



RÉTROSPECTIVE DISCIPLINAIRE

2024

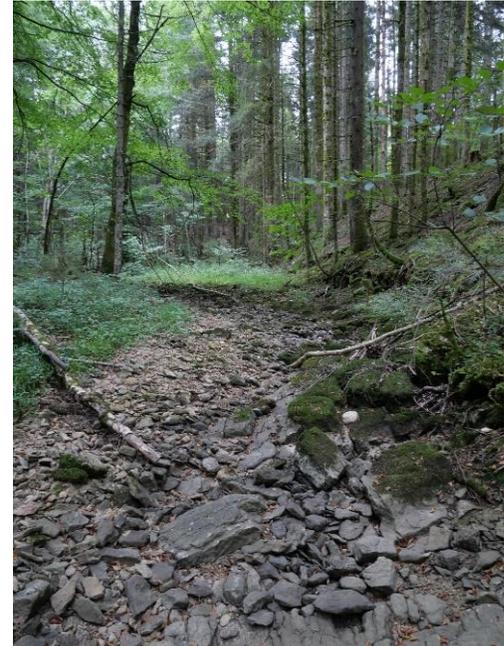


EcoFlows

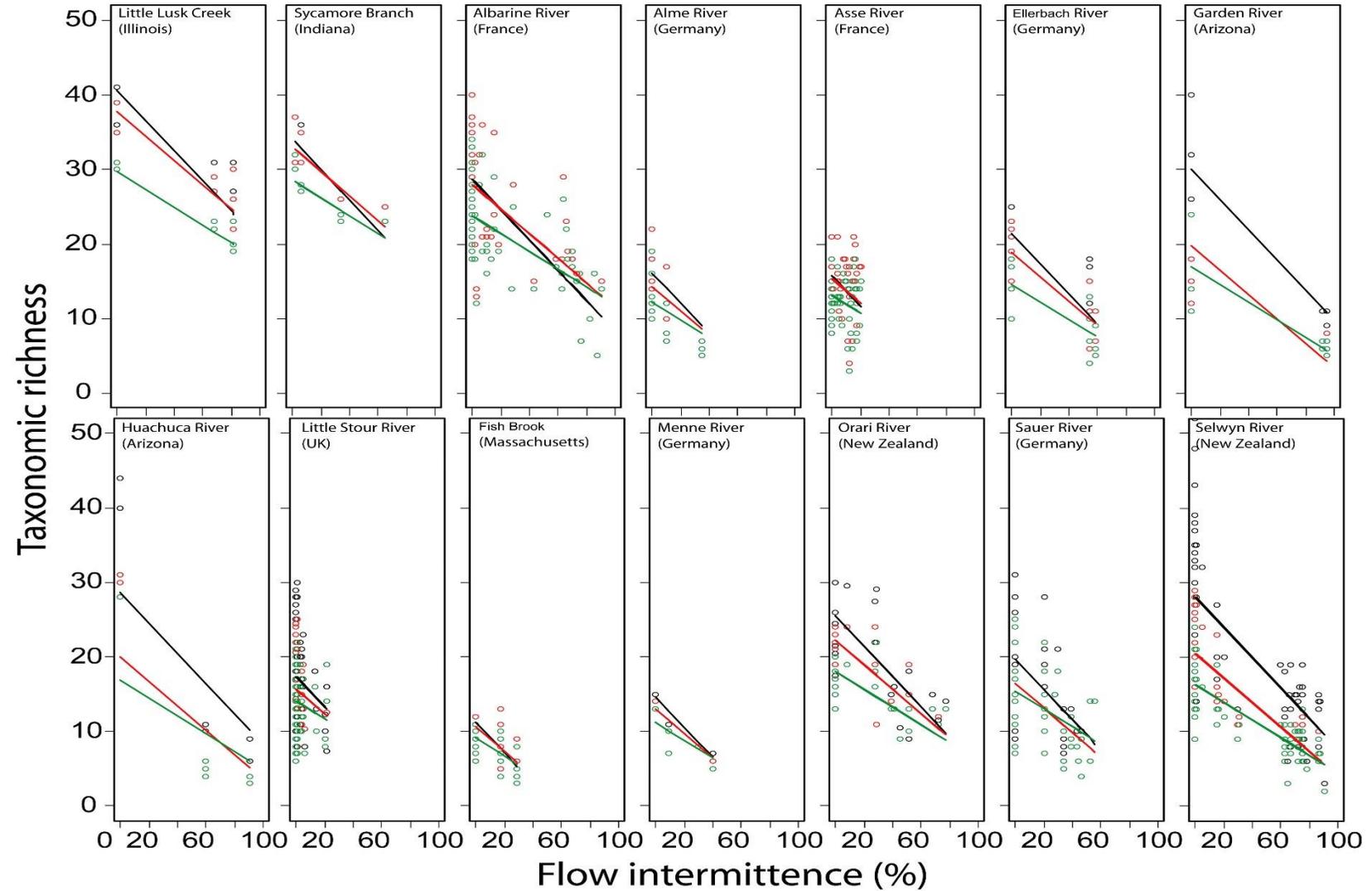
**Écohydrologie
multi-échelles**



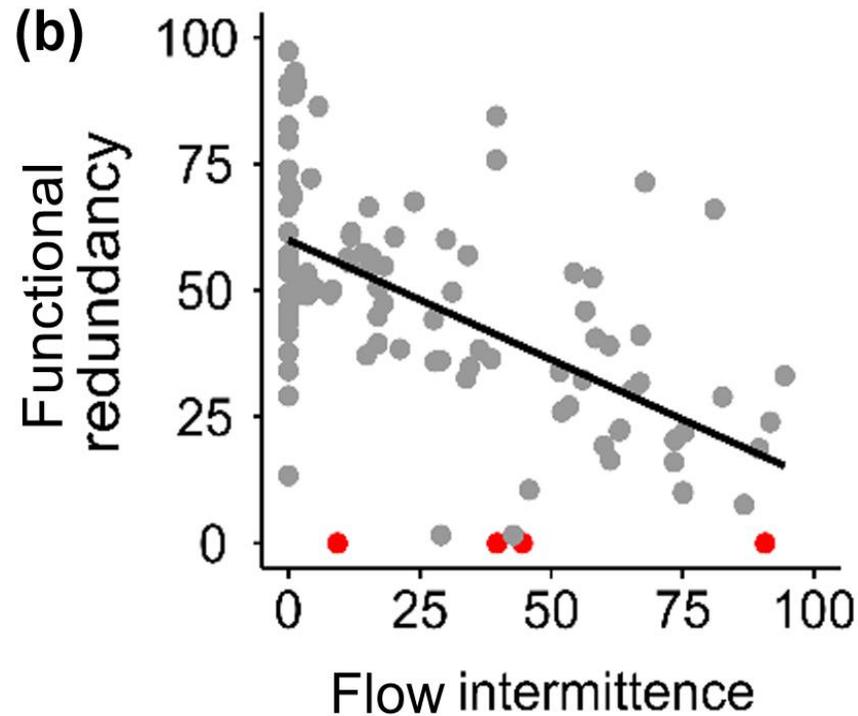
Approches fonctionnelles en contexte d'intermittence



Au delà du nombre d'espèces: comment les assèchements influencent la diversité fonctionnelle



Au delà du nombre d'espèces: comment les assèchements influencent la diversité fonctionnelle

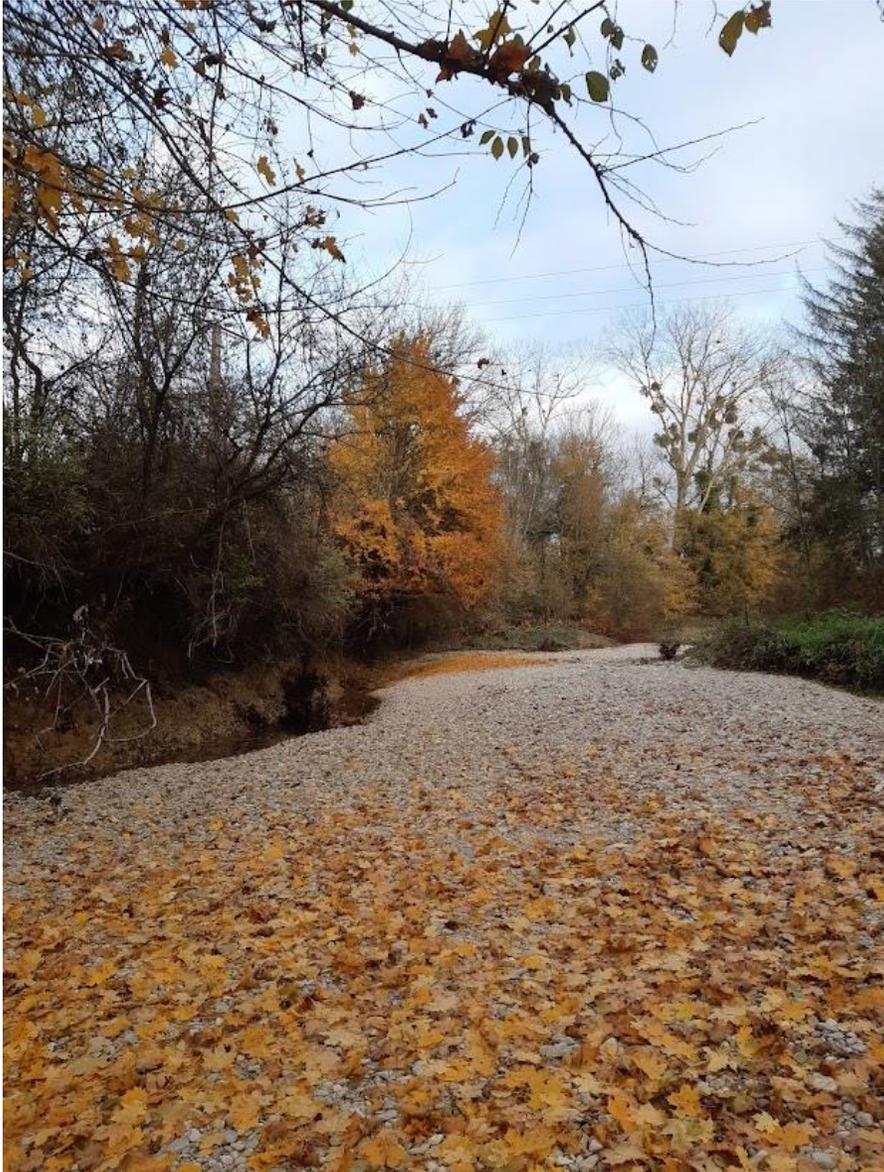


L'intermittence réduit la diversité fonctionnelle

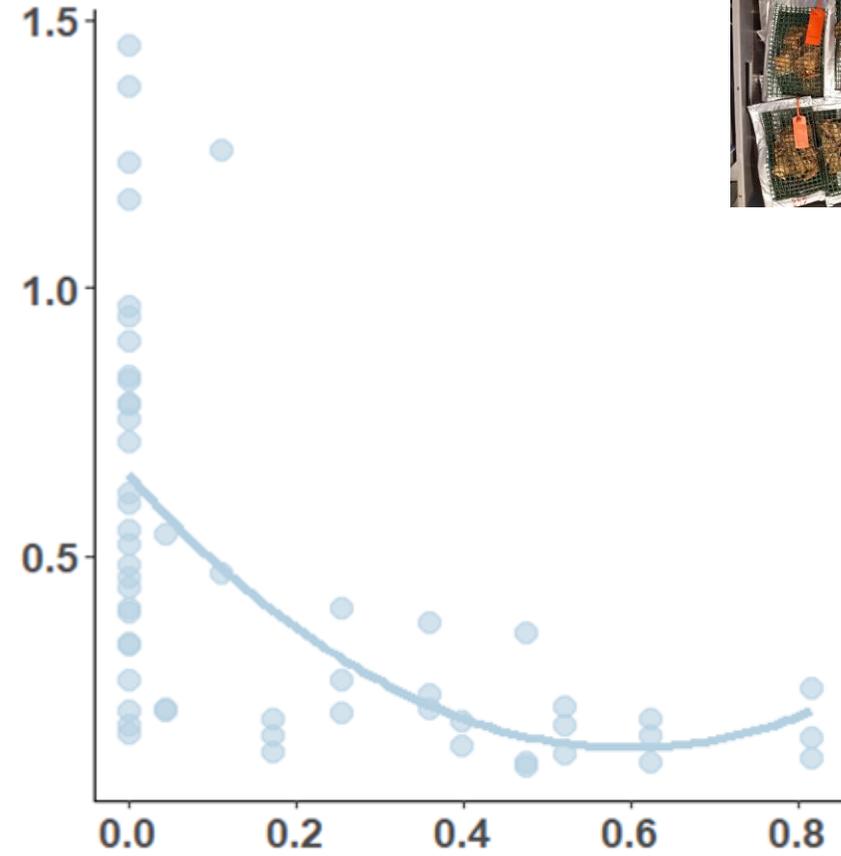
Seuil de 30% d'intermittence au delà duquel on detecte un effondrement de la redondance fonctionnelle

Effets cascades sur des fonctions?

