

DES AVANCÉES SCIENTIFIQUES SUR LES CONTAMINANTS CHIMIQUES :

origines, transferts et impacts dans les milieux aquatiques

LUNDI 12
DÉCEMBRE
2022

9H30 > 17H00

LYON
L'EMBARCADÈRE

SAUVONS !
L'EAU !

Des outils biologiques pour caractériser la dynamique de la pression chimique toxique dans les cours d'eau : biotests *in situ* et modélisation pression-impact (projets INDICE & MULTIPRESSION)

- **Arnaud Chaumot, Rémi Recoura-Massaquant, Adeline François, Olivier Geffard**
INRAE, UR RiverLy, Laboratoire d'écotoxicologie
- Contributeurs:

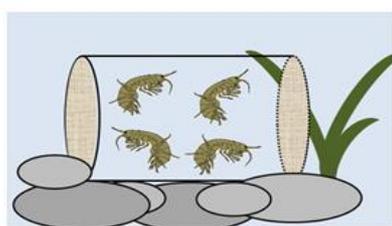
N Delorme, L Garnero, H Quéau : **inrae riverly ecotox**

N Sarkis, L Valette, J Piffady, Y Souchon, B Villeneuve : **inrae riverly ecoflows**

JM Choubert : **inrae reversaal** ; H Budzinski : **cnrs lptc**

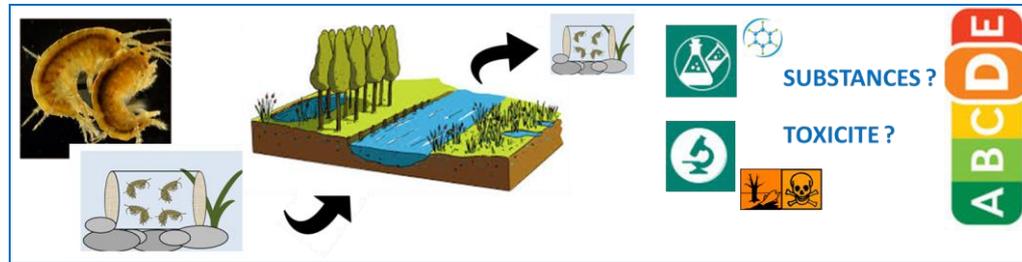
➤ Plan de cette présentation

- Gammare encagé: indicateurs biologiques de la qualité chimique toxique des cours d'eau
- Projet INDICE: pertinence des indicateurs pour la qualification de la pression chimique en surveillance
- Projet MULTIPRESSION: déterminismes de l'exposition des organismes au sein des cours d'eau
 - une approche de modélisation pression-impact à large échelle
 - une étude expérimentale de l'influence de l'hydromorphologie
- Perspectives de co-construction:
 - vers des outils plus spécifiques pour l'identification des pressions sur le vivant (signatures)
 - caractère prédictif vis-à-vis de l'état des communautés biologiques des cours d'eau



➤ Gammare engagé: principe, méthodes et quels indicateurs par caractériser la pression chimique

- Biomonitoring actif chez *Gammarus fossarum*



APPROCHE CIBLÉE SUBSTANCES

Mesure de la contamination chimique biodisponible

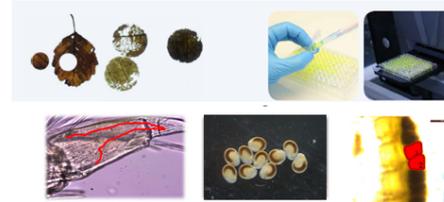


Dosage de micropolluants organiques et métalliques
→ Bioaccumulation sur 7 ou 21 jours

METAUX HAP PCB OrgCHI ...

APPROCHE NON CIBLÉE

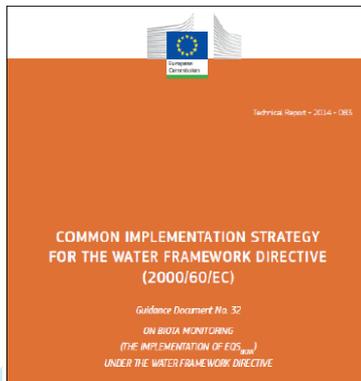
Mesure des effets toxiques des micropolluants



Analyse des marqueurs après N jours d'exposition

- Taux d'alimentation → 7 jours
- Reprotoxicité, PE → 14 à 21 jours
- Neurotoxicité → 7 jours

afnor
NORMALISATION



Rabut et al. *Environ Sci Eur* (2020) 32:131
<https://doi.org/10.1186/s12302-020-00416-4>

Environmental Sciences Europe

RESEARCH

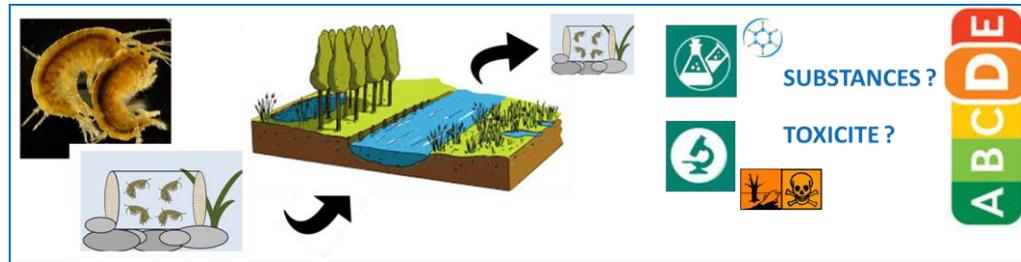
Open Access



Monitoring priority substances in biota under the Water Framework Directive: how effective is a tiered approach based on caged invertebrates? A proof-of-concept study targeting PFOS in French rivers

➤ Gammare engagé: principe, méthodes et quels indicateurs par caractériser la pression chimique

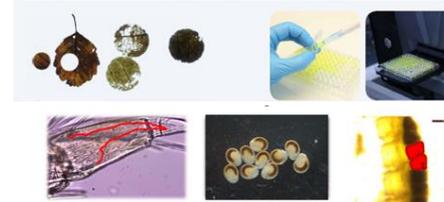
- Biomonitoring actif chez *Gammarus fossarum*



afnor
NORMALISATION

APPROCHE NON CIBLÉE

Mesure des effets toxiques des micropolluants



Analyse des marqueurs après N jours d'exposition

- Taux d'alimentation → 7 jours
- Reprotoxicité, PE → 14 à 21 jours
 - Neurotoxicité → 7 jours

→ Indicateurs *in situ* rendant compte **spécifiquement** et de façon **intégrative** de l'effet des cocktails de **contaminants**

Aquatic Toxicology 93 (2009) 225–233
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*

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,*}

Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 00, Number 00—pp. 1–14, 2020
Received: 26 July 2019 | Revised: 30 September 2019 | Accepted: 24 December 2019

