gaston Berger, LABAM, BP 234, Saint-Louis, Sénégal

(5) Aix-Marseille Université, CEREGE UM 34 CNRS, France

*niangcheikhtidiane@yahoo.fr

La vallée du fleuve Sénégal située au nord du pays, est une zone qui fait l'objet de profonds remaniements depuis plusieurs décennies (construction de barrages, mise en place d'aménagements hydro-agricoles). D'importants programmes ont été réalisés visant à la fois à limiter les effets de l'aridification, mais aussi à apporter une amélioration en termes de sécurité alimentaire et donc de limiter les importations de denrées alimentaires. Toutes ces stratégies ont entraîné une forte augmentation de la production de riz dans la vallée. Cependant, ce regain alimentaire s'accompagnerait d'une prolifération de ravageurs et ainsi de leurs conséquences en termes sanitaire et de sécurité alimentaire. En effet, dans les agroécosystèmes, il est attendu que la nature des aménagements agricoles impacte les abondances de rongeurs [1,2], qui sont connus pour être des ravageurs des cultures et des réservoirs zoonotiques en posant plusieurs problèmes agricoles et sanitaires [3]. Une grande pullulation de rongeurs avait été observée au Sénégal dans les années 1975 avec toutes les conséquences sur le plan alimentaire qui en ont découlé [4,5]. Notre étude a donc pour but d'évaluer les communautés de rongeurs durant une décennie de suivi longitudinal (2008 à 2019) en fonction des changements environnementaux dans les aménagements hydro-agricoles du delta du fleuve Sénégal. Plus spécifiquement, il s'agit de (i) identifier à l'espèce les communautés de rongeurs présentes, (ii) déterminer l'impact de facteurs tels que les usages, la pluviométrie, le couvert végétal, la présence d'eau libre, les aménagements sur la dynamique d'abondances dans deux localités dont l'une (Savoigne) qui est anciennement aménagée et l'autre (Mbarigo/Mboubène) qui est récemment réaménagée par le MCA-Sénégal (Millenium Challenge Account).

Un total de 1867 rongeurs a été capturé dans 324 lignes de pièges. La communauté de rongeurs dans les zones argileuses est globalement composée de 4 espèces avec *Arvicanthis niloticus* comme espèce dominante (64,81%), suivie de *Mastomys huberti* (28,17%), de *Taterillus* sp. (6,80%) et de l'écureuil terrestre *Xerus erythropus* (0,22%). L'abondance de rongeurs d'une année donnée (i) augmente significativement avec la pluviométrie de l'année précédente, (ii) est plus élevée dans les parcelles cultivées que non cultivées, (iii) augmente avec le couvert végétal, (iv), augmente chez *M. huberti* avec la présence

d'eau libre à proximité, (v) dans une zone impactée par les réaménagements, l'abondance de rongeurs augmente significativement suite aux aménagements hydroagricoles. Les patterns de reproduction nous montrent aussi une proportion élevée d'individus juvéniles dans les parcelles de riz.

En somme, notre étude a montré que l'augmentation des surfaces de cultures et de la production de riz modifient l'abondance et la dynamique des populations de rongeurs dans le delta du fleuve Sénégal. Du fait de la disponibilité d'eau et de ressources et d'abris en continu, l'abondance de rongeurs est en forte croissance durant des périodes où la reproduction devrait s'arrêter. Les risques de pullulations et d'émergences de zoonoses deviennent alors d'une importance capitale. Ainsi un contrôle régulier par les services de protections et des opérations durables qui doivent être mis en place pour maintenir les populations de ravageurs dans des limites tolérables.

Remerciements

Nous remercions l'Observatoire des petits mammifères indicateurs des changements environnementaux (ObsMiCE) et l'ensemble des membres de l'équipe BIOPASS pour la collecte des données. Ces travaux ont été soutenus financièrement par le LabEx OT-Med (projet R2P). Nous remercions l'OSU-Pythéas et l'IRD pour les financements octroyés à ObsMiCE, et l'IRD pour la bourse de thèse allouée à travers son programme ARTS. Nous remercions également l'ensemble des membres du CBGP pour nous avoir fourni une plateforme de Biologie moléculaire, mais aussi le LPED pour nous avoir accueillis durant nos séjours. Nous sommes particulièrement redevables à tous les Sénégalais qui nous ont permis de piéger dans leurs parcelles.

Références

- [1] P. Delattre, JM. Duplantier, E. Fichet-Clavet, P. Giraudoux, *Cahiers Agricultures*, 7 (1998) 285-98.
- [2] L. Granjon, JM. Duplantier, MNHN-IRD, Marseille, France, 2009.
- [3] B. Meerburg, G.R. Singleton, H. Leirs, *Pest ManagSci*, 65 (2009) 351-352.
- [4] AR. Poulet, *Biotrop. special pub.* 12 (1980) 123- 138.
- [5] AR. Poulet, Thèse. Paris, EditionsOrstom (1982).

