



**HAL**  
open science

## Risques et impacts écotoxicologiques des substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques

Chloé Bonnineau, Joan Artigas, Benoît J.D. Ferrari

### ► To cite this version:

Chloé Bonnineau, Joan Artigas, Benoît J.D. Ferrari. Risques et impacts écotoxicologiques des substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques. Journée Science et Société "PharmaAQUA" – Contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques: Impacts sur l'environnement et risques sur la santé, Mar 2022, Sevrier, France. hal-03793190

**HAL Id: hal-03793190**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03793190>**

Submitted on 30 Sep 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

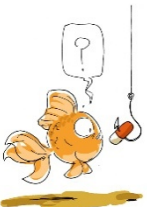
# Risques et impacts écotoxicologiques des substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques

Résultats clés de projets de recherche récents et  
perspectives  
en **écotoxicologie microbienne**

Organisé par :

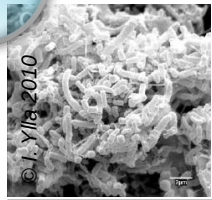


Avec le soutien de :





# Les communautés microbiennes aquatiques



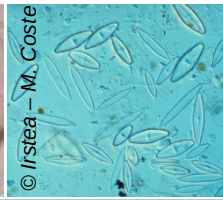
Bactéries



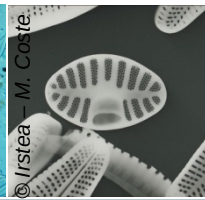
Champignons



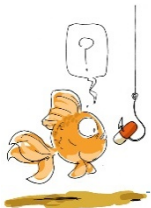
Cyanobactéries



Diatomées



Algues vertes





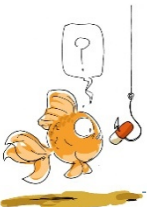
# Les communautés microbiennes aquatiques



Dégradation de la matière organique

Dégradation des contaminants

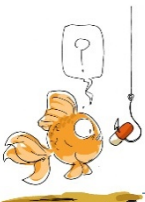
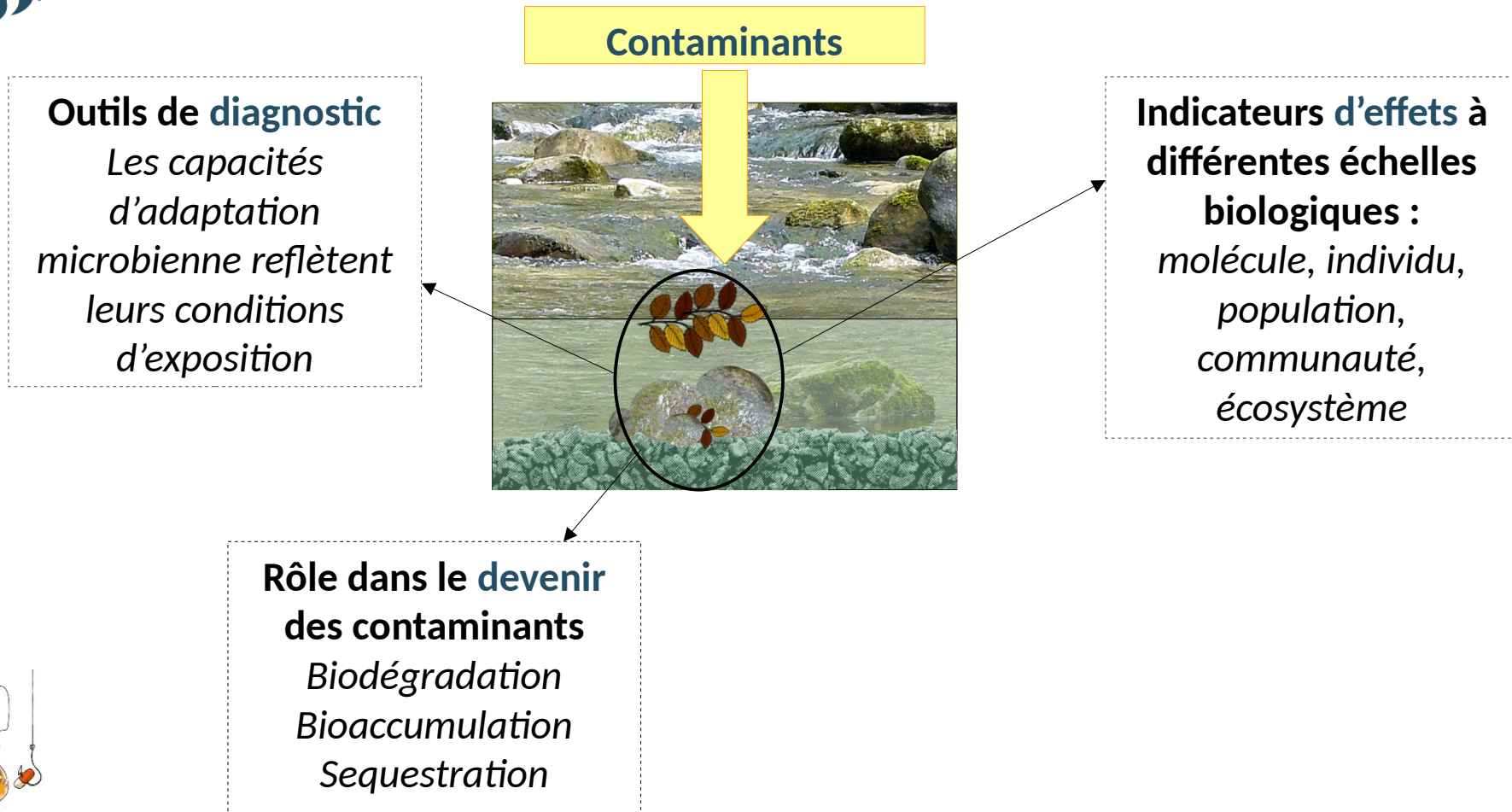
Production primaire







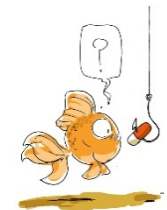
# Utilisation des communautés microbiennes aquatiques en écotoxicologie





# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *Approche PICT – tolérance fonctionnelle*

- PICT : Pollution Induced Community Tolerance
- Principe : utiliser les **capacités d'adaptation des communautés microbiennes** *in situ* pour **identifier les contaminants présents** en quantité/durée suffisante pour modifier spécifiquement la structure et la fonction des communautés microbiennes

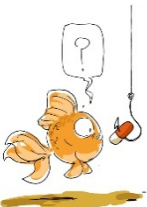
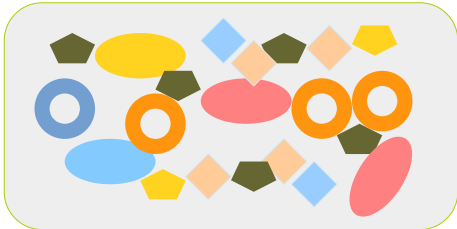




# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *Approche PICT – tolérance fonctionnelle*

- PICT : Pollution Induced Community Tolerance
- Principe : utiliser les **capacités d'adaptation des communautés microbiennes** *in situ* pour **identifier les contaminants présents** en quantité/durée suffisante pour modifier spécifiquement la structure et la fonction des communautés microbiennes

*Communauté microbienne*

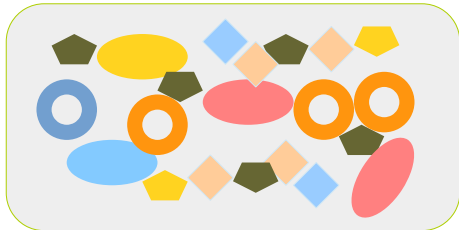




# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *Approche PICT – tolérance fonctionnelle*

- PICT : Pollution Induced Community Tolerance
- Principe : utiliser les **capacités d'adaptation des communautés microbiennes *in situ*** pour **identifier les contaminants présents** en quantité/durée suffisante pour modifier spécifiquement la structure et la fonction des communautés microbiennes