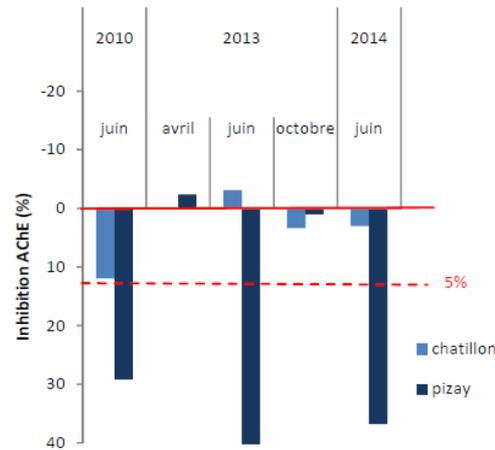
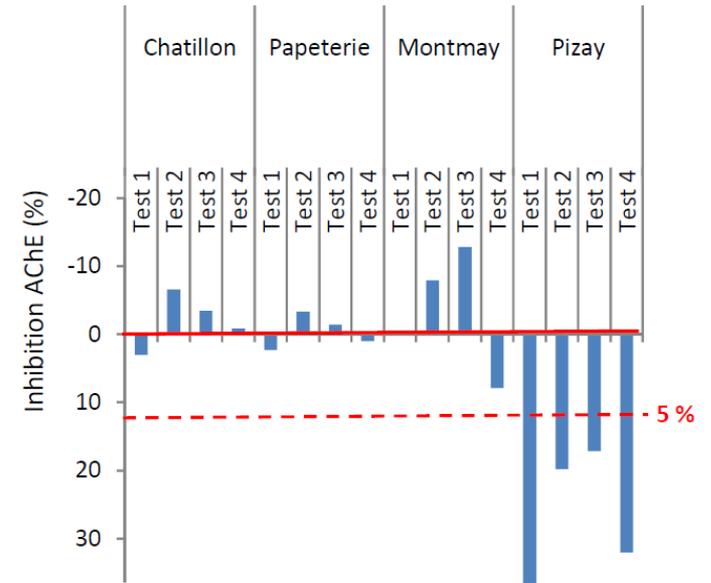
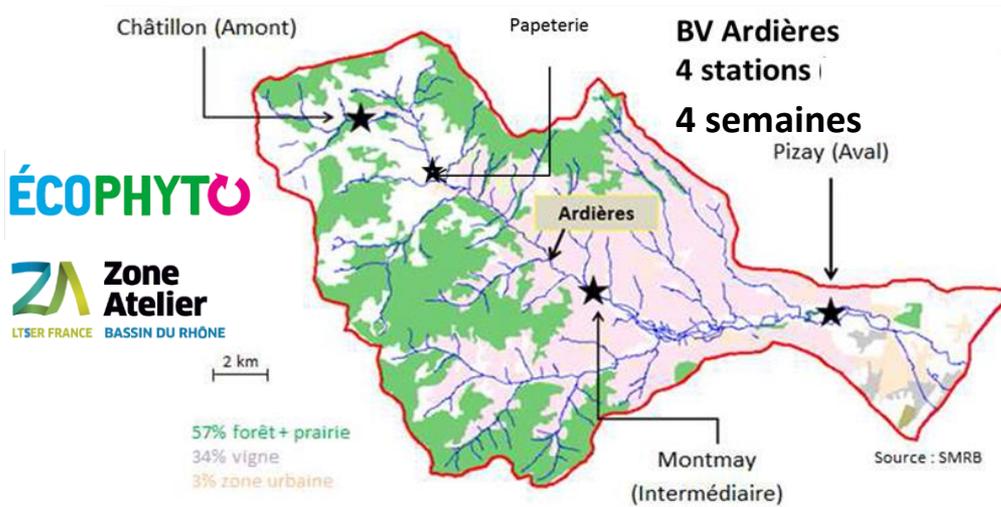
Environmental Toxicology

In Situ Reproductive Bioassay with Caged *Gammarus fossarum* (Crustacea): Part 2—Evaluating the Relevance of Using a Molt Cycle Temperature-Dependent Model as a Reference to Assess Toxicity in Freshwater Monitoring

Christelle Lopes,^{a,b} Arnaud Chaumot,^{a,*} Benoît Xuereb,^a Romain Coulaud,^a Guillaume Jubeaux,^a Hervé Quéau,^a Adeline François,^a and Olivier Geffard^{a,*}

➤ Gammare engagé: principe, méthodes et quels indicateurs par caractériser la pression chimique

- Des indicateurs biologiques rendant compte de la dynamique d'exposition au sein des cours d'eau



Variabilité saisonnière

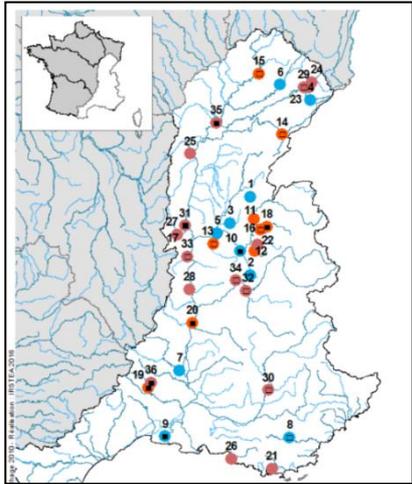


Gradient spatial

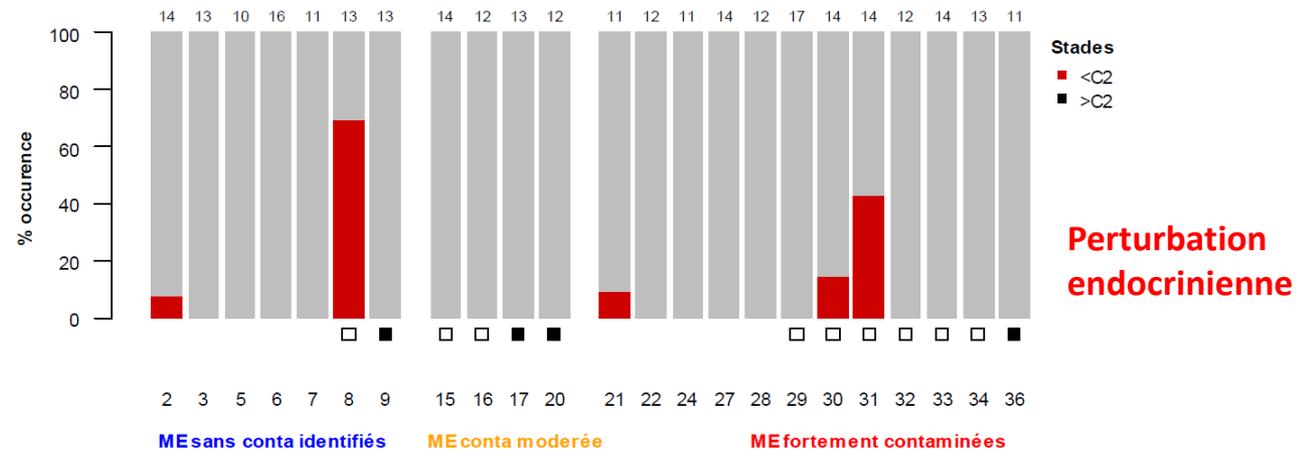
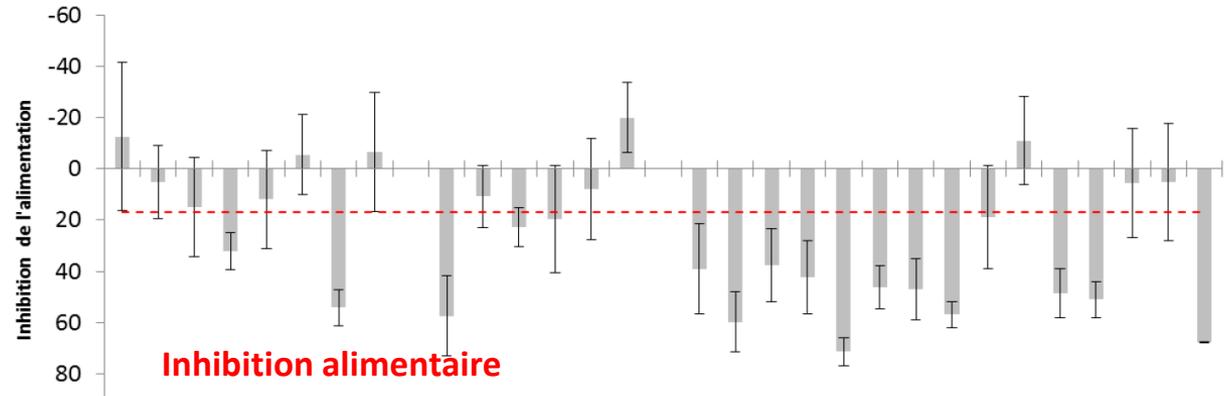
- **PROJET INDICE (2015-2016):
des outils biologiques pour qualifier la qualité chimique des stations en surveillance**