ABSENCE DE RESSOURCES TROPHIQUES OU IMPOSSIBILITES DE SE DEPLACER : QUEL(S) PARAMETRE(S) EXPLIQUE(NT) LA COMPOSITION DES COMMUNAUTES DE PAPILLONS EN MILIEU URBAIN ? UNE APPROCHE EXPERIMENTALE A MARSEILLE

M. Ternisien^{1*}, M. Deschamps-Cottin¹, B. Vila¹

(1) Laboratoire Population Environnement Développement, UMR 151 Aix Marseille Univ, IRD, Centre Saint Charles, case 10, 3 place Victor Hugo 13331 Marseille, cedex 03, France

*melanie.ternisien@univ-amu.fr

Par la fragmentation des habitats ou leur destruction et l'introduction d'espèces exogènes dont certaines deviennent envahissantes, l'urbanisation menace la biodiversité. Sur la base de ce constat, les politiques urbaines tendent à minimiser leurs impacts en intégrant le « vert » dans le développement de la matrice urbaine.

Même si elle possède de grands espaces naturels, la région PACA est l'une des plus artificialisées de France avec 8% de son territoire (contre 5,1% à l'échelle nationale). Or elle renferme les 2/3 de la faune et les 3/4 de la flore métropolitaine. La région PACA possède ainsi une grande responsabilité en matière de conservation de la biodiversité. Cependant l'urbanisation toujours en cours tend à y homogénéiser la faune et la flore [1,2]. Il en résulte qu'aujourd'hui, les enjeux de conservation sont aussi présents en milieu urbain. Mettre en place des stratégies d'aménagements et de gestion des espaces verts s'avère donc indispensable.

En milieu urbain, la richesse spécifique peut augmenter ou diminuer en fonction de variables comme la distance au milieu naturel, la disponibilité en habitat, leur fragmentation et selon les groupes taxonomiques considérés. L'urbanisation entraîne ainsi une sélection d'espèces ayant des caractéristiques physiologiques, écologiques, et génétiques permettant de s'y maintenir [3,4].

Pour mesurer et suivre les effets de l'urbanisation et de la gestion sur la biodiversité, les Rhopalocères (papillons de jour) sont de bons indicateurs car ils répondent rapidement aux modifications [5,6]. Ils sont sensibles aux caractéristiques de leur habitat à l'état de chenille ou d'imago. Imago, les papillons sont opportunistes et vont se nourrir du nectar de presque n'importe quelle plante. Cependant, les pièces buccales seront déterminantes dans la possibilité de se nourrir sur les fleurs [7]. Les chenilles, quant à elles, nécessitent des plantes-hôtes particulières selon les espèces considérées [8]. Ainsi, au cours de leur cycle de vie, la composition floristique joue un rôle fondamental pour le maintien des papillons et en particulier au stade chenille.

Lizée et al [9] ont mis en évidence une diminution de la richesse spécifique et de l'abondance des papillons dans les parcs urbains de Marseille de la périphérie vers le centre-ville. Dans le but de tester si ce sont les pratiques de gestion qui sont responsables de ces régressions, le Parc Urbain des Papillons (PUP) a été créé à Marseille en 2012. Installé en périphérie de la ville, il offre des plantes nectarifères et des plantes hôtes favorables aux communautés de papillons méditerranéens. En l'absence de barrières physiques à la dispersion, une augmentation de la richesse spécifique et de l'abondance des papillons a été observée dès les premières années. En huit ans, la richesse spécifique a doublé soulignant le rôle essentiel de

la gestion et notamment la disponibilité en ressources trophiques.

Afin de tester si ce sont des caractéristiques urbanistiques comme les barrières physiques représentées par les constructions faisant obstacle à la dispersion ou le manque de nourriture qui sont responsables de la diminution de la richesse spécifique ou de l'abondance en centre-ville, une nouvelle expérimentation a été mise en place à l'échelle de la ville en 2020. A l'aide de ce nouvel aménagement expérimental, on cherche à mieux comprendre les mécanismes qui régissent la pénétration des papillons/imago en milieu urbain en créant des microsites favorables. Basé sur le modèle du PUP, des répliques à échelle réduite, de la taille d'un massif, ont été déployées dans 18 parcs urbains du centre-ville à la périphérie.