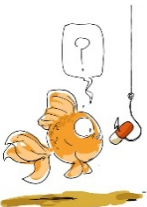
Communauté microbienne



Communauté microbienne



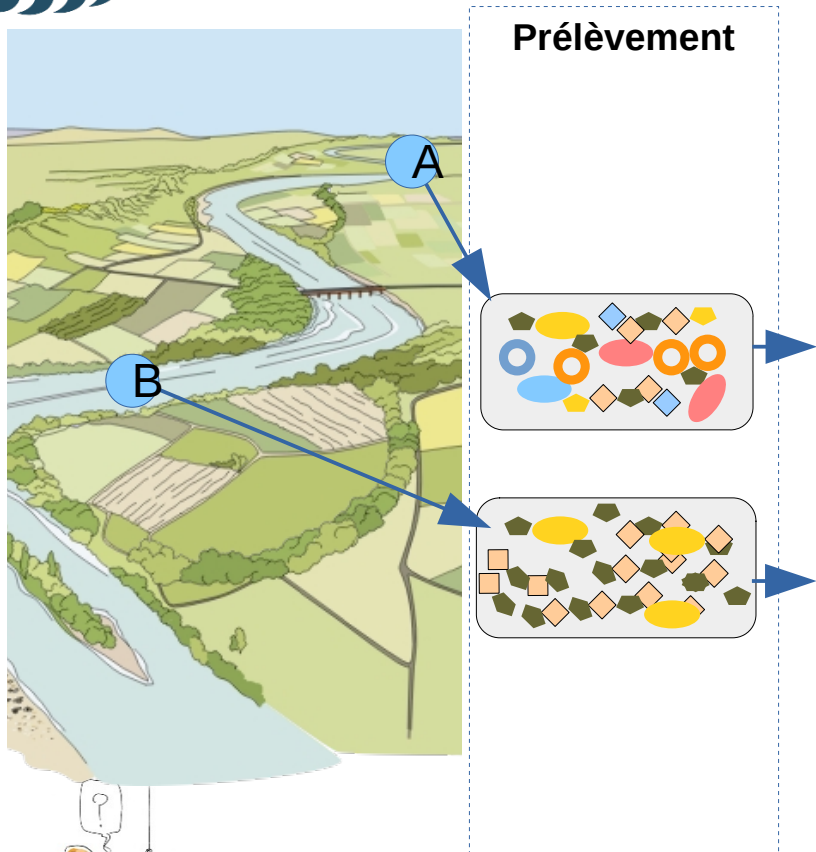
**Disparition des espèces sensibles**  
**Prolifération des espèces tolérantes**  
**=> communauté plus tolérante au**  
**contaminant** auquel elle a été exposée





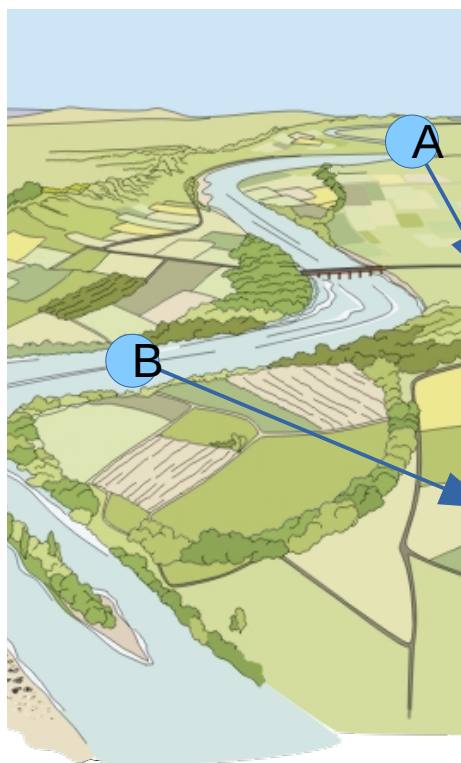


# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *Approche PICT - tolérance fonctionnelle*

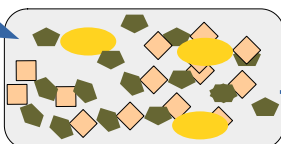
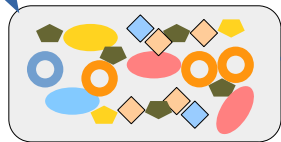


# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition

## Approche PICT – tolérance fonctionnelle



### Prélèvement

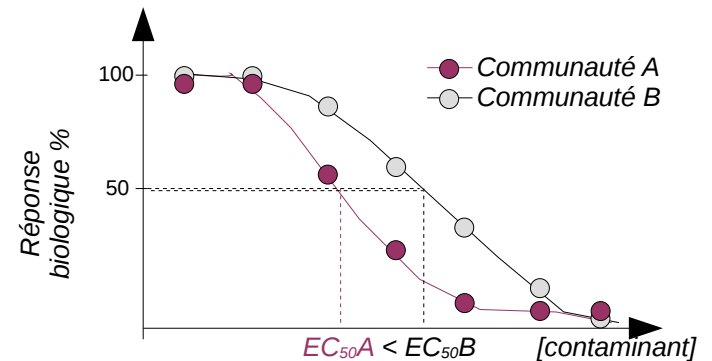


### LABO

Tests de toxicité  
aigüe à un  
**pharmaceutique**



### Analyses des données et interprétation



*EC<sub>50</sub> : concentration à partir de laquelle la réponse biologique est inhibée à 50%*

Une EC<sub>50</sub> plus élevée indique une plus grande tolérance au contaminant testé suggérant une adaptation de la communauté microbienne à ce contaminant suite à une exposition chronique

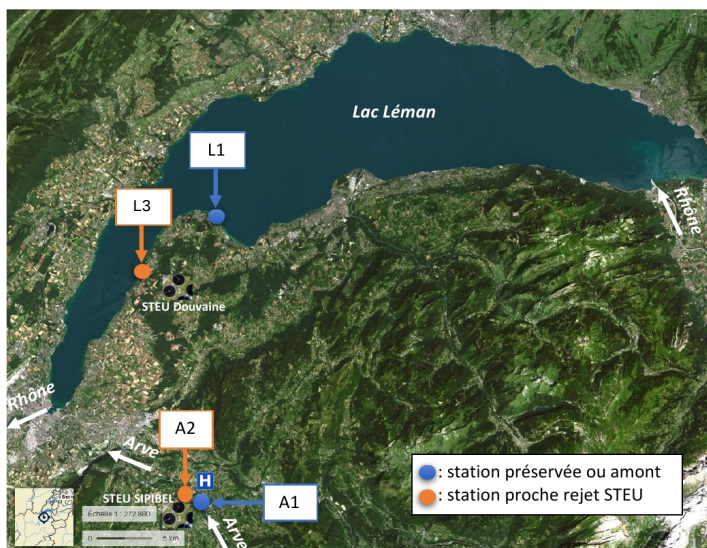
PICT : Pollution Induced Community Tolerance, Blanck et al. 1988.



# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition

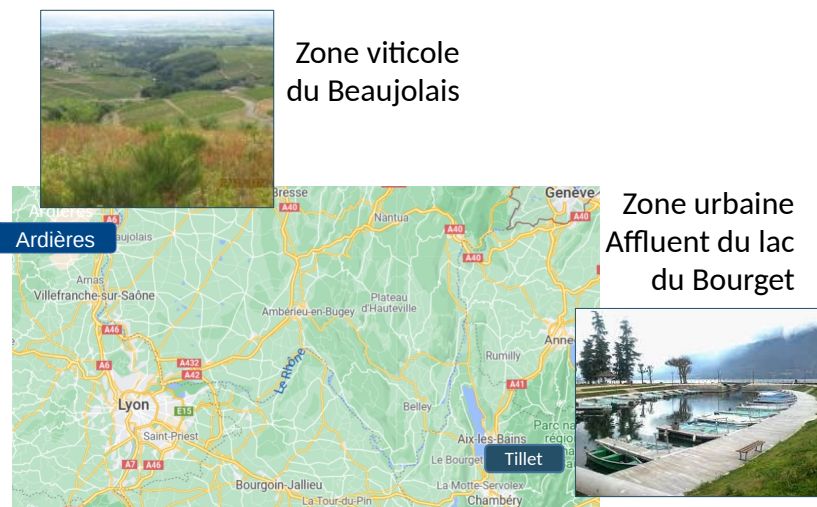
- Quelle relation peut-on établir entre **exposition *in situ*** aux pharmaceutiques et développement de la **tolérance microbienne** ?

**Antibiotools**, PNREST Anses, 2017/3 ABR/22



- 4 sites avec des niveaux d'exposition contrastés aux produits pharmaceutiques
- 8 campagnes sur 2 ans
- Quantification de produits pharmaceutiques dans l'eau (POCIS), les biofilms, les sédiments
- Mesure de **tolérance** à différents antibiotiques

**PharmaTOX**, Agence de l'eau RM&C



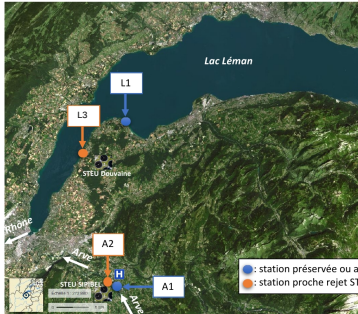
- 6 sites avec des niveaux d'exposition contrastés aux produits pharmaceutiques
- 2 campagnes sur 1 ans
- Quantification de produits pharmaceutiques dans l'eau (POCIS) & les sédiments
- Mesure de **tolérance** à différents résidus pharmaceutiques



# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition



## Antibiotools

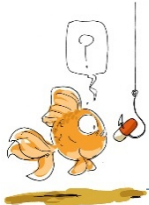
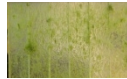
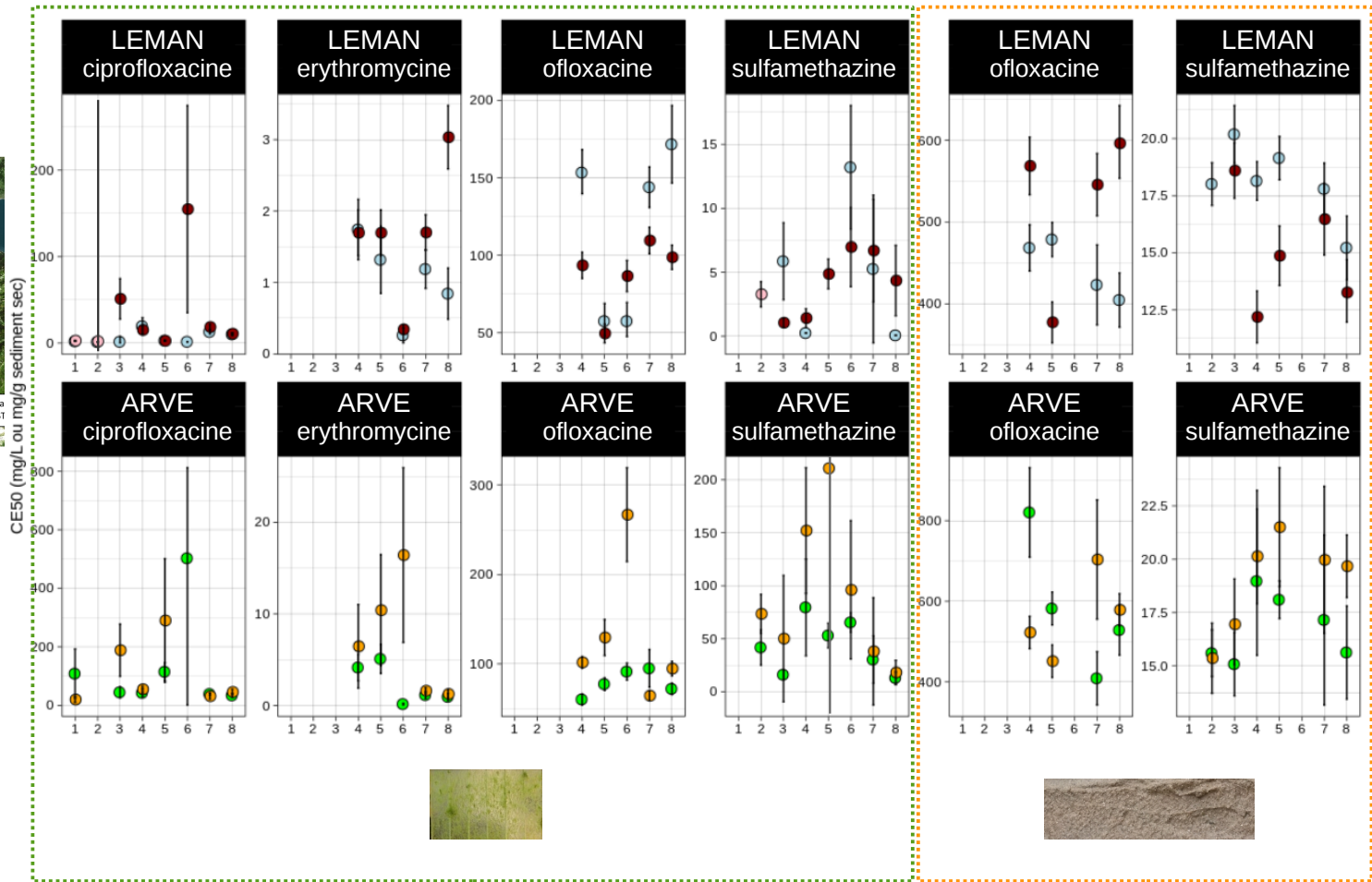


### Lac Léman

- Rovorée
- STEP

### Rivière Arve

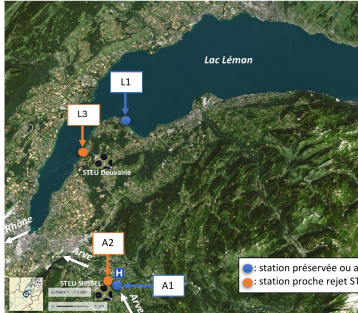
- Amont
- Aval



# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition



## Antibiotools

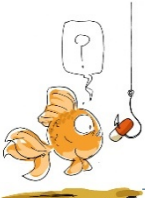
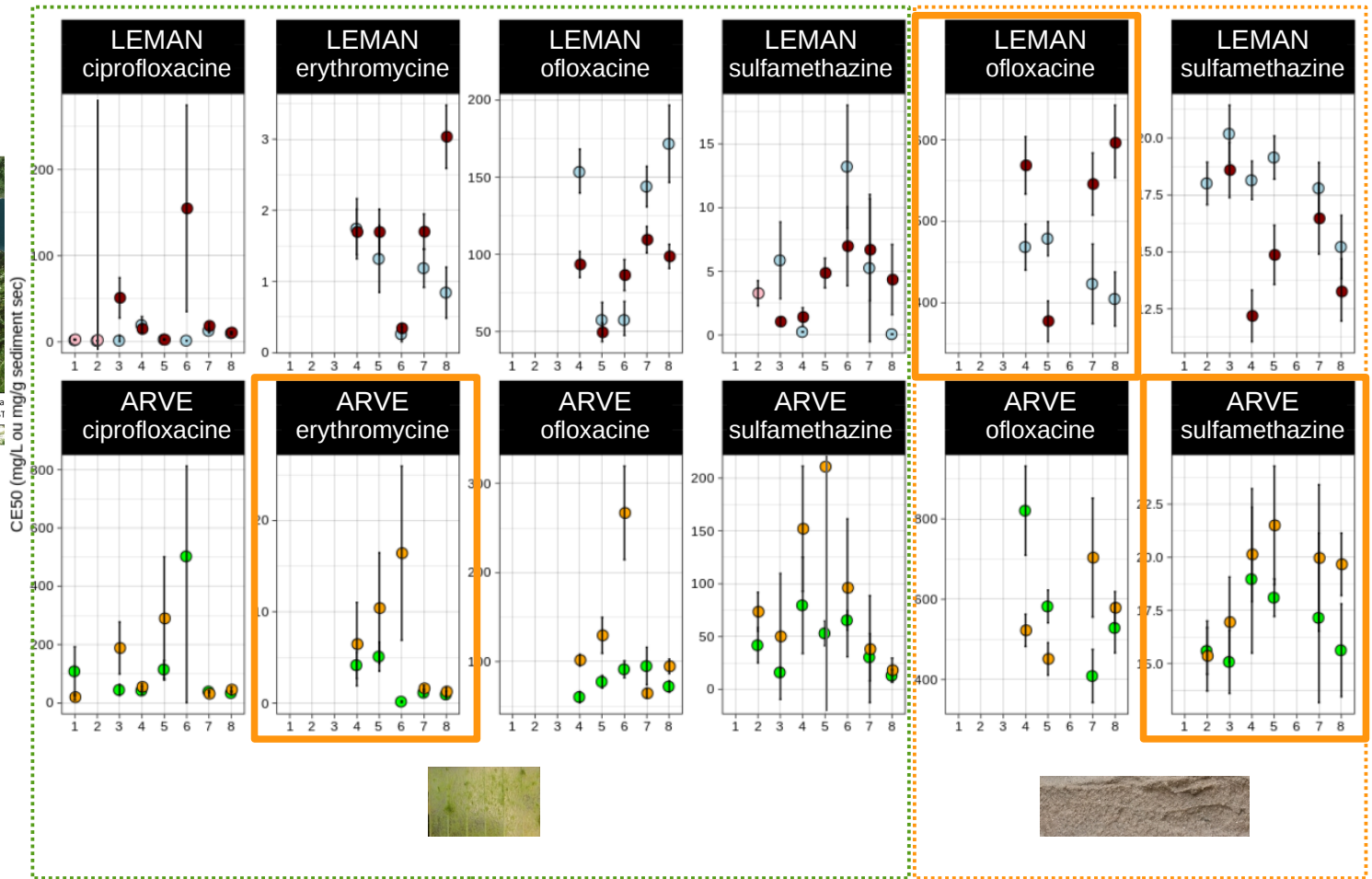