➤ INDICE: des outils biologiques pour qualifier la qualité chimique des stations en surveillance

- Pertinence pour les approches de priorisation des stations à risque ?

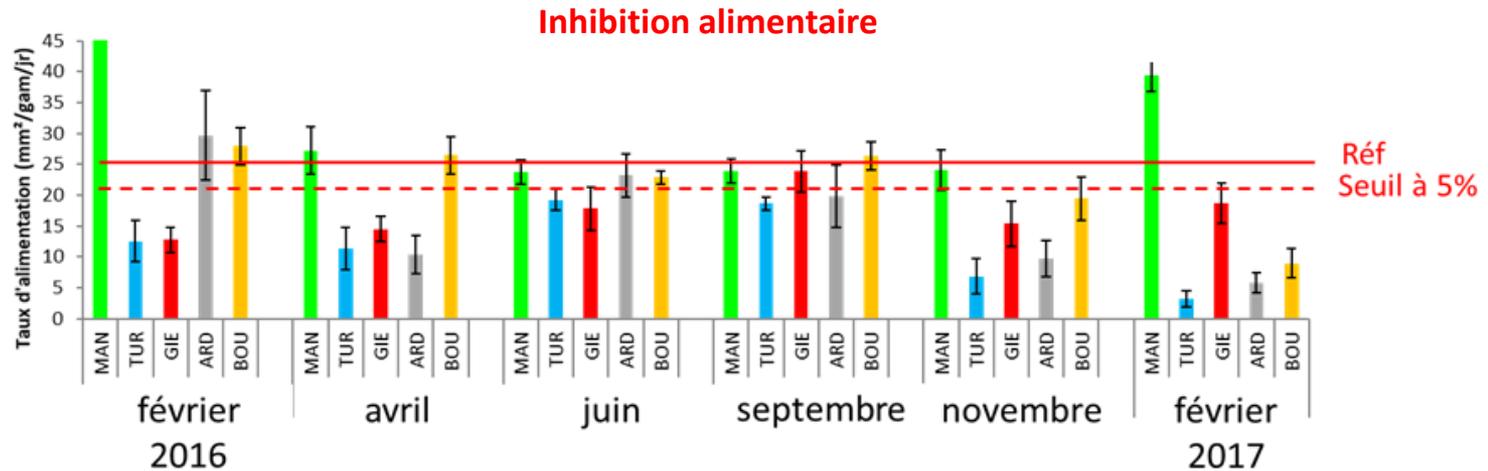
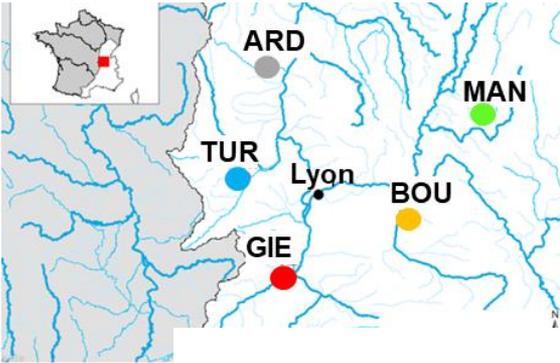


exercice d'état des lieux



➤ INDICE: des outils biologiques pour qualifier la qualité chimique des stations en surveillance

- Quelle fréquence de déploiement pour caractériser la qualité toxique d'une station ?



➔ Déterminisme de la variabilité de l'exposition ??

Sources vs Transfert & vulnérabilité

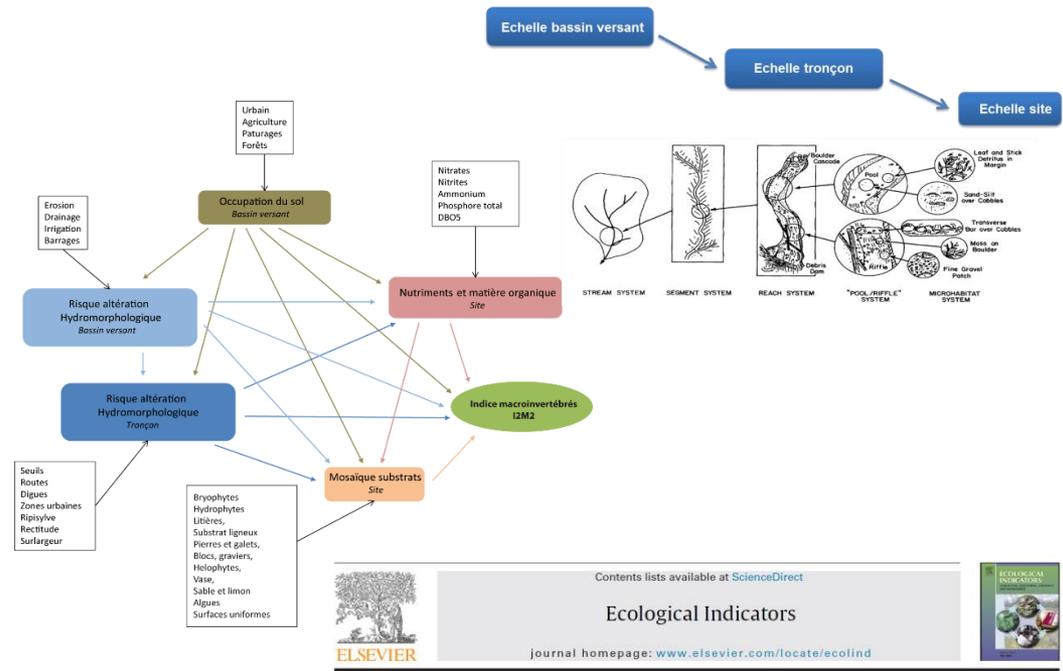
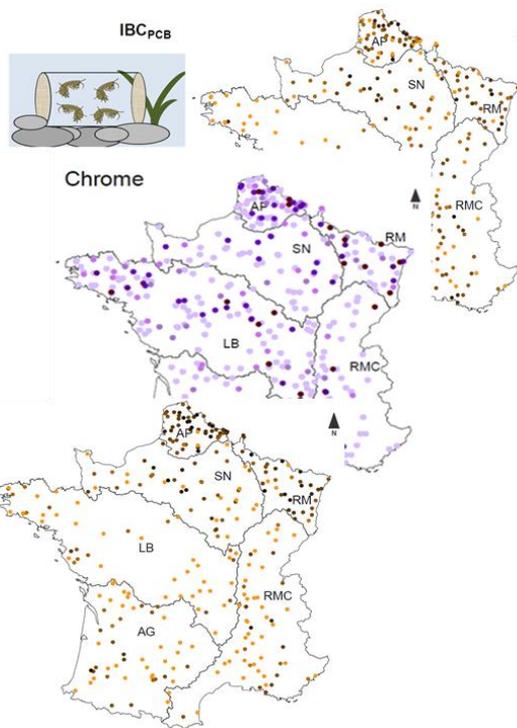


- **PROJET MULTIPRESSION (2019-2021):
déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants ?**

MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants ?