Remerciements

Nous remercions vivement la Direction des Parcs et Jardins ainsi que tous les agents techniques ayant fortement contribué à la mise en place du projet sur le terrain. Cette expérimentation a été rendue possible grâce au financement de la Ville de Marseille, et au programme Emplois Jeunes Doctorants (2019-2022) de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Références

- [1] N. Noreika, D. J. Kotze, O. J. Loukola, N. Sormunen, A. Vuori, J. Päivinen, J. Penttinen, P. Punttila, J. S. Kotiaho, *Biol. Conserv.* 2016, 196, 103.
- [2] P. Clergeau, S. Croci, J. Jokimäki, M.-L. Kaisanlahti-Jokimäki, M. Dinetti, *Biol. Conserv.* 2006, 127, 336.
- [3] A. C. Miranda, H. Schielzeth, T. Sonntag, J. Partecke, *Glob. Change Biol.* 2013, 19, 2634.
- [4] C. Calfapietra, J. Peñuelas, Ü. Niinemets, *Trends Plant Sci.* 2015, 20, 72.
- [5] C. M. Lee, J. W. Park, T.-S. Kwon, S.-S. Kim, J. W. Ryu, S. J. Jung, S. K. Lee, *Zool. Stud.* 2015, 54, 4.
- [6] O. Tzortzakaki, V. Kati, M. Panitsa, E. Tzanatos, S. Giokas, *Landsc. Urban Plan.* 2019, 183, 79.
- [7] B. Bergerot, B. Fontaine, M. Renard, A. Cadi, R. Julliard, *Landsc. Urban Plan.* 2010, 96, 98.
- [8] T. Lafranchis, *La vie des papillons, écologie, biologie et comportement des rhopalocères de France*, Diatheo, Paris (France), 2015.

REPONSE FONCTIONNELLE DES COMMUNAUTES VEGETALES ET MICROBIENNES FACE A UNE MULTI-CONTAMINATION DU SOL EN ELEMENTS TRACES METALLIQUES ET METALLOIDES EN MILIEU MEDITERRANEEN

L. Tosini^{1,2*}, H. Folzer², M. Cartereau², P. Prudent³, Y. Labrousse¹, Y. Le Bagousse-Pinguet², N. Montès¹, A.M. Farnet², L. March¹, L. Vassalo³, I. Laffont-Schwob¹

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

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

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

*lorene.tosini@univ-amu.fr

Le massif de Marseilleveyre (Marseille, SE France) a abrité plusieurs fonderies de plomb aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles [1]. Ces industries ont produit d'importantes quantités de cendres contaminées en éléments traces métalliques et métalloïdes (ETMM dont le plomb, l'arsenic, et le zinc) qui, au cours du temps, ont été dispersées par le vent et le ruissellement des eaux de pluie [2]. Il en résulte aujourd'hui une multi-contamination diffuse en ETMM des sols du massif suivant un gradient structuré spatialement d'ouest en est [2]. Ces anciens sites industriels sont à présent inclus dans le parc national des Calanques, une zone péri-urbaine protégée confrontée à un double enjeu de santé environnementale et de conservation de la biodiversité [3].

La contamination en ETMM des sols modifie leur composition et leur fonctionnement [4]. Or, ces changements de conditions abiotiques peuvent être à l'origine de changements dans la structure fonctionnelle des communautés d'organismes, support des fonctionnalités des écosystèmes et des services qu'ils fournissent à nos sociétés [5]. Ainsi, ce travail de thèse vise à se questionner sur les effets de cette multi-contamination du sol en ETMM sur la structure fonctionnelle des communautés végétales et microbiennes en milieu méditerranéen.

Notre travail consiste à étudier les traits fonctionnels des communautés végétales et microbiennes le long d'un gradient de multi-contamination du sol en ETMM dans le massif de Marseilleveyre. D'abord, nous présentons la démarche utilisée pour situer les placettes sur le site d'étude en tenant compte du type de végétation, des variables topographiques et du niveau de multi-contamination du sol. Ensuite, nous exposons le design expérimental de l'étude dans laquelle seront réalisés : (i) des échantillonnages de sols afin d'analyser leurs caractéristiques physicochimiques et certains traits fonctionnels des communautés microbiennes, (ii) des échantillonnages et des analyses de communautés végétales afin d'évaluer leur richesse, leur diversité ainsi que leur structure fonctionnelle en se basant sur deux traits

fonctionnels intégratifs : la hauteur végétative et la surface foliaire spécifique. Enfin, nous discutons des premiers résultats obtenus concernant le lien entre la richesse spécifique des communautés végétales et le niveau de multi-contamination du sol en ETMM.

Ainsi, cette étude viendra alimenter notre réflexion sur les concepts en écologie de la restauration, pouvant aboutir à de nouvelles pratiques de gestion et de restauration écologique des écosystèmes méditerranéens contaminés en ETMM.

Remerciements

Les auteurs remercient le Parc national des Calanques pour sa collaboration et son soutien financier dans le cadre de la thèse de Lorène Tosini.