Les assèchements influencent le cycle du C

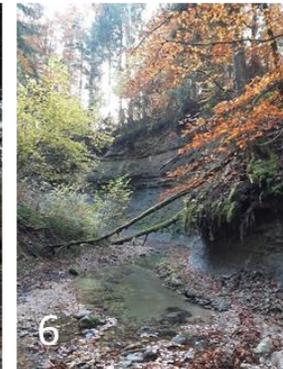
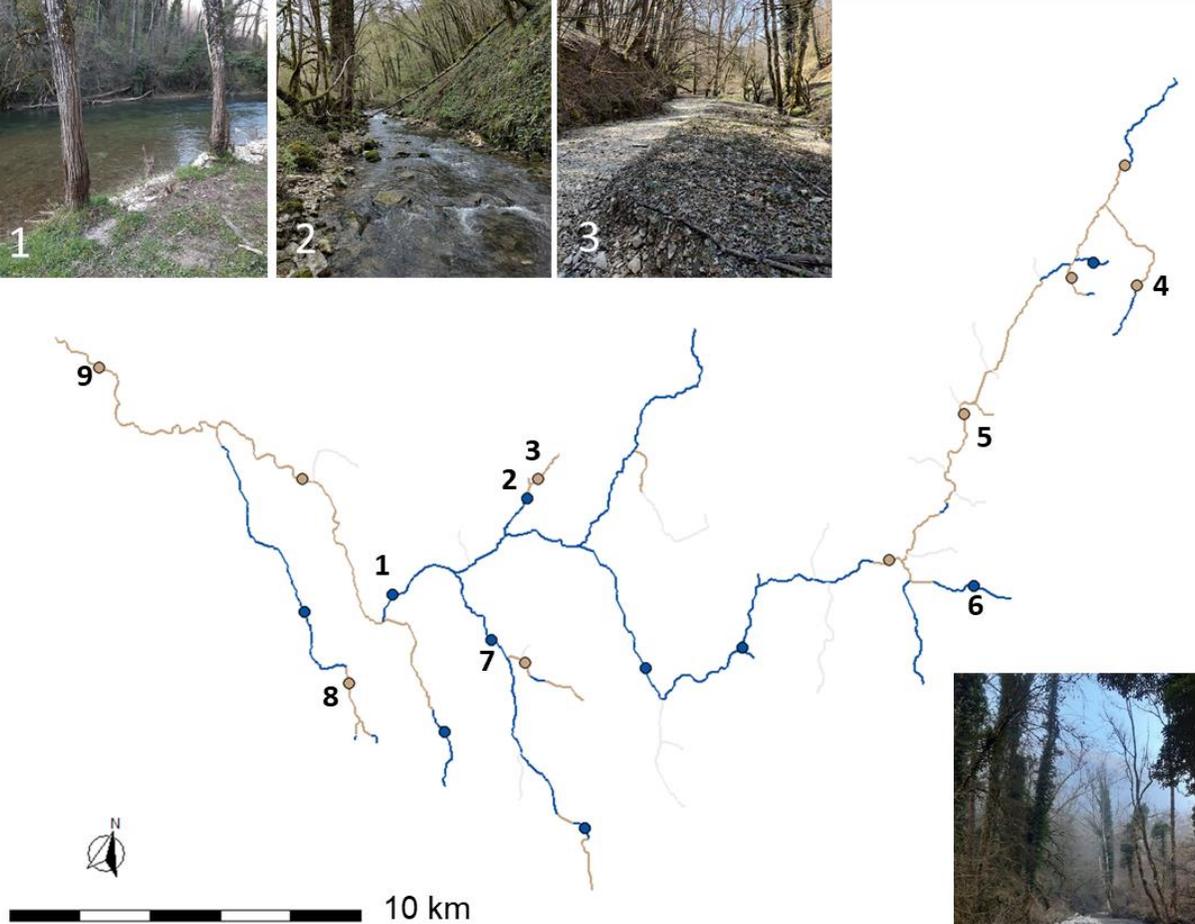


Decomposition rate ($\text{k.d.day}^{-1} \times 10^2$)

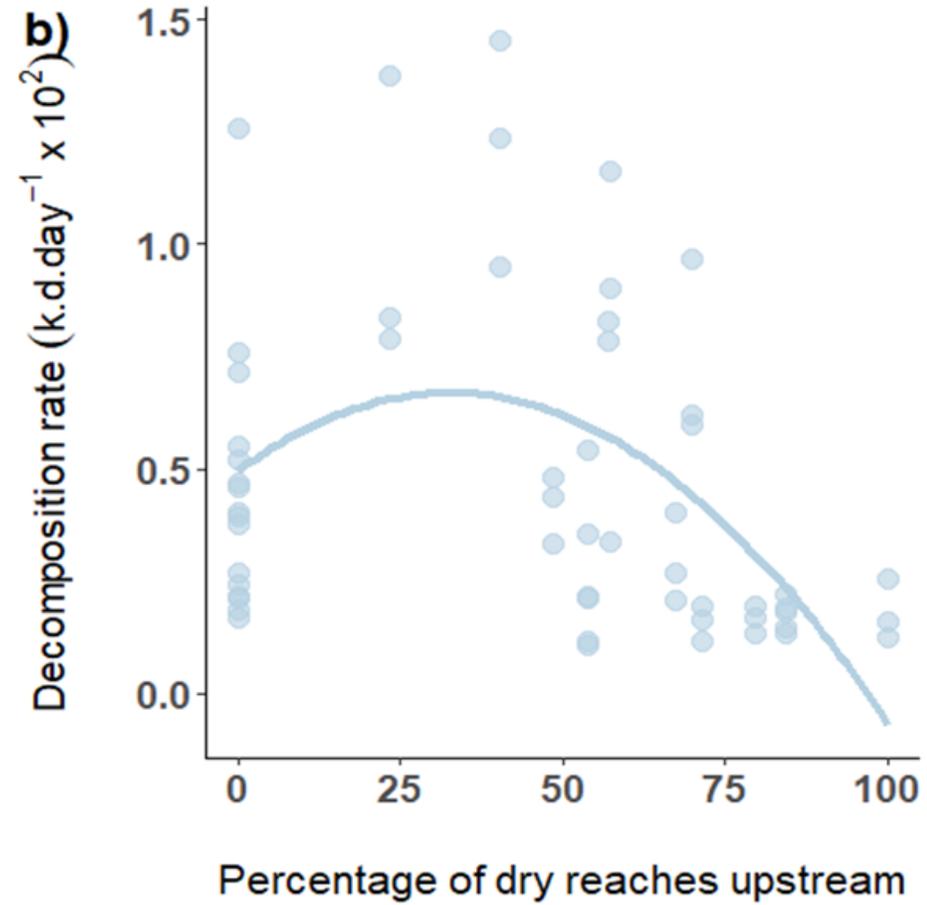
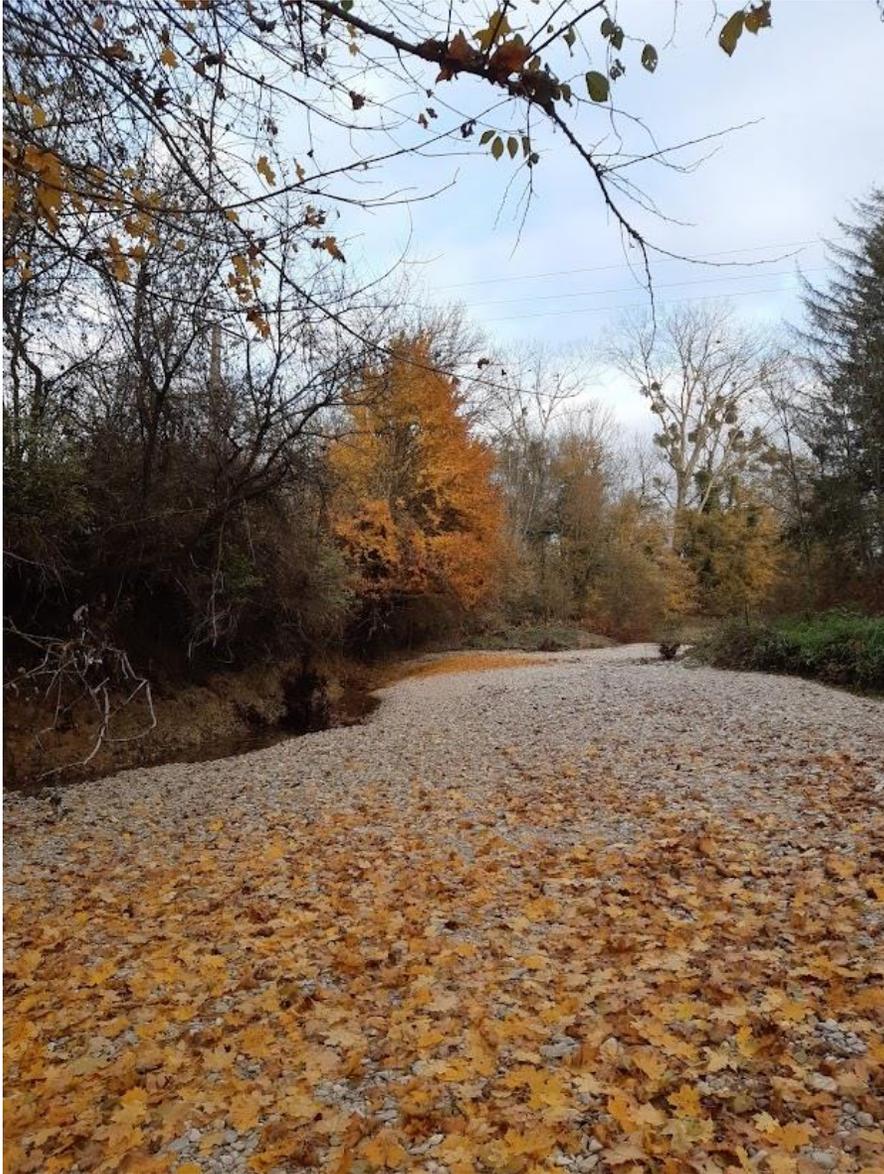


