



PROJET  
EXPLORATOIRE

2022-2024

**Contacts**

**Nicolas Creusot**

nicolas.creusot@inrae.fr

**Olivier Lepais**

olivier.lepais@inrae.fr

**Mots clés**

Communautés microbiennes

aquatiques

Méta-omiques

Biodiversité microbienne

Fonctions écosystémiques

Écotoxicologie

**Disciplines impliquées**

Analyse de la composition algale

Analyse des lipides

Analyses statistiques multi-omiques

Mesures physico-chimiques

Métabolomique

Métagénomique

**Départements concernés**

AQUA

ECODIV

**Unités impliquées**

UR EABX

UMR Biogeco

## L'activité de photosynthèse des biofilms microbiens aquatiques soumis à un stress chimique diffère dans le temps

La combinaison d'analyses métagénomiques et méta-métabolomiques déployées dans MICROBIOMIQ ont caractérisé des biofilms microbiens aquatiques en termes de biodiversité, de fonction, de variation au cours du temps et de réponse au stress chimique (pollution par un herbicide). Les méta-données collectées pourront ultérieurement supporter le développement d'outils de gestion pour la biosurveillance de la qualité des eaux.

**MICROBIOMIQ – Approches multi-omiques pour la caractérisation du lien entre biodiversité structurelle et l'activité microbienne dans l'évolution naturelle du périphyton**

Les communautés microbiennes périphytiques aquatiques sont des assemblages complexes de micro-organismes (algues, bactéries, champignons, cyanobactéries, protozoaires) qui constituent des biofilms plus ou moins attachés à des surfaces immergées (inertes ou vivantes) dans la plupart des écosystèmes aquatiques. Ces communautés jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes et le maintien des services écosystémiques (e.g. production primaire, cycles biogéochimiques).



© Motte

Dans le contexte des changements globaux, un des enjeux majeurs pour la santé environnementale et humaine est de mieux comprendre la réponse de ces communautés à ces multiples pressions en termes d'acclimatation, d'adaptation et de résilience afin de pouvoir préserver les fonctions/services écosystémiques associés. En particulier, face à la contamination chimique de ces écosystèmes, l'un des défis actuels est d'arriver à déterminer comment les fluctuations « naturelles » de la biodiversité structurelle et le fonctionnement microbien liés aux conditions environnementales modulent la réponse au stress chimique de ces communautés.

Les nouvelles méthodes d'analyse dites « omiques » et leur combinaison ouvrent de nouvelles perspectives en éco(toxico)logie microbienne pour répondre à ces déficits de connaissance. Les « omiques » comprennent par exemple :

- la métagénomique non ciblée qui permet d'explorer de manière simultanée la diversité en espèces d'une communauté et son potentiel fonctionnel (i.e. réservoir de gènes) ;
- la méta-métabolomique « non-ciblée » qui permet de donner une vision globale de l'activité microbienne en réponse à l'environnement (elle analyse tous les produits intermédiaires produits dans un échantillon biologique).

MICROBIOMIQ avait pour objectif de mieux comprendre le lien entre l'activité microbienne (i.e. métabolome), la biodiversité structurelle (diversité des espèces et des gènes via la métagénomique) et la sensibilité au stress chimique de biofilms périphytiques en lien avec les changements « naturels » dans la composition et le fonctionnement de ces communautés dépendantes des conditions environnementales. En mettant en œuvre une approche combinant métagénomique et méta-métabolomique sur ces biofilms le projet se focalise sur la modulation de la photosynthèse qui est une fonction clef portée par ces communautés et qui est fortement impliquée dans les cycles biogéochimiques et la production primaire.

Plus spécifiquement MICROBIOMIQ vise à répondre aux questions suivantes :

- Q1. Quel est le lien entre les changements temporels de biodiversité, d'activité microbienne et de fonction photosynthétique au sein de communautés périphytiques aquatiques en condition naturelle ?
- Q2. Quelle est la conséquence de ces changements naturels sur la sensibilité de ces communautés au stress chimique ?
- Q3. Quel est le lien entre les changements structuraux et fonctionnels dans la modulation de l'activité photosynthétique par la pression chimique en conditions contrôlées ?