Références

- [1] X. Daumalin, O. Raveux. Un territoire marqué par les pollutions, in *Les Calanques marseillaises industrielles : une histoire au présent*, REF2C (Eds.), Aix-en-Provence, 2016, 131.
- [2] I. Laffont-Schwob, A. Heckenroth, J. Rabier, V. Masotti, B. Oursel, P. Prudent. Une pollution présente diffuse et étendue, in *Les Calanques marseillaises industrielles : une histoire au présent*, REF2C (Eds.), Aix-en-Provence, 2016, 204.
- [3] L. Affre, P.J. Dumas, E. Dumas, I. Laffont-Schwob, T. Taton. Regard écologique sur le recul stratégique : atouts et risques pour la diversité végétale péri-urbaine marseillaise, *VertigO*, 2015, hors-série 21.
- [4] G. Petruzzelli, F. Pedron, I. Rosellini., *AIMS Environmental Science*, 7 (2020) 208.
- [5] S. Lavorel, E. Garnier., *Functional Ecology*, 16 (2002) 545.

MECANIQUE, MODELISATION ET PROCÉDES PROPRES – M2P2 –

TOTAL ENERGY RECOVERY YIELD AS A FUNCTION OF INLET ORGANIC LOAD FOR ANAEROBIC DIGESTION AND DARK FERMENTATION BIOPROCESSES.

M. Amado^{1,2}, M.A. Hernández², C. Barca¹, J-H. Ferrasse^{1*}

(1) Aix-Marseille Université, M2P2, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France

(2) EAN University, Faculty of Engineering, Calle 79 No 11-45, Bogotá, Colombia

jean-henry.ferrasse@univ-amu.fr

Residual biomass use has increased in recent years, in order to add value to the processes and reduce environmental impacts. In Colombia, the energy matrix diversification is the main objective to guarantee energy security and sustainability, through Law 1715, which established different incentives for research and development including renewable energies [1]. According to the agro-industrial production of Colombia, the coffee (CFM) and cocoa mucilage (CCM), and swine manure (SM) are substrates of interest [2]. In the proposed work, the influence of the initial biomass concentration for the anaerobic digestion (AD) and dark fermentation (DF) bioprocesses is shown, as well as the evaluation of the use of water.

The AD and DF processes are highly promising and environmentally friendly technologies. However, the simulation has been one of the challenges that seeks to evaluate processes on an industrial scale or real cases. One of the most representative models is the ADM1 [3]. The sensitivity analysis of the mathematical model for a serial process dark fermentation followed by anaerobic digestion (ADF), was evaluated by varying the input concentration from 2 to 26 g COD/L. To get the mass flow and the net heat value output, which allows the evaluation of the theoretical total energy yield, the energy yield of biogas and residues as a function of the initial concentration of the input blend to the process. Showing an assessment of sustainability in bioprocesses by increasing efficiency and decreasing water use, based on the biomass available in the five largest coffee, cocoa and swine producers' departments.

Yield and trend values were similar, increasing from 10% to 43% while the concentration increases, these results coincide with those obtained by Sánchez [4]. The difference in yields between departments increases with increasing concentration, which shows the influence of CFM and CCM as carbohydrate-rich substrates [5]. For the department of Santander, the initial yield was 0.6% higher than the average at 2 g COD/L, while at the highest concentration the yield is 3% higher than the average. Finally, increasing concentrations lead to a decrease in biogas production. However, the composition varies,

increasing the CH₄ and H₂ production and consequently the net heat value of the biogas coinciding with the results presented by Fannin [6].

In conclusion, the different scenarios are alternatives for the use of residual biomass based on the evaluation of production or energy yields for the growth of the agroindustry. The sensitivity analysis also allows to evaluate the sustainability of the processes leading to new operational scenarios that can be validated through experimentation.

Acknowledgments

The authors acknowledge financial support from Colciencias (Administrative Department of Science, Technology and Innovation of Colombia) - Project number FP44842-38-2017 -- contract 038-2017.

References

- [1] *Compilación Normativa Especializada del sector Minero Energético*, Republica de Colombia, Gobierno nacional, Colombia, 2014
- [2] *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*, DANE, Colombia, 2018.
- [3] G. Antonopoulou, H. N. Gavala, I. V. Skiadas, G. Lyberatos, *International Journal of Hydrogen Energy*, 37 (2012) 191
- [4] E. Sánchez, R. Borja, P. Weiland, L. Travieso, A. Martín, *Journal of Process Biochem.*, 37 (2001) 483
- [5] M. Hernandez, A. González, F. Suárez, C. Ochoa, A. Candela, I. Cabeza, *Chemical Engineering Transactions*, 65 (2018) 247
- [6] K. F. Fannin, *Anaerobic Digestion of Biomass* 53 (1987) 171