Les assèchements influencent le cycle du C

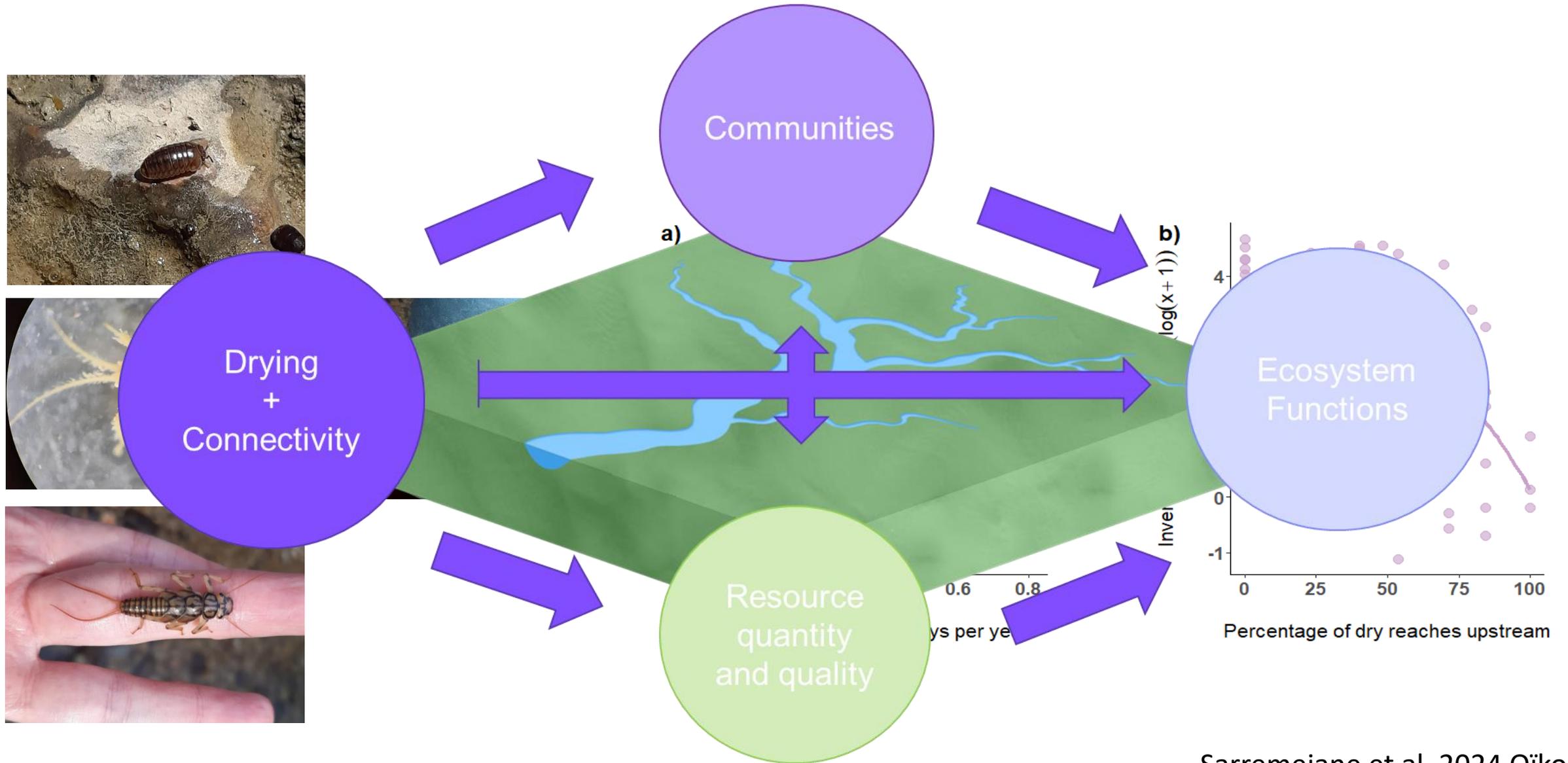
France



Les assèchements influencent le cycle du C



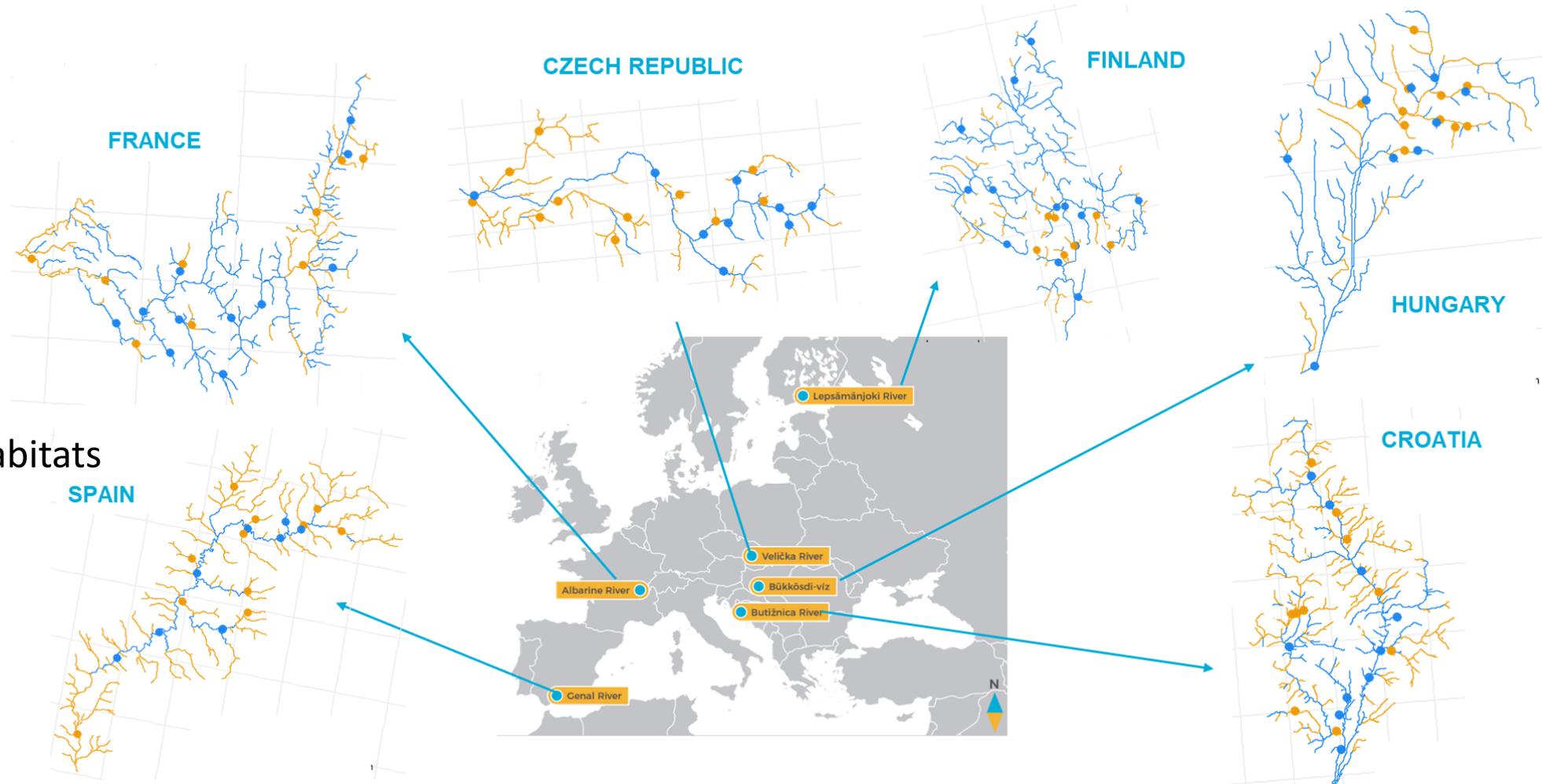
Les assèchements influencent le cycle du C



Les assèchements influencent le cycle du C

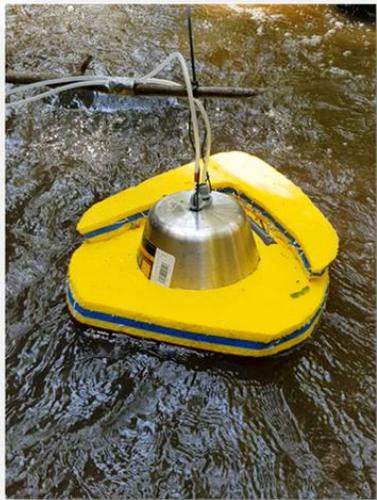
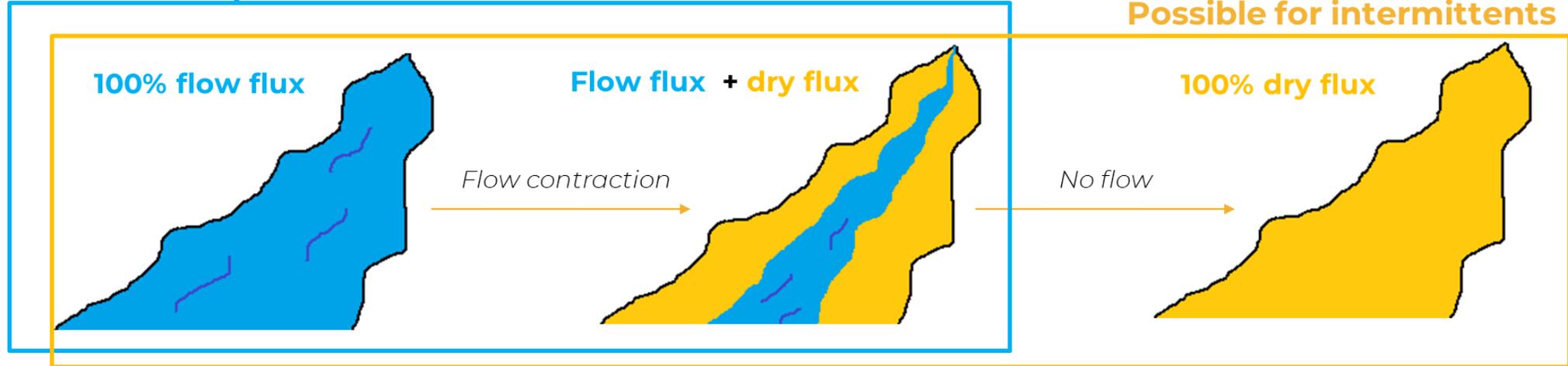
DRYVER

- 6 DRNs
- 120 reaches
- 3 campaigns
 - Pre-dry
 - Dry
 - Post-dry
- Flow and/or dry habitats



Les assèchements influencent le cycle du C

Possible for perennials



GHG emissions +

Environmental variables

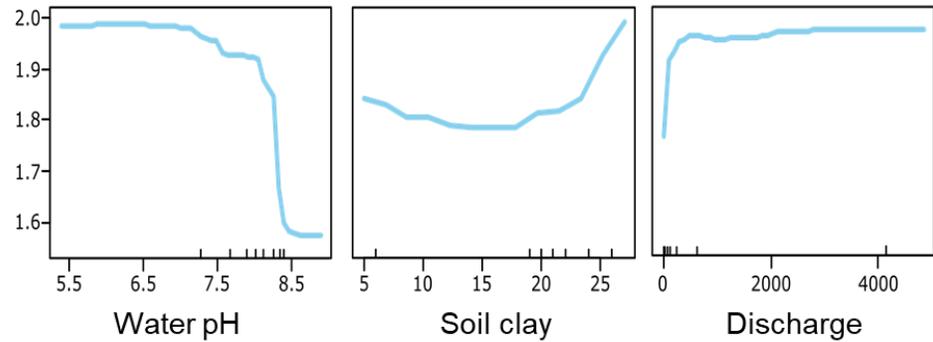
- Sediment OM, pH, cond, C, N
- Water chemistry
- Landuses
- Hydrology
- Spatial metrics

Les assèchements influencent le cycle du C

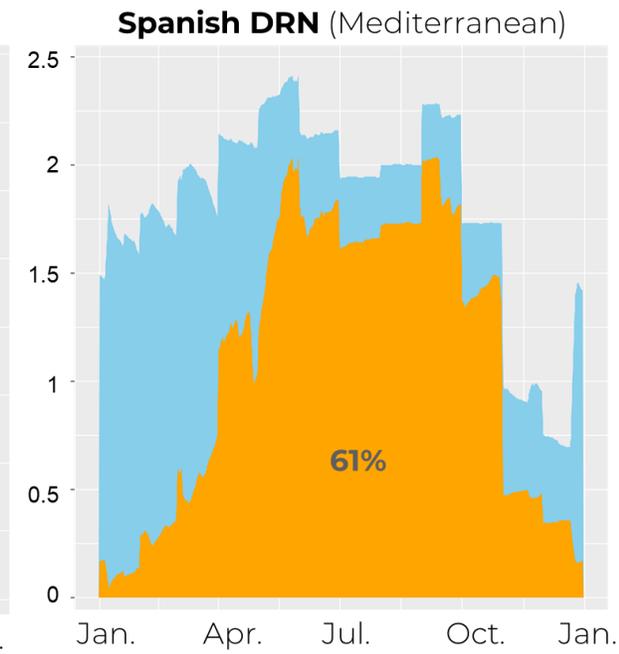
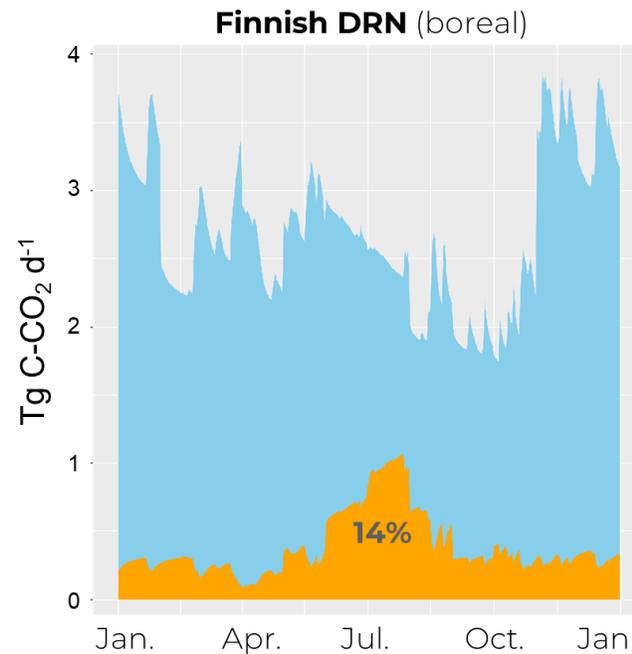
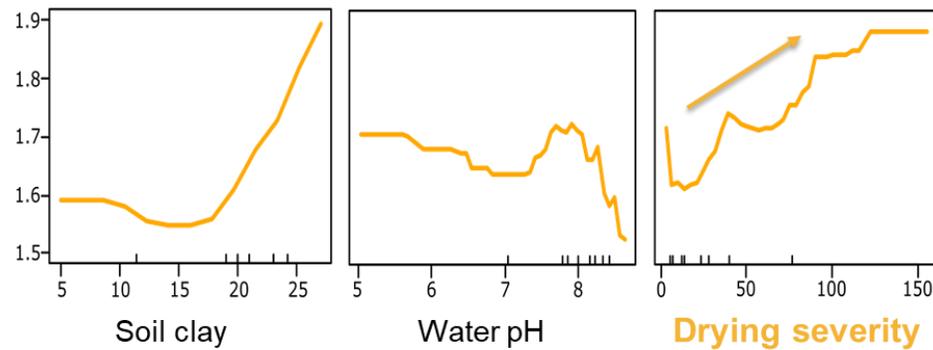
- Drying legacy effect in non-perennial reaches after flow resumption

