INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

6ÈME PÊCHE AUX OUTILS SCIENTIFIQUES
DIAGNOSTIC DE LA CONTAMINATION DES EAUX DE SURFACE
18 OCTOBRE 2022 | VILLEURBANNE

LES ACTES

En appui sur :

Association Rivière Rhône Alpes Auvergne

RRGMA Réseau Régional des Gestionnaires de Milieux Aquatiques Provence Alpes Côte d'Azur

Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes

Avec le soutien de :

République Française Liberté Égalité Fraternité

agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

EDF CNR

H2O'Lyon Université de Lyon

Des outils intégratifs chimiques et biologiques pour le diagnostic de la contamination des eaux de surface

Anne Clémens et Vivien Lecomte
GRAIE

INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

Les pêches aux outils scientifiques

Initiateu

Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

Réseau scientifique qui apportent des outils et méthodologies pour la gestion des cours d'eau

graie

Association qui vise à développer une culture partagée, fondée sur la connaissance et l'échange d'expérience, afin d'améliorer les pratiques en matière de gestion de l'eau.

En collaboration

avec les associations régionales animateurs de réseaux professionnels de l'eau

RRGMA Réseau Régional des Gestionnaires de Milieux Aquatiques

Conservatoires d'espaces naturels

agence de l'eau

EDF

CNR

H2O'Lyon Université de Lyon

Les pêches aux outils scientifiques

Objectifs: Tester, partager, s'approprier des méthodologies, des outils, des connaissances scientifiques ou pratiques

- **Encourager** les échanges et organiser le transfert et **l'appropriation** des connaissances produites
- Avoir connaissance des **réalités de terrain** et une **proximité avec les acteurs**
- **Partager les recherches** engagées sur le bassin et ses territoires

Le programme de la journée

Première partie – Découverte des outils et retours d'expériences (9h30-12h30)

- **Un panel d'outils intégratifs**
- **Retour d'expériences** d'acteurs du territoire
- **Atelier découverte des outils**

Deuxième partie – Atelier interactif (13h45-16h00)

- **Réaliser le diagnostic d'une perturbation constatée à l'aval d'un bassin versant**
- **Evaluer l'efficacité de solutions correctives mises en place**

Troisième partie – Immersion dans les laboratoires d'INRAE (16h00-17h00)

Sommaire des présentations

Un panel d'outils intégratifs pour le diagnostic de la contamination des eaux de surface : les échantillonneurs intégratifs passifs, l'outil « gammares », la méthode PICT et la décomposition des litières végétales

- *Véronique Gouy, INRAE*
- *Christelle Margoum, INRAE*
- *Arnaud Chaumot, INRAE*
- *Rémy Recoura-Massaquant, INRAE*
- *Stéphane Pesce, INRAE*
- *Jérémy Jabiol, HYFE*

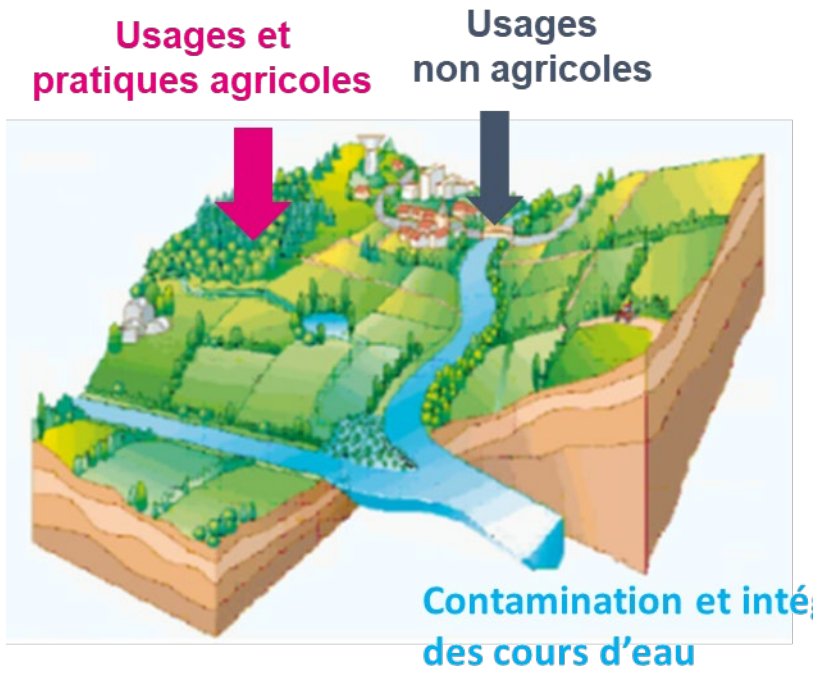
Deux retours d'expérience de gestionnaire de milieu

- *Thibaud Pandelakis, Syndicat mixte Veyle vivante (01)*
- *Alice Patissier, Syndicat mixte des Rivières du Beaujolais (69)*

INTRODUCTION

Véronique Gouy Boussada
INRAE

Problématique



Gestionnaires

Syndicats d'aménagement de bassins, Services des eaux potables, Agents territoriaux, Agences de l'eau, ARS…

Besoins

- Diagnostiquer la contamination d'un cours d'eau (origine, nature des molécules, niveaux de contamination, impacts)

- Mesurer l'efficacité de plans d'action

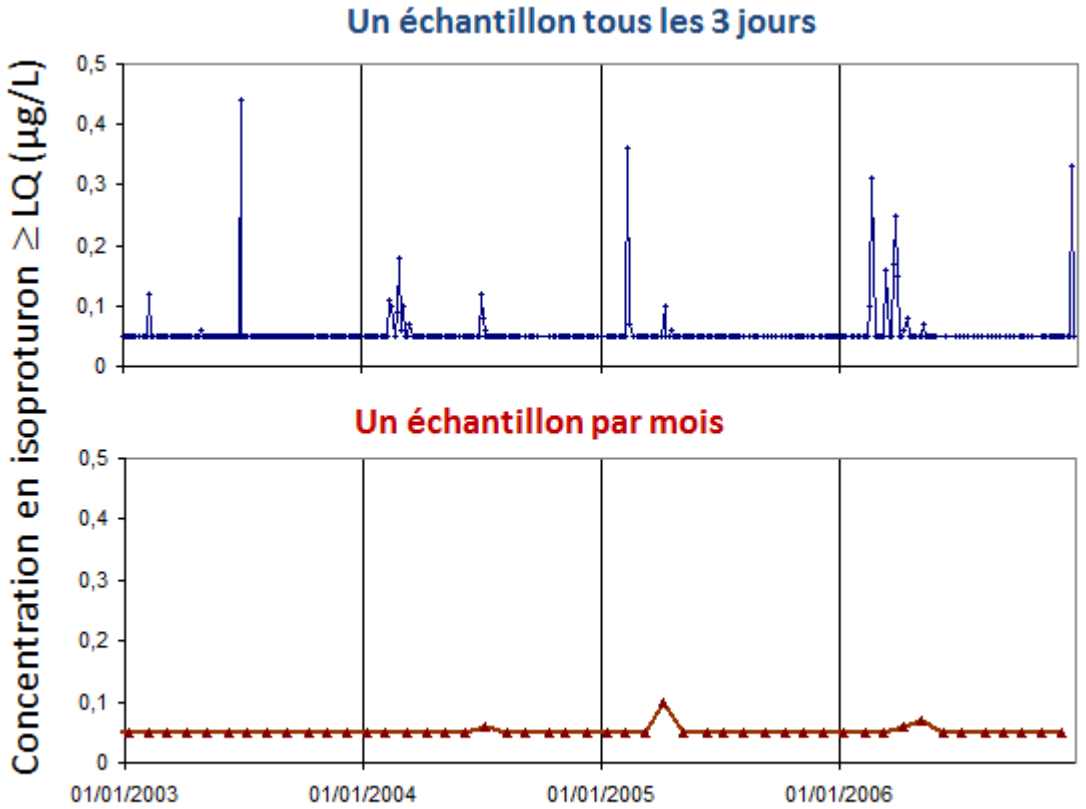
Approche « classique »

Suivi au sein des réseaux :

- **Analyses chimiques**
- **Echantillonnage ponctuel**
- **Fréquence au mieux mensuelle**

Importance de la stratégie d'échantillonnage

Suivi dans l'Elorn à Pont-Ar-Bled (260 km²) de 2003 à 2006



➔ Au sein des bassins versants agricoles, la **contamination des eaux de surface** est marquée par **une forte variabilité temporelle**

➔ Les **mesures ponctuelles mensuelles** fournissent une information **peu représentative des transferts réels**

Les mesures chimiques ponctuelles mensuelles :

➔ sont insuffisantes pour évaluer l'évolution temporelle de la contamination

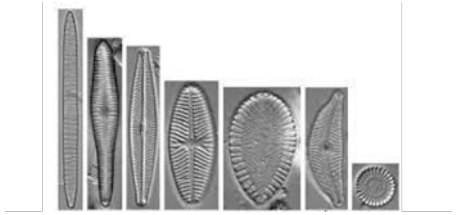
➔ n'informent que partiellement sur l'impact biologique au sein du cours d'eau

Outils intégratifs pour évaluer l'impact des substances chimiques et l'intégrité des cours d'eau

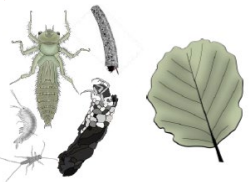
- Echantillonneurs passifs

Outils présentés aujourd'hui

- Outils biologiques

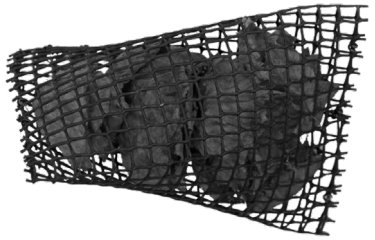


Indice diatomées



IBGN → I2M2 diagnostique

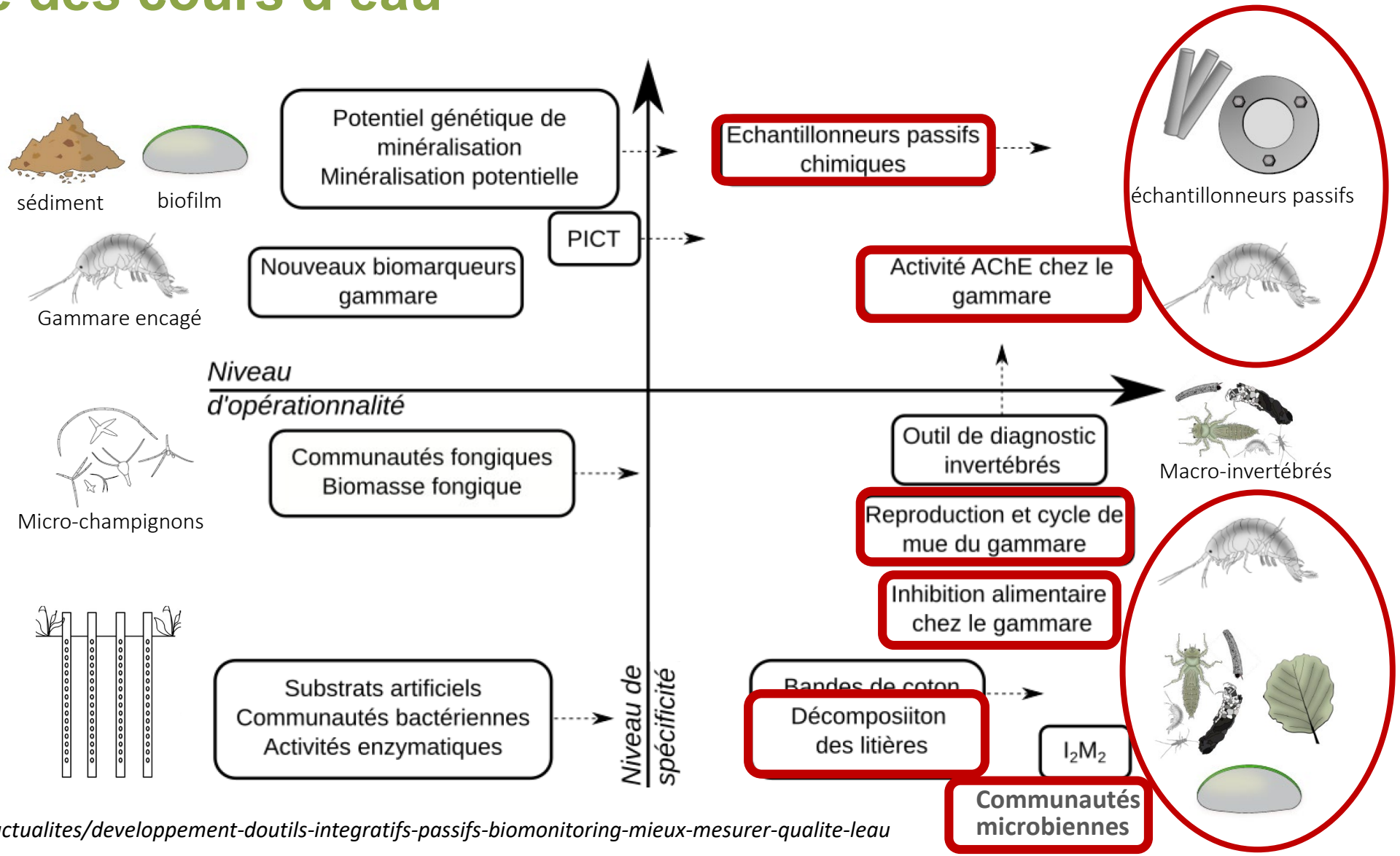
Gammares encagés



Litières de feuilles

Communautés microbiennes

Outils intégratifs pour évaluer l'impact des substances chimiques et l'intégrité des cours d'eau



https://www.inrae.fr/actualites/developpement-doutils-integratifs-passifs-biomonitoring-mieux-mesurer-qualite-leau

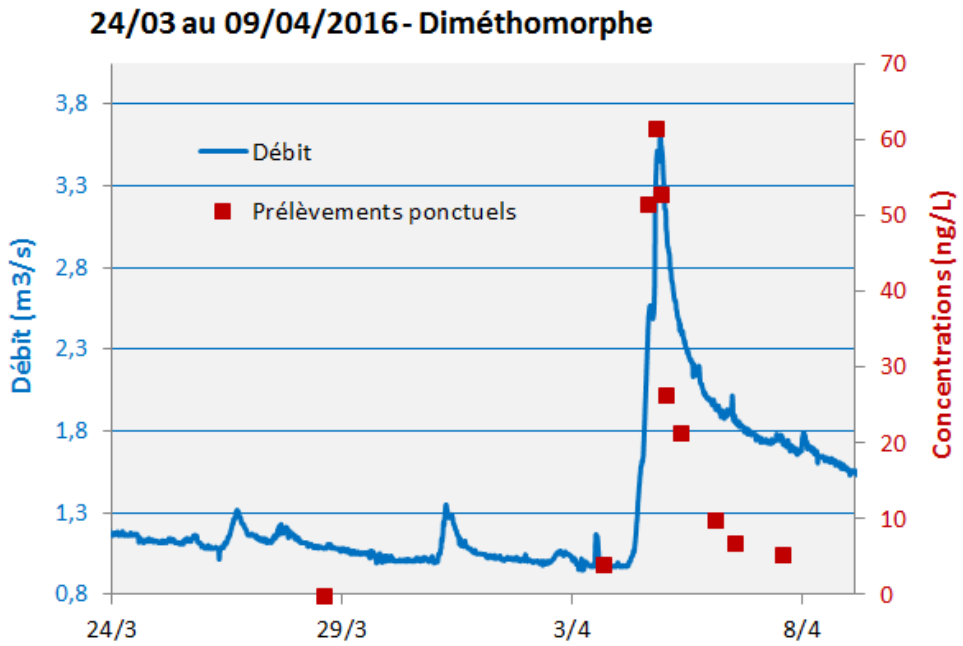
Les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP)

Christelle MARGOUM
INRAE, UR RiverLy - Equipe LAMA

INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

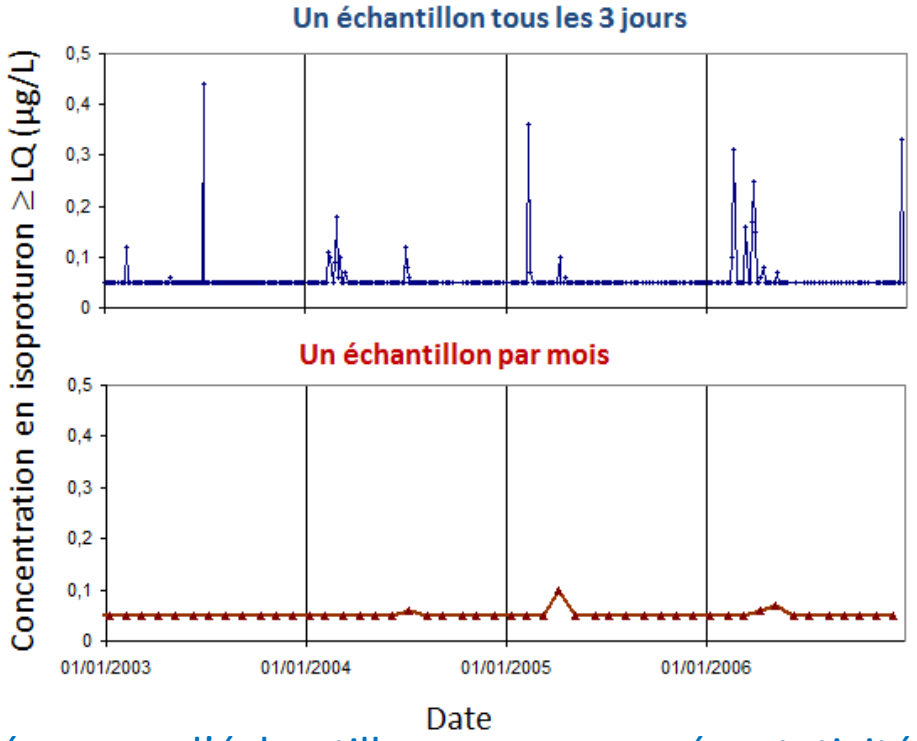
Echantillonnage dans les cours d'eau : limites des mesures chimiques ponctuelles

Dimétomorphe dans l'Ardières, Beaujolais (220 km²) - 2016



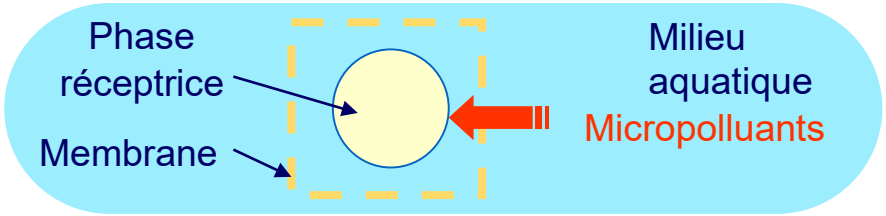
-> importance des conditions hydrométéorologiques (crues)