TRAITEMENT DES FUMÉES ET GESTION DES EAUX DE LAVAGE DES NAVIRES DE LA MARINE MARCHANDE

M. Drouin¹, S. Nasser², T. Simon², C. Adolphe² P. Moulin¹

(1) Aix-Marseille Univ, M2P2, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France

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

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

Les échanges commerciaux maritimes sont responsables d'environ 13% des émissions en oxyde de soufre lié aux activités humaines [1]. Depuis plusieurs années, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) tente de réduire les émissions en réglementant le taux d'oxyde de soufre contenu dans les gaz d'échappement des bateaux. C'est en ce sens qu'en 2020, l'OMI a décidé de réduire la teneur limite en composé soufré rejeté à l'atmosphère à 0,5% en pleine mer contre 3,5% tolérée précédemment [2]. Dans le but de respecter les réglementations environnementales actuelles, les entreprises de transports maritimes n'ont d'autre choix que de s'adapter. Plusieurs actions ont été proposées afin de réduire les émissions [3] :

- Utilisation d'un autre carburant (gasoil maritime à faible taux de soufre ou gaz naturel liquéfié) mais plus onéreux.
- Ajout de module de captage et d'élimination des gaz toxiques (absorption, précipitation ...).

L'installation d'unités d'extraction des gaz d'échappement directement sur les navires offre de nombreux avantages économiques et permet de satisfaire les normes de rejet en qualité de l'air.

L'extraction est la plus souvent réalisée par une colonne d'absorption liquide/gaz. Le liquide, de l'eau de mer, de nature alcaline, se charge en SO_x, métaux lourds, hydrocarbures et/ou autre composés au contact du gaz d'échappement. Les réglementations sur les rejets atmosphériques sont alors respectées. En revanche en fonction du mode de fonctionnement, des étapes de traitement de l'effluent liquide ainsi obtenue sont nécessaires pour respecter les normes de rejets aqueux et/ou les réglementations régionales en vigueur.

Deux modes de fonctionnement sont possibles en fonction des réglementations régionales s'appliquant lors de la navigation (zones portuaires, zone à émission contrôlée, fleuves, pleine mer, etc.). L'unité peut être utilisée en boucle ouverte, l'eau de lavage passe une seule fois dans la colonne ou en boucle fermée : l'eau de lavage circule en continu dans la colonne, une solution alcaline est ajoutée en continu pour maintenir le pH et garantir les propriétés d'épuration [4]. De ce fait, le fonctionnement en boucle fermée est limité par la présence de solides entraîne la

formation de déchets aqueux contenant une importante proportion de matière en suspension (MES). L'eau de lavage doit ainsi être traitée avant rejet.

Le traitement de cet effluent concentré en MES est réalisé par procédé membranaire. Des membranes d'ultrafiltration (40 nm de porosité) multitubulaires minérales sont utilisées pour leurs propriétés : résistance chimique, mécanique et thermique, hydrodynamique dans la membrane [5].

La filtration est réalisée à flux constant et doit permettre de générer 95% d'eau propre pouvant être rejetée dans le milieu naturel. Les concentrats (MES, hydrocarbures, métaux lourds en solution) sont stockés à bord en attendant un traitement plus spécifique à terre. Le fonctionnement de ces unités doit prendre en compte les spécificités des bateaux et des lignes marchandes suivies. Une unité pilote a été dimensionnée et des études sur l'optimisation des conditions de filtration et de retrolavage sont en cours. Les résultats obtenus permettront l'optimisation du fonctionnement des unités à bord des navires de la marine marchande : limitation des actions de lavage chimique, diminution de la quantité de fluide stocké à bord et rétention des métaux lourds et/ou autres composés toxiques pour l'environnement.

Références

- [1] A. Awoyomi, K. Patchigolla, et E. J. Anthony, *Int. J. Greenh. Gas Control*, 88 (2019) 57-70
- [2] « Sulphur oxides (SOx) – Regulation 14 ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.imo.org> [Consulté le: 19-févr-2020].
- [3] T. A. Tran, , *J. Mar. Sci. Res. Dev.*, 7 (2017)
- [4] J. C. Brown, J. E. Rademan, P. L. P. SR, M. A. Shand, et J. O. Williams, US9895649B2, 20-févr-2018.
- [5] M. Deng, R. L. Chen, et S. Liu, in *CSE 2018*, 2018,

FRACTIONNEMENT PAR CO₂ SUPERCRITIQUE DE MELANGES ETHANOL-EAU

A. Fabien^{1*}, E. Badens¹, C. Crampon¹

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

*aymeric.fabien@univ-amu.fr

Le fractionnement supercritique est une opération unitaire de séparation impliquant deux phases non miscibles, l'une étant l'alimentation liquide et l'autre le solvant supercritique. Ce procédé est opérable en continu dans une colonne à contre-courant et l'emploi du dioxyde de carbone (CO₂) supercritique comme solvant permet l'utilisation d'unités propres, compactes, fonctionnant à faible température, avec une sélectivité élevée et une faible dangerosité. Ces qualités permettent d'entrevoir maintes applications dans divers secteurs industriels tels que le fractionnement de solutions alcooliques, d'huiles essentielles ou de mélanges lipidiques qui sont actuellement les systèmes les plus étudiés [1]. Cependant, le fractionnement par CO₂ supercritique reste peu répandu dans l'industrie et le développement d'outils fiables pour le dimensionnement des unités et le changement d'échelle devrait faciliter son déploiement.