CO₂ emissions

PERENNIALS



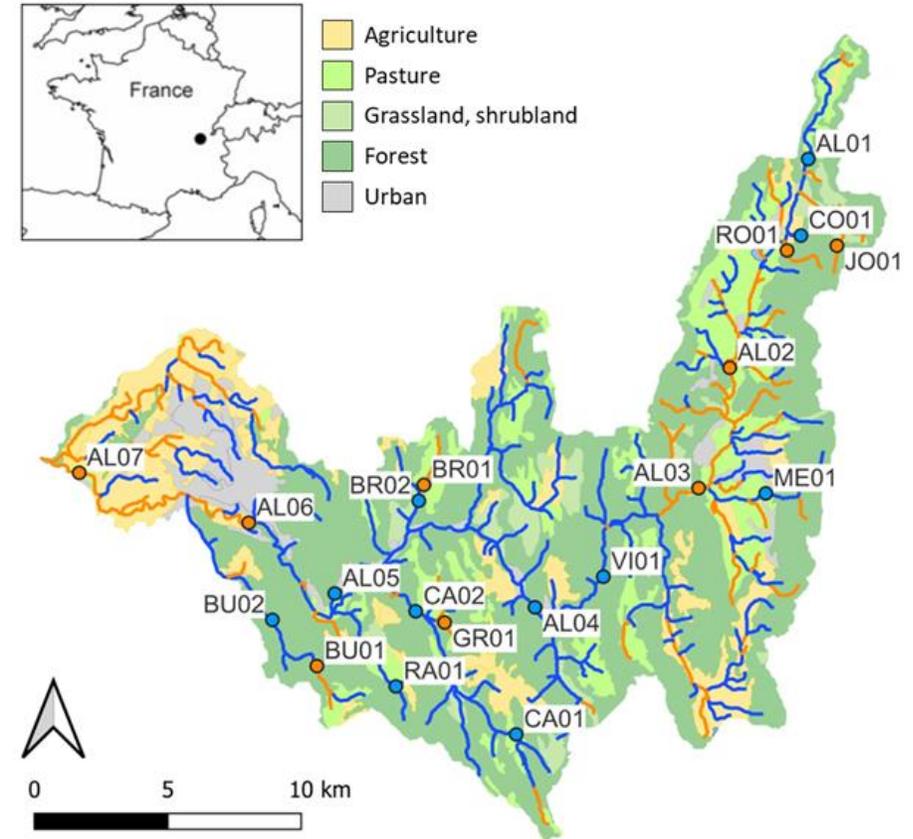
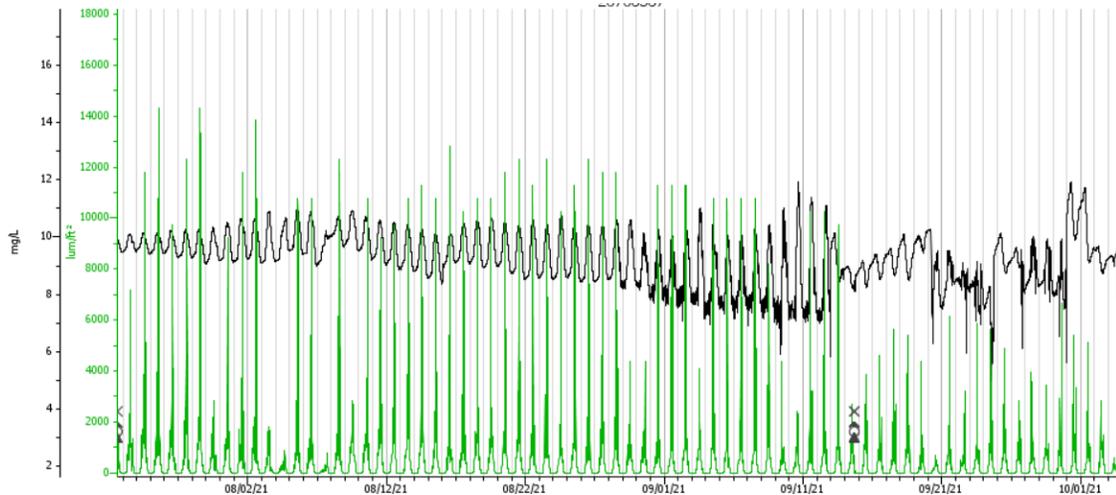
INTERMITTENTS



Emissions flowing water
Emissions dry riverbed

Les assèchements influencent le cycle du C

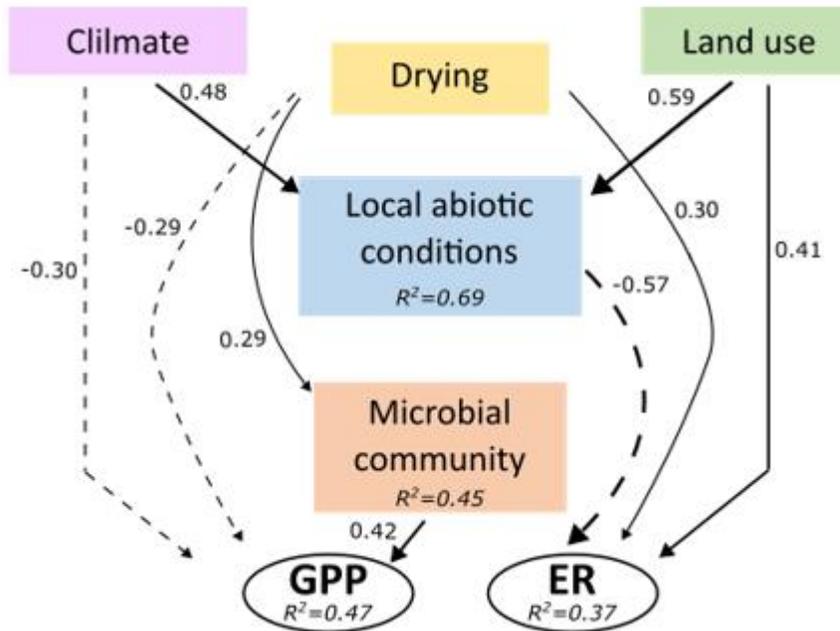
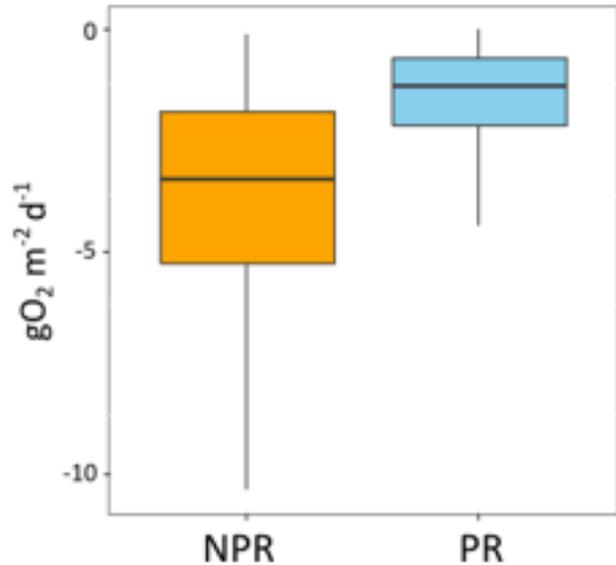
- Focus on Albarine catchment
- Measures of **dissolved oxygen** + **light** for one year, every 10 min -> model daily **GPP** and **ER**



$$\frac{dO_{2,i,d}}{dt} = \left(\frac{GPP_d}{z_{-i,d}} \times \frac{Light_{i,d}}{Light_d} \right) + \left(\frac{ER_d}{z_{-i,d}} \right) + f_{i,d}(K600_d)(O_{2,sat_{i,d}} - dO_{2,i,d})$$

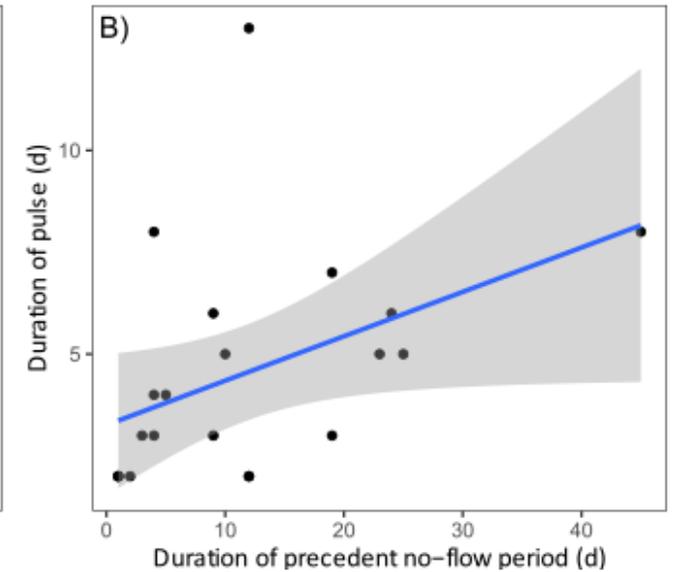
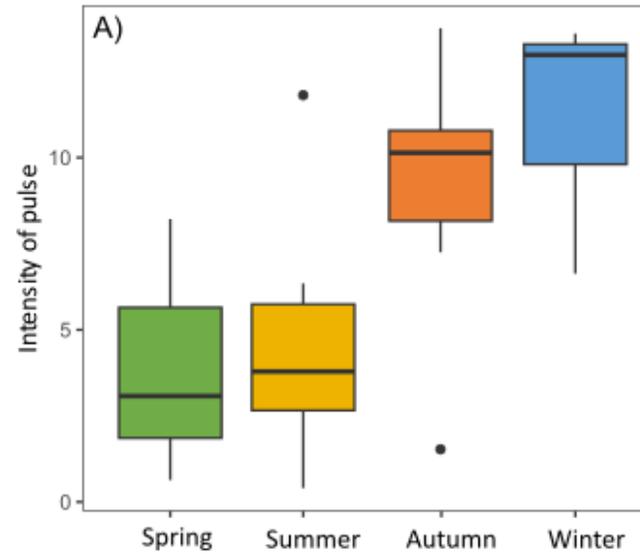
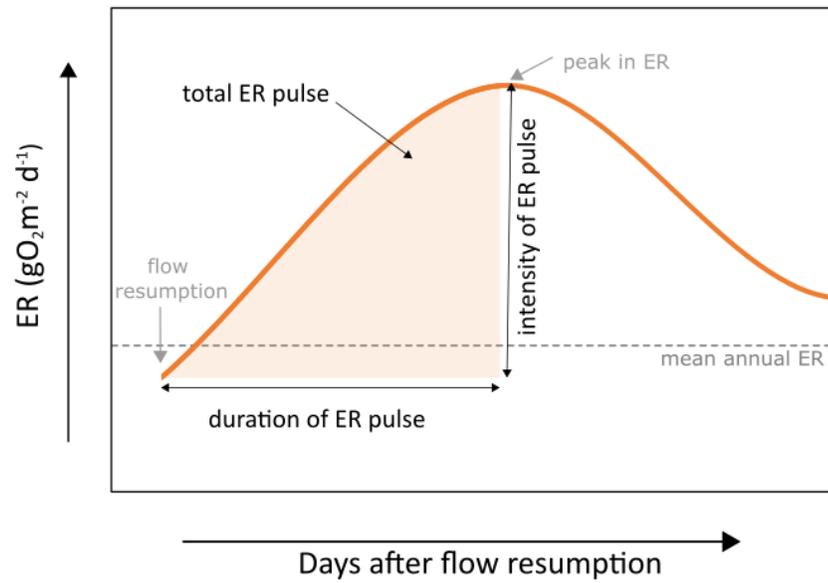
Les assèchements influencent le cycle du C

- **Higher annual ER in non-perennial** than in perennial reaches
- No differences in GPP
- Confirmation of the “classical” drivers of stream metabolism BUT **direct long-term effect of drying** on ER



