

Influence de pollutions **MEtailliques multiples représentatives de
l'environnement marin côtier **TO**ulonnais sur le pico**PHYTO**plancton
(**METOPHYTO**)**

Laboratoires impliqués : PROTEE (UTLN), IMBE (AMU), MIO (AMU)

Participants :

Laboratoire	Equipe	Participant (statut)
PROTEE	CAPTE	DURRIEU Gaël (IE) GARNIER Cédric (MCF) LE POUPON Christophe (IR) MOUNIER Stéphane (MCF) PATEL Nathalie (MCF)
PROTEE	EBMA	DELPY Floriane (ATER) JAMET Dominique (MCF) MISSION Benjamin (MCF)
IMBE		AURELLE Didier (MCF) MICHE Lucie (MCF) MIRLEAU Pascal (MCF)
MIO	CYBELE	GREGORI Géraud (CR CNRS)

Stagiaires impliqués :

- Clément Coclet (M2, PROTEE CAPTE/EBMA, 2015), *actuellement en 2^{ème} année de thèse (co-encadrement PROTEE CAPTE/EBMA et MAPIEM)*
- Marie Mayer (M1, PROTEE EBMA, 2015), *actuellement en 1^{ère} année de thèse (PROTEE EBMA)*
- Loïc Gagneux-Robin (BTS, IMBE, 2016)

Principaux résultats

Le projet METOPHYTO a tout d'abord permis de mettre en place une approche expérimentale appropriée à la fois aux microorganismes et aux contaminants étudiés. L'étude d'une contamination en éléments traces métalliques nécessite un matériel d'échantillonnage en mer, un matériel expérimental au laboratoire et un matériel de prélèvement en laboratoire qui ne contamine pas l'eau de mer avec des concentrations en métaux supérieurs à celles présentes naturellement. Concernant les microorganismes étudiés, les conditions expérimentales ne doivent pas induire de dérive temporelle de la composition des communautés (épuisement des ressources nutritives, prédation accentuée...). Ces risques ont été limités par l'utilisation de matériel en téflon ou en autres plastiques inertes, résistant aux lavages à l'acide pour éliminer toute contamination indésirable, et en enlevant tout organisme plus gros que 10µm pour limiter la prédation. Dans la condition contrôle, les concentrations en métaux trace n'ont pas augmenté entre le début et la fin de l'expérience, la structure du picophytoplancton a peu changé et cette communauté s'est développée. Ces trois observations démontrent l'adéquation du dispositif expérimental avec les exigences de cette étude.

Dans la rade de Toulon, de forts gradients de distribution d'organismes picophytoplanctoniques ont été observés avant la réalisation de ce projet : les cyanobactéries du genre *Synechococcus* sont très abondants dans les zones saines et disparaissent presque totalement dans les zones contaminées, les picoeucaryotes présentent une distribution opposée. Une contamination en nutriments (nitrates, phosphates) ou en métaux traces toxiques (Cu, Pb, Zn) pourrait expliquer cette observation. L'objectif principal du projet METOPHYTO était alors de tester l'influence spécifique d'une contamination en métaux traces représentative de la rade de Toulon sur le

picophytoplancton. Pour cela, des mélanges de masses d'eau saine et polluée par un cocktail de Cu/Pb/Zn ou par des nitrates ont été réalisés. Des organismes vivant dans une eau saine (issue de l'ouverture de la rade de Toulon sur le large) ont ainsi été mélangés à une eau dépourvue d'organismes issue du même site, enrichie artificiellement par le cocktail de métaux ou des nitrates. Les concentrations finales en Cu/Pb/Zn obtenues étaient environ deux fois plus faibles que celles observées dans les zones les plus contaminées de la rade de Toulon. La concentration finale en nitrates était équivalente aux maximas mesurés dans la rade après un épisode pluvieux. Ces conditions étaient comparées à un contrôle, sans aucun contaminant ajouté.

D'un point de vue quantitatif, l'ajout de nitrates n'a eu aucun effet détectable sur le picophytoplancton, en comparaison à la condition témoin. En revanche, le cocktail d'ETM a induit la disparition de 99% du picophytoplancton en seulement 6 jours, suggérant une très forte toxicité potentielle de la contamination métallique mesurée dans la rade de Toulon. Après 24 jours d'expérience, le picophytoplancton exposé au cocktail d'ETM avait retrouvé une abondance similaire à celle du début d'expérience, indiquant une capacité de résilience importante pour cette communauté. Malgré cette résilience quantitative, la structure de la communauté s'est avérée fortement modifiée par l'ajout du cocktail d'ETM, même après résilience. Si tous les groupes picophytoplanctoniques sont apparus sensibles, certains ont démontré une meilleure capacité de recolonisation du milieu. Par ailleurs, le changement de structure observé dans cette expérience correspondait parfaitement avec les variations observées dans la rade de Toulon entre l'ouverture sur le large et les darses les plus contaminées. L'ensemble de ces observations démontre le pouvoir structurant majeur d'une contamination métallique telle qu'observée dans l'eau de la rade de Toulon pour ces microorganismes picophytoplanctoniques.