L'objectif de ce travail est de décrire et modéliser le fractionnement supercritique à l'aide d'outils de génie chimique. Ainsi, une campagne expérimentale sur le fractionnement de mélanges éthanol-eau a été réalisée. En effet, ce mélange présente un intérêt industriel pour la régénération de solvants ou la désalcoolisation de boissons. De plus, le système ternaire CO₂-éthanol-eau est proche d'un système « modèle » grâce aux nombreuses données thermodynamiques accessibles dans la littérature [2]. En outre, des études préliminaires sur le changement d'échelle ont également été réalisées avec succès, ce qui pourrait encourager l'utilisation de ce procédé dans l'industrie [3]. Dans ce travail, des mesures préliminaires de tensions interfaciales et d'angles de contact sur de l'acier inoxydable AISI 316 et 316L de mélanges éthanol-eau en atmosphère CO₂ sous pression ont été réalisées afin de prendre en compte ces propriétés dans un futur travail de modélisation. Le pilote utilisé pour les essais de fractionnement, en Figure 1, est constitué d'une colonne de hauteur 2 m et de diamètre interne 19 mm, garnie avec des éléments interpack® de 10 mm. Une fenêtre en saphir au pied de la colonne permet de réguler la récupération du raffinat et un séparateur permet la collecte de l'extrait sortant en tête de colonne. La séparation du solvant et de l'extrait dans le séparateur permet en outre de recycler le CO₂. Après un traitement par ultrasons pour dégazer le CO₂ dissous, la fraction massique en éthanol dans les extraits et raffinats est obtenue grâce à un densimètre Anton Paar DMA 5000M. L'efficacité du procédé de fractionnement a été étudiée selon plusieurs paramètres qui sont la pression et la température de travail, le rapport du débit de solvant sur le débit d'alimentation noté S/A, et ce, sur des alimentations ayant des teneurs en éthanol différentes. Les mélanges d'alimentation étudiés ont des fractions massiques en éthanol de 0,25 ; 0,50 et 0,75 ; les pressions et températures de travail sont respectivement de

10,1 et 15,1 MPa, et 40 et 60 °C ; enfin les rapports S/A sont d'environ 9, 24 et 80. Un plan d'expériences a été mis en place afin de déterminer les conditions opératoires favorables selon l'application visée. Globalement, pour la désalcoolisation de boissons, des pressions, températures et rapports S/A élevés permettent d'obtenir les fractions massiques d'éthanol les plus faibles dans le raffinat avec moins de 0,08 pour chaque mélange d'alimentation. A l'inverse, pour la régénération de l'éthanol, des pressions, températures et rapports S/A faibles permettent d'obtenir les fractions massiques en éthanol dans l'extrait les plus riches, d'au moins 0,87 pour chaque mélange d'alimentation.

Ces résultats expérimentaux seront comparés à des résultats d'une modélisation réalisée en prenant en compte les propriétés spécifiques des fluides supercritiques.



Figure 1 Pilote de fractionnement supercritique

Références

- [1] A. Bejarano, Fractionation technologies for liquid mixtures using dense carbon dioxide, *The Journal of Supercritical Fluids*. 107 (2016) 321-348, <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2015.09.021>.
- [2] M. Budich, G. Brunner, Supercritical fluid extraction of ethanol from aqueous solutions, *The Journal of Supercritical Fluids*. 25 (2003) 45-55. [https://doi.org/10.1016/S0896-8446\(02\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(02)00091-8).
- [3] C.A. Pieck, C. Crampon, F. Charton, E. Badens, Multi-scale experimental study and modeling of the supercritical fractionation process, *The Journal of Supercritical Fluids*. 105 (2015) 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.01.021>.