Les assèchements influencent le cycle du C

- Characterisation of rewetting events
- Short-term effect of drying -> **respiration pulses after flow resumption**
 - Depend on season and duration of previous no-flow period







ECOTOX

**Laboratoire
d'écotoxicologie**



INRAE

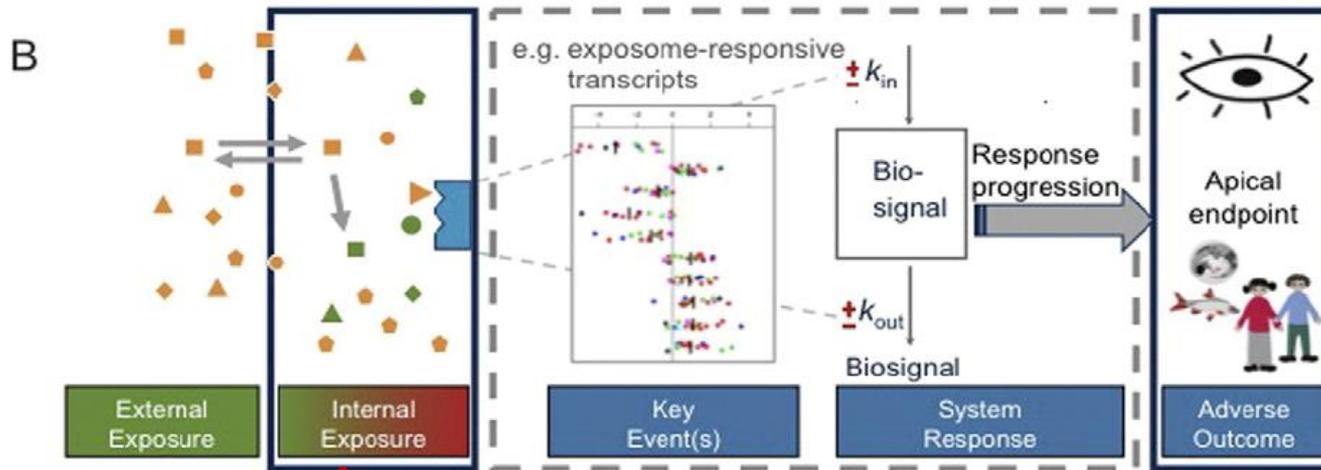
➤ Faits marquants équipe écotox



Faits marquants

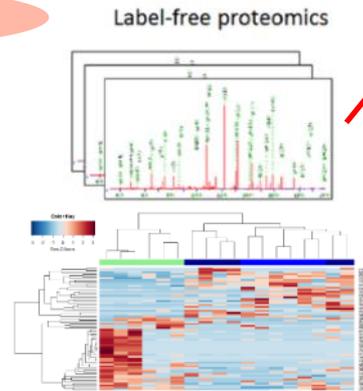
- **Les approches moléculaires pour la toxicité environnementale**
- **Les effets populationnels**

Intérêt des approches moléculaires en écotoxicologie



Modified from Escher et al *Env Int* 2017

cellular molecular

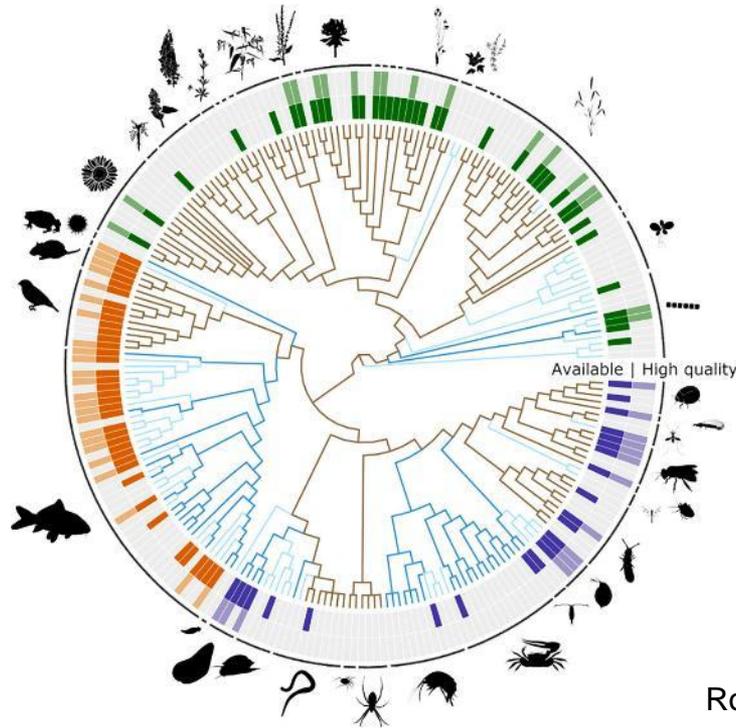


Profils moléculaires

Mode d'Actions

Les réponses au niveau moléculaire peuvent compléter les approches chimiques et écologiques pour fournir des informations sur la qualité des masses d'eau

Verrous chez les espèces pertinentes pour l'environnement



Roell et al 2024, Env Sci Tech

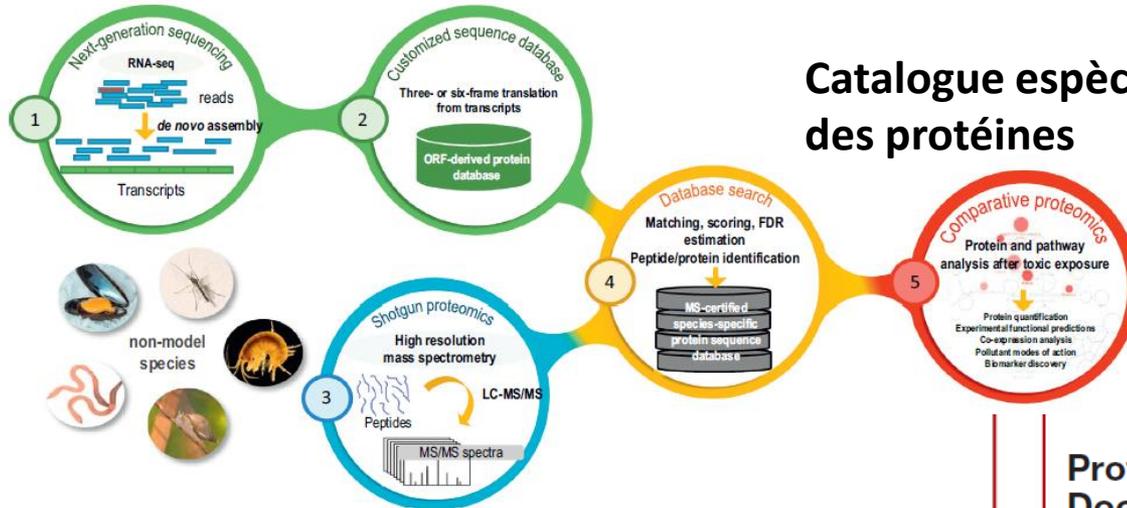
- **Peu de génomes de référence**
- **Interprétation biologique limitée**
 - manque de bases de données spécifiques
 - lacunes dans les connaissances en physiologie moléculaire

Comment développer les connaissances moléculaires chez les espèces ne disposant pas d'un génome séquencé et annoté ?

La protéogénomique chez les espèces sentinelle

Séquençage du transcriptome

Catalogue espèce spécifique des protéines



HRMS protéomique shot-gun

1800 protéines de *G. fossarum*

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^{§¶}

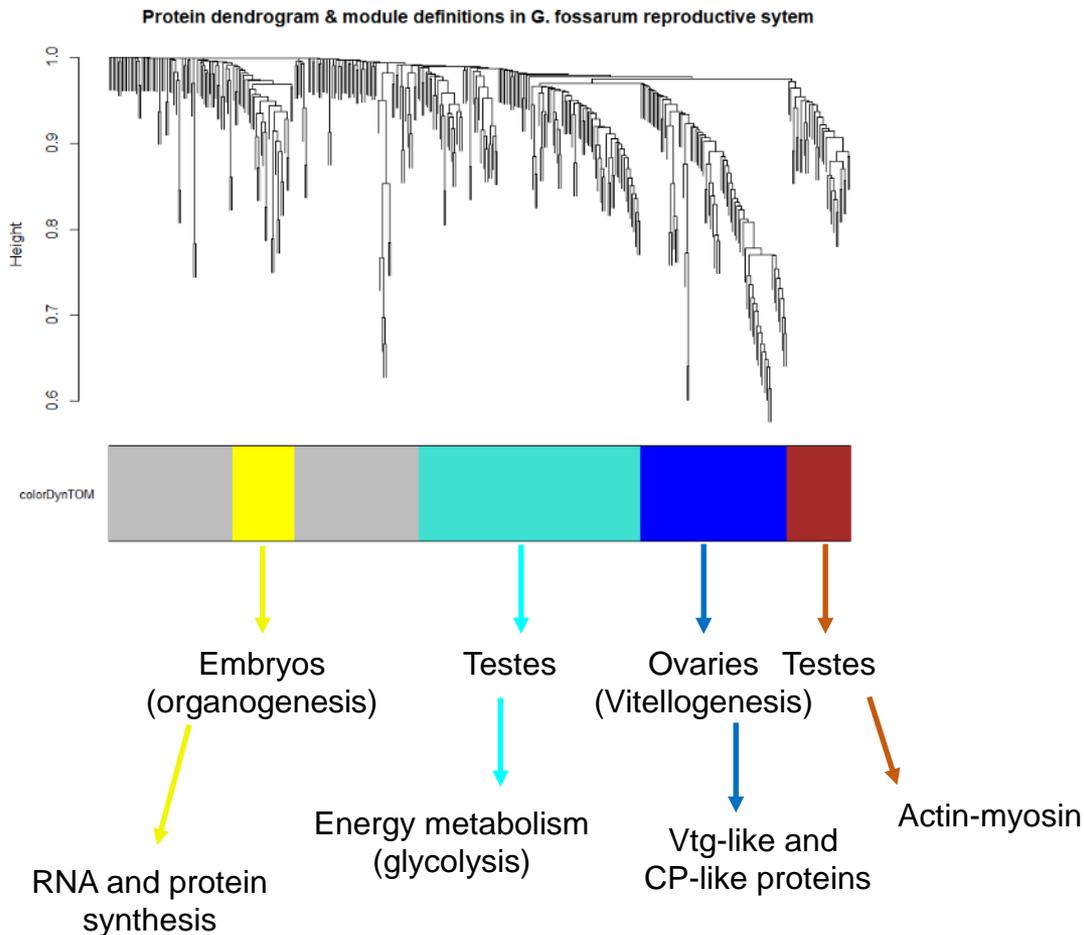
ASBMB

Trapp et al 2014, Gouveia et al, 2019

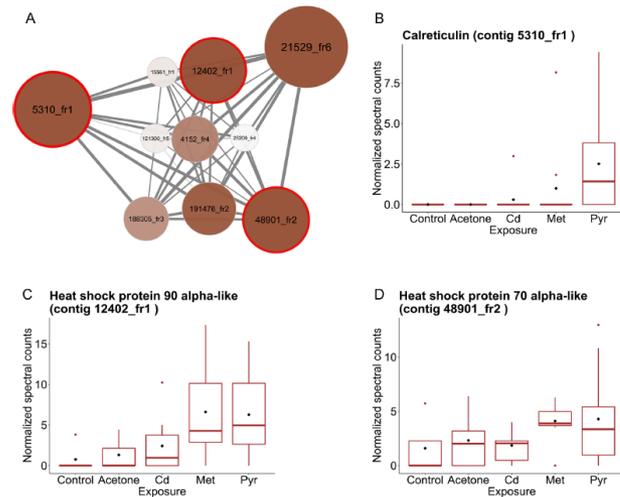
La protéogénomique a ouvert la voie à la compréhension de la physiologie moléculaire des espèces sentinelles.