- Une démarche de modélisation multi-pressions multi-échelles: sources vs transferts ??

Larges jeux de données
(bioaccumulation)



Can we predict biological condition of stream ecosystems?
A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use
B. Villeneuve^{a,*}, Y. Souchon^a, P. Usseglio-Polatera^b, M. Ferréol^a, L. Valette^a

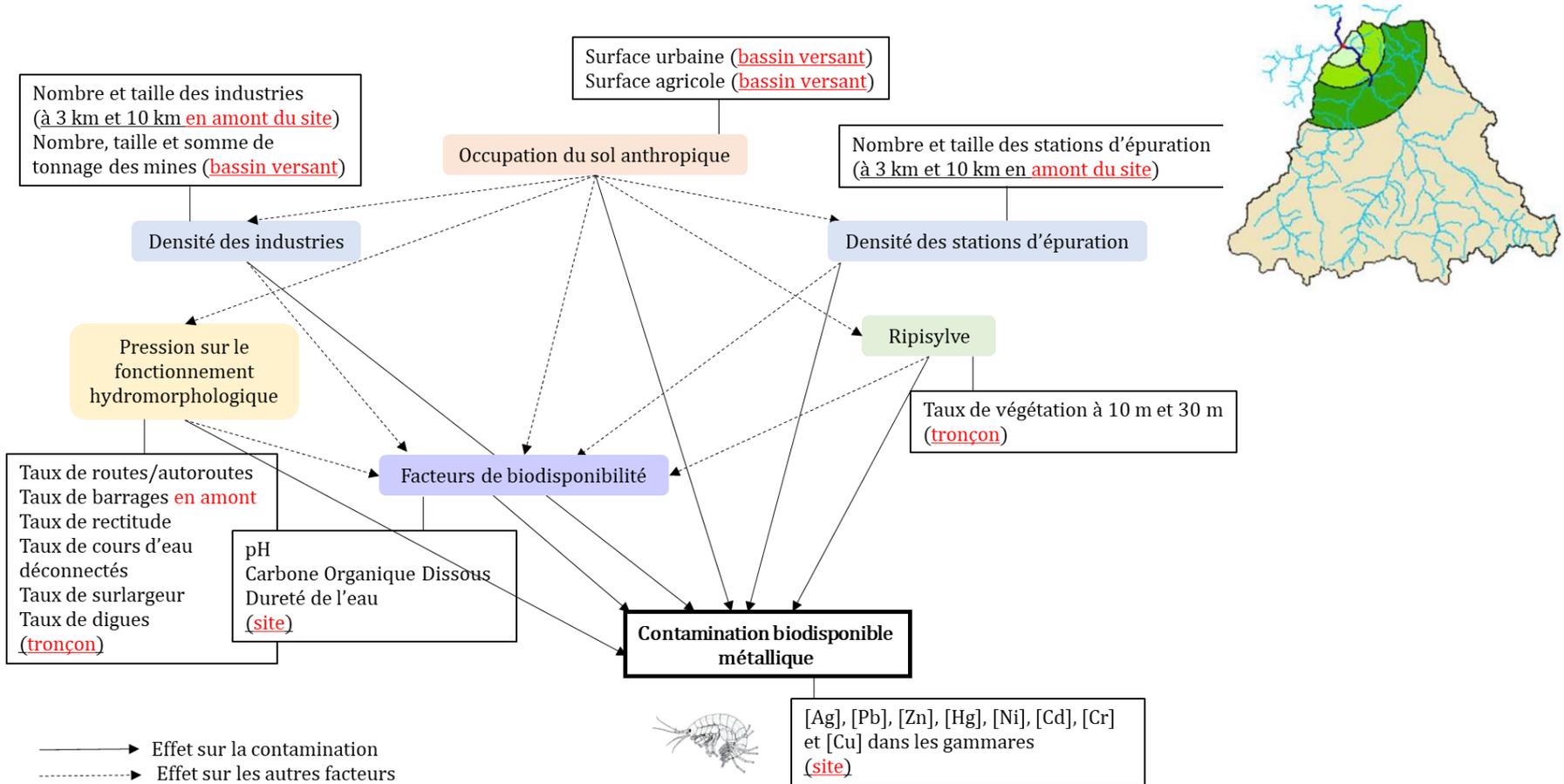
Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Equations structurelles
PLS path modelling

Direct and indirect effects of multiple stressors on stream invertebrates across watershed, reach and site scales: A structural equation modelling better informing on hydromorphological impacts
B. Villeneuve^{a,*}, J. Piffady^a, L. Valette^a, Y. Souchon^a, P. Usseglio-Polatera^b

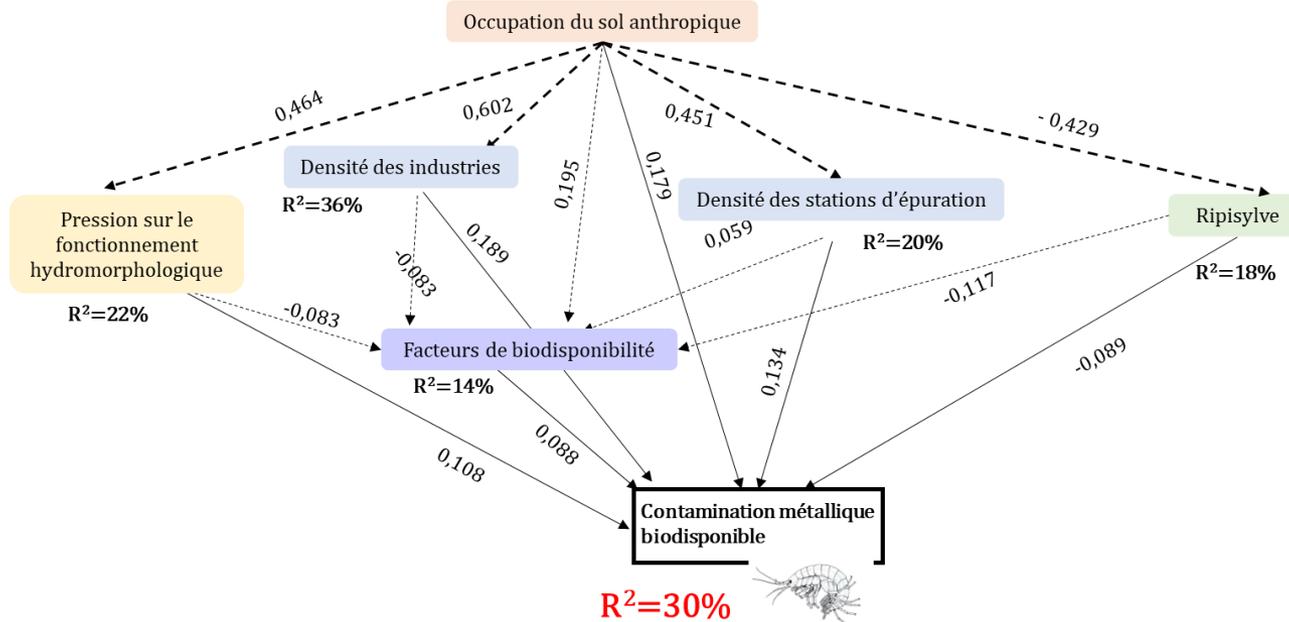
MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants ?