TRAITEMENT D'EFFLUENTS INDUSTRIELS PAR COUPLAGE DE PROCÉDES MEMBRANAIRES ET OXYDATION EN VOIE HUMIDE : APPLICATION AUX LIXIVIATS DE CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS

E. Gout^{1*}, M. Monnot¹, P. Vanloot², O. Boutin¹, M. Claeys-Bruno², P. Moulin¹

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, 13545 Aix en Provence, France

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

*emilie.gout@univ-amu.fr

Parmi les modes de traitement des déchets, l'enfouissement est la méthode principale employée pour gérer les déchets municipaux. La percolation des eaux de précipitations sur le lit de déchets génère des lixivats concentrés en matières organiques et inorganiques. La composition de ces derniers varie avec le temps ; les lixivats âgés (ou stabilisés) se composent essentiellement de substances bio-réfractaires humiques et fulviques. L'osmose inverse (OI) est très répandue pour le traitement des lixivats car elle produit un perméat en volume élevé de très bonne qualité (97 % de rétention en demande chimique en oxygène (DCO)). La problématique majeure de l'OI est la production de concentrats hautement pollués, même pour de faibles volumes, qui ne peuvent pas être rejetés directement dans le milieu naturel, ni recyclés. C'est une problématique industrielle réelle. C'est au travers de cet exemple que se positionne le sujet de cette thèse sur la combinaison de procédés membranaires et de la réaction d'oxydation en voie humide (OVH) afin d'optimiser les deux procédés pour atteindre les normes en vigueur concernant le rejet d'effluents à l'environnement.

L'OVH est largement étudiée pour les effluents comportant des composés non-biodégradables. L'oxydation consiste en la dégradation de la fraction organique de la pollution principalement en CO₂, avec cependant des molécules résiduelles à faible poids moléculaire comme des acides. L'OVH (150-300°C, 5-15 MPa) peut être autotherme dans une certaine gamme de concentrations de DCO allant typiquement de 10 à 100 g.L⁻¹. Ces concentrations sont atteintes pour les lixivats traités par OI. Le but de cette partie de la thèse est de mieux comprendre les performances de l'OVH sur ces concentrats. Une étude de faisabilité avec un tel couplage a précédemment montré de bons résultats sur des effluents synthétiques de différentes natures en termes de rétention par l'OI et d'élimination du carbone organique total (COT) après OVH [1, 2]. Il est nécessaire de confirmer ces résultats sur des effluents réels.

L'OVH non-catalytique avec l'air comme oxydant est réalisée sur des lixivats réels, concentrés par OI, dans un réacteur fermé agité à l'échelle laboratoire. Ces derniers ont été prélevés à différentes saisons dans un centre de stockage de déchets ultimes du sud de la France. L'efficacité de l'OVH dépend des paramètres opératoires comme la pression totale, la température et le temps de

séjour. La composition de l'effluent et en particulier la DCO sont d'importants paramètres pour l'amélioration du procédé. Un plan d'expérience a été mis en place pour étudier l'influence des différents paramètres opératoires afin de trouver le meilleur abattement en pollution. Les facteurs d'entrée du plan ont été choisis à partir d'essais préliminaires. Deux facteurs quantitatifs sont étudiés : la pression totale et la température, respectivement entre 18 - 21 MPa et 200 - 300 °C, et un facteur qualitatif, la saisonnalité qui correspond principalement aux différentes concentrations en DCO selon les mois de prélèvements : janvier, mai et octobre. Le plan d'expérience est construit selon un modèle multiplicatif menant à 18 expériences. Les réponses sont : le pH, la conductivité, la turbidité, la DCO, le COT et carbone inorganique, mesurés sur des échantillons prélevés régulièrement pendant l'oxydation. Un facteur d'air de 1,7 a été choisi pour toutes les expériences. Ces dernières ont montré des abattements de la DCO et du COT d'au moins 70 % après 90 minutes à 300 °C et 20 MPa, ce qui atteste la possibilité de traiter les concentrats d'OI par l'OVH. Le pH neutre de sortie et une faible augmentation de conductivité sont aussi nécessaires pour valider le choix des conditions optimales à travers l'analyse des surfaces de réponse dans le but de rejeter les effluents traités dans le milieu naturel. De plus, les propriétés de fluorescence des effluents sont analysées à travers des matrices d'excitation-émission car elles donnent des informations sur des empreintes de familles moléculaires connues qui peuvent être modifiées durant l'oxydation et aussi détecter de nouvelles familles. Ces résultats serviront de base (i) pour établir le bilan économique du procédé hybride et (ii) pour étudier les autres effluents traités lors de cette thèse.

Remerciements

Ce projet est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (Projet TEMPO : ANR-19-CE04-0002-01).

Références

[1] C. Pinchai, M. Monnot, S. Lefèvre, O. Boutin, P. Moulin, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98 (2019) 969.

[2] C. Pinchai, M. Monnot, S. Lefèvre, O. Boutin, P. Moulin, *Water Science and Technology*, 80 (2019) 2338

WATER REUSE FROM MUNICIPAL WASTEWATER AFTER CONVENTIONAL TREATMENT FOLLOWED BY SEMI-INDUSTRIAL ULTRAFILTRATION PILOT PLANT

J. Yang^{1*}, M. Monnot¹, T. Eljaddi¹, L. Simonian¹, L. Ercolei², P. Moulin¹

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

(2) Société des Eaux de Marseille Métropole, 25 Rue Edouard Delanglade – B.P. 29 - 13006 Marseille Cedex 06, Marseille, France.