Du catalogue à la compréhension

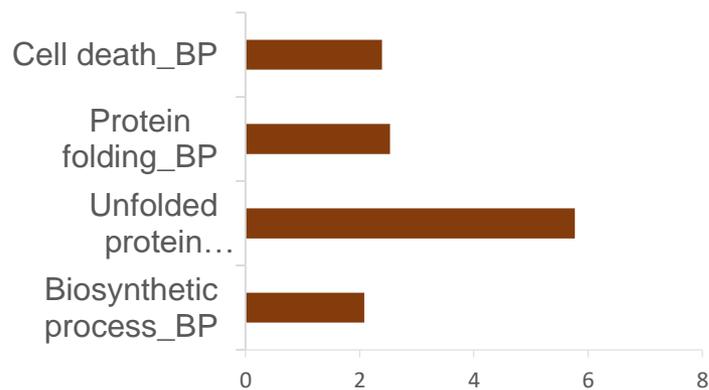
Ecophysiologie de la reproduction de *G. fossarum*



MoA d'un insecticide sur la gonade mâle



Protein set enrichment analysis



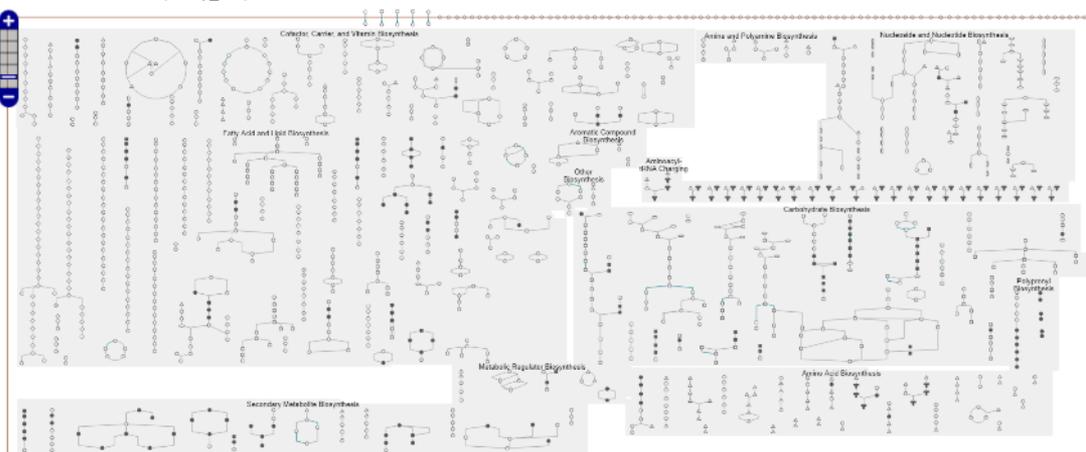
Du catalogue à la compréhension



Reconstruction protéogénomique du métabolisme

Profils organo-spécifiques des voies métaboliques

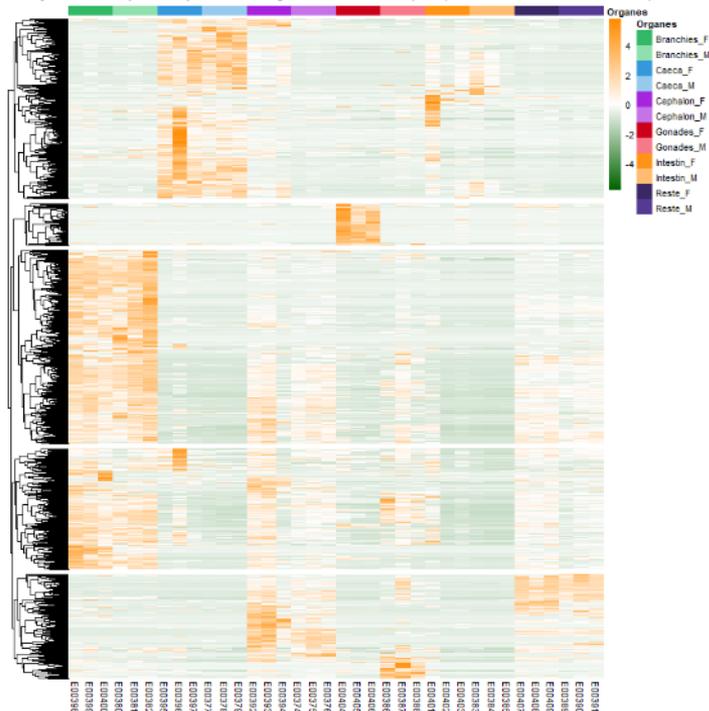
Gammarus fossarum (Trinity_Gfb)



7630 enzymes; 374 voies métabolique

<https://arthropodacyc.cycadsys.org/>

Enzymes vues en protéomique dans les organes de GFB, filtrées pour (>3 SC & vues dans 3 échantillons)



Profils des voies métaboliques organo-spécifiques

Approches moléculaires à la perturbation endocrine

OPEN Identification, expression, and endocrine-disruption of three ecdysone-responsive genes in the sentinel species *Gammarus fossarum*

D. Gouveia^{1,2}, F. Bonneton³, C. Almunia², J. Armengaud², H. Quéau², D. Degli-Esposti², O. Geffard² & A. Chaumot¹

14 October 2017
14 February 2018
28 February 2018

OPEN *De novo* transcriptomes of 14 gammarid individuals for proteogenomic analysis of seven taxonomic groups

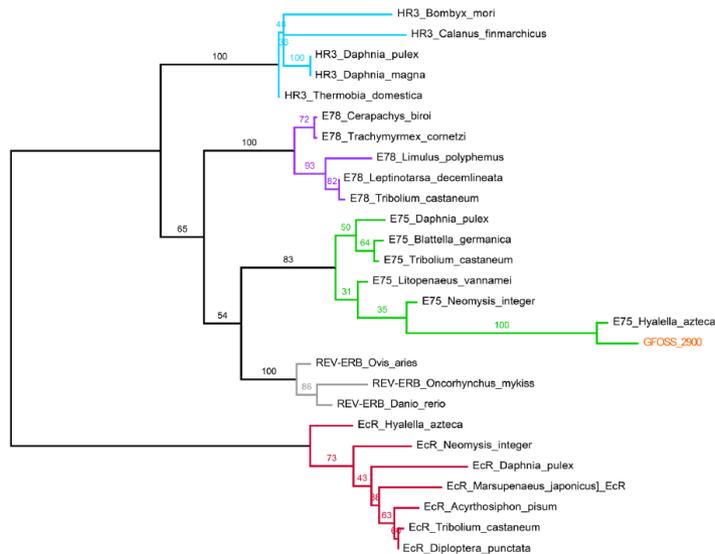
Yannick Cogne¹, Davide Degli-Esposti², Olivier Pible¹, Duarte Gouveia¹, Adeline François², Olivier Bouchez², Camille Eche², Alex Ford², Olivier Geffard², Jean Armengaud², Arnaud Chaumot¹ & Christine Almunia¹

16 February 2019
13 August 2019
27 September 2019

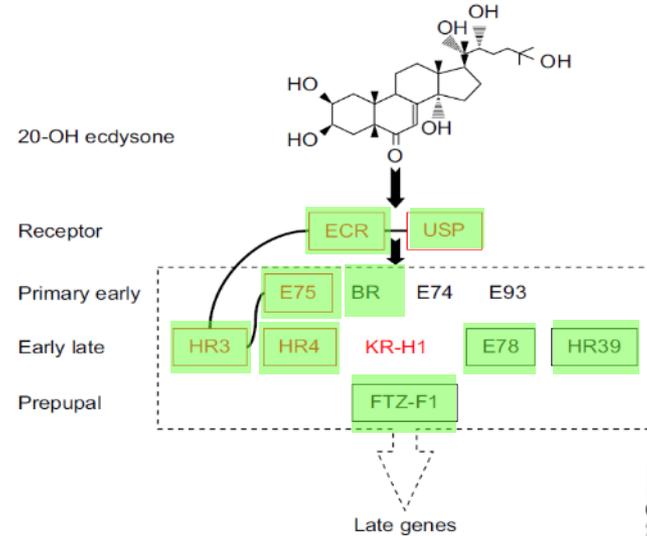
Data Article

Transcriptomic data on the transgenerational exposure of the keystone amphipod *Gammarus locusta* to simvastatin

Teresa Neuparth^{a,†}, André M. Machado^{a,b}, Rosa Montes^c, Rosario Rodil^c, Susana Barros^d, Néelson Alves^d, Raquel Ruivo^d, Luis Filipe C. Castro^{a,b}, José B. Quintana^c, Miguel M. Santos^{a,b,†}



Gouveia et al 2018

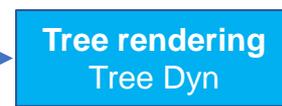
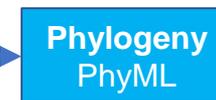


“Projet ThECA 2019

The availability of transcriptomic resources allows an improved identification of hormone pathways in gammarids

Approches moléculaires à la perturbation endocrine

1. Homology search and molecular domain characterization



Query EcR-LBD *D. melanogaster*

N-terminal
31-303 aa

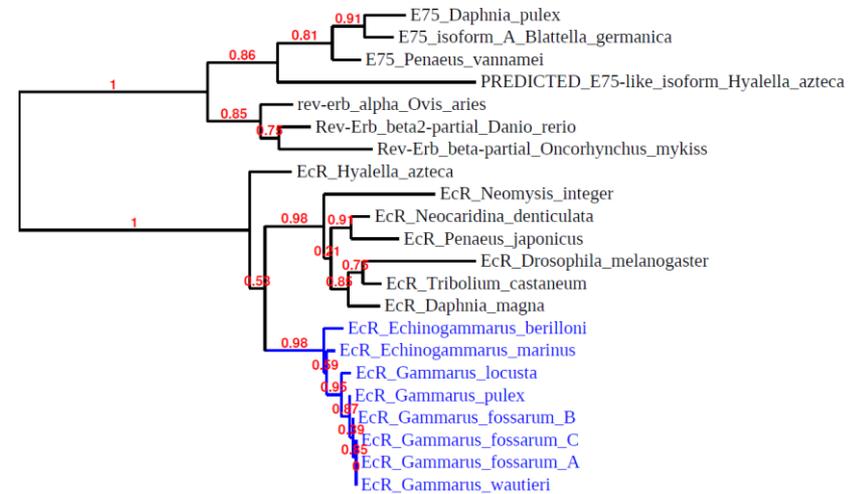
Hinge
region
107-120 aa

C-terminal
4-10 aa



DNA
binding
domain
(DBD)
75 aa

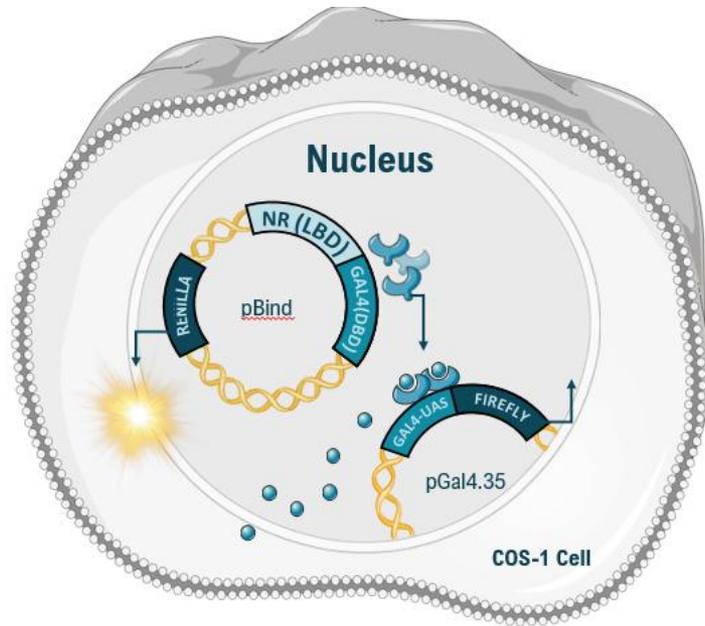
Ligand binding domain
(LBD)
245 aa



Dereeper et al 2008, 2010
Phylogeny.fr

Stage L3 Isis Lorenzo Colina

Identification des EcRs des gammaridés



Transactivation assay's system

Constitutive production of **NR(LBD)/GAL4(DBD)**;

Constitutive production of **Renilla** luciferase;

Ligand-receptor **Interaction**;

Binding at **GAL4-UAS**;

Production of **Firefly** luciferase.