- Une démarche de modélisation multi-pressions multi-échelles: sources vs transferts ??



MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants ?

- Une démarche de modélisation multi-pressions multi-échelles: sources vs transferts ??



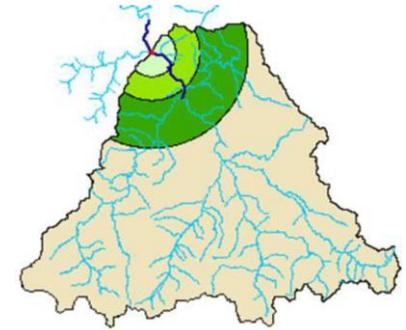
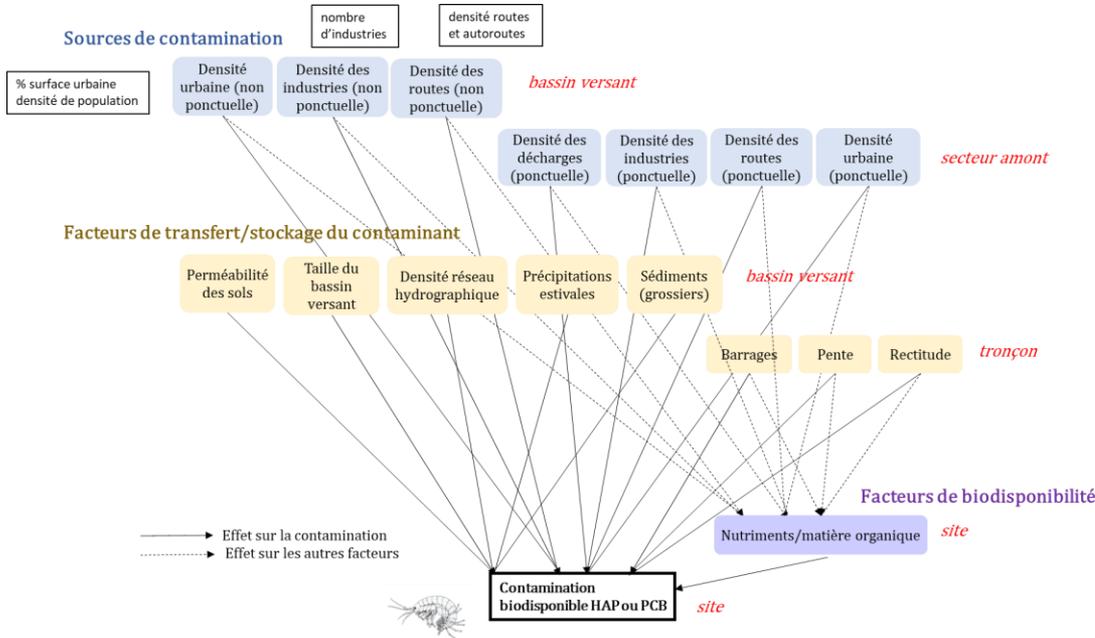
Métaux

Variable latente	effet total	=	effet direct	+	effet indirect (décomposition)
occupation anthropique	0.472		0.179		0.293 (0.117 indus + 0.062 step + 0.053 hydromor + 0.042 ripisyl + 0.017 biodisp)
densité des industries	0.194		0.189		0.005
densité des stations d'épuration	0.139		0.134		0.005
pression hydromorphologique	0.115		0.108		0.007
ripisylve	-0.099		-0.089		-0.010



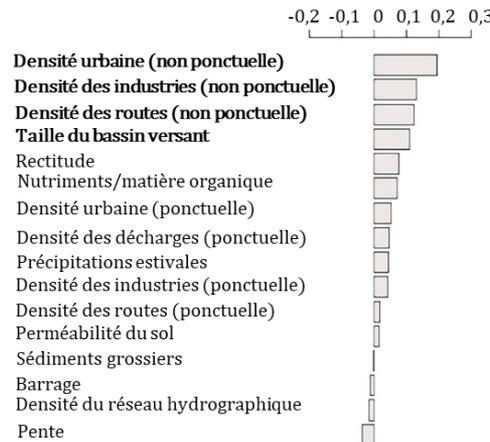
MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants ?

- Une démarche de modélisation multi-pressions multi-échelles: sources vs transferts ??