## Démarches

MICROBIOMIQ couple des investigations *in situ* (suivi longitudinal sur 15 mois - 1 mesure par mois dans un étang) et des expérimentations au laboratoire (expositions aiguës mensuelles) basées sur une approche pluri-disciplinaire combinant la métagénomique, la méta-métabolomique, la mesure d'activité photosynthétique et la caractérisation physico-chimique des milieux. La combinaison de ces méthodes permet d'appréhender de manière novatrice et précise les interrelations entre les changements dans les facteurs environnementaux, la diversité taxonomique, l'activité microbienne et la fonction photosynthétique ainsi que leur sensibilité à la pression chimique en conditions naturelles et contrôlées, en s'appuyant sur des approches bio-informatiques.

Les prélèvements *in situ* ont mesuré la structure taxonomique, l'activité microbienne, la photosynthèse du périphyton en parallèle du suivi de la physico-chimie de l'eau et des conditions météorologiques.

Mensuellement, une partie du périphyton collecté a été exposé à un herbicide modèle (la terbuthylazine) pendant 4 h afin de déterminer le niveau de sensibilité de la communauté au niveau moléculaire/biochimique (métabolomique) et au niveau physiologique/fonctionnel (rendement photosynthétique).

Une exposition de 4 semaines a été réalisée en canaux avec du périphyton collecté dans le même étang. La structure taxonomique, l'activité microbienne, l'activité photosynthétique du périphyton ont été mesurées au temps initial puis après 24 h, 72 h, 1, 2, 3 et 4 semaines en parallèle du suivi de la physico-chimie de l'eau.

## Résultats

Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre la diversité taxonomique et la diversité métabolique, témoignant d'un certain asynchronisme entre la biodiversité structurelle et la biodiversité fonctionnelle (Q1). En revanche, la diversité alpha taxonomique s'est révélée être corrélée aux variations de température : la diversité de tous les taxons (présence/absence) diminue avec la température, celle des taxons typiques et dominants augmente avec la température. Le rôle prépondérant de la température dans la structuration taxonomique est mis en évidence tandis que l'activité microbienne semble être influencée par davantage de facteurs, en particulier les nutriments ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) (Q1).

En parallèle de cette dynamique de la structure et du fonctionnement de la communauté, un changement de la sensibilité a été observé à l'échelle du métabolome tandis que la sensibilité de la fonction photosynthétique était relativement stable (Q2).

MICROBIOMIQ met en évidence une forte hétérogénéité dans la réponse du métabolome à la terbuthylazine en termes de nombre de métabolites, de profils de réponse et de classes de métabolites suggérant que les voies de toxicité pourraient varier dans le temps. Ces résultats suggèrent que des réponses physiologiques similaires peuvent provenir de diverses voies moléculaires.

Les résultats du projet améliorent notre compréhension du lien entre les changements naturels de la biodiversité microbienne et le fonctionnement des communautés aquatiques périphytiques ainsi que leur sensibilité à la pression chimique. Ces nouvelles connaissances sont un préalable indispensable à l'établissement de modèle permettant de prédire, dans le contexte des changements globaux, l'évolution des fonctions écosystémiques et des services associés à partir de la mesure de descripteurs de biodiversité (eDNA) et/ou de descripteurs métabolomiques. Ainsi, l'ensemble des méta-données collectées dans ce projet pourront ultérieurement supporter le développement d'outils de gestion dans le cadre d'approche de biosurveillance de la qualité des eaux.

Une thèse associée au projet a été réalisée par [Arthur Medina](#) (soutenue en décembre 2024) – Décryptage métabolomique de la relation pression chimique agricole / impact sur la photosynthèse au sein de biofilms dulcicoles

## Publication

[Medina, A., Fon, M., Mazzella, N., Bonnineau, C., Millan-Navarro, D., Moreira, A., Morin, S., Creusot, N. \(2024\). Sensitivity shift of the meta-metabolome and photosynthesis to the chemical stress in periphyton between months along one year and a half period: Case study of a terbuthylazine exposure. Science of the Total Environment, 957, pp177681](#)