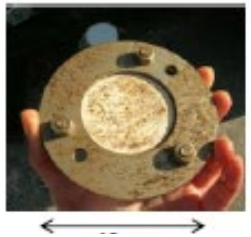
Isoproturon dans l'Elorn, Finistère (260 km²) de 2003 à 2006



-> fréquence d'échantillonnage vs. représentativité temporelle

L'échantillonnage intégratif passif (EIP)

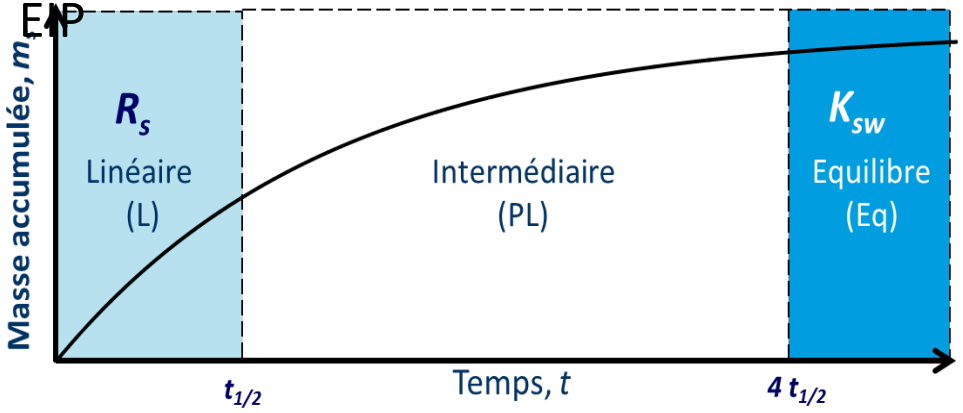




POCIS (10 cm)

TSP (2 cm)

Cinétique d'accumulation des micropolluants sur les EIP



Constantes R_s et K_{sw} déterminées par calibration au laboratoire pour **chaque couple EIP/micropolluant**

Étalonnage

Accumulation linéaire

$$M_S(t) = C_W R_s t$$

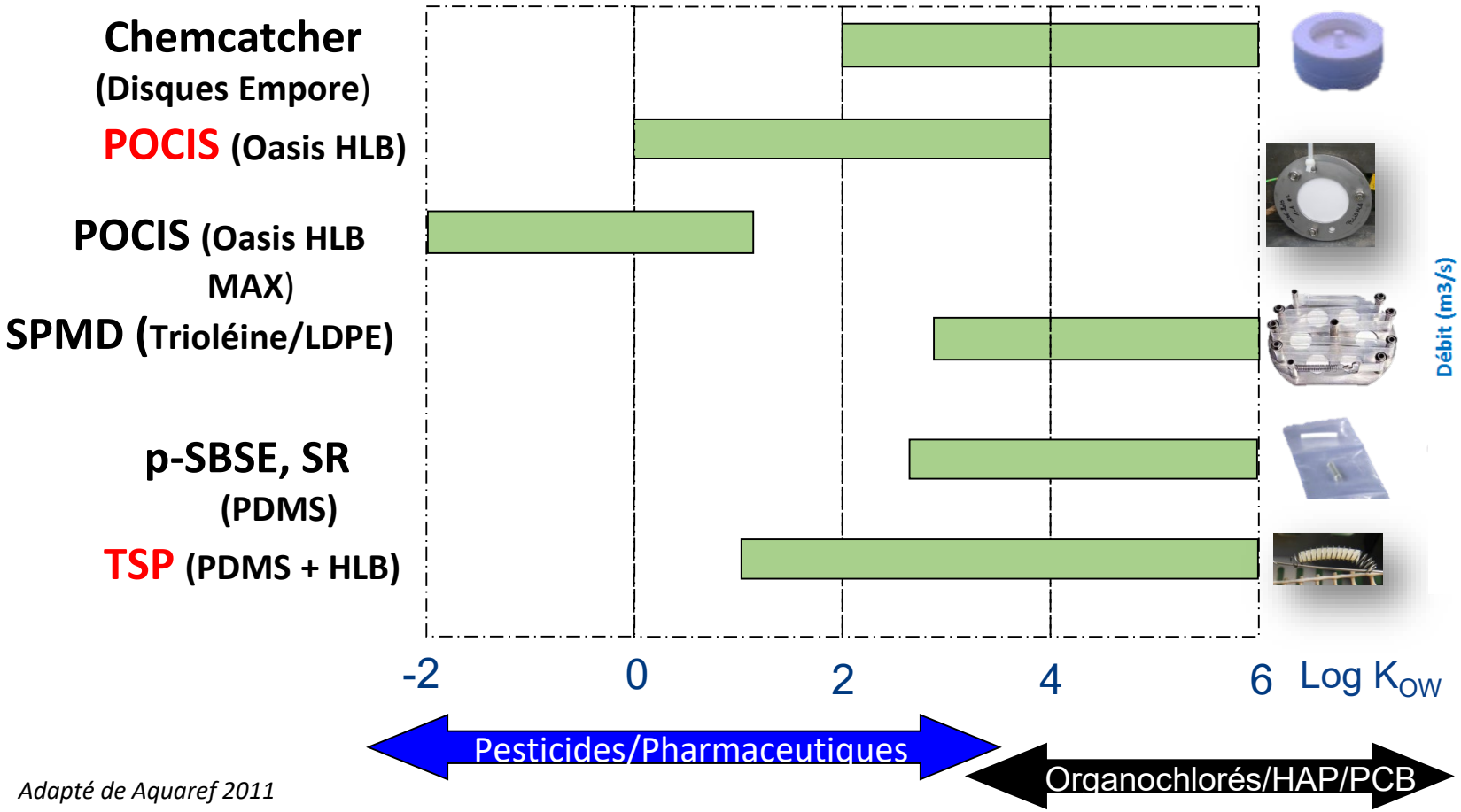
Exposition

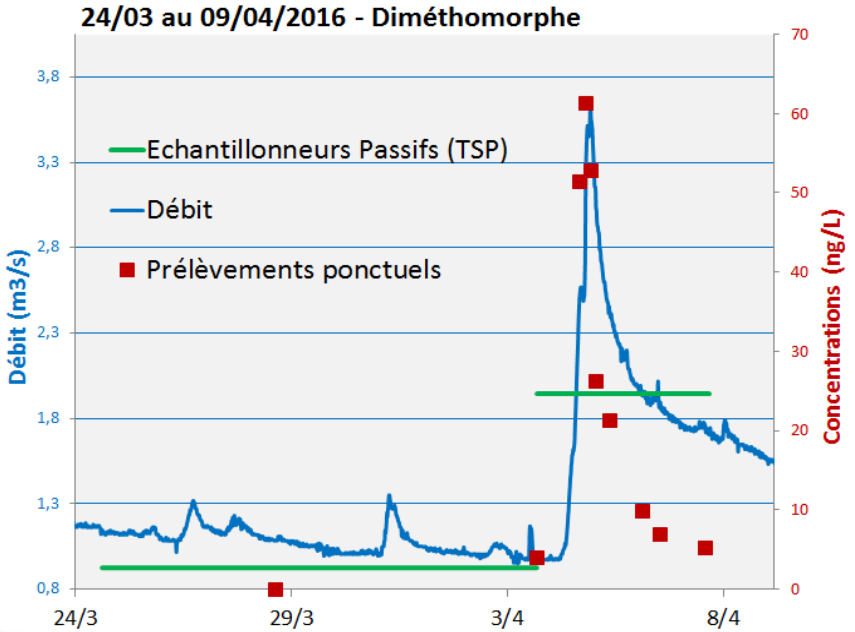
Détermination de concentrations moyennes

$$C_{insitu} = \frac{M_{insitu}}{R_s t}$$

-> régime linéaire préféré (intégratif, R_s)
-> plus forte incertitude en régime intermédiaire (R_s et K_{sw})
-> à l'équilibre : concentration représentative de ≈ instant t

Plusieurs outils disponibles (organiques)





Ex. aval de l'Ardières, 2016

Adapté de Aquaref 2011

Déploiement en milieux aquatiques

Au sein **de cagettes / cages :**

- Protéger les échantillonneurs (débris…)
- Faciliter le recours combiné à plusieurs outils.

En rivière

Sur la durée d'exposition optimum de l'EIP (caractère intégratif)
1 à 4 semaines

Mesures de données complémentaires
- **Vitesse de courant**
- *Température, pH, Conductivité*
- *COD*

En zone tampon humide, ZTHA

= 1 à 3 échantillonneurs/station

+ Blancs terrain : *échantillonneurs non exposés dans le milieu, mais transportés dans les mêmes conditions*

=> **Contrôle Qualité**

Interprétation des données obtenues

1 / **qualitative** = **présence/absence** dans les extraits d'EIP
- recherche d'une gamme élargie de contaminants (analyse ciblée ou suspectée)

2 / **comparative** : **quantité (masse) accumulée** dans les EIP déployés en conditions comparables (vitesse courant, température)
- ex. amont/aval ; entrée/sortie zone tampon pour une substance donnée

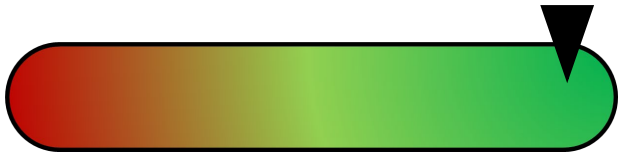
3 / **quantitative** : **concentration moyenne** dans le milieu pendant la période d'exposition, avec les données de calibration disponibles

Exemples d'utilisation des EIP :
- meilleure connaissance des niveaux d'exposition, lien avec les mesures d'impact
- identification des sources de contamination
- dynamique de transferts de pesticides et produits de transformation en cours d'eau
- diagnostic des performance d'une ZTHA

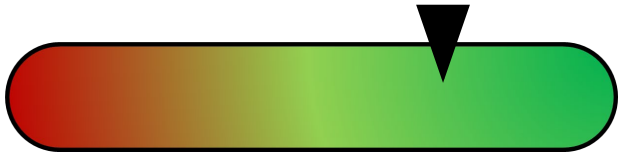
Atouts et limites des EIP

AVANTAGES	INCONVENIENTS
- Intégration dans le temps : meilleure représentativité et robustesse pour comparer des situations ou évaluer des tendances spatio-temporelle - Abaissement des limites de quantification : ➔ Davantage de molécules détectées dont les métabolites en faible concentration, et les molécules « fugaces » Logistique - Facilité de transport - Conservation des échantillons	- Calibration nécessaire pour une étude quantitative, - Influence des conditions environnementales - Pas possible de remonter aux concentrations maximales (pics) - Question de la fraction échantillonnée Logistique - Il faut aller 2 fois sur le terrain (pose et récupération)

Intérêt perçu par les opérationnels (enquête projet IMPACT CE)



Echantillonneur POCIS



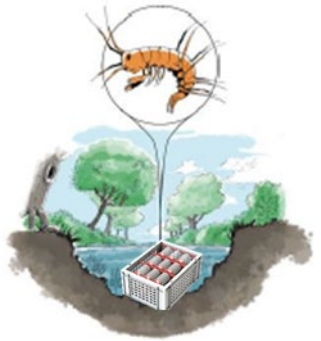
Echantillonneur TSP

L'outil « Gammares » : pour le suivi de la contamination chimique et la toxicité des milieux aquatiques

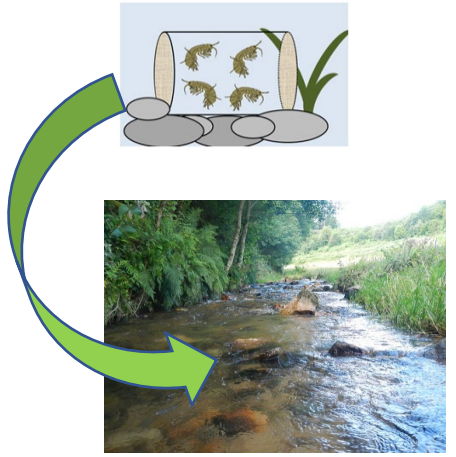
Rémi RECOURA-MASSAQUANT
INRAE UR RiverLy

INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

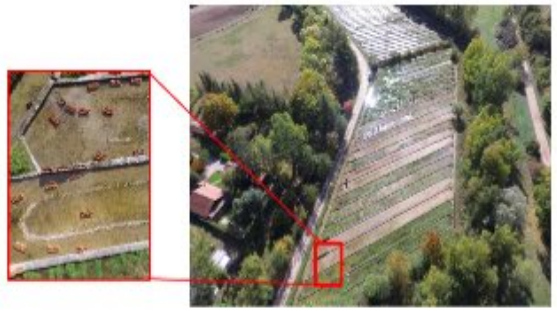
Méthode de biosurveillance active par encagement de gammares



- Production de gammares « contrôle » (crustacé d'eau douce, *Gammarus fossarum*)
- Gammare : modèle biologique, sentinelle de la qualité des cours d'eau
  - Amphipode européen d'eau douce non invasif
  - Accumulateur de micropolluants & Sensible aux effets des polluants
- Contrôle des organismes utilisés (population, taille, sexe, …)
- Approche d'exposition intégratrice basée sur l'encagement *in situ* plusieurs jours (7 à 21j)
- **Mesure intégrative de la contamination et de la toxicité**
- Dosage de composés chimiques accumulés (métaux et polluants organiques)
  - Contamination chimique biodisponible
- Mesure des réponses biologiques (survie, alimentation, activité AChE, etc.)
  - Prise en compte de l'impact des mélanges complexes de substances chimiques présentes et bien souvent à l'état de traces dans les milieux.



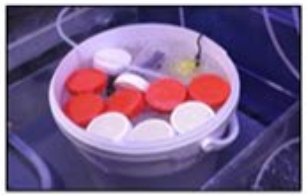
Principe général de la méthode



Production de gammares
Population de référence

Sélection
des organismes
(taille, sexe, …)

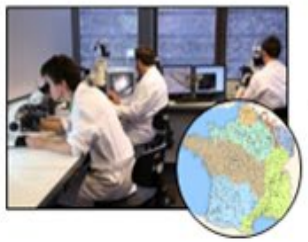
Mise en cages
avec alimentation



Transport
vers lieu d'exposition

2 à 3 interventions sur site
Encagement des organismes à J0
1ère récupération à J7 (chimie + toxicité)
et /ou **2de récupération à J+N** (toxicité)

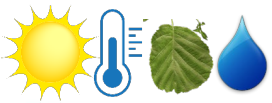
Enregistreur de
température



Analyses chimiques et biologiques

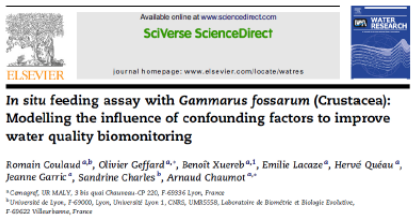
Comparaison aux référentiels
(distribution de référence et valeurs seuils pour chaque biotest)

Conditionnement
en conditions contrôlées
de laboratoire



Principes des biotests de toxicité

- Biotest d'alimentation
  - ✔ Mesure normalisée de l'activité alimentaire (NF-XP T90-722-3)
  - ✔ Réponse précoce à l'exposition à des micropolluants (métaux et composés organiques)
  - ✔ 7 jours d'exposition dans le milieu
  - ✔ Sur organismes calibrés (sexe, taille)



Available online at www.sciencedirect.com
SciVerse ScienceDirect
journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres

In situ feeding assay with *Gammarus fossarum* (Crustacea): Modelling the influence of confounding factors to improve water quality biomonitoring

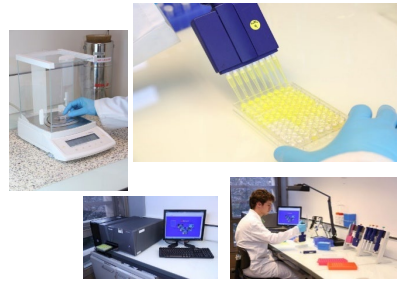
Romain Coulaud[a,b], Olivier Geffard[a,*], Benoît Xuereb[a,1], Emilie Lacaze[a], Hervé Quéau[a], Jeanne Garric[a], Sandrine Charles[b], Arnaud Chaumot[a,*]

- Biotest de neurotoxicité
  - ✔ Acétylcholinestérase : enzyme clé dans le fonctionnement du système nerveux
  - ✔ Réponse précoce de l'exposition à des insecticide anti-AChE (carbamates et organophosphorés)
  - ✔ Mesure normalisée réalisée sur les gammares du test d'alimentation (NF-XP T90-722-1)

Contents lists available at ScienceDirect
Aquatic Toxicology
journal homepage: www.elsevier.com/locate/aquatox

Acetylcholinesterase activity in *Gammarus fossarum* (Crustacea Amphipoda) Intrinsic variability, reference levels, and a reliable tool for field surveys

Benoît Xuereb, Arnaud Chaumot, Raphael Mons, Jeanne Garric, Olivier Geffard*



- **Référentiel d'interprétation des résultats**
- Comparaison à des valeurs de référence intégrant la variabilité naturelle des marqueurs en fonction des caractéristiques des milieux (e.g. température) en condition non toxique
- Outil d'intérêt pour la gestion des milieux pour la problématique de la contamination chimique des milieux, et est utilisée en France et par l'ensemble des agences de l'eau dans un cadre réglementaire

Applications opérationnelles

- **Surveillance large échelle des milieux aquatiques**

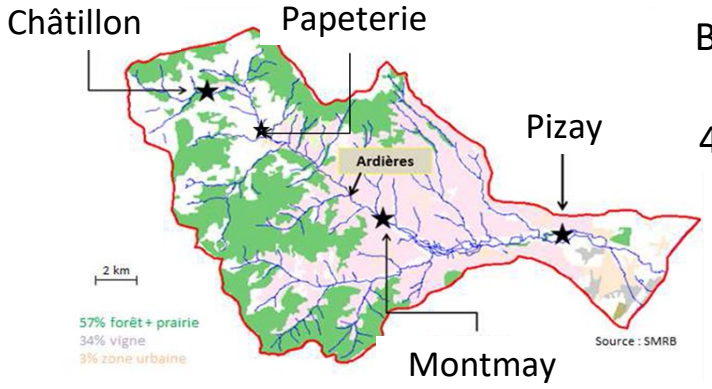
- **DCE : Bioaccumulation** (métaux & organiques) – Conformité aux **NQE biote**
- **Evaluation** & **Priorisation** des sites de surveillance
- Suivi des **tendances** (contamination chimique et écotoxicité)

- **Contrôle des micropolluants dans le milieu récepteur et mesures d'effets**

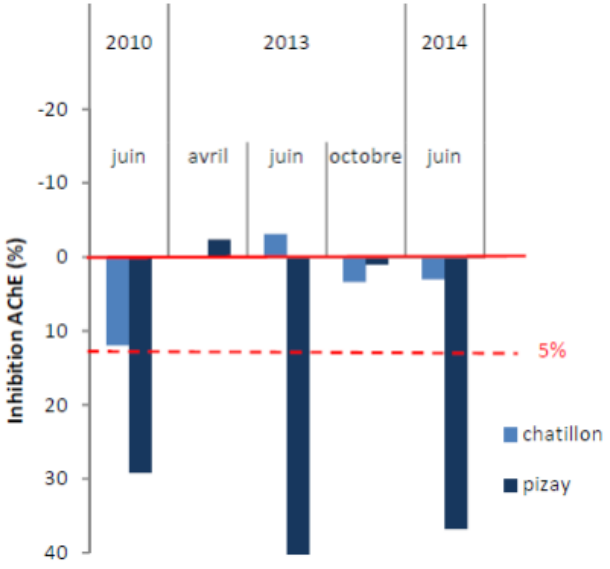
- **Evaluation** d'actions correctives (contrôle enquête, etc.)
- **Contrôle** d'ouvrages (barrage, déversoir d'orages, travaux, etc.)
- **Etude d'impact milieu** (ICPE : sites industriels, STEP, etc.)