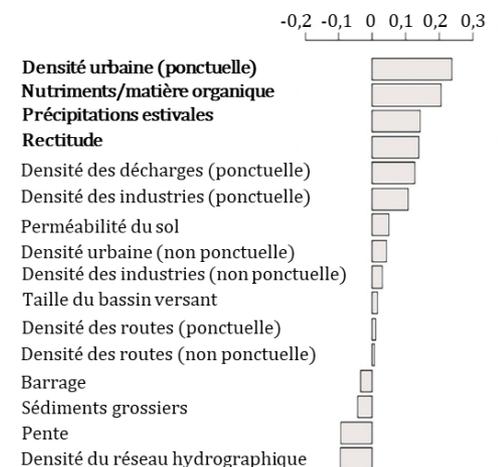


Organiques

Effets totaux des pressions sur la contamination en PCBs

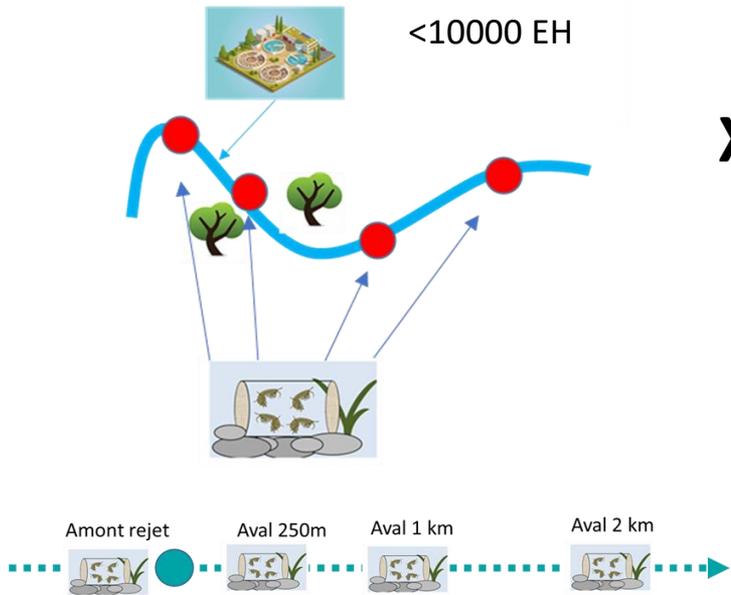


Effets totaux des pressions sur la contamination en HAPs

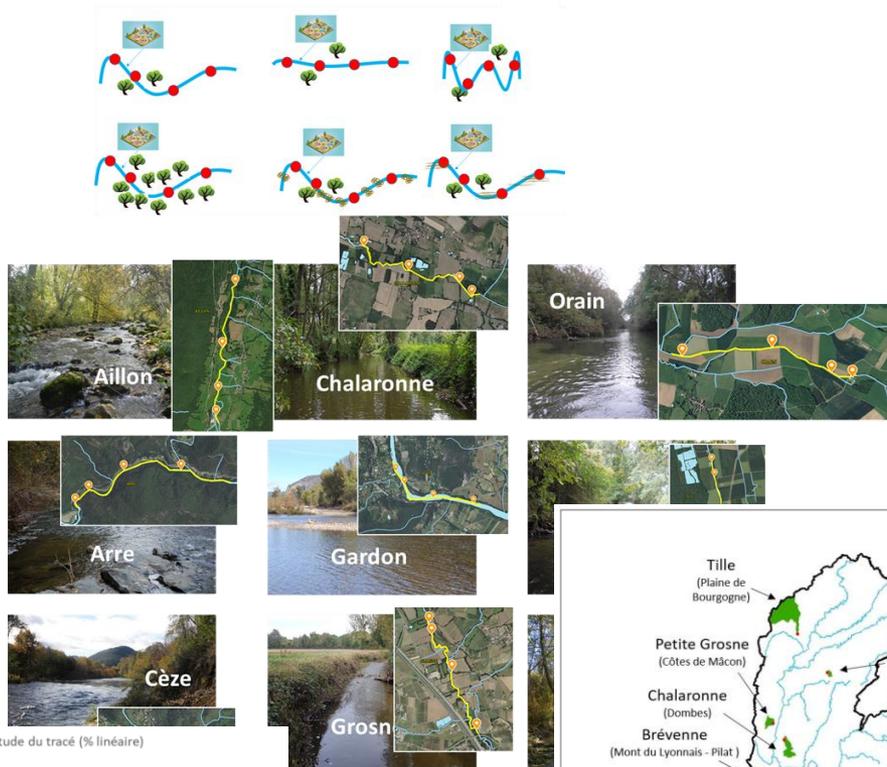


MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants

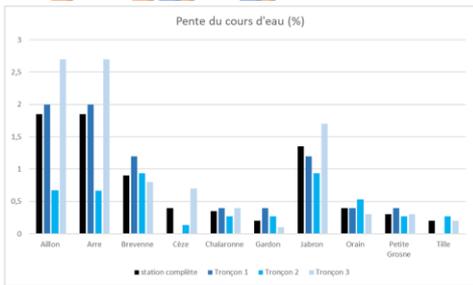
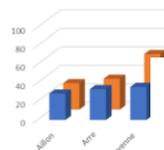
- Expérimentation: empreinte spatiale des STEU & hydromorphologie des cours d'eau récepteurs



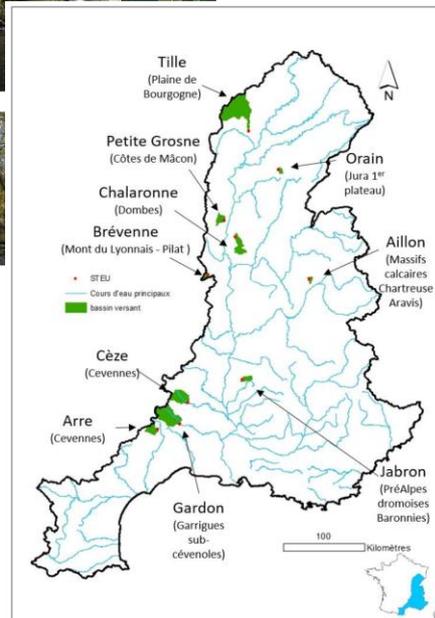
X 9



Rectitude du tracé (% Linéaire)



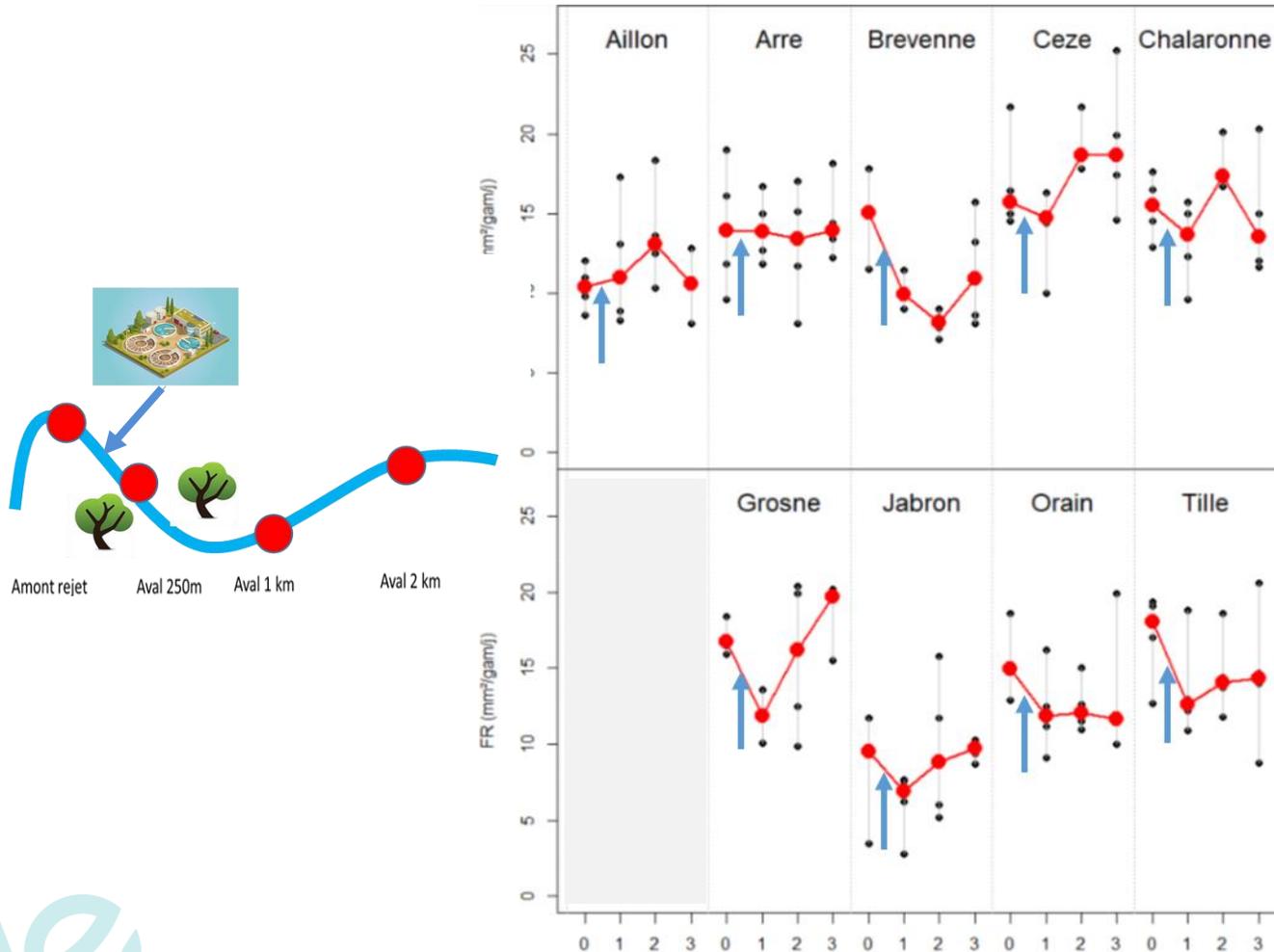
	Pesticides	Composés pharmaceutiques		
POCIS	Carbendazime	9	Azithromycine	0.7
	Diflufenicanil	0.2	Clarithromycine	0.3
	Diuron	0.2	Érythromycine	1
	Imidaclopride	0.4	Acébutolol	0.4 / 1
	Pendimethaline	0.7	Aténolol	0.5 / 5
	Prochloraz	2	Bisoprolol	0.1 / 1
	Propiconazole	0.5	Carbamazépine	0.3 / 1
	Tebuconazole	1	Irbesartan	0.8 / 1
	Terbutryne	9	Metoprolol	0.3 / 1.5
	Bifenthrine	0.2	Oxazepam	0.5 / 12
EAU	Cyperméthrine	0.5	Propranolol	0.1 / 2
	Fipronil	0.1	Sotalol	0.2 / 3
	Lambda-cyhalothrine	0.5	Sulfaméthoxazole	0.6 / 3
	Pendimethaline	0.1		
	Permethrine	0.5		
PFOS	0.1			