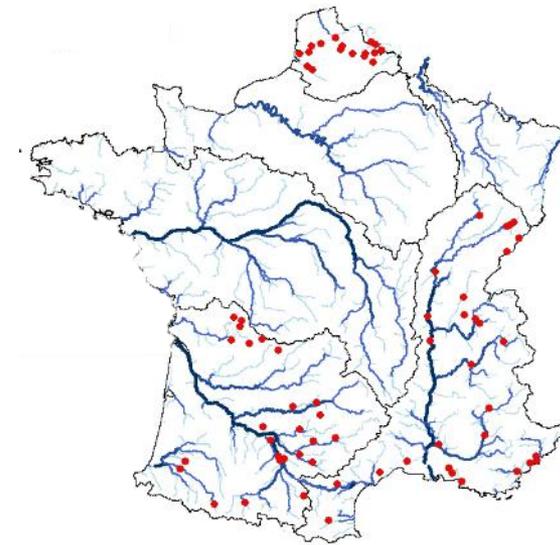
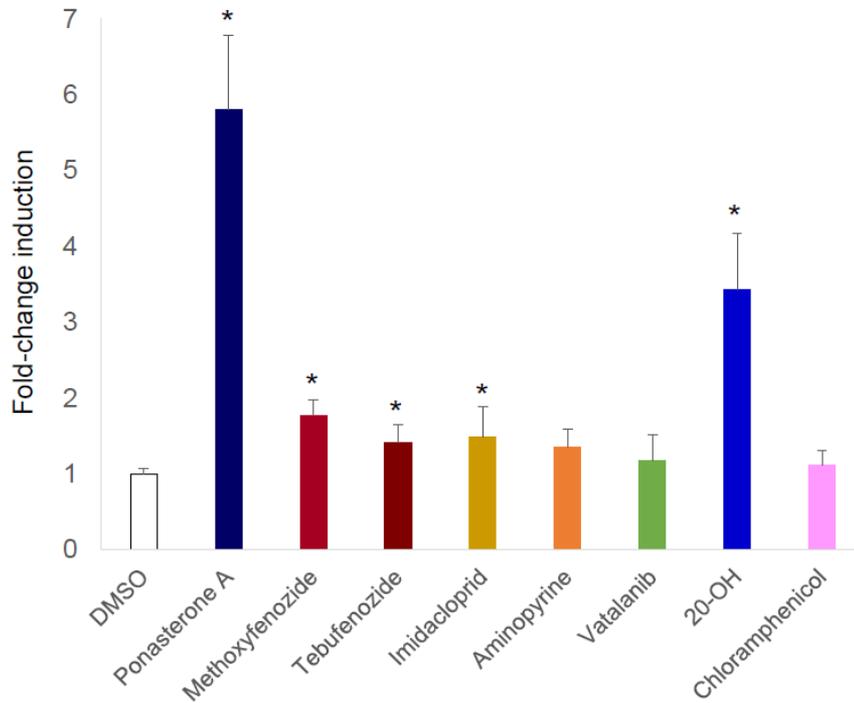


NR: Nuclear receptor
DBD: DNA Binding Domain

LBD: Ligand Binding Domain
UAS: Upstream Activating Sequence

Joao Sousa PhD

Approches moléculaires à la perturbation endocrine



Du labo...

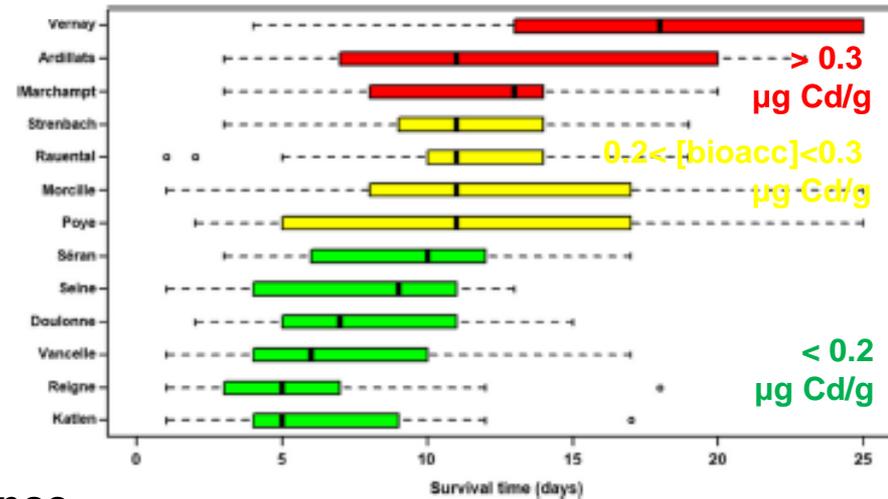
au terrain

Effets populationnels

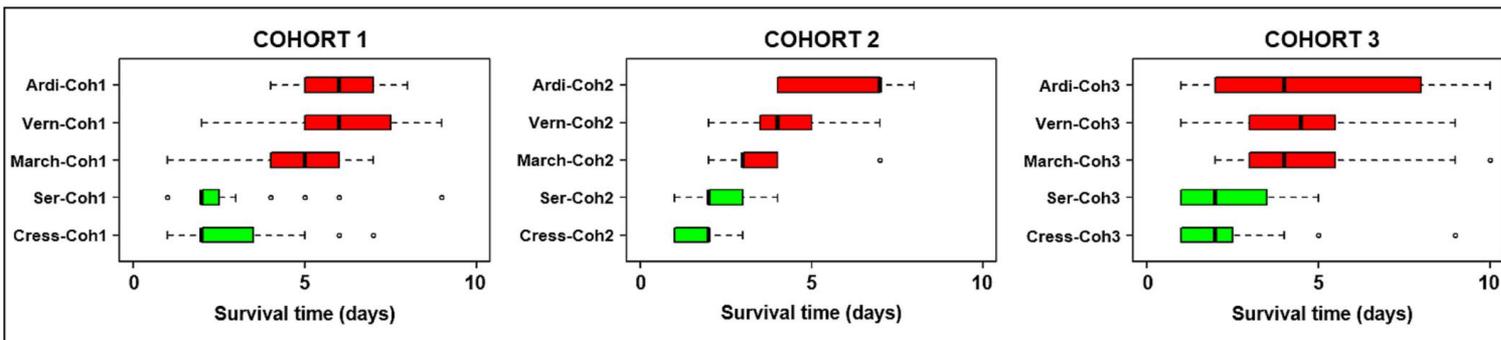
Acclimation and transgenerational plasticity support increased cadmium tolerance in *Gammarus* populations exposed to natural metal contamination in headwater streams

Auréline Lalouette^a, Davide Degli Esposti^a, Laura Garnero^a, Maxime Allibert^a, Lysiane Dherret^b, Aymeric Dabrin^b, Nicolas Delorme^a, Rémi Recoura-Massaquant^a, Arnaud Chaumot^{a,*}

Tolérance au Cd entre pop



Plasticité de la tolérance



Lalouette et al STOTEN 2023

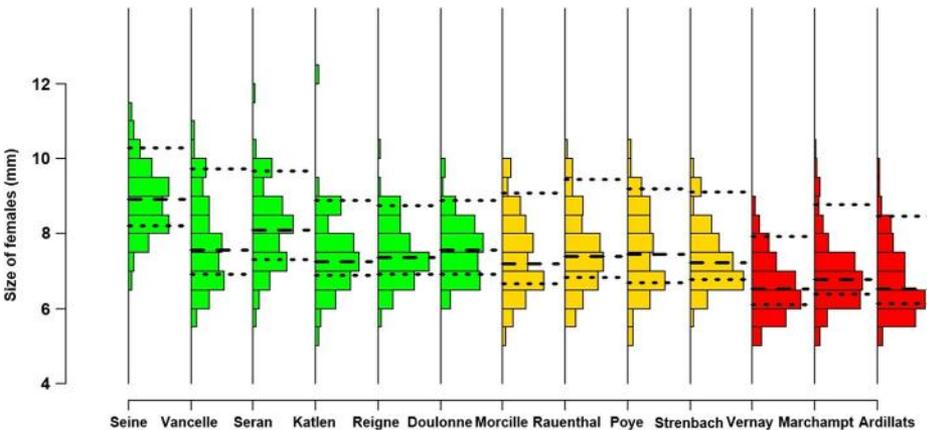
Effets populationnels

Ecotoxicology
<https://doi.org/10.1007/s10646-024-02777-5>

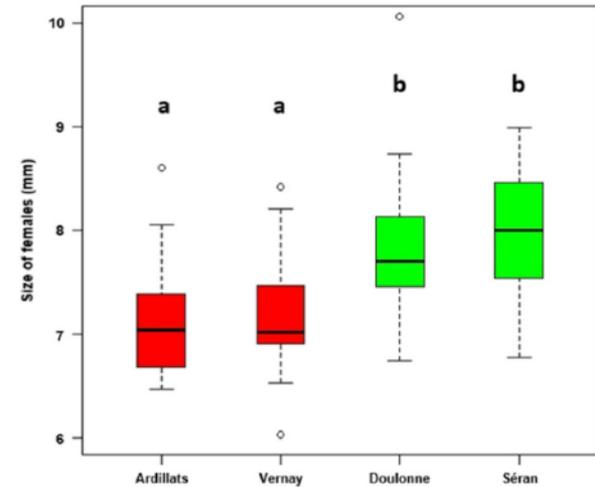


Chronic metal contamination shapes the size structure of *Gammarus fossarum* populations in French headwater rivers

A. Lalouette¹ · D. Degli Esposti¹ · C. Colomb¹ · L. Gamero¹ · H. Quéau¹ · R. Recoura-Massaquant¹ · A. Chaumot¹



6 mois Cd free au labo



Taille réduite à la puberté, taille moyenne et maximale réduite dans les populations exposées au Cd.

Le coût de la tolérance et l'adaptation à l'histoire de la vie comme mécanismes évolutifs sous-jacents

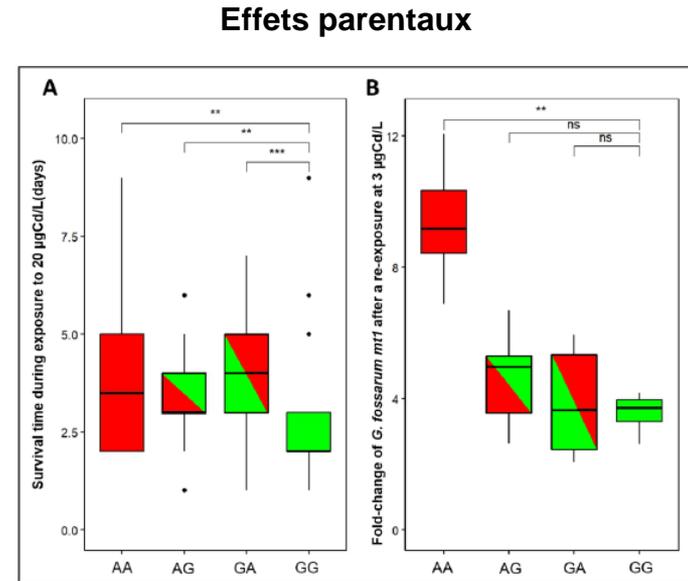
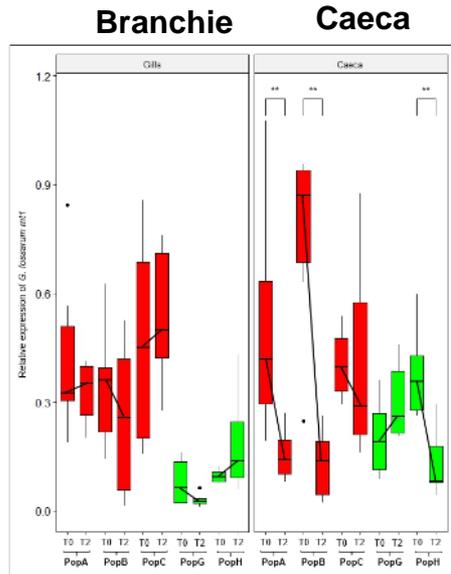
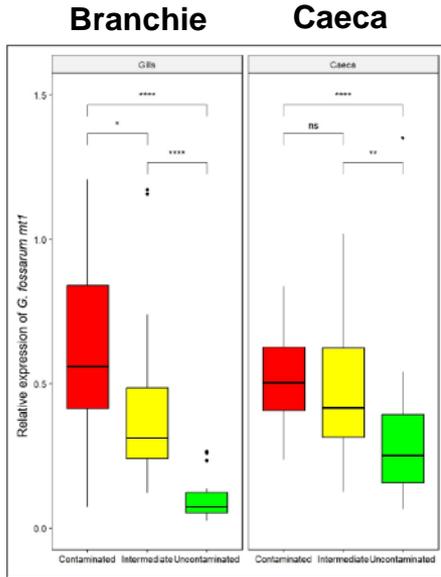
Lalouette et al Ecotoxicology 2024

Effets populationnels et approches moléculaires

Cadmium tolerance is associated with metallothionein gene expression plasticity in *Gammarus fossarum* field populations

ADAPTATION CRUSTACEANS ECOTOXICOLOGY PHENOTYPIC PLASTICITY

Auréline Lalouette, Arnaud Chaumot, Louveline Lepeule, Karen Gaget, Nicolas Delorme, Laura Garnero, Federica Calevro, Davide Degli Esposti



Lalouette et al preprint 2024

Conclusions

Capacité d'investiguer la dimension moléculaire d'organismes non modèle en bio mol, mais de pertinence environnementale