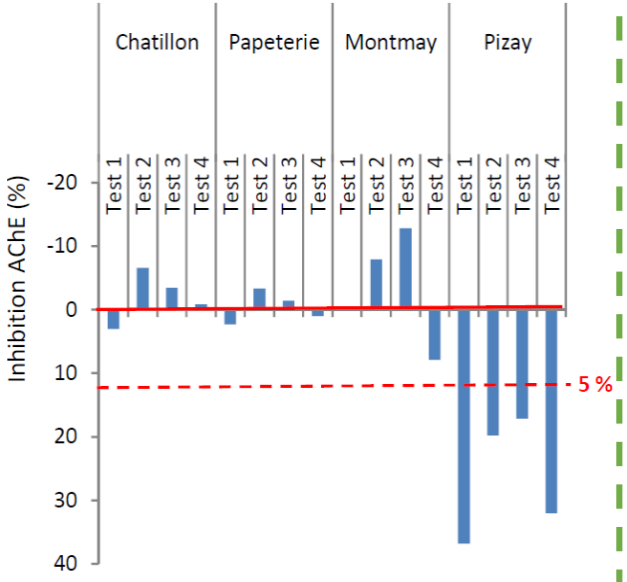
Intérêt perçu par les opérationnels (enquête projet IMPACT CE)

Exemples d'application

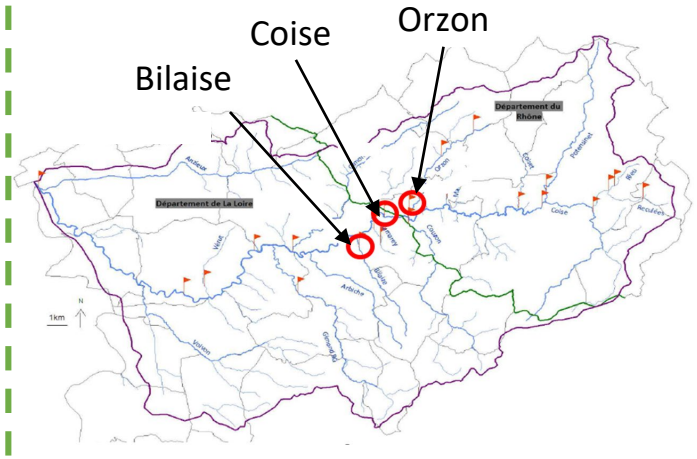


BV Ardières
4 stations
4 semaines

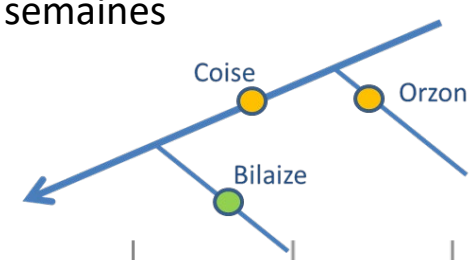


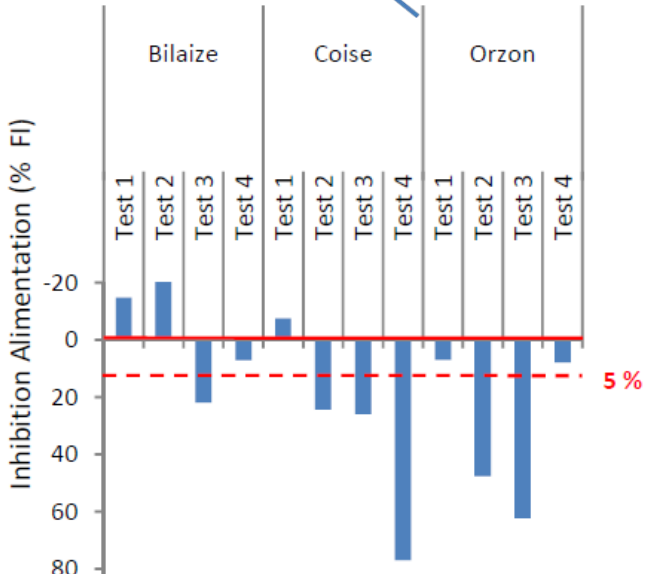


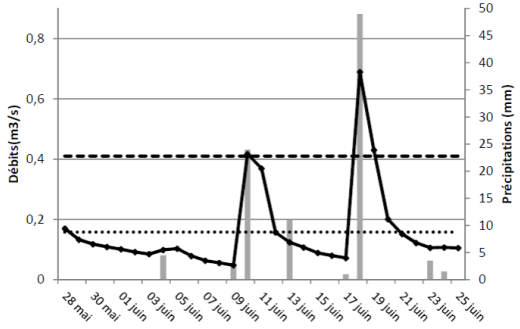
Variabilité saisonnière et interannuelle



BV Coise
3 stations
4 semaines







- Effet dilution
- Temps de retour, délai ?

Conditions de mise en œuvre et limites d'application

- Eaux de surface continentales
  - Rivières / Fleuves / Canaux
  - Plans d'eau

- Conditions physico-chimiques
  - Température entre 7 et 20°C en moyenne
  - O_2 supérieur à 5 mg/L
  - Conductivité entre 100 et 1000 µS/cm
  - pH compris entre 6,3 et 8,9

- Soumis aux aléas hydroclimatiques (crues, exondation) et humains (vandalisme)
- Pas d'identification spécifique de la toxicité de certains contaminants (autre que carbamates et organophosphorés avec l'AChE) avec ces 2 marqueurs marqueurs moléculaires / approche omique pour réponses spécifiques de modes d'action
- Le gammare, sentinelle / sensible, mais pas à l'ensemble des contaminants déploiement multi-espèces
- Typologie de substances suivies (test bioaccumulation) encore à compléter (substances émergentes)

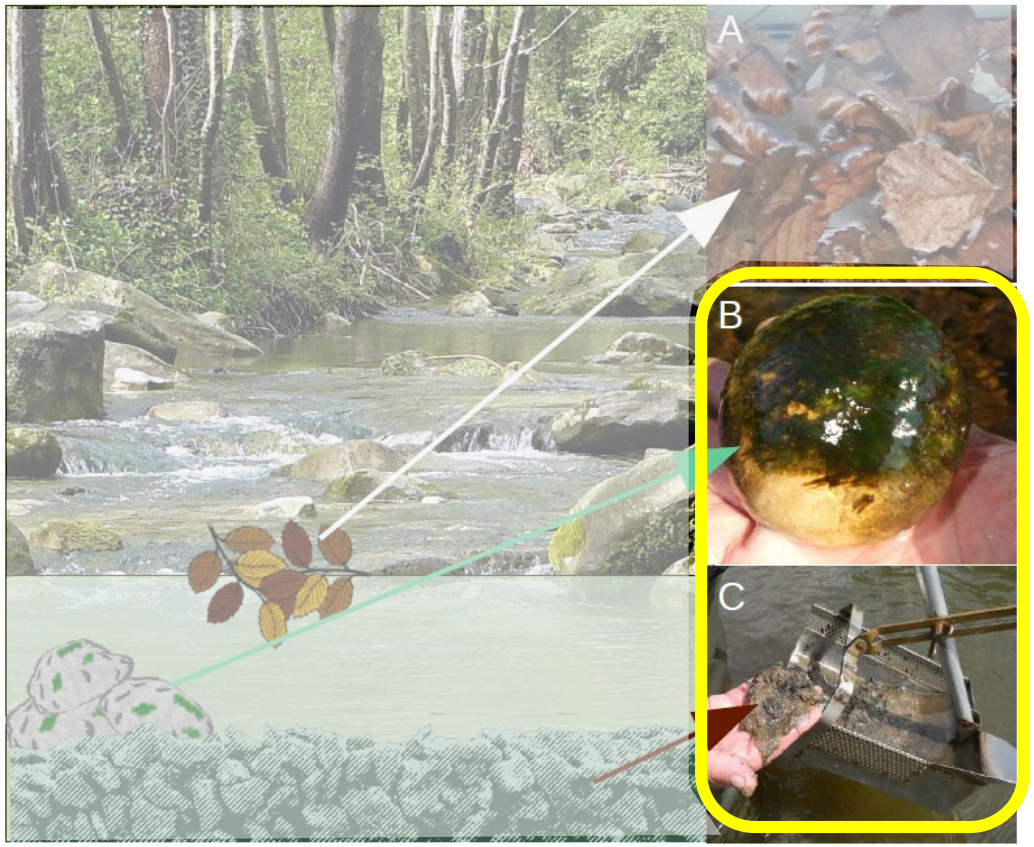
La Méthode PICT* pour le diagnostic *in situ* de certaines pressions toxiques

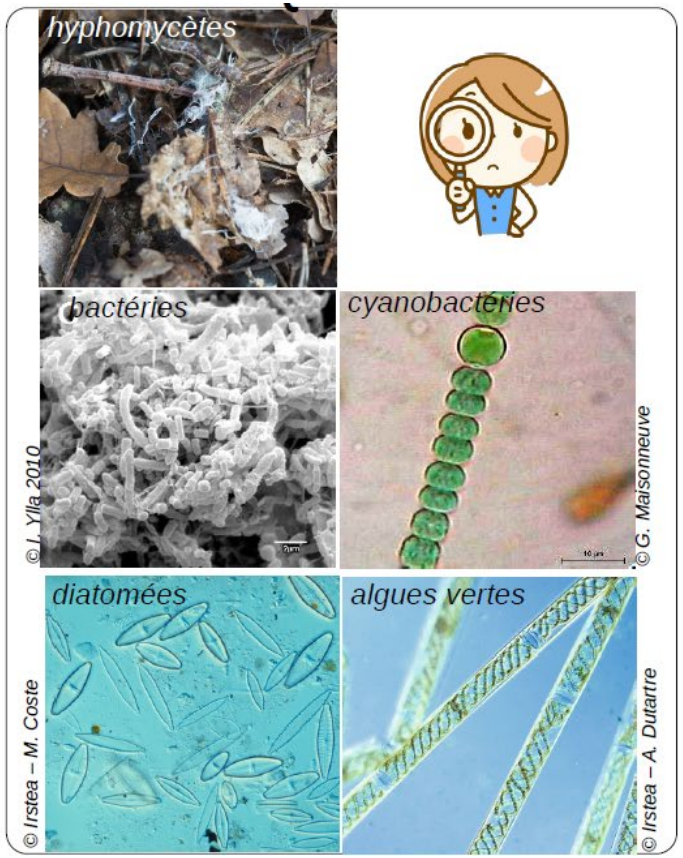
(* **P**ollution **I**nduced **C**ommunity **T**olerance)

Stéphane Pesce
INRAE UR RiverLy

INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

Modèle d'étude: communautés microbiennes aquatiques





- assemblages naturels de microorganismes
- présents dans tous les milieux aquatiques
- des niveaux d'abondance et de biodiversité énormes

1 gramme de sédiment:
- *Plusieurs milliards de microorganismes*
- *Plusieurs milliers d'espèces*

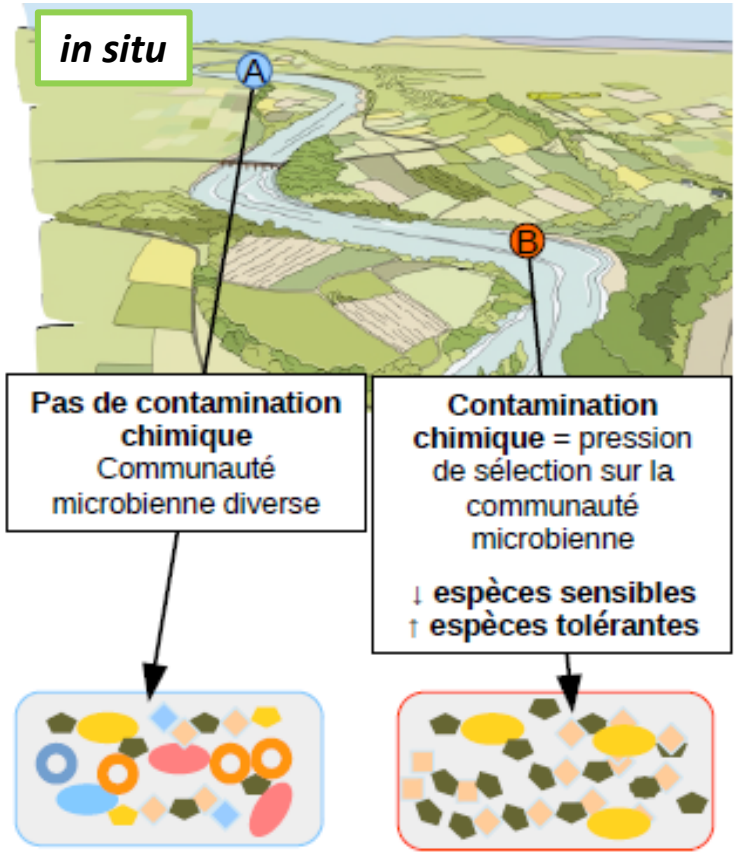
Méthode PICT appliquée aux **communautés périphytiques** (B) **et sédimentaires** (C)

Illustration: *Pesce et al. (2021) Sciences Eaux & Territoires N° 37; doi: 10.14758/SET-REVUE.2021.4.17*

Principe général de la méthode PICT

Objectif de l'approche: Etablir un lien de causalité entre le niveau de tolérance des communautés microbiennes à un ou plusieurs contaminants et leur historique d'exposition à la contamination dans le milieu

⇨ diagnostic de pression toxique



Concept : La composition des communautés et la capacité physiologique et/ou génétique de tolérance/résistance de certains microorganismes peuvent être changée par une exposition chimique chronique

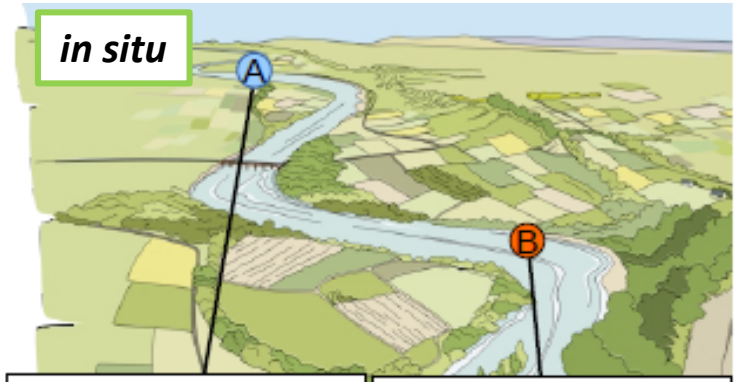
⇨ acquisition de tolérance à l'échelle de la communauté

La mise en évidence d'une acquisition de tolérance à un contaminant chimique modèle permet de suspecter une **exposition chronique** à celui-ci, ou à des substances présentant un mode d'action similaire, **à un niveau suffisant pour avoir un impact** sur les communautés microbiennes naturelles.

Illustration: *Pesce et al. (2021) Sciences Eaux & Territoires N° 37; doi: 10.14758/SET-REVUE.2021.4.17*

Mesure de l'acquisition de tolérance

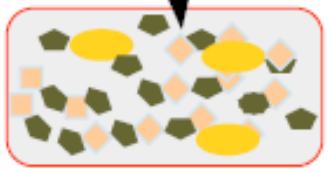
Estimation et comparaison des seuils de tolérance (au laboratoire): Réalisation de tests de toxicité aigüe avec le(s) contaminant(s) d'intérêt à partir de mesures fonctionnelles réalisées à l'échelle de la communauté microbienne



Pas de contamination chimique
Communauté microbienne diverse

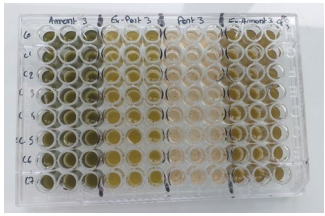
Contamination chimique = pression de sélection sur la communauté microbienne

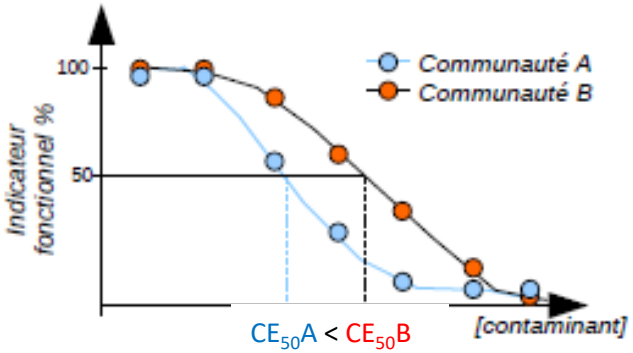
↓ espèces sensibles
↑ espèces tolérantes



transport des communautés au laboratoire

Réalisation de tests de toxicité aigüe et analyse des résultats (courbes dose-réponse)



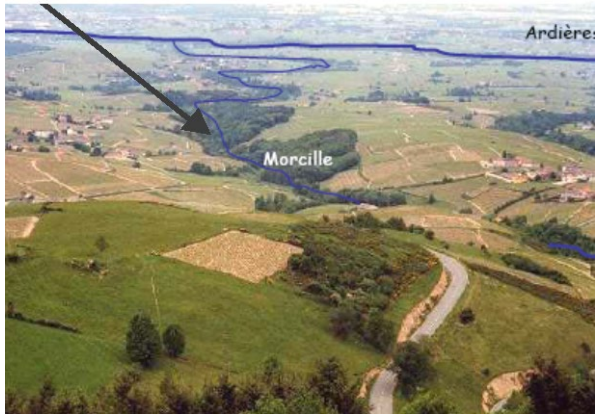


La communauté B est plus tolérante au contaminant que la communauté A. B a donc été exposé de manière plus intense à ce contaminant que A. C'est l'**acquisition de tolérance induite par la contamination.**

Illustration: *Pesce et al. (2021) Sciences Eaux & Territoires N° 37; doi: 10.14758/SET-REVUE.2021.4.17*