Valorisation

- Publications :

Clément Coclet, Cédric Garnier, Floriane Delpy, Dominique Jamet, Gaël Durrieu, Christophe Le Poupon, Marie Mayer, Benjamin Misson. Trace metals contamination as a toxic and structuring factor for ultraphytoplankton in a multicontaminated Mediterranean coastal area. Submitted to Progress in Oceanography

- Communications en congrès :

MISSION B., COCLET C., DELPY F., JAMET D., LAUGA B., GHIGLIONE J.F., DANG D.H., DURRIEU G., LE POUPON C., MOUNIER S., YANG J., DURAN R., GREGORI G., PRINGAULT O., GARNIER C. Trace metal contamination as a major structuring factor for marine microbial communities - Examples taken from the multicontaminated Toulon bay, France. *SAME 14 (Symposium for Aquatic Microbial Ecology), Uppsala, 2015. (poster)*

C. Coclet, F. Delpy, D. Jamet, C. Durrieu, C. Le Poupon, M. Mayer, C. Garnier, B. Misson. Les éléments traces métalliques : effets toxiques et structurants majeurs sur les communautés ultraphytoplanctoniques marines dans la rade de Toulon (France). 3èmes Journées d'Écotoxicologie Microbienne, 16-18 mars 2016, Rovaltain, Valence TGV (*oral*)

C. Coclet, F. Delpy, D. Jamet, C. Durrieu, C. Le Poupon, C. Garnier, J.-F. Briand, B. Misson. Trace metal contamination as a toxic and structuring factor for marine ultraphytoplankton - examples taken from the multicontaminated Toulon Bay, France. ISME16, 21-26 août 2016, Montréal, Canada (*poster*)

B. Misson, C. Coclet, M. Mayer, L. Berdjeb, F. Delpy, D. Jamet, . Durrieu, C. Le Poupon, J.-F. Briand, C. Garnier. Interactions between microorganisms and metallic contaminants in marine coastal environments: ecotoxicity and ecodynamics. Atelier du Réseau des OHM : contaminants métalliques, 21-22 novembre 2017, Aix-en-Provence (*oral*)

Poursuites et perspectives

Une partie des analyses reste à terminer. Elle concerne le couplage entre cytométrie en flux (tri d'organismes) et séquençage d'ADN (identification des espèces présentes). Ce dernier volet pourrait faire l'objet d'une seconde publication et la méthodologie validée pourra être appliquée à de nombreuses autres études.

METOPHYTO nous a permis de mettre en place une approche expérimentale adaptée à l'étude des impacts réciproques entre microorganismes marins et métaux traces. Dans la continuité de ce projet, une seconde expérience dans des conditions similaires a permis de tester l'influence de concentrations en métaux traces après un événement de remise en suspension de sédiments, dans le cadre du projet MERMEX (WP3, C3A). De plus, METOPHYTO a servi de base pour le montage d'un projet EC2CO actuellement financé (Impacts réciproques entre microorganismes et métaux traces : qui contrôle qui ? IMPRECI-M², ECODYN/MICROBIEN, 2016-2017, 37.8k€, PI : B. Misson), qui vise à élargir cette approche expérimentale en conditions traces à une étude en mésocosmes permettant de multiplier les analyses et de se rapprocher encore davantage des conditions observées in situ.

Par ailleurs, la pertinence des organismes ciblés par le projet METOPHYTO (picophytoplankton) pour étudier l'impact de polluants aux concentrations observées dans le milieu a permis de transférer ce modèle à une projet ANR visant à caractériser la contamination par les sous-produits de chloration issus des traitements anti-fouling industriels sur les côtes méditerranéennes (FOS-SEA : Environmental risk assessment of biological fouling control along the Mediterranean coast, 2016-2020, 610k€, PI : JL Boudenne, LCE).

Enfin, la collaboration initiée entre les trois laboratoires impliqués a permis de faire naître un intérêt pour un autre sujet de recherche qui fait l'objet d'un projet soumis à ECCOREV pour l'AOI 2017 (EpiBioIndic, PI : P. Mirleau).