### Lac Léman

- Rovorée
- STEP

### Rivière Arve

- Amont
- Aval

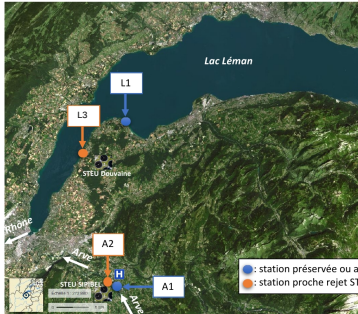




# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition



## Antibiotools

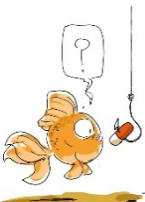
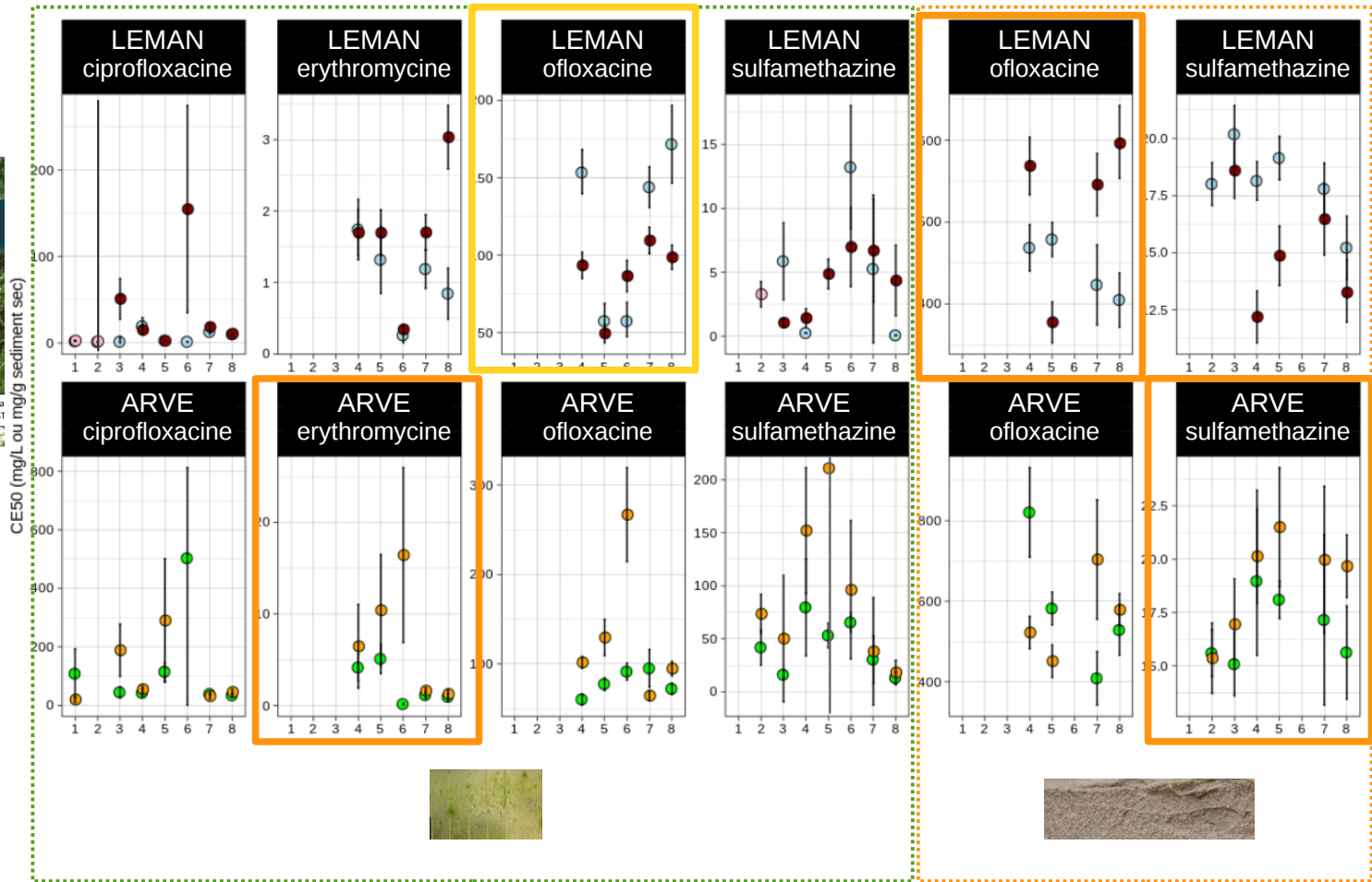


### Lac Léman

- Rovorée
- STEP

### Rivière Arve

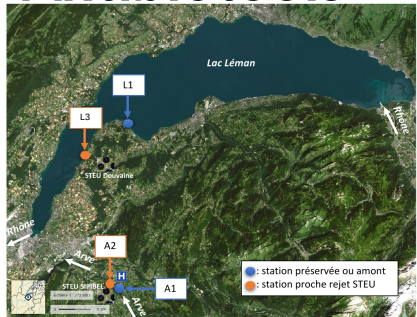
- Amont
- Aval



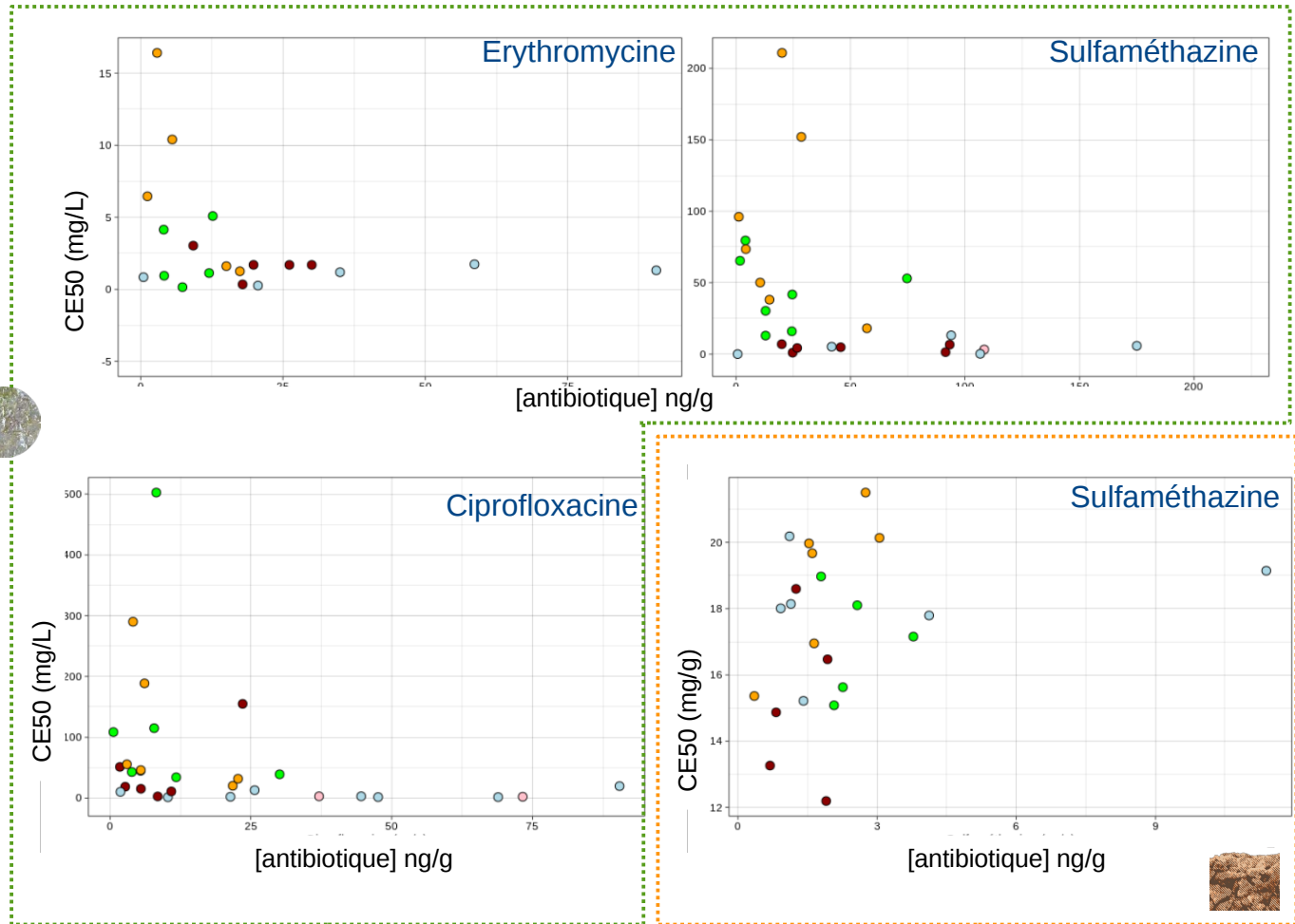
# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition



## Antibiotools



- Lac Léman**
- Rovorée
  - STEP
- Rivière Arve**
- Amont
  - Aval



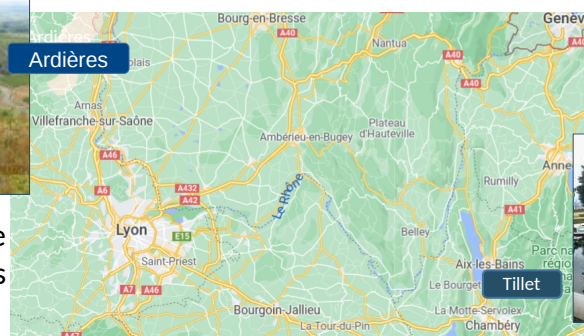
➤ **Pas de corrélations** significatives entre **[antibiotiques]** & **tolérance fonctionnelle**



# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *PharmaTOX*



Zone viticole du Beaujolais

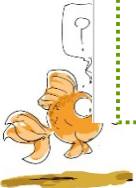
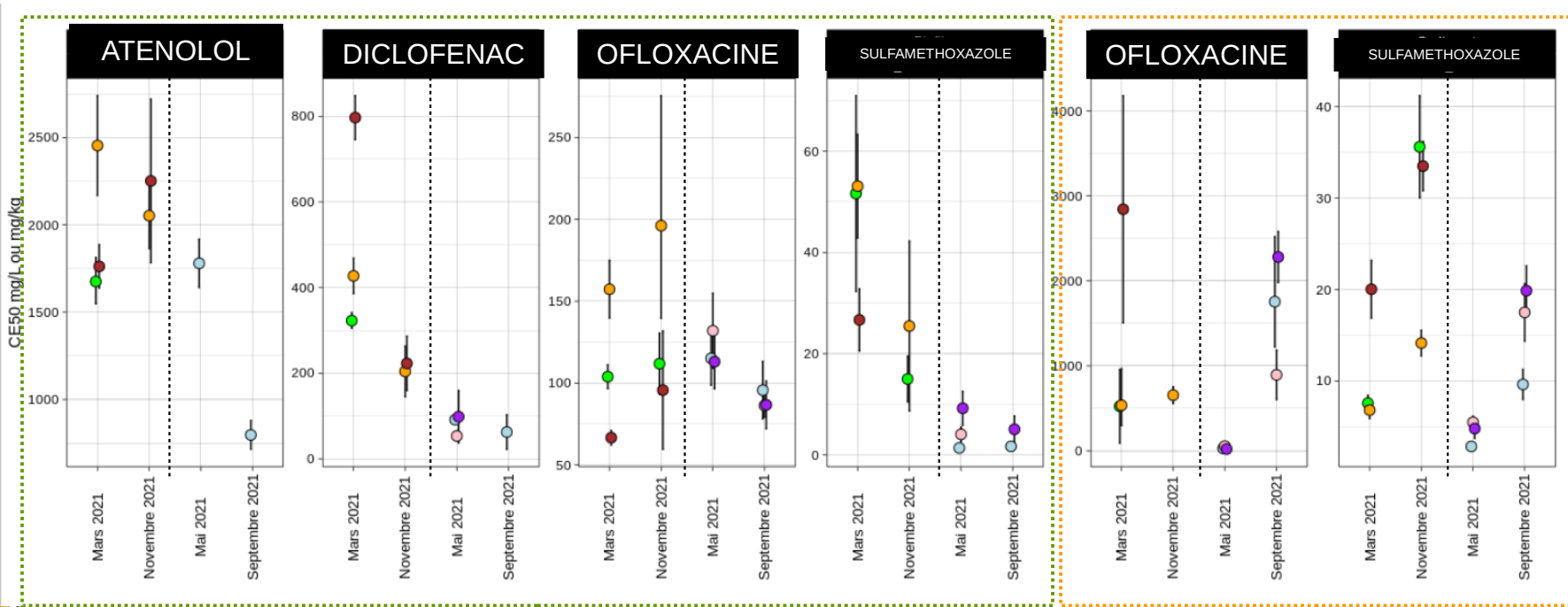


Zone urbaine  
Affluent du lac du Bourget



- Ardières
- Chatillon
- Montmay
- Pizay

- Tillet
- Amont
- Buse
- Port

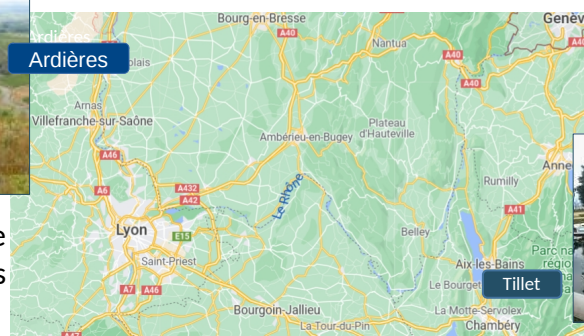




# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition *PharmaTOX*



Zone viticole du Beaujolais

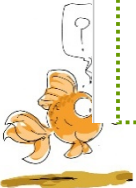
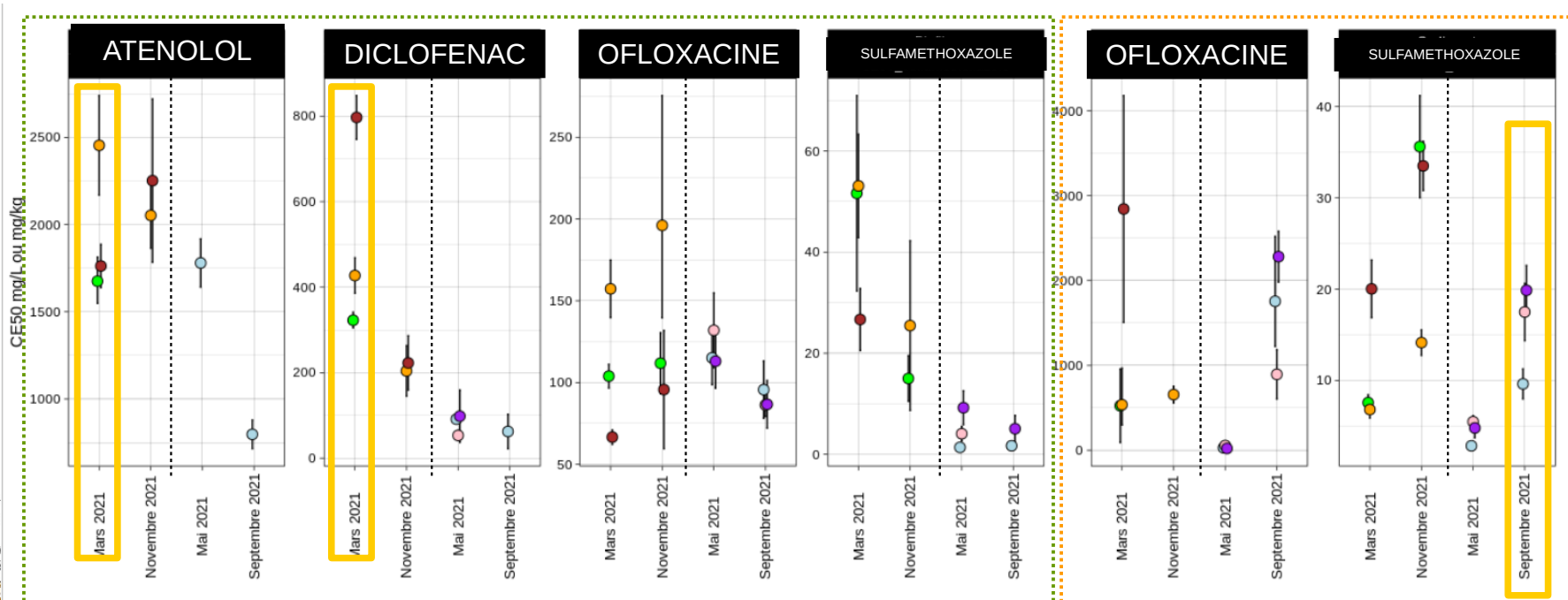


Zone urbaine Affluent du lac du Bourget



- Ardières
- Chatillon
- Montmay
- Pizay

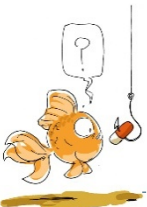
- Tillet
- Amont
- Buse
- Port





# Les communautés microbiennes aquatiques comme outil de diagnostic de l'exposition

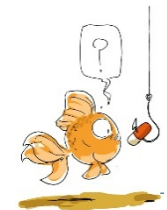
- **Pas de corrélations** significatives entre **CE50** à une molécule pharmaceutique et **concentration de cette molécule** dans l'environnement
  - Nécessité d'**expérimentations** en milieu contrôlé pour mieux **comprendre** les spécificités des **mécanismes d'acquisition de tolérance** microbienne : concentrations et durée d'exposition, facteurs confondants...
  - Phénomène de **co-tolérance** avec d'autres produits pharmaceutiques ayant le même mode d'action => explorer les corrélations entre seuils de tolérance à un pharmaceutique et somme des pharmaceutiques ayant le même mode d'action







# Les effet des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



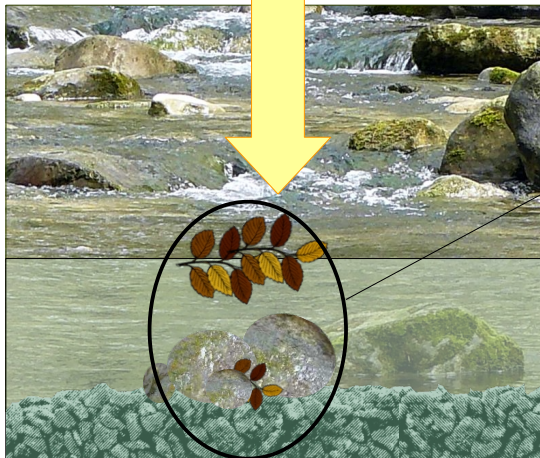


# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques

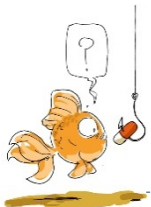
## **Antibiotox, ANR**

- Déterminer si la présence de sulfonamides : sulfaméthoxazole (SMX) et sulfaméthazine (SMZ) dans les cours d'eau est susceptible d'**affecter la structure et la fonction des communautés microbiennes aquatiques**