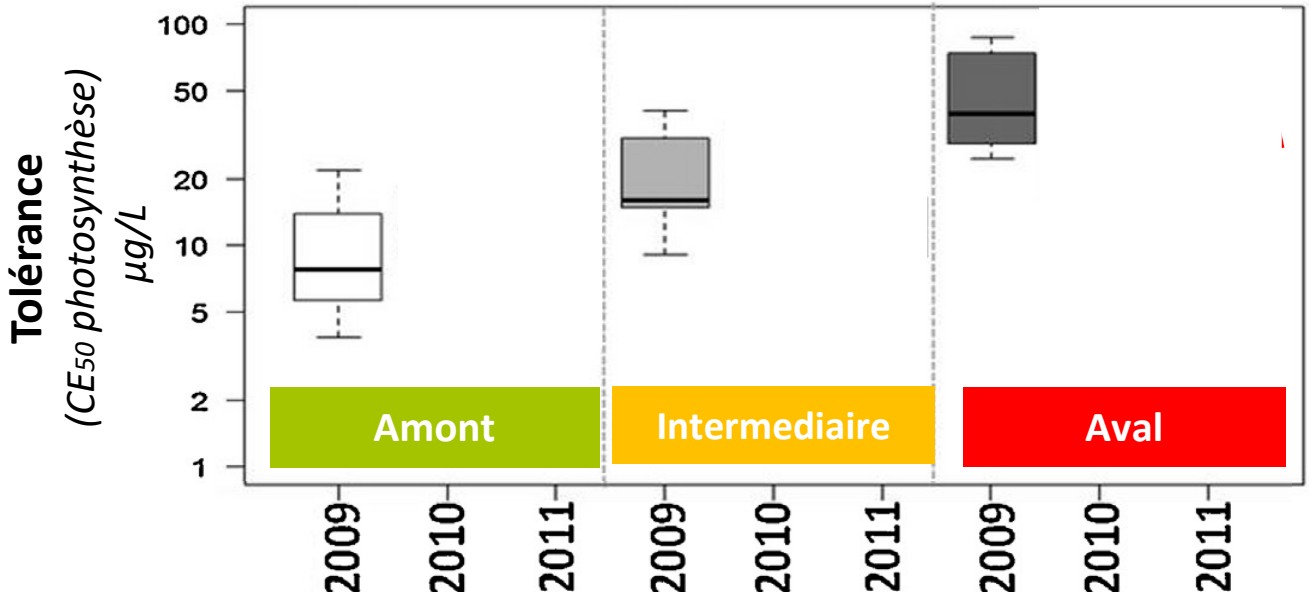
Exemples d'applications: 1. impact herbicide (diuron)

Rivière Morcille (Beaujolais)



Jusqu'en 2008:
Forte augmentation du diuron (herbicide) de l'amont (zone de reference) à l'aval

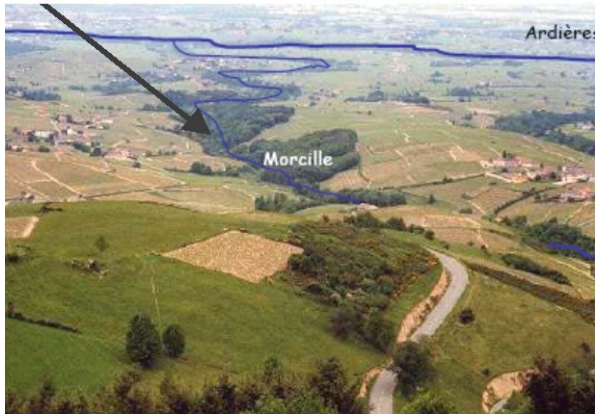
Après l'interdiction du diuron (12/2008):
Diminution progressive des concentrations de diuron en zone intermédiaire et aval



Pesce et al. (2016) Agriculture, Ecosystems and Environment; ; doi: 10.1016/j.agee.2016.01.009

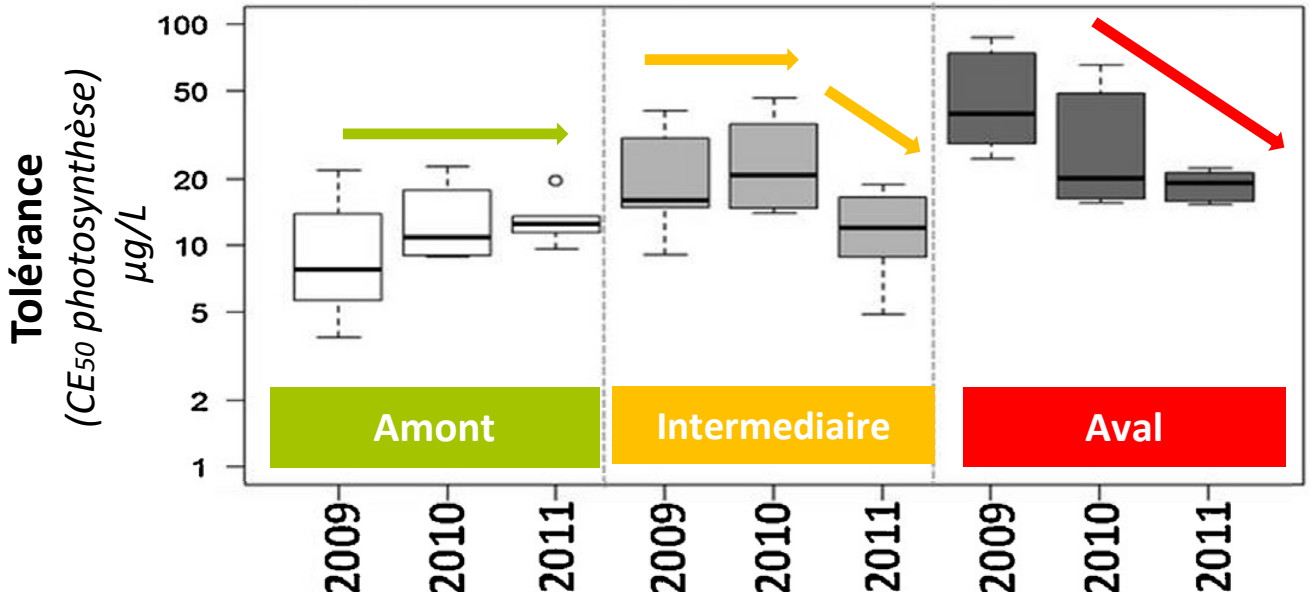
Exemples d'applications: 1. impact herbicide (diuron)

Rivière Morcille (Beaujolais)



Jusqu'en 2008:
Forte augmentation du diuron (herbicide) de l'amont (zone de reference) à l'aval

Après l'interdiction du diuron (12/2008):
Diminution progressive des concentrations de diuron en zone intermédiaire et aval

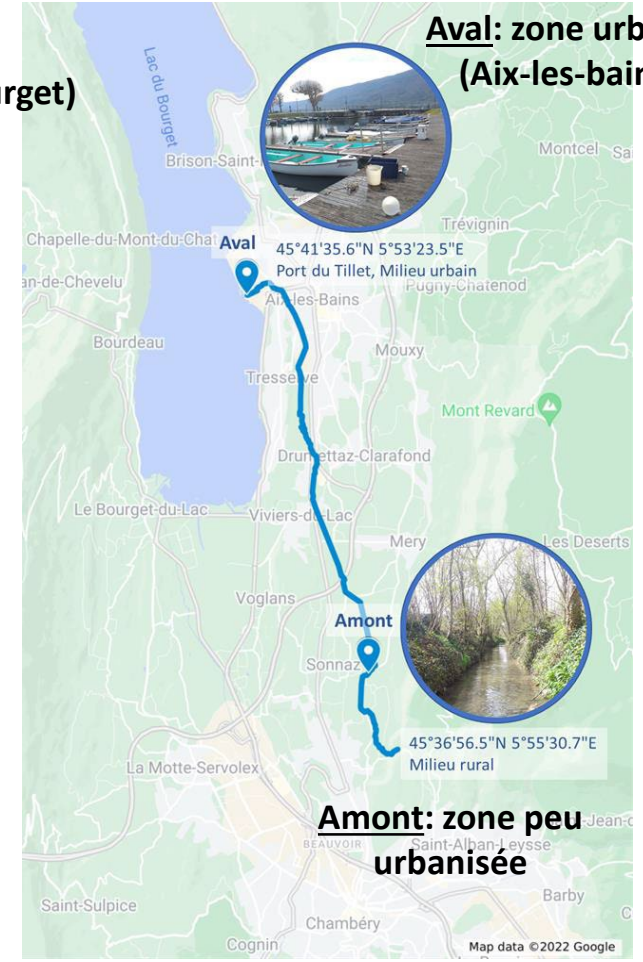


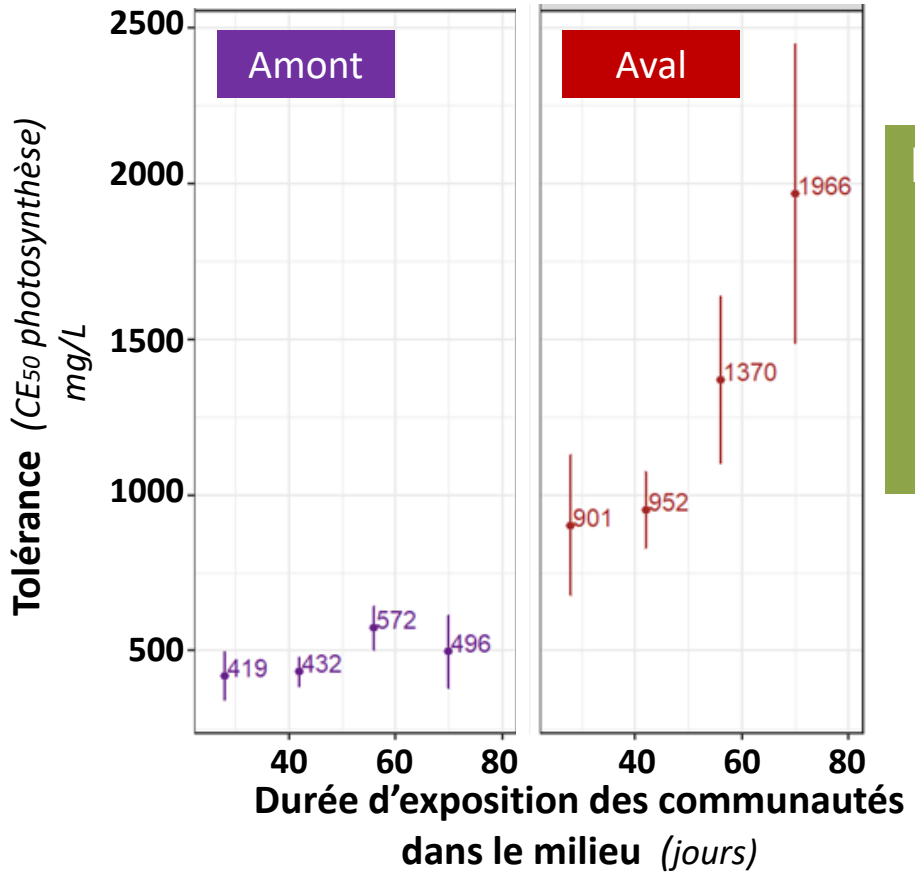
Diminution progressive de la tolérance du périphyton au diuron
= conséquence écologique positive

Pesce et al. (2016) Agriculture, Ecosystems and Environment; ; doi: 10.1016/j.agee.2016.01.009

Exemples d'applications: 2. impact médicament (diclofénac)

Rivière Tillet
(affluent lac du Bourget)





Mise en évidence d'une **pression toxique en zone urbaine** par le diclofénac (ou autre substance présentant une toxicité similaire)

Rogue (2022) Stage Master 2 – Projet Agence de l'eau RM&C/ZABR PharmaTOX

Intérêts et limites opérationnels

- Déploiement et échantillonnage *in situ* relativement simple et peu couteux
- Coûts analytiques faibles (tests de toxicité)
- **Diagnostic spécifique d'une su… d'une catégorie de substance**
- Etablissement des liens exposition – effets sur des communautés naturelles
- Développement régulier de nouveaux tests (pour considérer plus de substances)

Intérêt perçu pour l'outil par les opérationnels du projet Ecophyto IMPACT-CE

- Contraintes techniques fortes: analyses sur échantillons frais + tests chronophages
- Pas de méthodes standardisées
- **…e référentiel d'analyse (besoin de … en place des approches …ratives avec un site de référence)**
- Un « catalogue » de substances limité
- Des questions encore suspens sur l'influence de différents paramètres sur la réponse PICT (ex. cotolérance)

Pour en savoir plus…

Sciences Eaux & Territoires N° 37 (2021) - DOI : 10.14758/SET-REVUE.2021.4.17

Les communautés microbiennes benthiques pour le diagnostic de l'impact écologique des micropolluants dans les cours d'eau

Stéphane Pesce, Chloé Bonnineau, Joan Artigas, Fabrice Martin-Laurent, Soizic Morin

❶ Évaluation du potentiel opérationnel des approches décrites.

	Spécificité	Standardisation	Mise en œuvre	Coût
Altérations morphologiques des diatomées	1	2	1	2
	Recherches en cours pour valider la spécificité aux micropolluants	Protocole standard mais résultats opérateur-dépendants	Analyses chronophages à haut niveau d'expertise	Uniquement coût opérateur
Acquisition de tolérance (PICT)	2	1	1	2
	Forte spécificité, variable selon le mode d'action des micropolluants	Protocoles variables suivant les équipes de recherche	Analyses rapides mais nécessité de disposer de matériel frais	Dépendant du type d'activité(s) mesurée(s)
Développement du potentiel de biodégradation (par radiorespirométrie)	3	2	0	0
	Forte spécificité	Approche par radiorespirométrie inspirée de la norme ISO 14239:2017 (sol)	Fortes contraintes pour l'utilisation de radioélements liées à l'agrément délivré par l'ASN + durée longue des cinétiques de minéralisation	Coût élevé pour l'achat des substances radiomarquées et l'évacuation des déchets radioactifs par l'ANDRA
Décomposition de matières organiques particulaires	1	2	2	3
	Paramètre sensible à de nombreux facteurs environnementaux non toxiques	Protocoles largement utilisés et décrits en écologie (standardisation possible via l'utilisation de substrats artificiels)	Facilité de mise en œuvre mais multiplication des déplacements sur site	Pas de matériel coûteux et approches peu chronophages (hors déplacements)

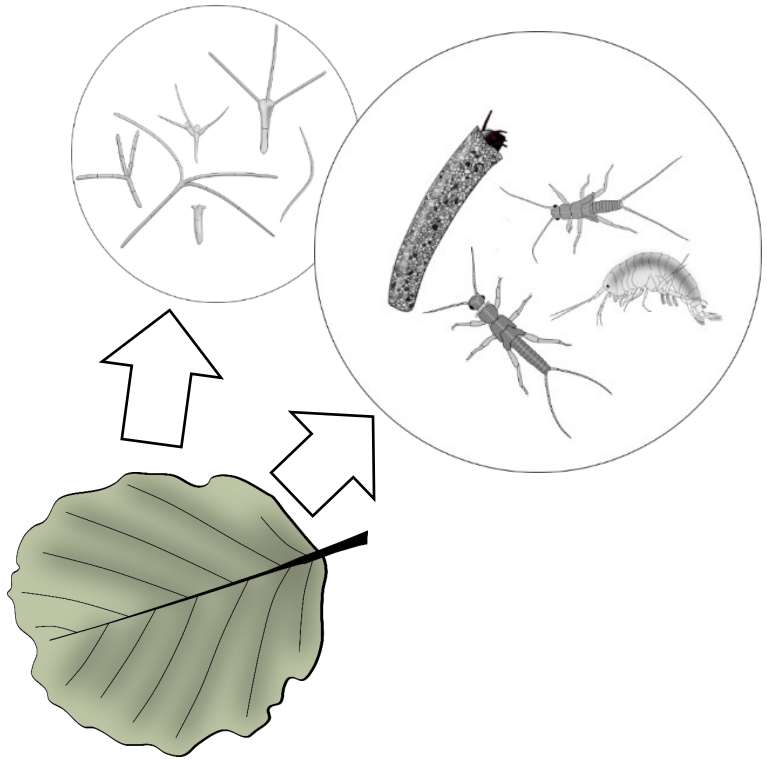
La décomposition des litières végétales
pour le diagnostic fonctionnel des cours d'eau

Jérémy JABIOL

HYFE – Hydrobiologie et Fonctionnement des Ecosystèmes

INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE HYFE HYdrobiologie & Fonctionnement des Écosystèmes

Modèle d'étude: décomposition des litières

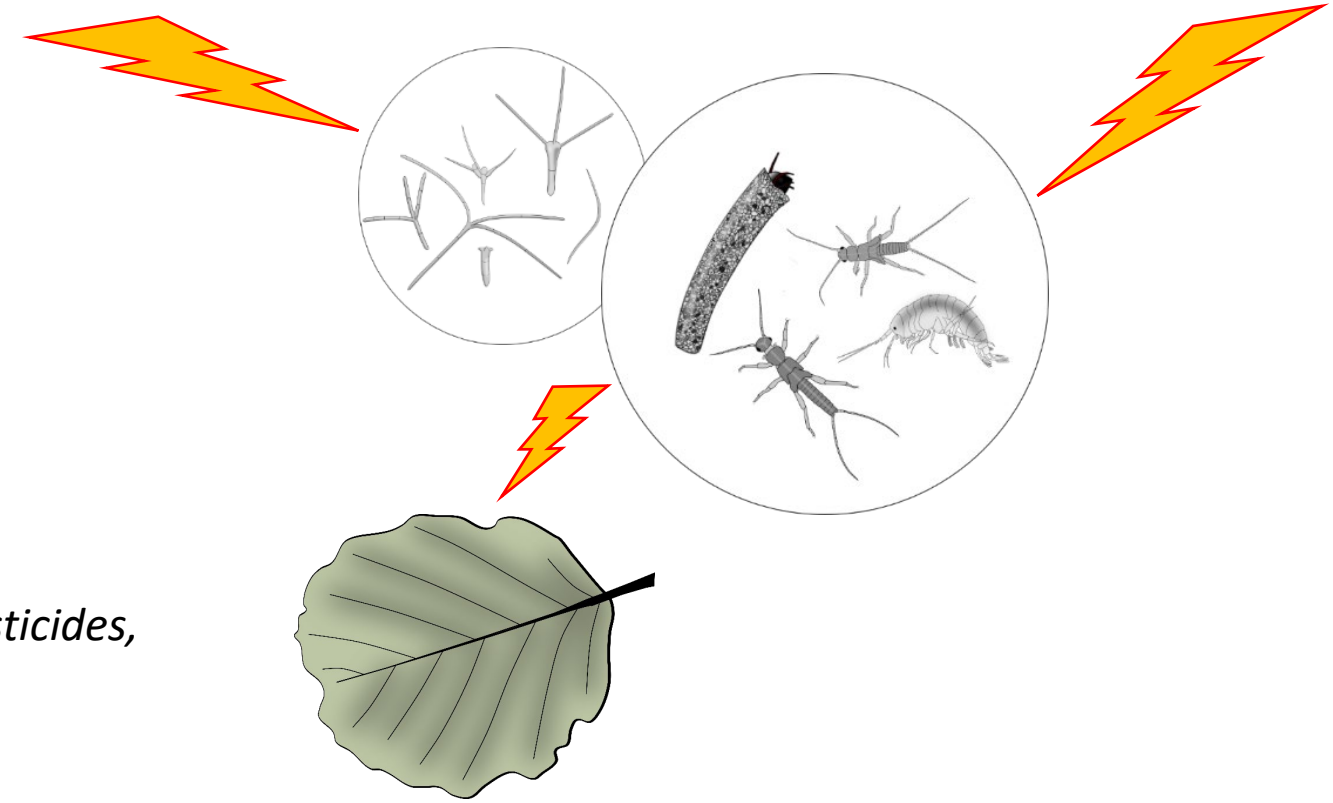


- processus naturel dans tous les milieux aquatiques
- assemblages naturels de micro- et macro-organismes
- reflète le fonctionnement de l'écosystème