➤ MULTIPRESSION: quels déterminismes de l'exposition des organismes à la contamination chimique dans les bassins versants

- Expérimentation: empreinte spatiale des STEU & hydromorphologie des cours d'eau récepteurs

Inhibition alimentaire

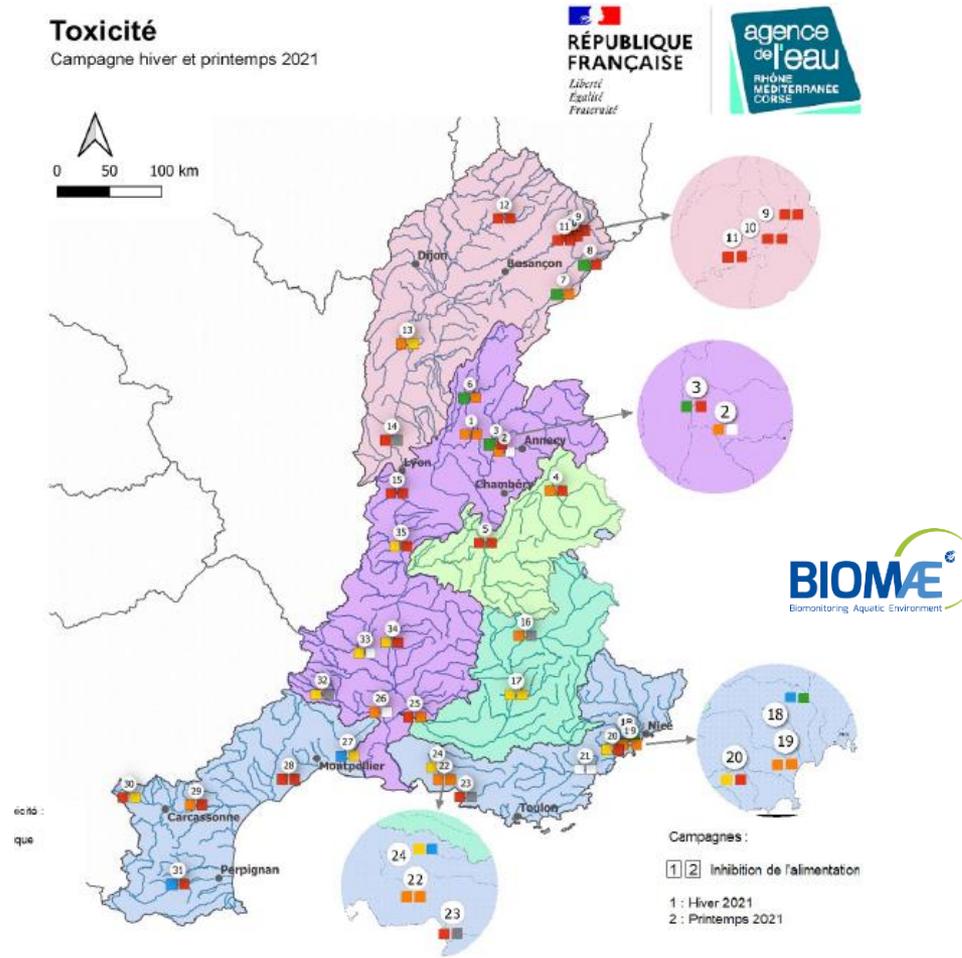


SITE	Coefficient Sinuosité
Aillon	1,16
Arre	1,20
Brevenne	1,10
Cèze	1,80
Chalaronne	1,26
Gardon	1,16
Jabron	1,26
Orain	1,04
Petite Grosne	1,44
Tille	1,03

➤ **Retombées opérationnelles et Perspectives**

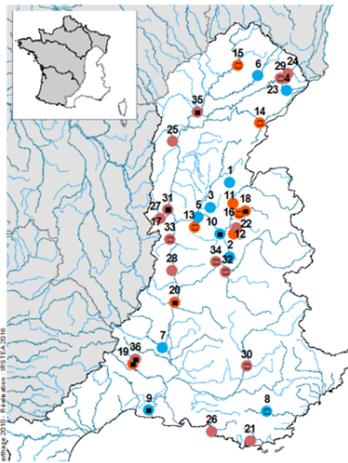
➤ Retombées opérationnelles et nouveaux questionnements en co-construction

- Suivi RMC dans le cas du nouveau SDAGE → **objectiver les actions** de réduction des pressions toxiques



➤ Retombées opérationnelles et nouveaux questionnements en co-construction

- Suivi RMC dans le cas du nouveau SDAGE → objectiver les actions de réduction des pressions toxiques
- Vers des indicateurs plus spécifiques pour **signer l'exposition** aux différentes pressions
 - Élargissement de la liste des substances recherchées dans le gammare (GT biote)
 - Approches protéomiques pour établir des signatures moléculaires



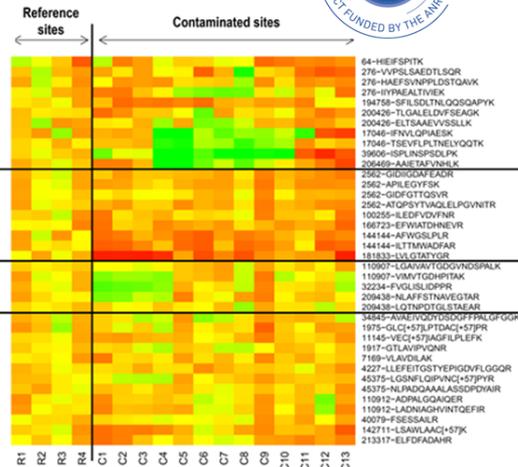
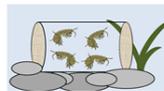
MCP MOLECULAR & CELLULAR PROTEOMICS

Research

© 2014 by The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Inc.
This paper is available on line at <http://www.mcponline.org>

Proteogenomics of *Gammarus fossarum* to Document the Reproductive System of Amphipods*

Judith Trapp^{‡§}, Olivier Geffard^{†¶}, Gilles Imbert[§], Jean-Charles Gaillard[§], Anne-Hélène Davin[§], Arnaud Chaumot[‡], and Jean Armengaud^{§¶}



Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 13417-13426

Article
pubs.acs.org/est

Ecotoxic-Proteomics for Aquatic Environmental Monitoring: First in Situ Application of a New Proteomics-Based Multibiomarker Assay Using Caged Amphipods

Duarte Gouveia,^{†,‡,¶} Amadeu Chaumot,[†] Aurore Charnot,[§] Christine Almunia,[‡] Adeline François,[‡] Lionel Navarro,[¶] Jean Armengaud,[‡] Arnaud Salvador,[§] and Olivier Geffard^{†,¶}



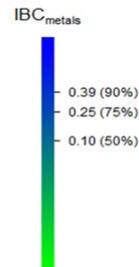
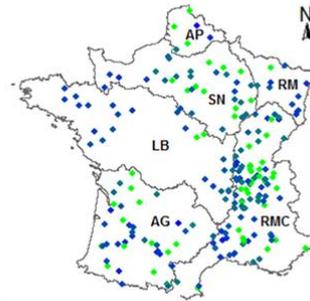
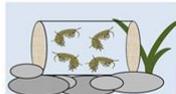
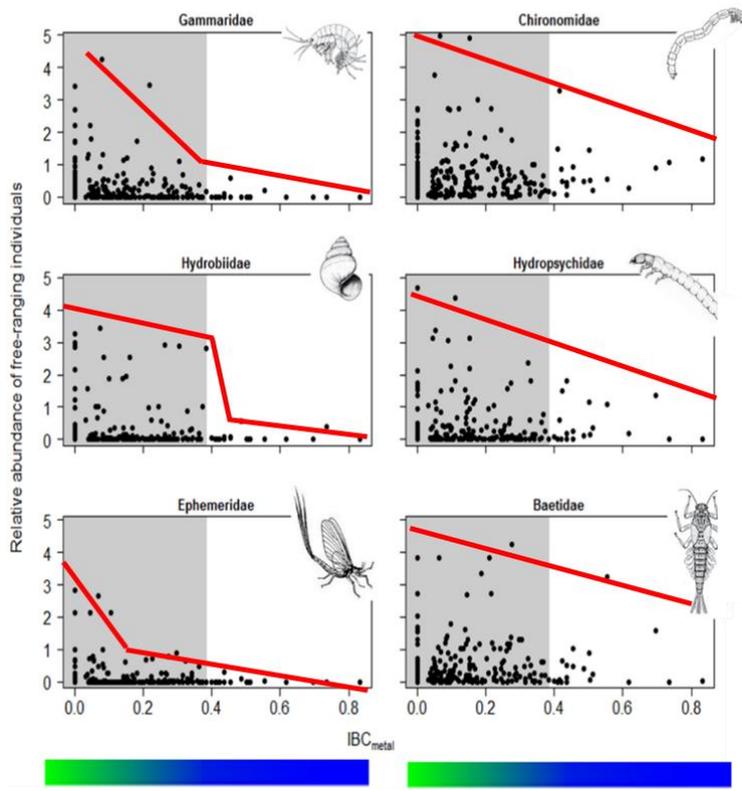
Thèses J Trapp 2014, D Gouveia 2017
Postdoc M leprêtre 2022



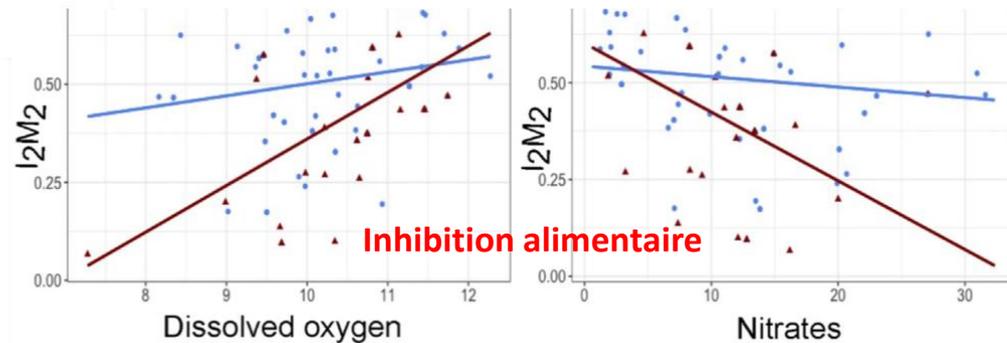
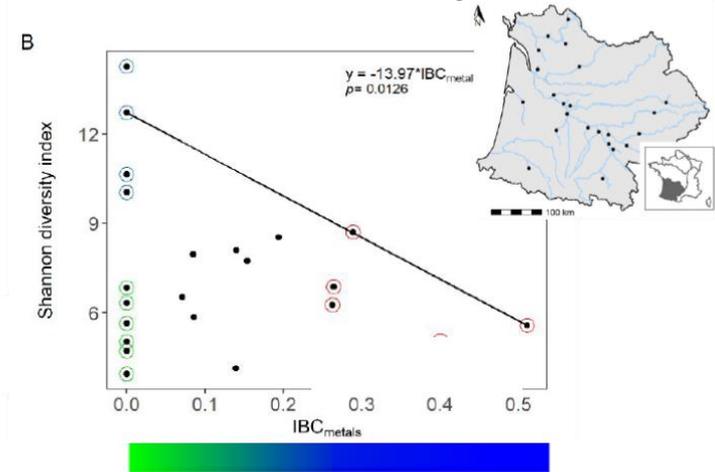
➤ Retombées opérationnelles et nouveaux questionnements en co-construction

- Suivi RMC dans le cas du nouveau SDAGE → objectiver les actions de réduction des pressions toxiques
- Vers des indicateurs plus spécifiques pour signer l'exposition aux différentes pressions
- Etablir un lien avec l'état des communautés biologiques

Alric et al 2019, Environ. Sci. Technol.; DOI: 10.1021/acs.est.9b01271



Alric et al 2022, Environmental Pollution; doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119565



Sarkis et al 2023, Stoten; doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160179

➤ Pour plus de détails ...



Rapports

Projet INDICE:

François et al 2016. Intérêt d'un indicateur écotoxicologique pour diagnostiquer et comprendre l'état des milieux aquatiques et aider à la restauration. Irstea ; <https://hal.inrae.fr/hal-02607334>

Projet MULTIPRESSION:

Recoura-Massaquant et al 2022. Vers une vision multipression explicative des niveaux de contamination biodisponible et de toxicité des cours d'eau. INRAE ; <https://hal.inrae.fr/hal-03788403>

Publications

Sarkis et al (2023) Identifying the impact of toxicity on stream macroinvertebrate communities in a multi-stressor context based on national ecological and ecotoxicological monitoring databases. **Science Of The Total Environment**, 859:160179.

Sarkis et al (2021) Quantification of multi-scale links of anthropogenic pressures with PAH and PCB bioavailable contamination in French freshwaters. **Water Research**, 203:117546.

Sarkis et al (2020) How to quantify the links between bioavailable contamination in watercourses and pressures of anthropogenic land cover, contamination sources and hydromorphology at multiple scales? **Science of the Total Environment**, 735:139492.

Alric et al (2019) Multisubstance indicators based on caged Gammarus bioaccumulation reveal the influence of chemical contamination on stream macroinvertebrate abundances across France. **Environmental Science and Technology**, 53(10):5906-5915.

Ciliberti et al (2017) Caged Gammarus as biomonitors identifying thresholds of toxic metal bioavailability that affect gammarid densities at the French national scale. **Water Research**, 118:131-140.