SMX ou SMZ : 500 à 5000 ng/L



**Indicateurs d'effets à différentes échelles biologiques :**  
*molécule, individu, population, communauté, écosystème*





# Les effet des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



Biomasse bactérienne

Beta-glucosidase

Décomposition MO

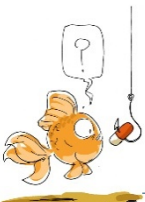


DIATOMEES

- Diversité
- Mortalité
- Formes tératogènes



- Beta-glucosidase
- Phosphatase





# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



Biomasse bactérienne

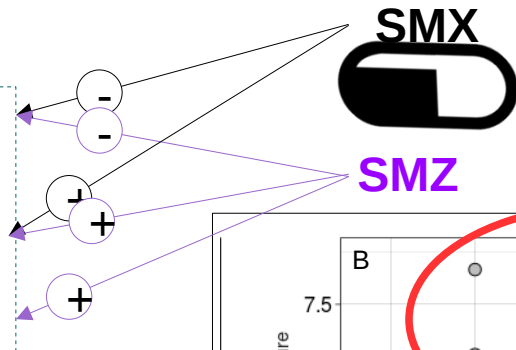
Beta-glucosidase

Décomposition MO

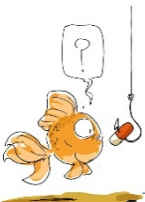
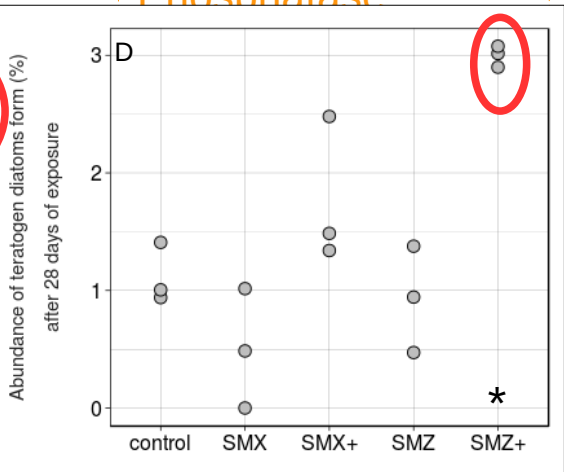
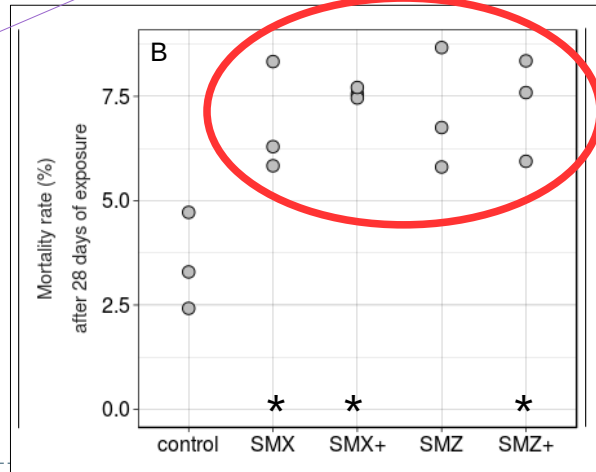


DIATOMEES

- Diversité
- Mortalité
- Formes tératogènes



- Beta-glucosidase
- Phosphatase





# Les effet des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



Biomasse bactérienne

Beta-glucosidase

Décomposition MO

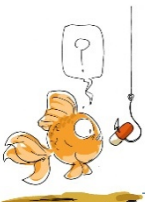
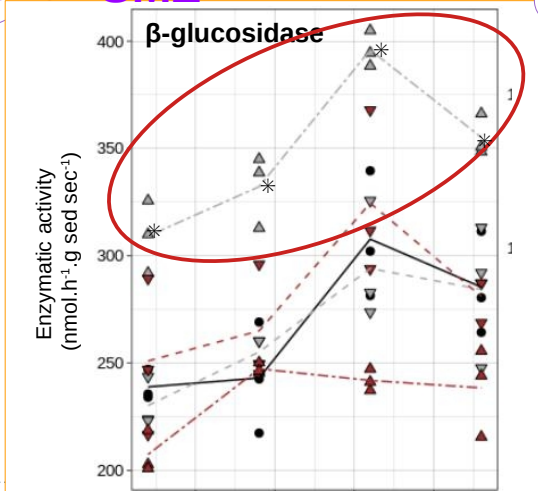
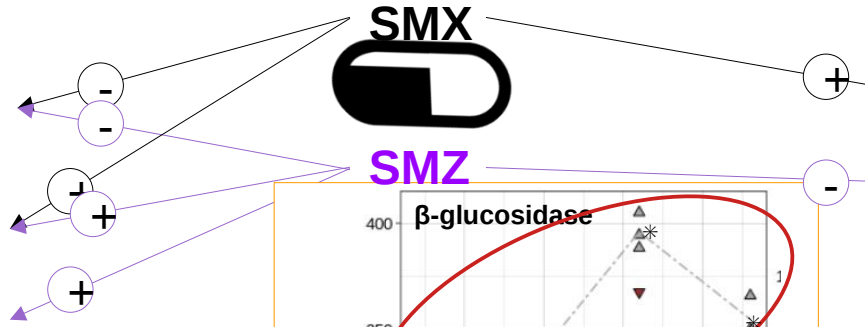


DIATOMEES

- Diversité
- Mortalité
- Formes tératogènes



- Beta-glucosidase
- Phosphatase







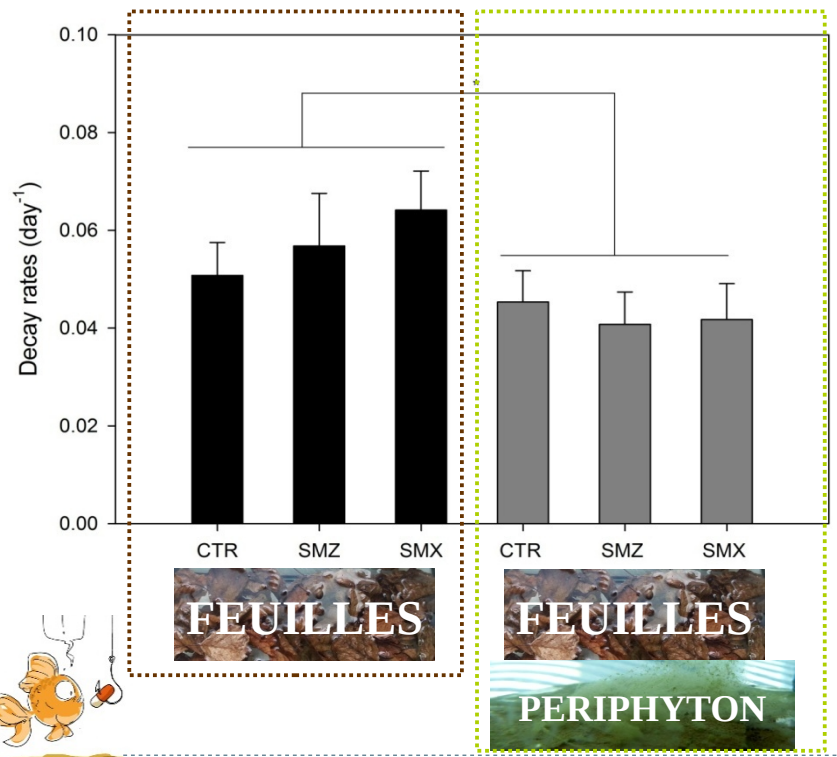
# Les effet des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



Biomasse bactérienne

Beta-glucosidase

Décomposition MO



Les sulfonamides testés (5 µg/L) n'ont pas eu d'effet sur les taux de décomposition des feuilles d'aulne, même en présence du périphyton (source de C labile)

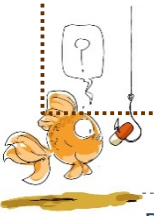
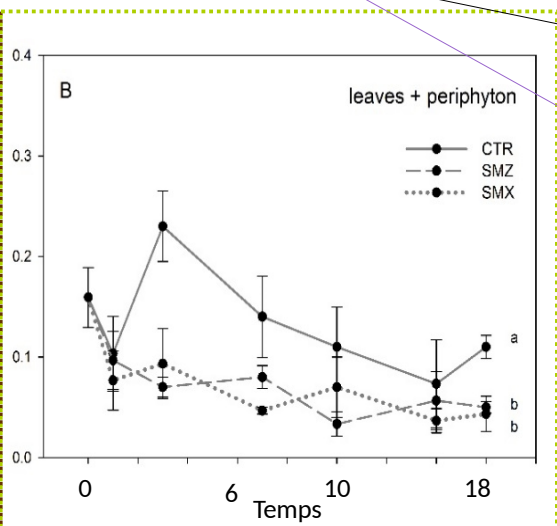
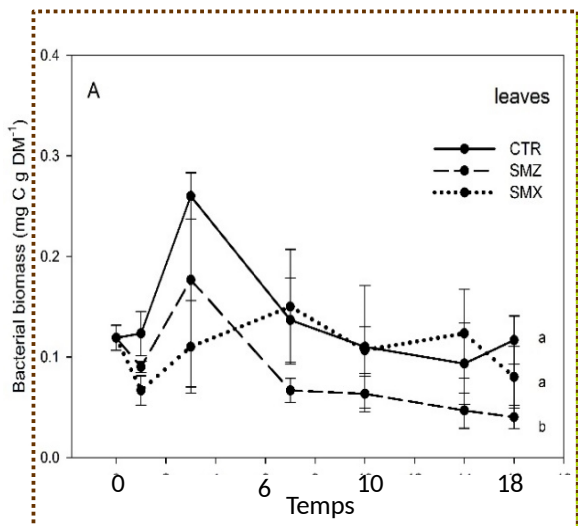
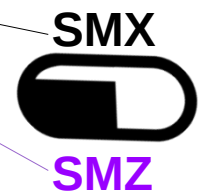
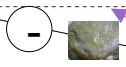




# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques

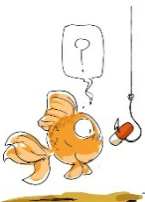
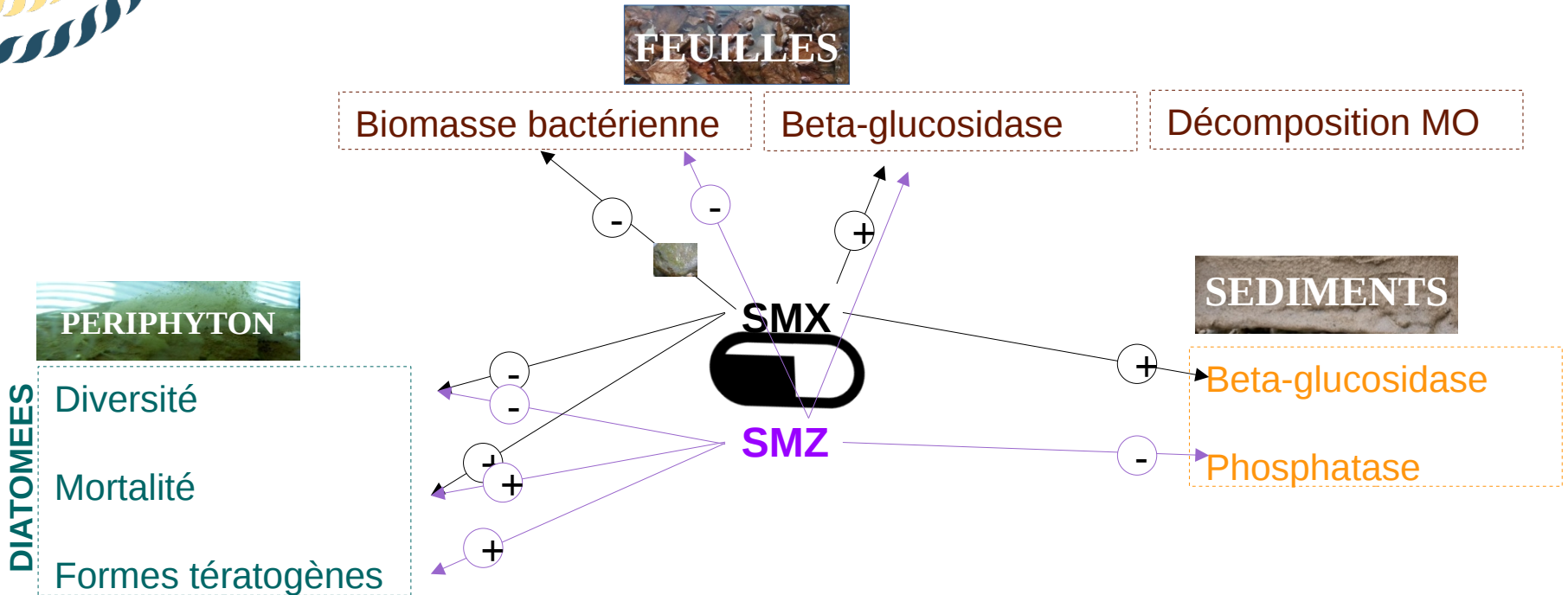


Biomasse bactérienne      Beta-glucosidase      Décomposition MO



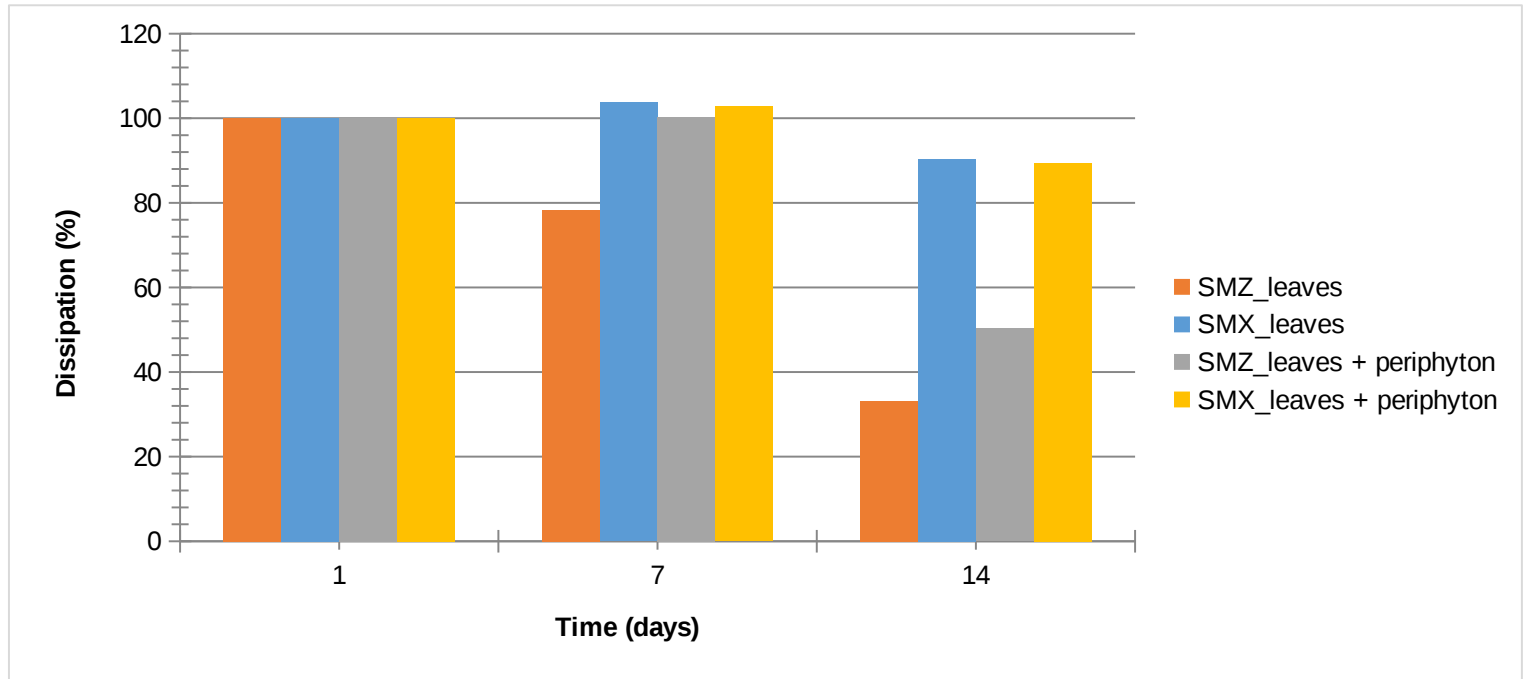


# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques



# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques

## Dissipation du SMZ et SMX par les communautés microbiennes des feuilles



Le **SMZ** est dissipé à hauteur de **30-50% après 14 jours d'exposition** aux feuilles et feuilles+periphyton. **Biotransformation** potentiellement confirmée par la détection du métabolite 2-amino-4,6-diméthylpyrimidine (ADMP).

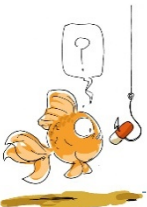
Faible dissipation du SMX, pas de détection de métabolites.