Principe général de la méthode

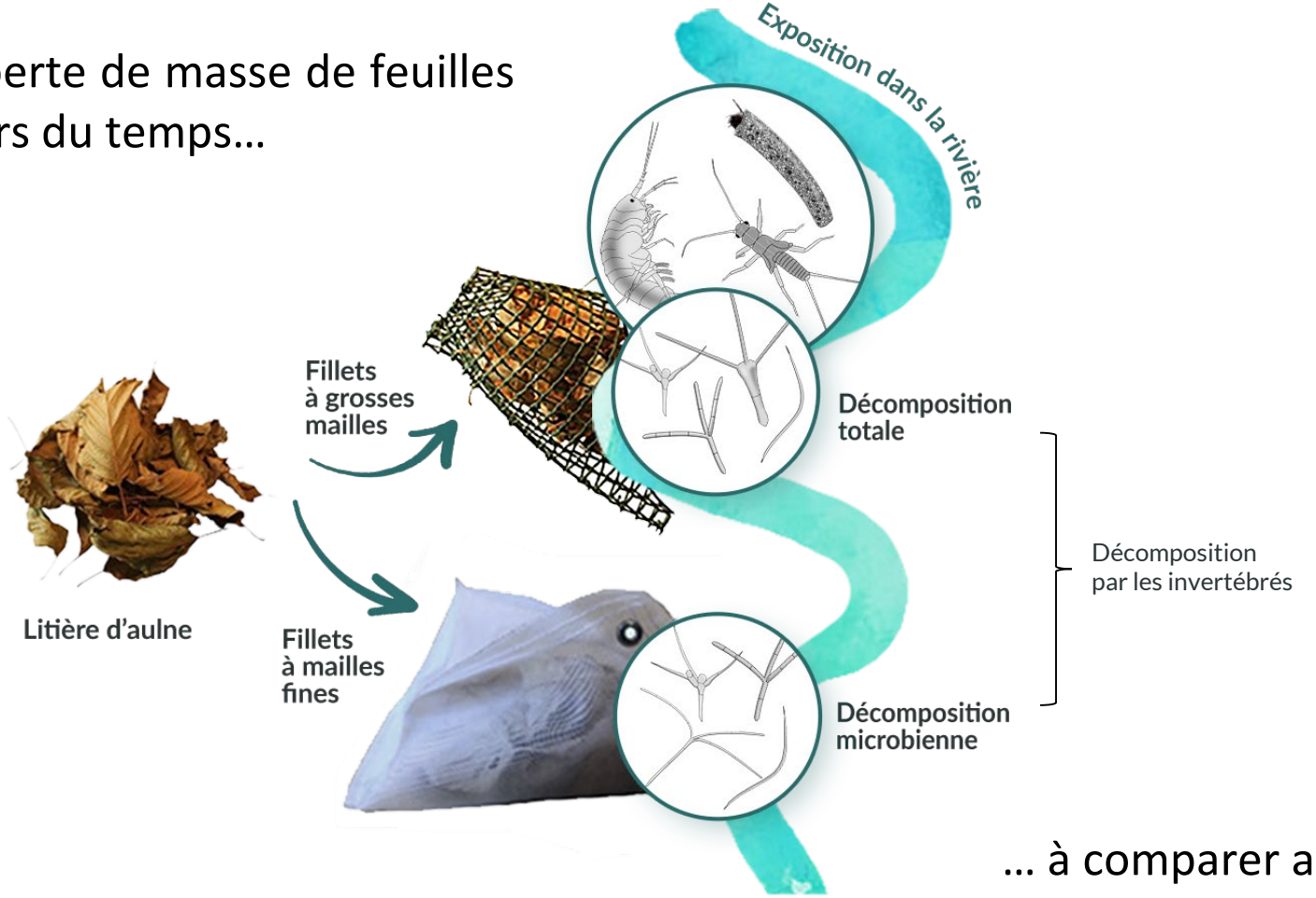
Toute pression qui impacte la densité ou l'activité biologique des invertébrés détritivores et/ou des micro-organismes a une influence sur la vitesse de décomposition

Ex : nutriments, pollution métallique, acidification, pesticides, altérations hydromorphologiques, …..



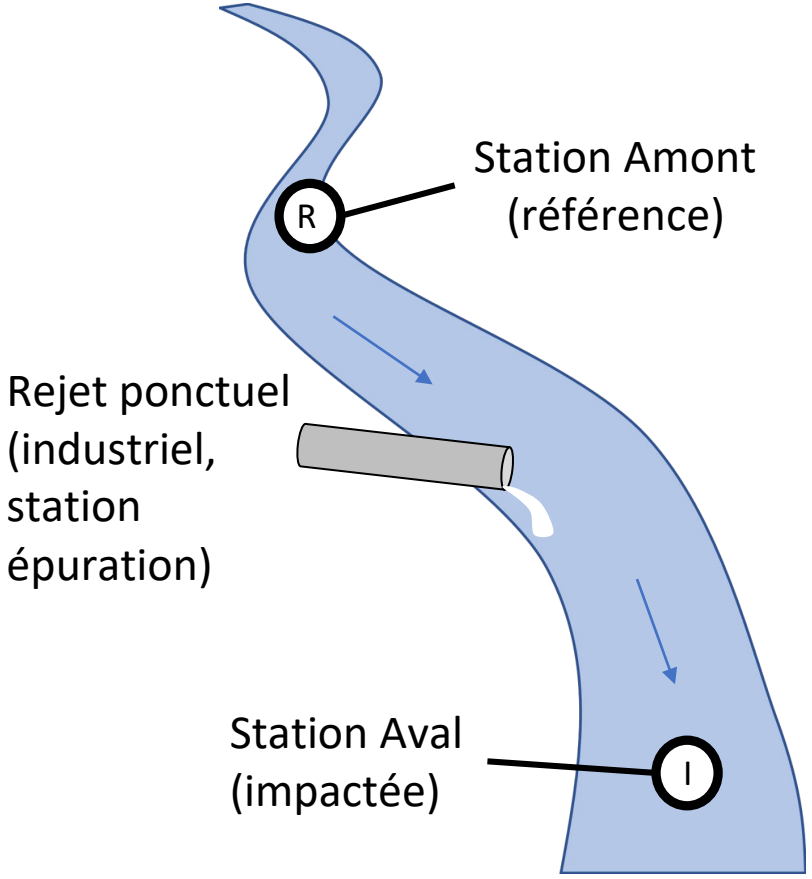
Principe général de la méthode

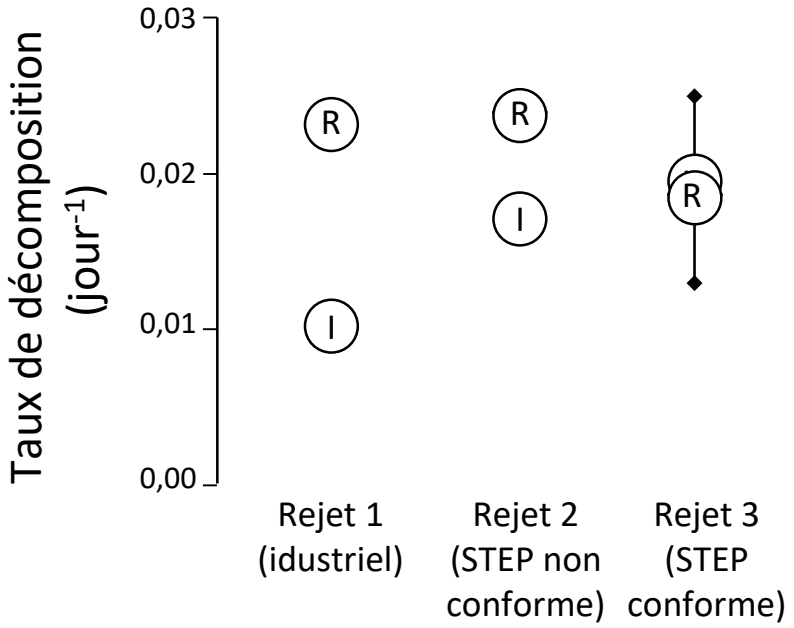
Mesure de la perte de masse de feuilles d'aulne au cours du temps…



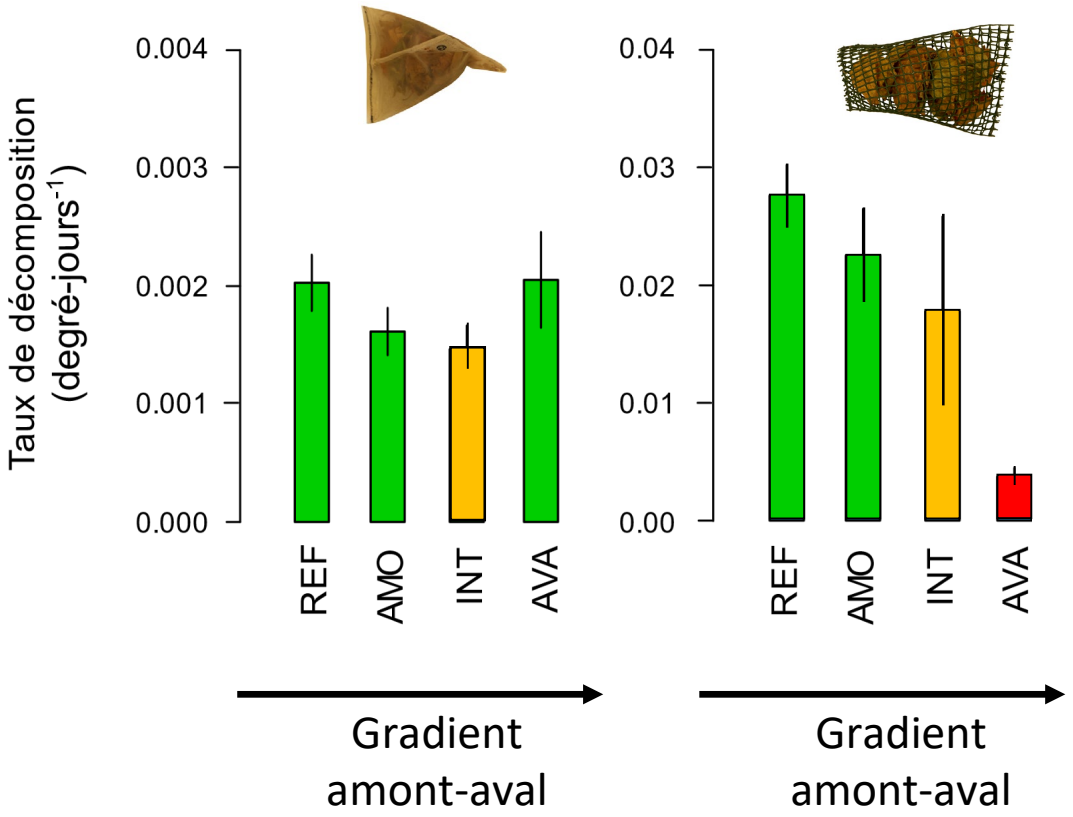
… à comparer avec une situation de référence

Exemples d'applications: 1. Rejets ponctuels





Exemple d'application: 2. Pressions agricoles diffuses



Projet Impact-CE (Gouy et al. 2021), Jabiol et al. (2021)

Intérêts et limites opérationnels

- Méthode simple et peu coûteuse
- « Couteau-suisse » : possibilité de réaliser des analyses complémentaires sur la litière
- Réalisme écologique (communautés autochtones) et échelle de l'écosystème (micro- et macro-organismes)
- Reflète le fonctionnement de l'écosystème

- Protocoles bien établis mais pas de standardisation
- Pas de référentiel d'analyse (comparaison avec un site de référence)
- Pas de diagnostic sur une substance ou une pression en particulier
- Une part de variabilité du processus mériterait d'être mieux contrôlée (litières, saisons, …)

Retours d'expérience suivi d'une ZTHA sur la Veyle.

Intervenant : Thibaud PANDELAKIS, animateur hydraulique et qualité de l'eau

Syndicat Mixte Veyle Vivante – SMVV – (01)

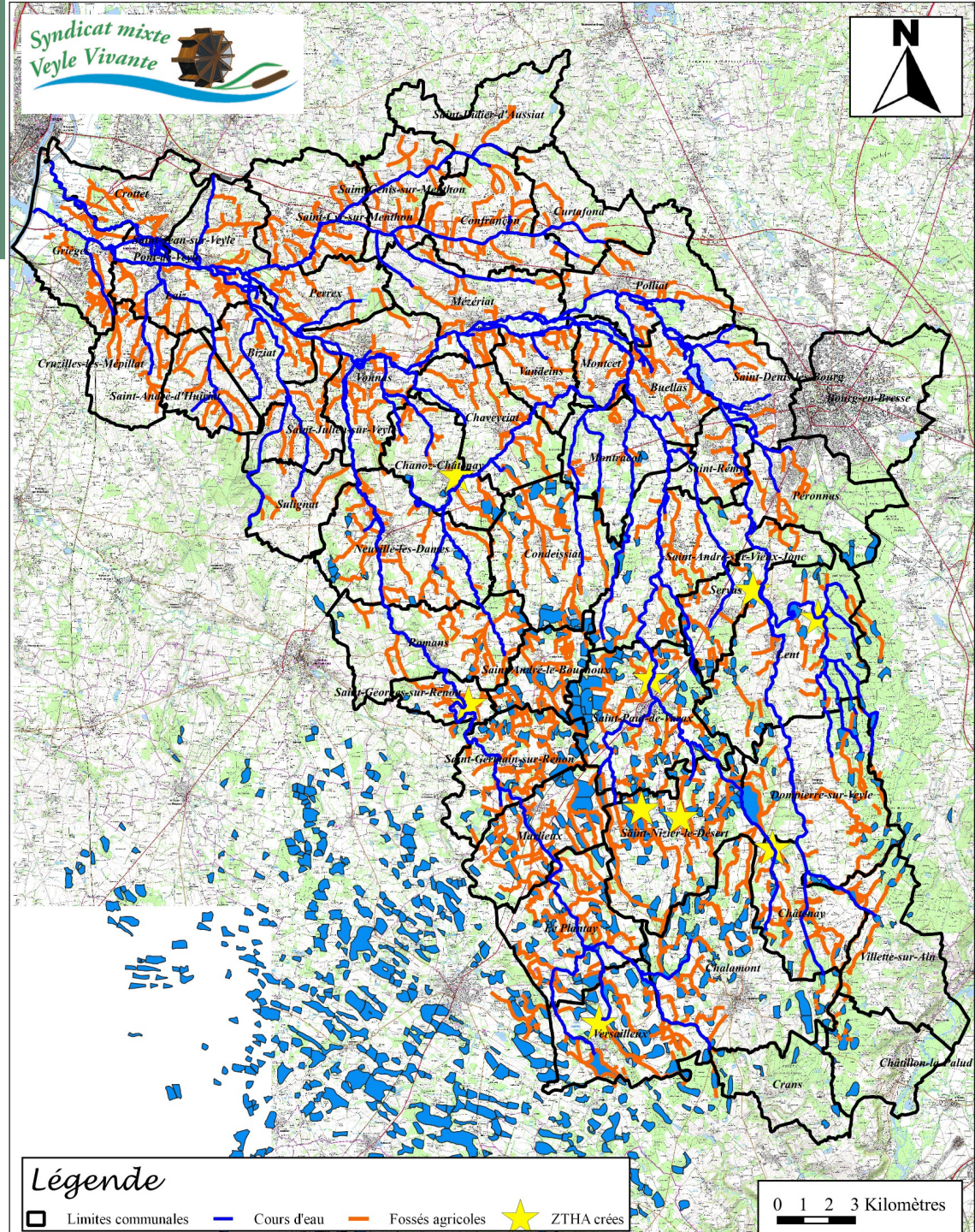
INRAE graie PÔLE EAU & TERRITOIRES ZA Zone Atelier LTSER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

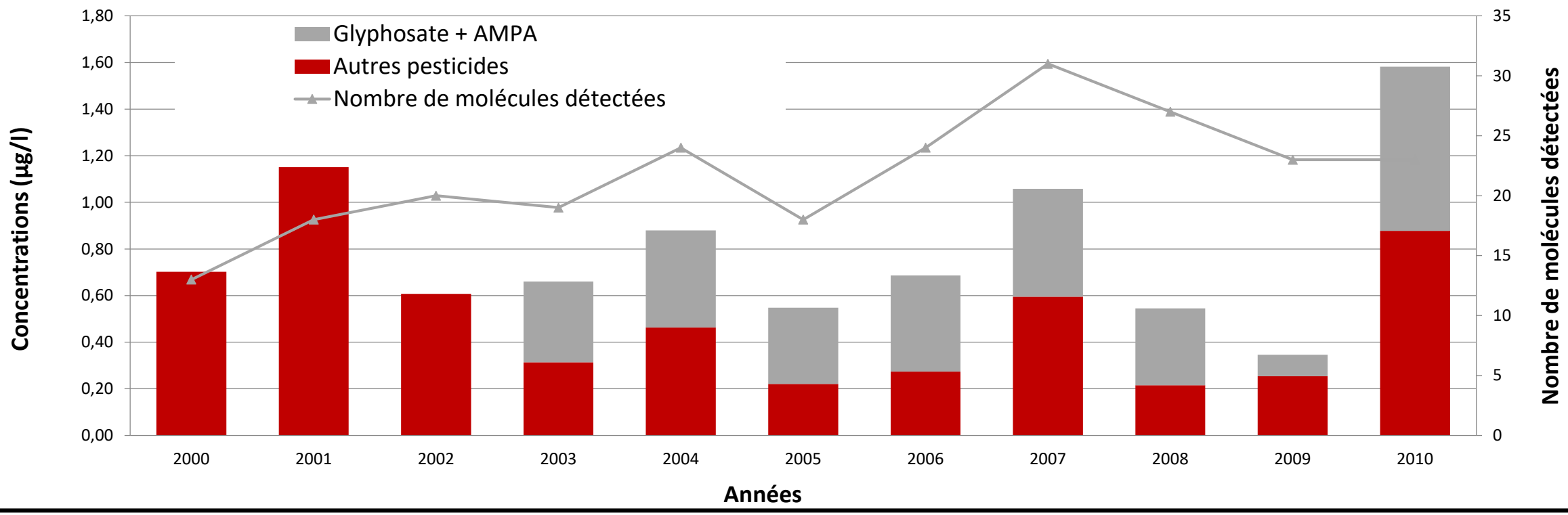
Syndicat mixte Veyle Vivante

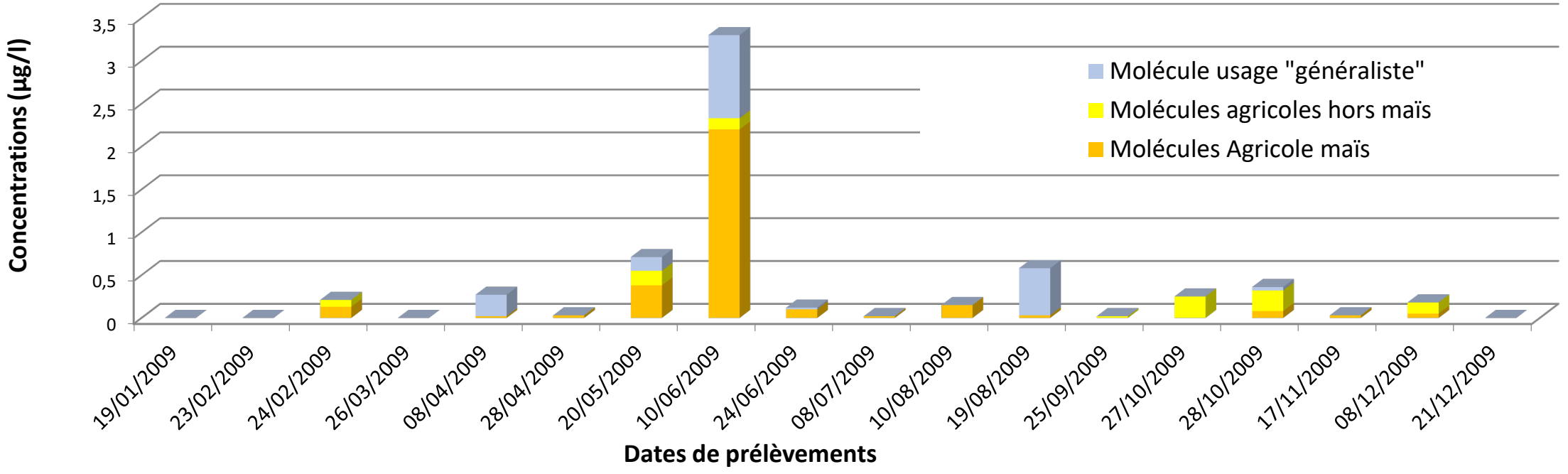
Périmètre d'intervention et travaux du SMVV :