* jiaqi.yang@centrale-marseille.fr

The application of membrane technology on wastewater treatment has expanded rapidly under increasing stringent legislation and environmental protection requirements [1]. At the same time, the water resource is becoming precious and water reuse have gained popularity. Particularly, Ultrafiltration (UF) is a very promising treatment technology for water reuse as it can retain organic matters, suspended solids, colloids and microorganisms [2]. Nevertheless, few studies dealing with operating optimization of UF as a tertiary treatment for water reuse in semi-industrial scale appear in the literature.

Therefore, this study aims to explore the permeate water quality and to optimize operating parameters (maximizing productivity and minimizing irreversible fouling), through fully automatic operation of a UF pilot plant under real conditions. The semi-industrial UF pilot plant with periodic classic backwashes (CB) and air backwashes (AB) was set-up to filtrate the secondary effluent of an urban wastewater treatment plant (WWTP) in France. In this plant, the secondary treatment consists in a conventional activated sludge process followed by a sedimentation tank. The UF system was thus defined as a tertiary treatment and was operated under constant flux. It is important to note that a combination of CB and chlorinated AB was used for better fouling management. The 200 kDa hollow fiber membrane was used in the UF module, with an initial permeability of $600 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$ (for WWTP effluent) and a total filtration surface of 9 m^2 . Fifteen filtration conditions with different fluxes, filtration times and air backwash frequencies were operated for more than 40 hours of each to observe their hydraulic filtration performances.

Through comparison, the best sustainable condition was flux at $60 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, filtration time at 60 min, and backwash frequency of 1 AB every 3 CBs. The optimum condition stands out from the others with $> 92\%$ water recovery rates, better irreversible fouling control, stable permeability variation, efficient backwash reversibility (80% for CB and 150% for AB) and no chemical washing occurrence in 40h's filtration. For all tested conditions, the permeate water quality met the water reuse guidelines of the World Health Organization, French standards, and the regulation of the European Parliament adopted in May

2020 setting minimum requirements for water reuse in agriculture. In permeate, the total suspended solids, biochemical oxygen demand, and turbidity were decreased lower than $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and 0.5 NTU respectively. The *Escherichia Coli* and Enterococci were > 5 log removal reduction, the other required microorganisms' analysis were below the detection limits. Additionally, because of the Covid-19 pandemic, coronavirus SARS-CoV-2 was measured in raw wastewater of WWTP, UF feed and UF permeate in November 2020. The raw wastewater was tested positive above the detection limit but below the quantification limit. Interestingly, the UF feed and UF permeate were tested negative to SARS-CoV-2 by these PCR assays. Recently, microplastic contamination have also attracted worldwide attention because of its eco-toxicological effects in marine environments[3]. In this study, UF membrane showed over 95% removal rates on microplastic particles with side dimension $>70\mu\text{m}$.

In summary, this work shows the great interest of UF as intensified tertiary treatment for water reuse and gives operational indications for future industrial-scale production of reclaimed water. Future work will be devoted to determining capital and operating expenditures of this process.

Keywords: Ultrafiltration, semi-industrial pilot plant, water reuse, fouling management.

Acknowledgements

The author would like to acknowledge Perkin Elmer for microplastics analyses and the China Scholarship Council for partial financial support (201801810046).

Références

- [1] J. Yang, M. Monnot, L. Ercolei, and P. Moulin, *Membranes*, 10 (2020) 6.
- [2] D. M. Warsinger, S. Chakraborty, E. W. Tow, *Prog. Polym. Sci.*, 81 (2018) 209.
- [3] B. Ma, W. Xue, C. Hu, H. Liu, J. Qu, and L. Li, *Chem. Eng. J.*, 359 (2019) 159.

Le comité d'Organisation du Congrès 2021 des
doctorant en Sciences de l'Environnement

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

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

Isabelle HAMMAD
(Assistance ED 251)

Laboratoire Mécanique, Modélisation et Procédés
Propres – M2P2

Olivier **BOUTIN** (Professeur)
Maryse **DROUIN** (Doctorante)
Aymeric **FABIEN** (Doctorant)
Emilie **GOUT** (Doctorante)
Yasmine **MASMOUDI** (Maître de Conférences)
Mathias **MONNOT** (Maître de Conférences)
Matthieu **SCHNEIDER** (Doctorant)



Direction : J-C. Poggiale
Secretariat : I. Hammad – e-mail: hammad@cerege.fr

Adresse :
Europôle Méditerranééen de l'Arbois – BP80-
13545 Aix-en-Provence Cedex 4
-France-