# Les effets des pharmaceutiques sur la structure et les fonctions des communautés microbiennes aquatiques

Les études d'impact des sulfonamides sur les différentes communautés microbiennes benthiques montrent:

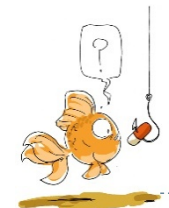
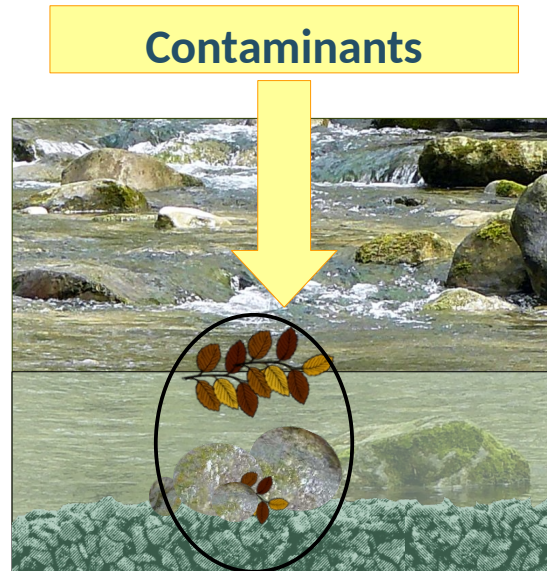
- Un **impact avéré** du **sulfamethoxazole** et de la **sulfaméthazine** sur la structure des communautés phototrophes du **périphyton** et sur les activités enzymatiques des communautés hétérotrophes du **sédiment** et des **feuilles** ;
- L'**absence d'effet** des sulfonamides sur la fonction écologique de **décomposition** des litières de feuilles ;
- La capacité de **transformation**, voire dégradation, de la sulfaméthazine par les communautés microbiennes des feuilles.







# Conclusions & perspectives





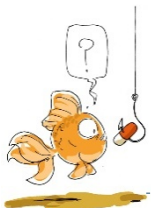
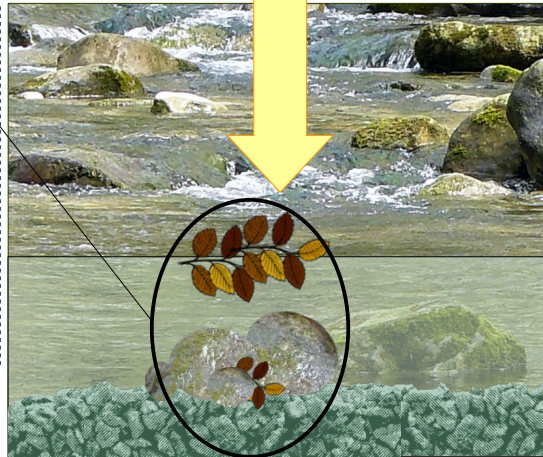
# Conclusions & perspectives

## Outils de diagnostic

*Approche PICT*

- *Validation expérimentale nécessaire pour mieux faire le lien avec l'exposition*

Contaminants



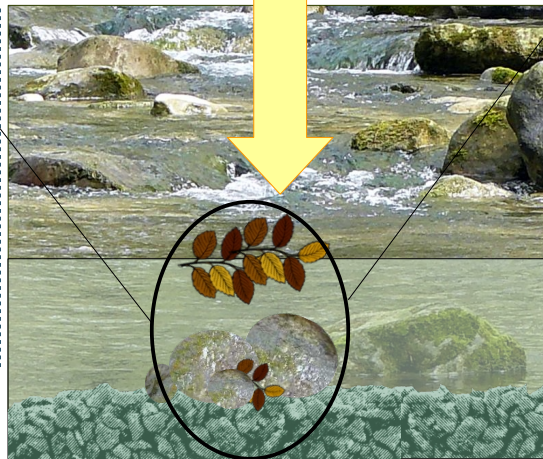
# Conclusions & perspectives

## Outils de diagnostic

Approche PICT

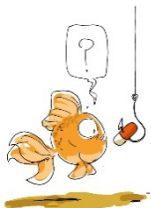
- Validation expérimentale nécessaire pour mieux faire le lien avec l'exposition

Contaminants



## Indicateurs d'effets à différentes échelles biologiques

- Les approches expérimentales montrent que même à **faibles concentrations** les produits pharmaceutiques affectent la **structure et les fonctions des communautés microbiennes**
- A une plus grande échelle spatiale : **quel impact sur les processus écosystémiques** (production primaire, décomposition de la matière organique...) auxquels contribuent ces communautés ?



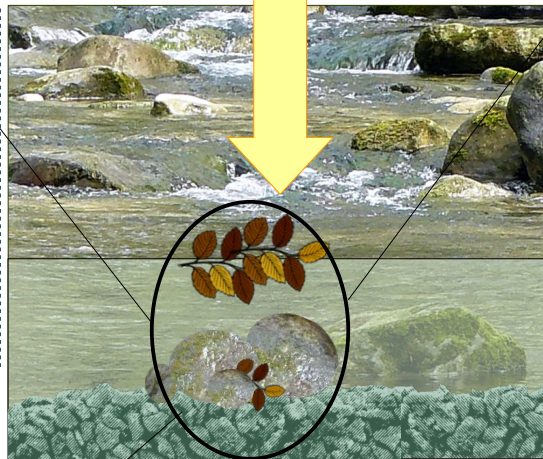
# Conclusions & perspectives

## Outils de diagnostic

*Approche PICT*

- *Validation expérimentale nécessaire pour mieux faire le lien avec l'exposition*

Contaminants



## Indicateurs d'effets à différentes échelles biologiques

- Les approches expérimentales montrent que même à **faibles concentrations** les produits pharmaceutiques affectent la **structure et les fonctions des communautés microbiennes**
- A une plus grande échelle spatiale : **quel impact sur les processus écosystémiques** (production primaire, décomposition de la matière organique...) auxquels contribuent ces communautés ?

## Rôle dans le devenir des contaminants

Étude des mécanismes de **bioaccumulation** et de **biodégradation** par les microorganismes aquatiques:

- *Approche communautaire*
- *Implications sur les cycles biogéochimiques*
- *Candidats pour la bioremédiation*



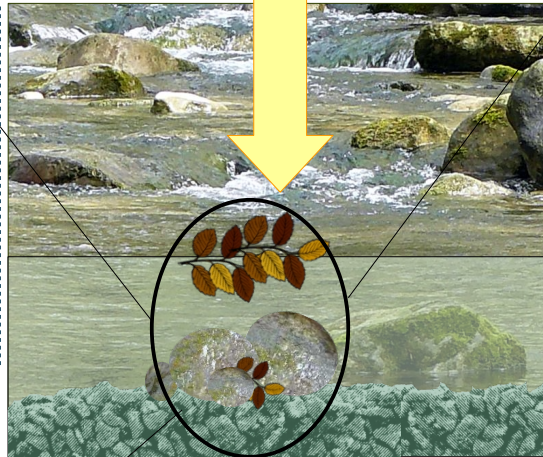
# Conclusions & perspectives

## Outils de diagnostic

Approche PICT

- Validation expérimentale nécessaire pour mieux faire le lien avec l'exposition

Contaminants



## Indicateurs d'effets à différentes échelles biologiques

- Les approches expérimentales montrent que même à **faibles concentrations** les produits pharmaceutiques affectent la **structure et les fonctions des communautés microbiennes**
- A une plus grande échelle spatiale : **quel impact sur les processus écosystémiques** (production primaire, décomposition de la matière organique...) auxquels contribuent ces communautés ?

## Rôle dans le devenir des contaminants

Étude des mécanismes de **bioaccumulation** et de **biodégradation** par les microorganismes aquatiques:

- Approche communautaire
- Implications sur les cycles biogéochimiques
- Candidats pour la bioremédiation

## Quels impacts sur la chaîne trophique ?

- **Qualité nutritionnelle** de la ressource microbienne ?
- **Bioaccumulation** et **biomagnification** des pharmaceutiques





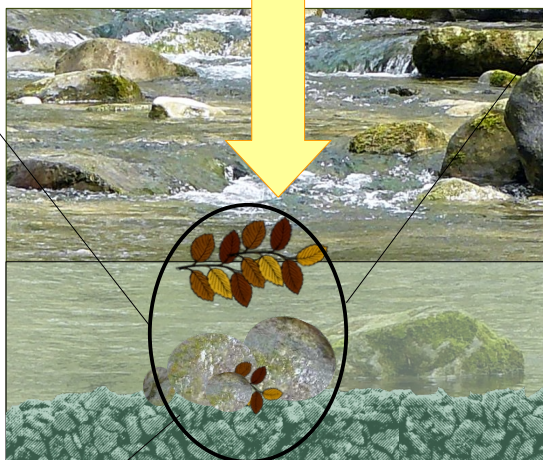
# Conclusions & perspectives

## Outils de diagnostic

*Approche PICT*

- *Validation expérimentale nécessaire pour mieux faire le lien avec l'exposition*

Contaminants



## Indicateurs d'effets à différentes échelles biologiques

- Les approches expérimentales montrent que même à **faibles concentrations** les produits pharmaceutiques affectent la **structure et les fonctions des communautés microbiennes**
- A une plus grande échelle spatiale : **quel impact sur les processus écosystémiques** (production primaire, décomposition de la matière organique...) auxquels contribuent ces communautés ?

## Rôle dans le devenir des contaminants

Étude des mécanismes de **bioaccumulation** et de **biodégradation** par les microorganismes aquatiques:

- *Approche communautaire*
- *Implications sur les cycles biogéochimiques*
- *Candidats pour la bioremédiation*

## Quels impacts sur la chaîne trophique ?

- **Qualité nutritionnelle** de la ressource microbienne ?
- **Bioaccumulation** et **biomagnification** des pharmaceutiques

Merci pour votre attention

Organisé par :



Avec le soutien de :



Projet ANTIBIOTOX  
ANR-17-CE34-0003