Nature des travaux :

⇒ *Curage des fossés*




Glyphosate + AMPA
Autres pesticides
Nombre de molécules détectées
Concentrations (µg/l)
Nombre de molécules détectées
1,80
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
35
30
25
20
15
10
5
0
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
Années

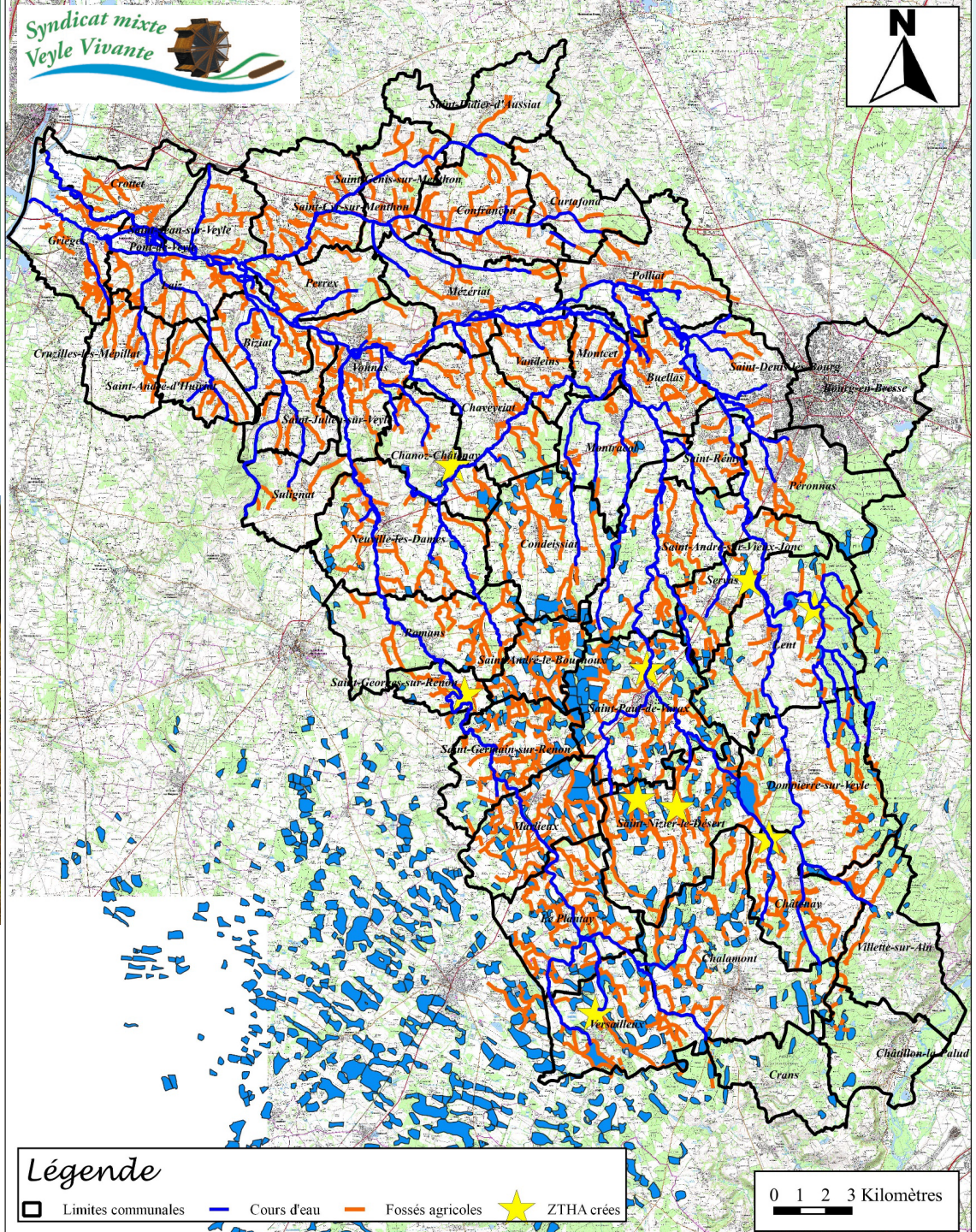

Molécule usage "généraliste"
Molécules agricoles hors maïs
Molécules Agricole maïs
Concentrations (µg/l)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
19/01/2009
23/02/2009
24/02/2009
26/03/2009
08/04/2009
28/04/2009
20/05/2009
10/06/2009
24/06/2009
08/07/2009
10/08/2009
19/08/2009
25/09/2009
27/10/2009
28/10/2009
17/11/2009
08/12/2009
21/12/2009
Dates de prélèvements

Périmètre d'intervention et travaux du SMVV :

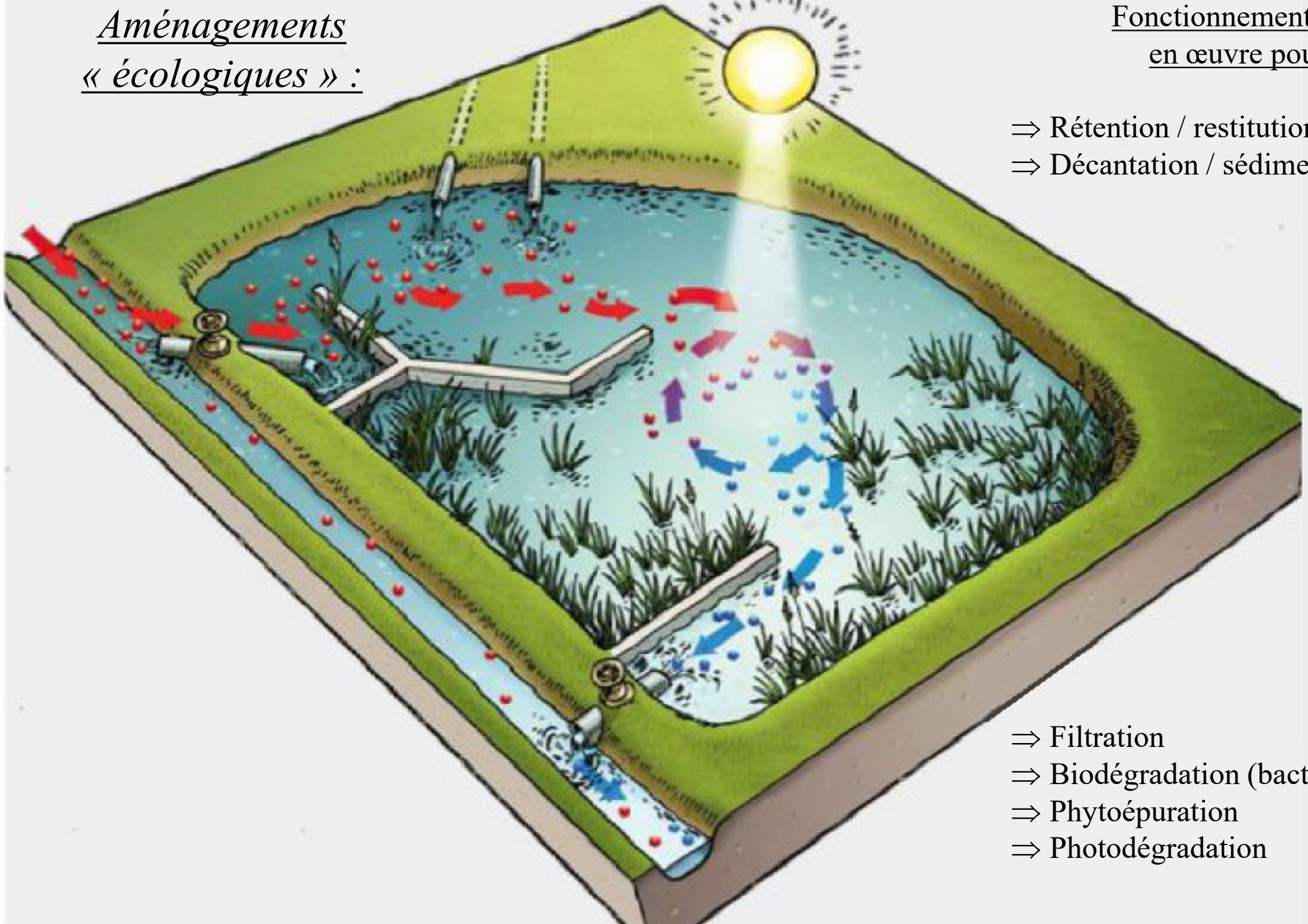
Nature des travaux :

⇒ *Curage des fossés*

⇒ *Zones « écologiques type* ZTHA »



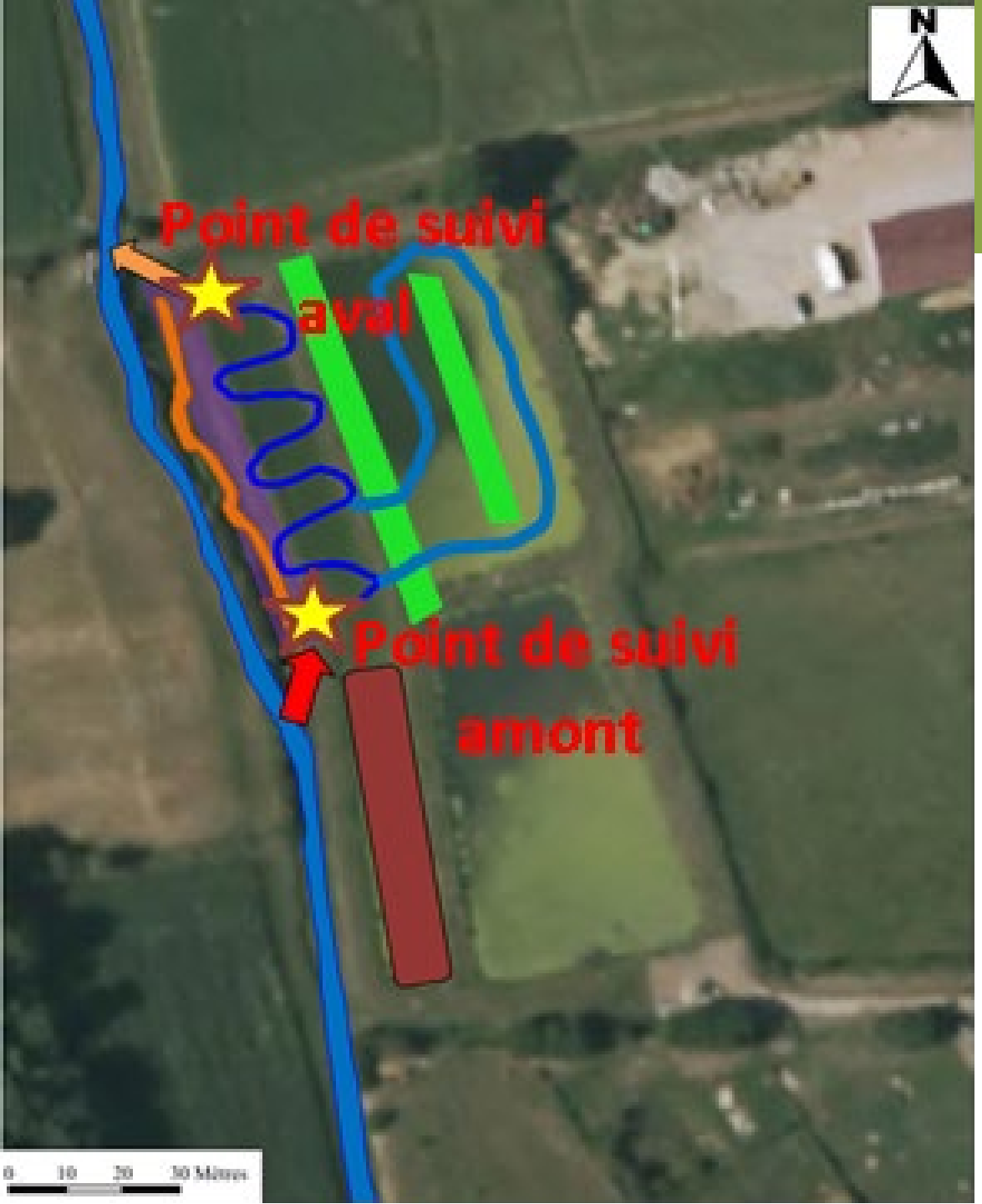
Aménagements « écologiques » :



Fonctionnement et processus mis en œuvre pour une ZTHA :

⇒ Rétention / restitution
⇒ Décantation / sédimentation

⇒ Filtration
⇒ Biodégradation (bactéries)
⇒ Phytoépuration
⇒ Photodégradation



Présentation de la ZTHA et objectifs du suivi :

Présentation brève de la ZTHA :

$\Rightarrow$ 3 500 m^2 pour environ $\approx$ 100 ha de BV

Présentation de la ZTHA et objectifs du suivi :

Présentation de la ZTHA et objectifs du suivi :

Objectifs du suivi :

⇒ Déterminer l'efficacité épuratoire d'une ZTHA
⇒ Méthode et protocole « simple » à mettre en œuvre
⇒ Cibler les produits phytosanitaires / les MES
⇒ Pas de problèmes de Nitrates / Phosphates sur notre BV
⇒ Constater une amélioration de la qualité de l'eau ?
Produire de la « Donnée » / publications scientifiques (INRAE)

1er type de suivi et résultats 2016 :

⇒ Semi-ponctuel par échantillonnage automatique (préleveur / débit)
⇒ Location / suivi sur 3 mois (entre avril et juillet)
⇒ 4 échantillons multi-résidus (2 x 2 Amont/Aval)

Résultats suivi 2016 :

⇒ Très majoritairement glyphosate et AMPA
⇒ Une demi-douzaine de molécules fongicides

⇒ Accumulation de la quasi-totalité des molécules dans le fond de la zone en aval

	Débit moyen	Amont zone	Aval zone
05/07/2016	2,8 L/s	1,04 µg/L	2,42 µg/L
13/07/2016	1,4 L/s	1,68 µg/L	3,29 µg/L

⇒ Dispositif très complexe à programmer et à mettre en place sur un terrain « naturel »
⇒ Conditions météorologiques du printemps et début été 2016 rendent la campagne de suivi difficilement interprétable

2ème type de suivi en 2017:

⇒ Protocole expérimental INRAE échantillonnages passifs [disques polymère (POCIS) / Tiges Silicone Polaire (TSP)]

⇒ Fonctionnement hydrologique des zones (capteurs de hauteur)

Polar Organic Chemical Integrative Sampler : POCIS

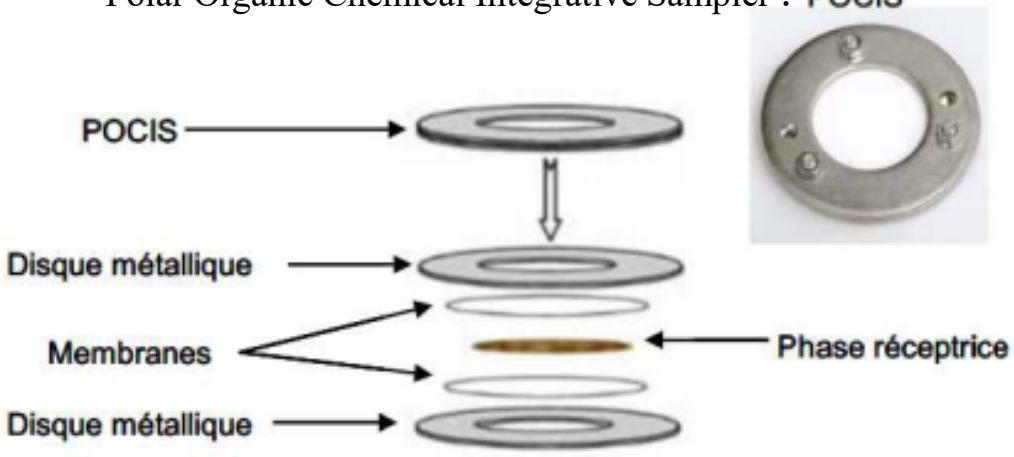
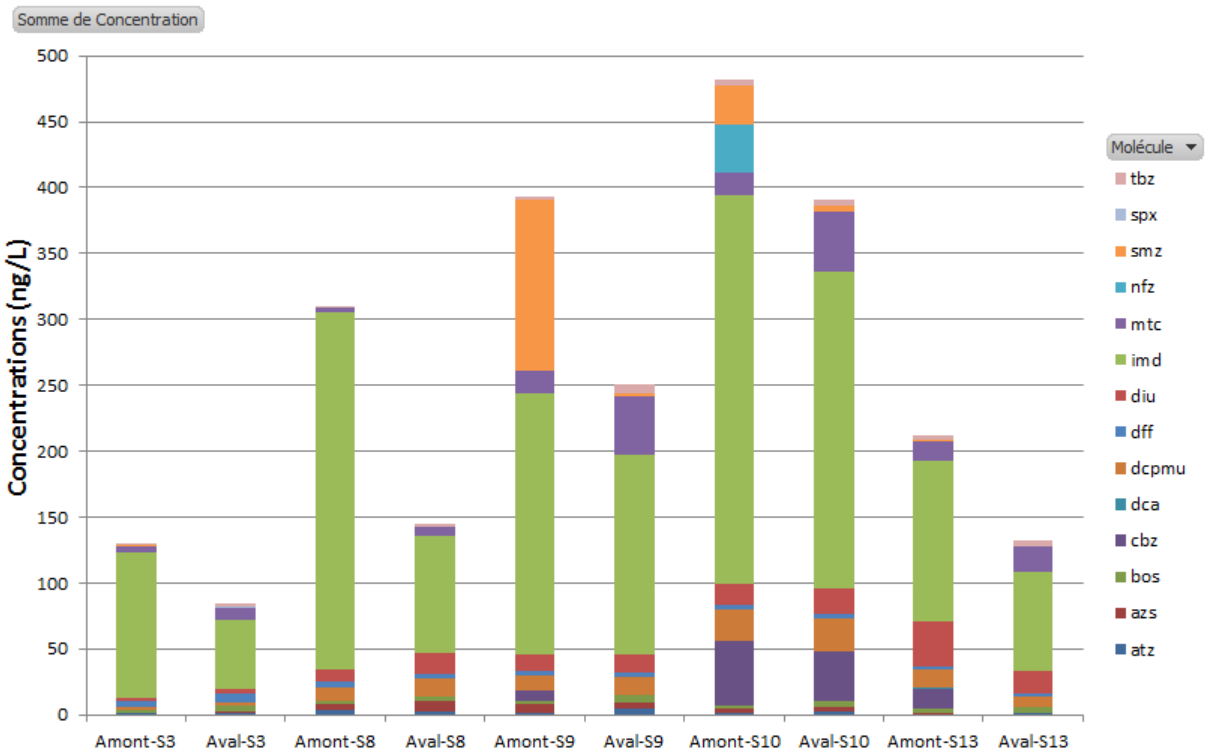


Photo et conception d'un POCIS (Mazzella *et al.*, 2011)

Concentrations phytosanitaires par semaine d'exposition :

14 molécules quantifiées sur 25 recherchées par INRAE / analyses ciblées (screening Labo de la Drôme)

⇒ Concentrations max = Semaine 10
⇒ Concentrations min = Semaine 3



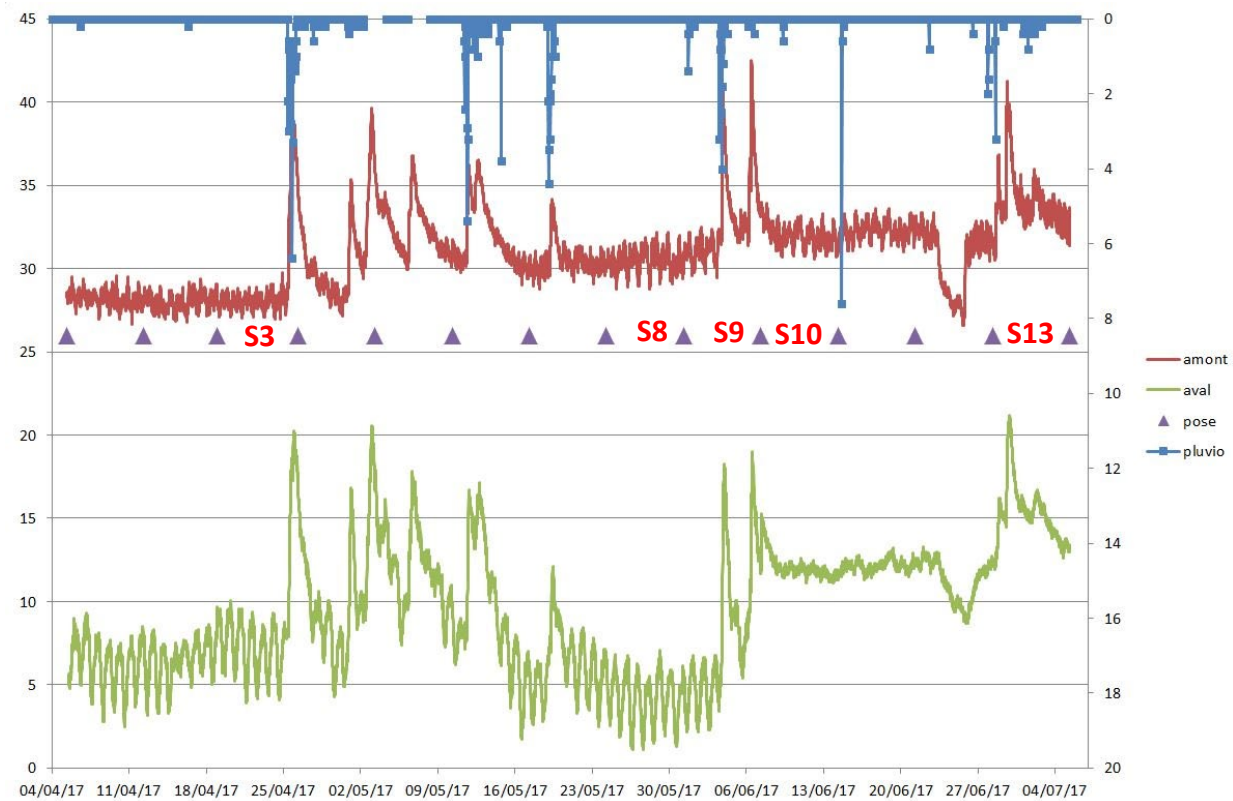
Concentrations en substances phytosanitaires moyennées

Suivi hydrométrique d'exposition :

⇒ Profils hydrologiques similaires entre amont et aval

⇒ Choix des échantillons analysés :

- 1er critère : une période de stabilité hydrologique
- 2ème critère : des périodes d'épisode pluvieux marqué et suffisamment bien délimité pour faciliter la comparaison



Résultats : trois groupes de comportement :

2 méthodes d'analyse :

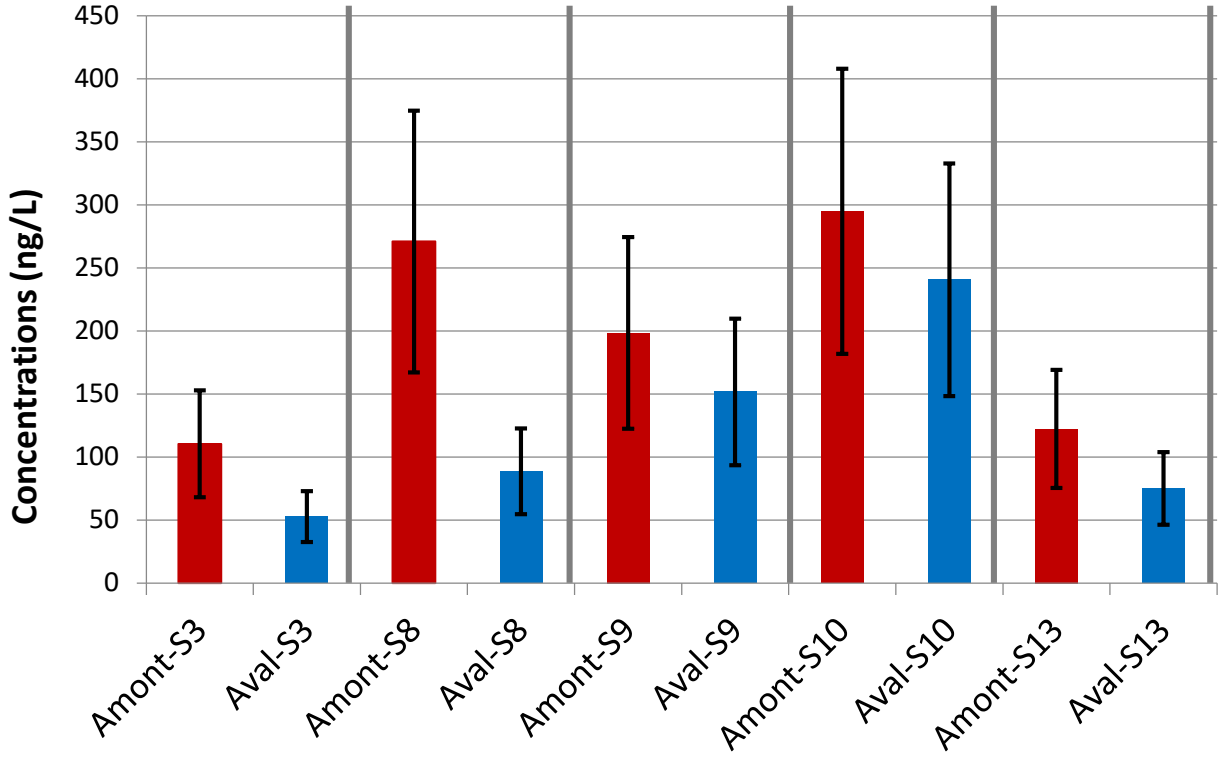
⇒ Par dilution (présence dans l'eau)

⇒ Par « désolvation » (molécules absorbées dans / sur un support)

Groupe 1 : Atténuation des concentrations entre amont et aval

⇒ molécules qui montrent les plus fortes concentrations maximales en amont au cours du suivi (analyses de 5 semaines sur 12)

⇒ Imidaclopride (I), Carbendazime (F) et Simazine (D).



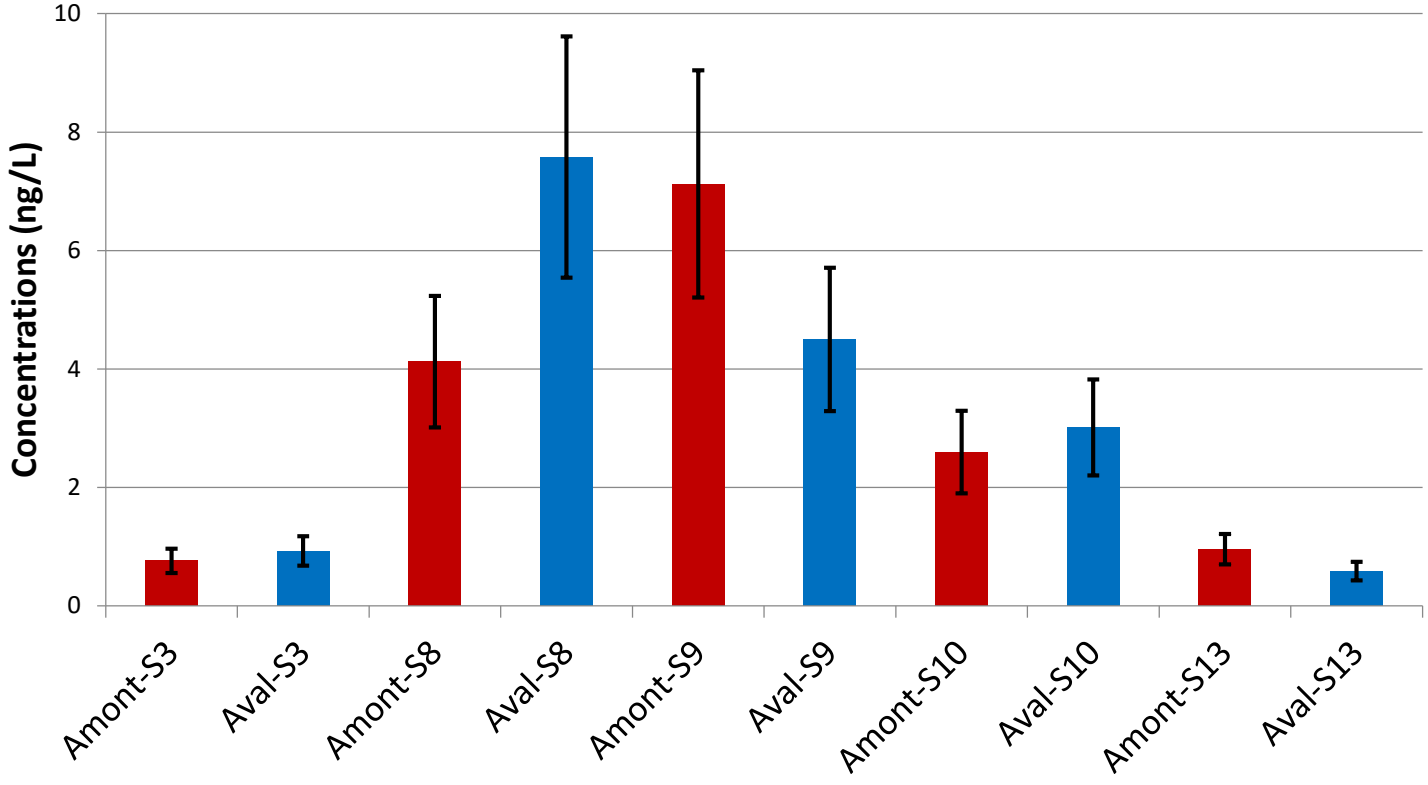
Exemple de l'imidaclopride

Résultats : trois groupes de comportement

Groupe 2 : Pas de différence significative des concentrations entre amont et aval

⇒ molécules qui montrent les plus faibles concentrations en amont et en aval au cours du suivi

⇒ Atrazine (D), Azoxystrobine (F), Diflufenicanil (D) et Diuron (D).



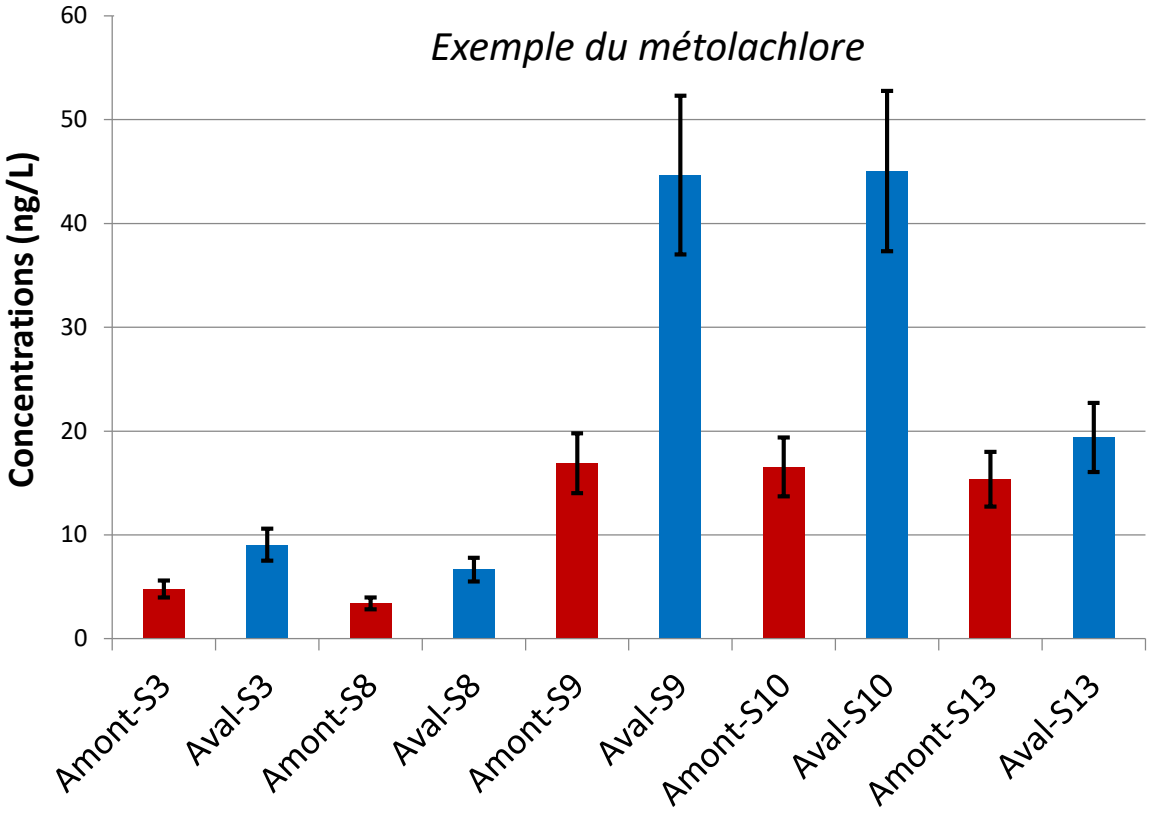
Exemple de l'Azoxystrobine

Résultats : trois groupes de comportement

Groupe 3 : Augmentation des concentrations entre amont et aval

⇒ molécules qui montrent des concentrations relativement faibles en amont

⇒ Boscalide (F), Tébuconazole (F) et Métolachlore (D).



Hypothèse (non vérifiée) :

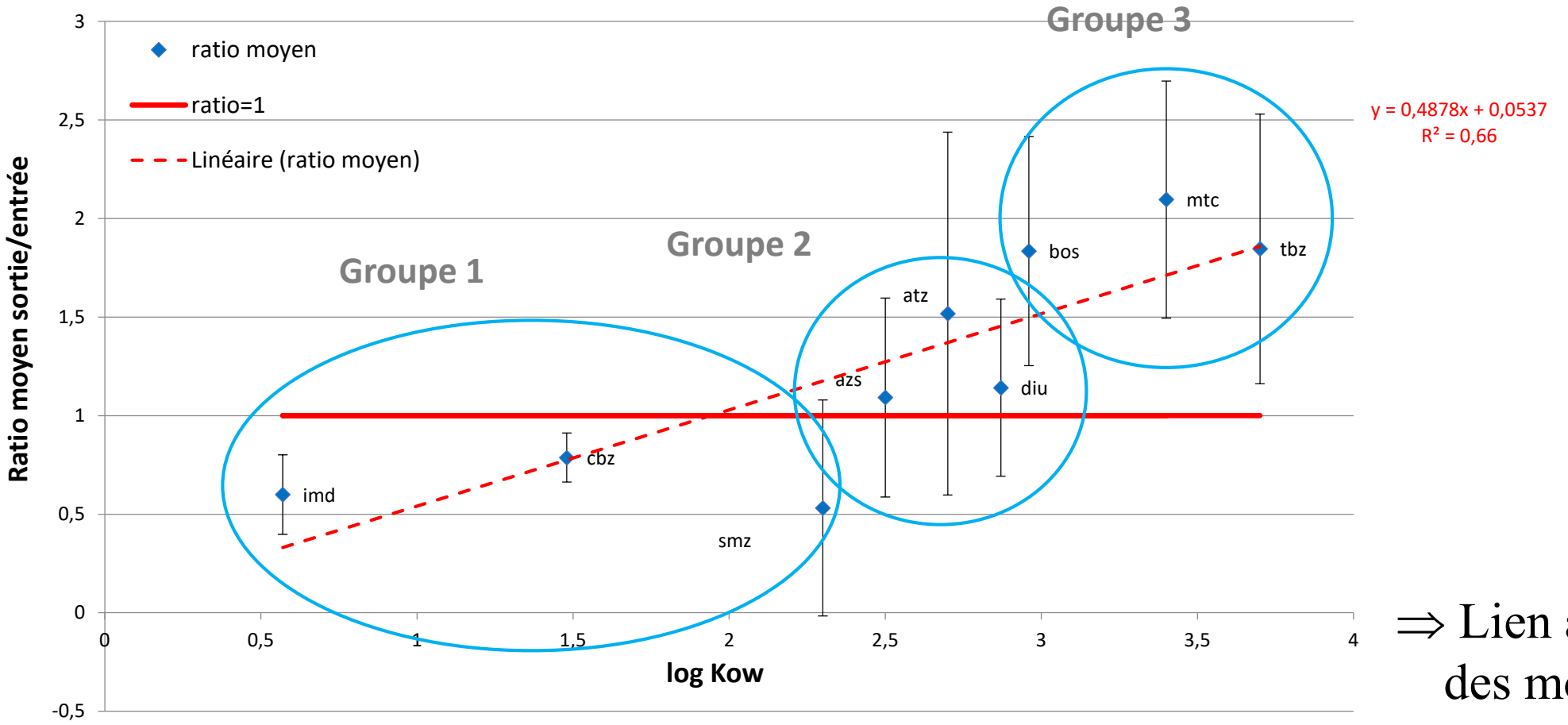
Relargage possible de ces molécules depuis les végétaux ou sédiments présents dans la ZTHA où elles ont pu se fixer au cours d'épisodes antérieurs

Du fait que :

⇒ Ces molécules présentent une plus forte capacité d'adsorption (capacité à se fixer sur une surface solide)

⇒ Les épisodes observés sont peu chargés en amont pour ces molécules (désorption possible)

Analyse des résultats : trois groupes de comportement suggérés



⇒ Lien avec les propriétés des molécules ?

Kow : traduit l'hydrophobicité des molécules

Comparatif résultats analyses TSP INRAE & LDA 26 semaine 9 :

⇒ 470 molécules ont été recherchées, 11 quantifiées dont 6 déjà retrouvées dans les analyses ciblées INRAE (en rouge dans le tableau 1)

⇒ Pour les substances quantifiées par les deux laboratoires, les quantités (exprimées dans le tableau en ng / TSP) sont en générales équivalentes (tableau 2)

Tableau 1	Amont S9	Aval S9
Acide niflumique	1	<LQ
Atrazine	0,2	0,4
Azoxystrobine	0,6	0,6
Carbamazépine	0,8	0,4
DCPMU	0,4	0,6
Diclofénac	0,6	<LQ
Diuron	1,4	1,2
Métolachlore	3	14,8
Oxazépam	0,8	0,8
Propiconazole	0,6	1,2
Tébuconazole	0,6	1,2

Tableau 2		LDA (ng/TSP)	IRSTEA (ng/TSP)
Amont S9	Atrazine	0,20	0,14
	Azoxystrobine	0,60	1,31
	DCPMU	0,40	0,45
	Diuron	1,40	1,11
	Métolachlore	3,00	5,69
	Tébuconazole	0,60	0,59
Aval S9	Atrazine	0,40	0,43
	Azoxystrobine	0,60	0,82
	DCPMU	0,60	0,54
	Diuron	1,20	1,19
	Métolachlore	14,80	15,04
	Tébuconazole	1,20	1,52

Budgets et bilan :

Budgets pour le suivi en €		
Postes de dépenses	**Coûts (HT)**	**Année**
Location 2 préleveurs automatiques 2 x 2 (Amont / Aval) Analyses (multi-résidus) Savoie Labo	Location : 4 600 Analyses : 1 961 } 6 561	2016
Convention Suivis INRAE + LDA 26	9 000	2017
Convention Suivis INRAE + LDA 26	10 500	2018

⇒ TSP répondent très bien aux objectifs de suivi dans le cadre des travaux sur les petits fossés / intermittence d'eau (ZTHA ou PSE)
⇒ Tarage effectué sur une 20^{ne} de molécules ou groupe de molécules utilisées en milieux agricoles (jusqu'aux concentrations)
⇒ Encadrement et publications reconnus dans le domaine scientifique (suivi INRAE)
⇒ TSP « facile » à stockées & mettre en place, permettant de ne pas « passer » à côté d'un pic de pollution en terme de quantité de molécules (outil intégratif / 15 jours d'exposition)

⇒ Manque : Glyphosate / AMPA / recherche « que » de 25 groupes ou molécules sur plus de 450 analysées en multi-résidus (avec concentration en µg/L de chaque molécule)

Retour d'expérience

Alice PATISSIER

Syndicat Mixte des Rivières du Beaujolais (SMRB)

Le territoire du SMRB

50 communes du Rhône

115 000 habitants

12 bassins versants, de 20 à 150 km²

550 km²

500 km de cours d'eau

Sols sableux sur arènes ou socle granitique

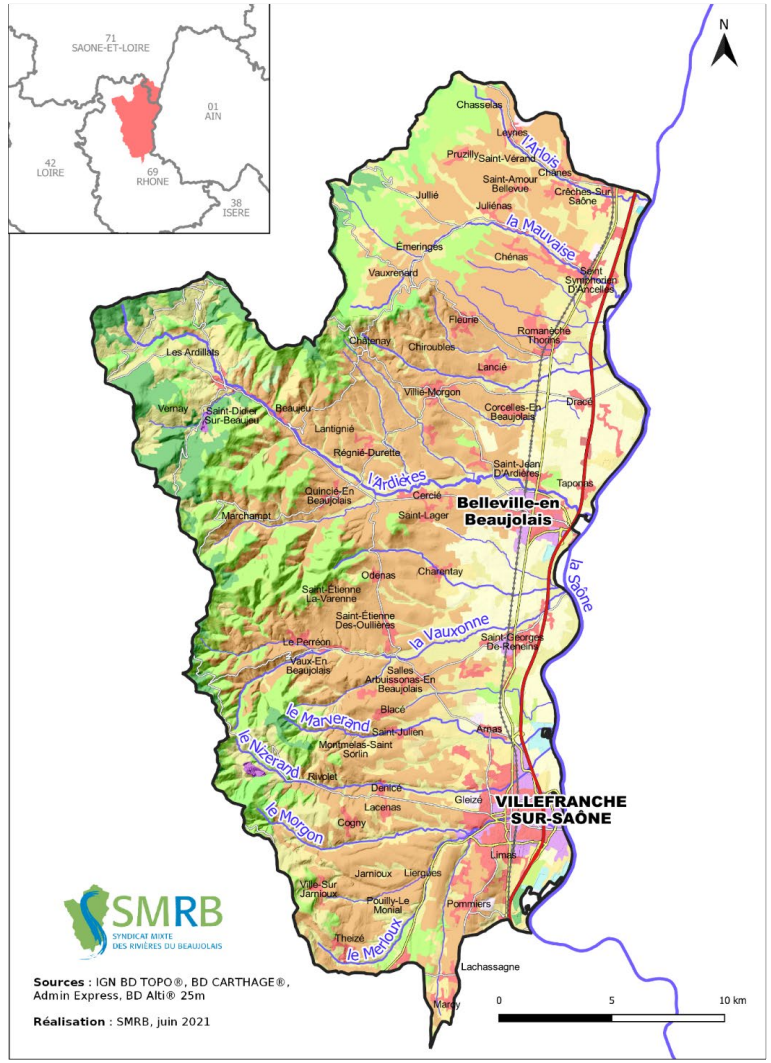
Territoire recouvert par 40 % de vignobles

Fortes pentes

Amont de bassin versant (prairies/forêt)

Partie médiane - Beaujolais viticole

Val de Saône (prairies/grandes cultures)



Le bassin versant de l'Ardières

Le bassin versant de l'Ardières

Aire d'Alimentation du Captage de Belleville-en-Beaujolais

Captage prioritaire Grenelle

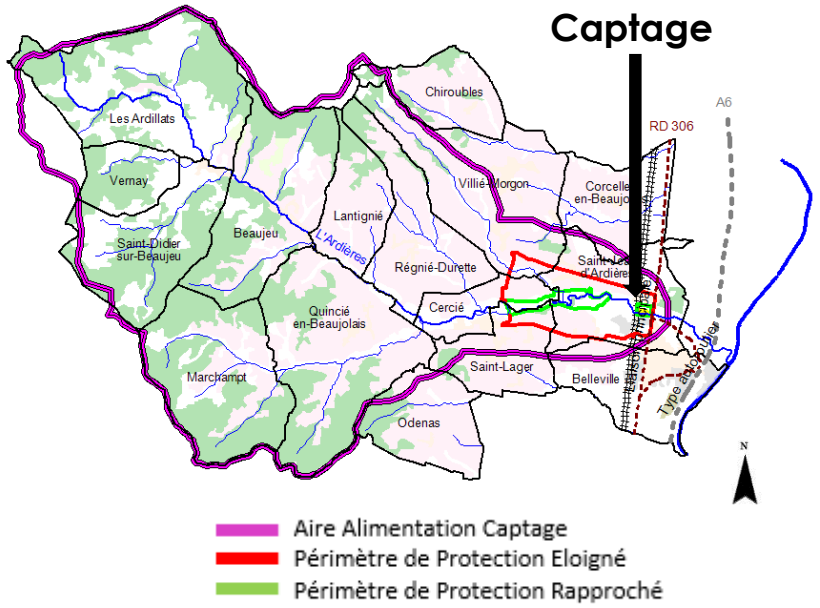
Enjeu « pesticide »

2,6 dichlorobenzamide, Simazine

Métabolites : Atrazine, Terbuthylazine

Les principaux objectifs

- **Limiter les transferts de pesticides**
  - Pour une meilleure qualité des rivières
  - Pour la protection du captage d'eau potable
- **Réduire le ruissellement**
  - Plus d'infiltration dans les sols
  - Ralentissement du pic de crue
- **Réduire l'érosion des sols**
  - Moins de perte agronomique
  - Moins d'ensablement de cours d'eau



Suivi qualité de l'eau :

- Suivi pesticide DCE réalisé par l'AERMC en sortie du BV de l'Ardières (point RCO)
- Analyse de l'eau brute captée réalisée par l'AERMC (point RCS)

Animation agricole

Accompagnements des exploitants dans leurs pratiques culturales : *« - d'intrants + de biodiversité »*

Paiements pour Services Environnements (PSE) - Saône-Beaujolais

Rémunération des agriculteurs pour les services environnementaux rendus grâce :

- ✓ à la mise en place de structures paysagères (haies, ripisylves, zones humides, mares, bandes enherbés…)
- ✓ à la gestion des systèmes de production agricole : Systèmes de Production Economes en Intrants (SPEI)

PSE Saône-Beaujolais

(2021-2026)

→ Besoin d'indicateurs de suivi de la qualité de l'eau

↓

Suivis cités précédemment + Mise en place d'une biosurveillance (gammares)

↓

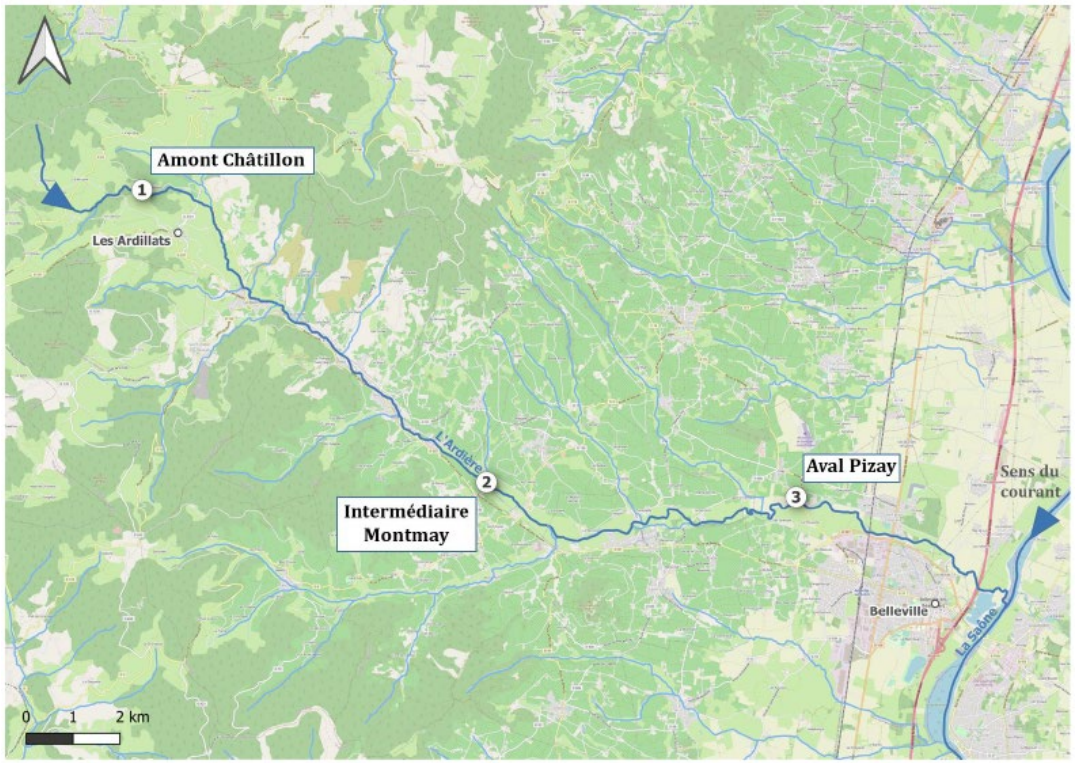
- **Outil intégratif dans le temps** : permet d'évaluer l'impact sur plusieurs jours
- Outil pour évaluer les impacts des micropolluants **sur le « vivant »**

Mise en pratique

Encagement de gammares, crevettes d'eau douce

Zone d'étude :

- 3 stations de mesure sur l'Ardières
- 3 périodes d'exposition de 7 jours (avril, mai et juin)
- 3 années de mesure (2022, 2024, 2026)



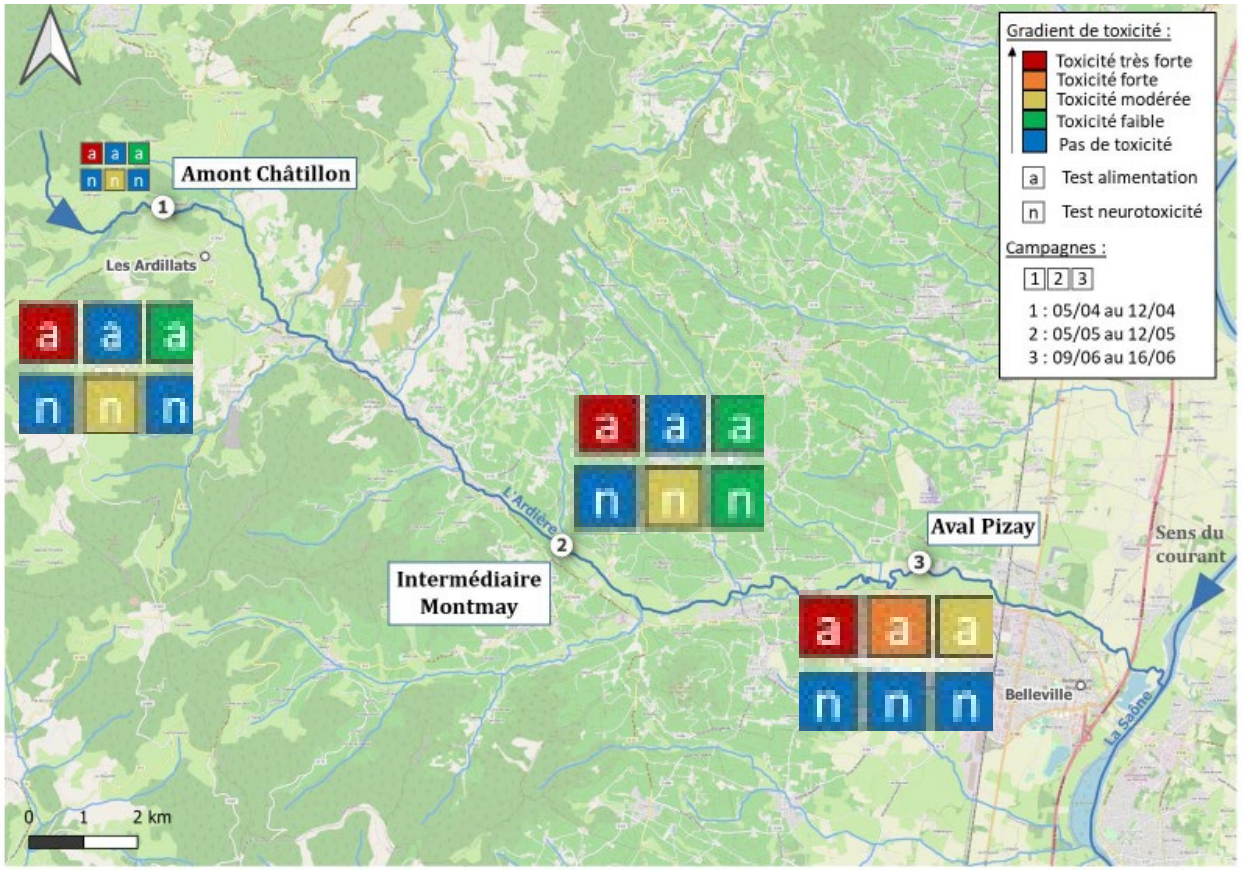
Tests réalisés :

- Mesure du taux d'alimentation => Evaluation d'une altération toxique (pesticides, métaux lourds, médicaments)

- Mesure de l'inhibition de l'activité de l'enzyme acetylcholine-esterase (AChE) => Evaluation d'un impact neurotoxique (insecticides organophosphorés ou carbamates)

Etude menée par BIOMAE

Synthèse des résultats



Mesures d'alimentation ('a')

- L'impact toxique est plus marqué lors de la **campagne d'avril** que lors des campagnes de mai et juin.

- Lors des campagnes de mai et juin, l'impact toxique est plus marqué **en aval de l'Ardières** en station 3, que sur les stations en amont de l'Ardières 1 et 2.

Mesures AChE ('n')

- **Les stations en amont de l'Ardières 1 et 2 sont davantage exposées aux insecticides** de la famille des carbamates et organophosphorés que la station 3.

- **La campagne de mai présente les impacts neurotoxiques les plus marqués** des trois campagnes réalisées en 2022.

Retours d'un gestionnaire

Limites

- Rivières du Beaujolais très réactives
- Outil soumis à de fortes variations (pluie, dilution, lessivage des sols etc.)
- Il serait intéressant d'avoir des tests qui réagissent aussi aux fongicides et herbicides (comme pour le test Ache)
- Besoin de discriminer un micropolluant par rapport à un autre
- Besoin d'être épaulé sur ces outils en tant que gestionnaire car outils très techniques

Intérêts

- Mesure de l'impact de micropolluants sur des organismes vivants
- Suivi intégratif, prise de mesure sur la durée, non ponctuel
- Outil pédagogique, peut aider pour la communication élus / grand public
- Complémentaire à d'autres méthodes chimiques de suivi de la qualité
- Pertinence de poursuivre sur le long terme ces 3 stations pour mettre en évidence des tendances d'évolution de la toxicité de nos rivières vis-à-vis du monde du vivant
- 3 sites : permet de mettre en exergue un gradient spatial (amont-aval) => peut aboutir à cibler des sous BV prioritaires à l'avenir
- Accompagnement INRAE et BIOMAE