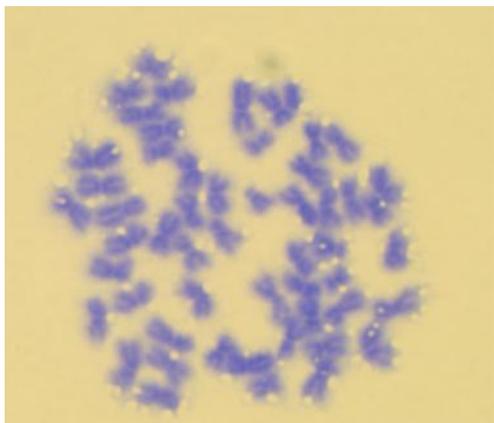
Ressources importantes pour la communauté international

Du moléculaire au développement d'outils d'identification des dangers chimiques

Application d'outils moléculaires aux question écologique

Merci de votre attention

Perspectives: towards a reference genome for *G. fossarum*



Credit: Svitlana Kostenko

Karyotype: 52-54 chromosomes

Genome size (haploid): 6.7 Gb



Genome sequencing: ongoing

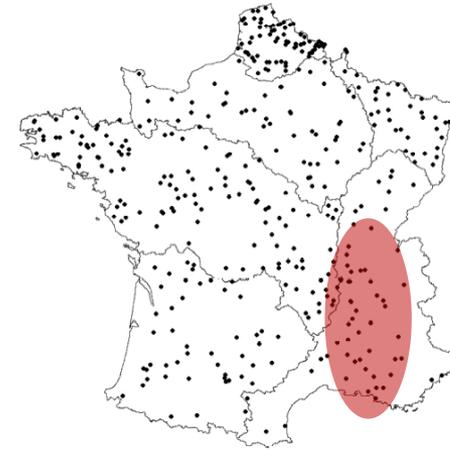
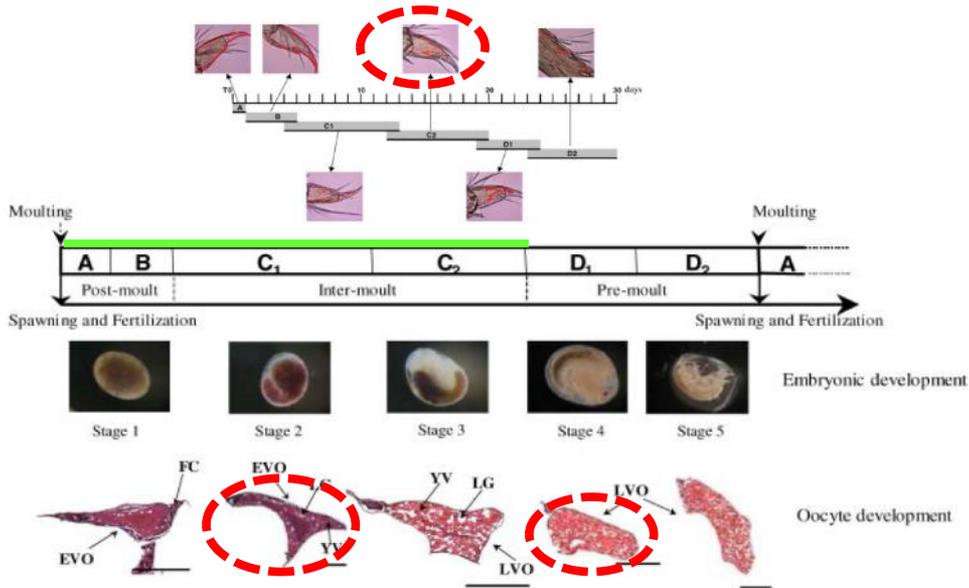
**Long read sequencing
PacBio Revio system
(collab. INRAE EPGV laboratory)**

A first high quality genome in the gammarid family.

Comparative genomics across aquatic ecotoxicological models (*H. atzeca*, *D. magna*)

Perspectives: towards environmental relevance 1

Linking *in vitro* NRs activities to toxic impacts and exploring its diagnostic potential in the field



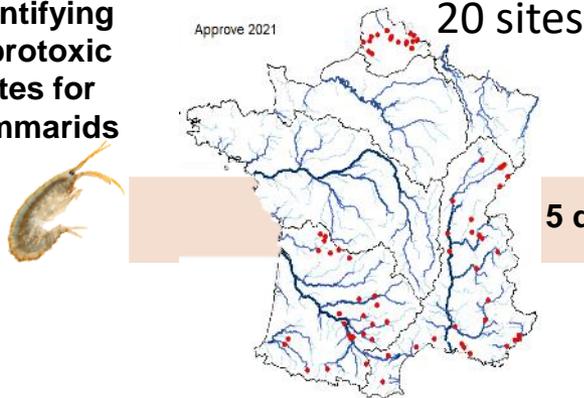
PhD thesis Joao Sosa 2023-2026
Post-doc hired from 2025

Work in progress: *in vitro-in vivo* calibration, testing environmental relevance

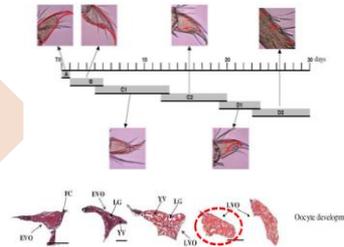
Perspectives: towards environmental relevance 2

Shifting from an approach focused on a single chemical in the laboratory to an ecotoxicological framework for studying the impact of real-life exposure in the field.

Identifying reprotoxic sites for gammarids



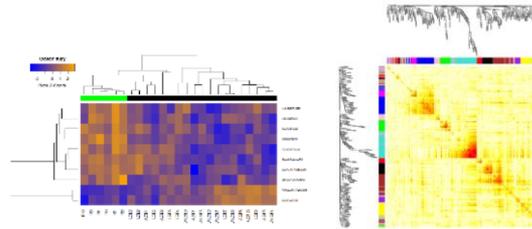
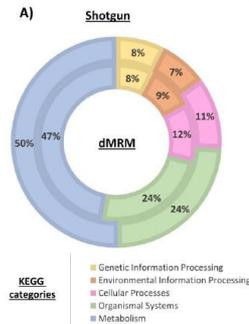
Reprotoxicity assessment



Targeting organ response

2 organ pools per site:
hepatopancreatic caeca
and ovaries

Comparative proteomics and network analyses



Identify exposure and toxicity related proteomic profiles at the organ level and linking them to apical end-points to investigate MoA of environmental mixtures

“Outside the community there is only mythomania” ZeroCalcare, 2023



OBIS

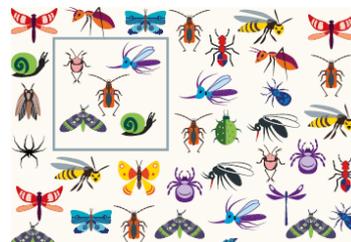
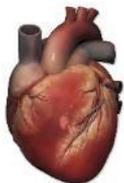
Students

Natasha
Maxence
Sarah O
Sarah F
Diego
Aurora
Iris
Zineb
Marion
Maxime
Léa
Victor
Louveline
Virgile
Amélie
Marc-Antoine
Sarah B
Auréline
João
Violette

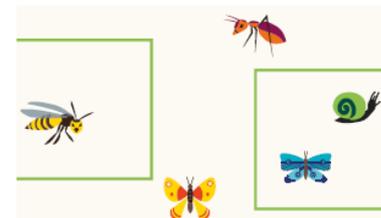
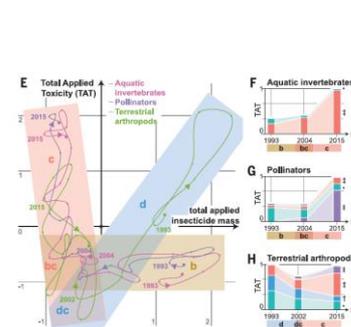
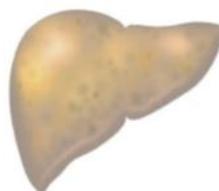


INRAE

Consequences of human pressure



Up to -75% of insects in ≤ 30 ans (Germany)
-3.5% /an of birds (Netherlands)



Hallmann et al Plos One 2017, Chase et al Nature 2020
Hallmann et al 2014, Nature, Schulz et al Science 2021
EScO INRAE and many other papers

6 M cancer deaths in 2000
10 M cancer deaths in 2020



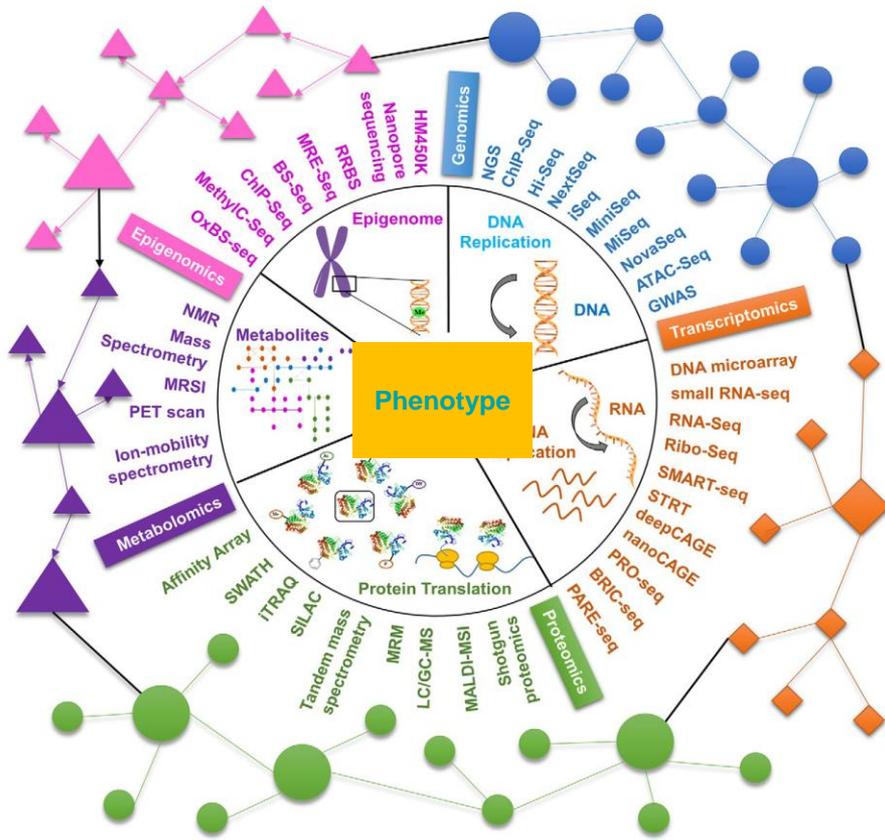
Parkin et al Int J Cancer 2001, Sung et al CA Cancer J Clin 2021
IARC Monographs

Increase of non transmissible diseases

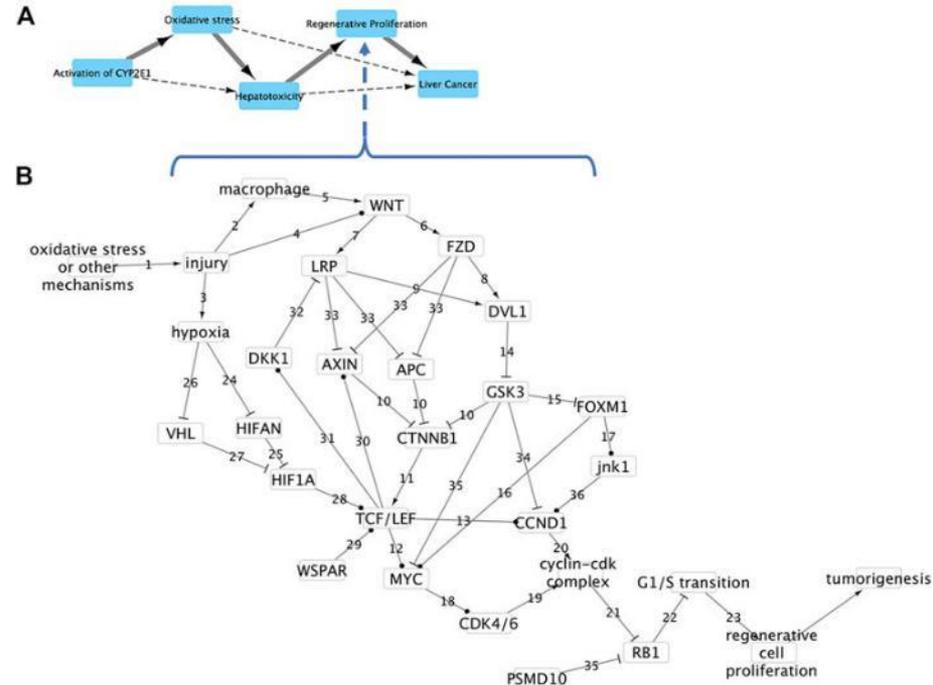
Loss of biodiversity

Consequences of human pressure are measurable in terms of the health impact in living organisms

Systems thinking: linking different scales



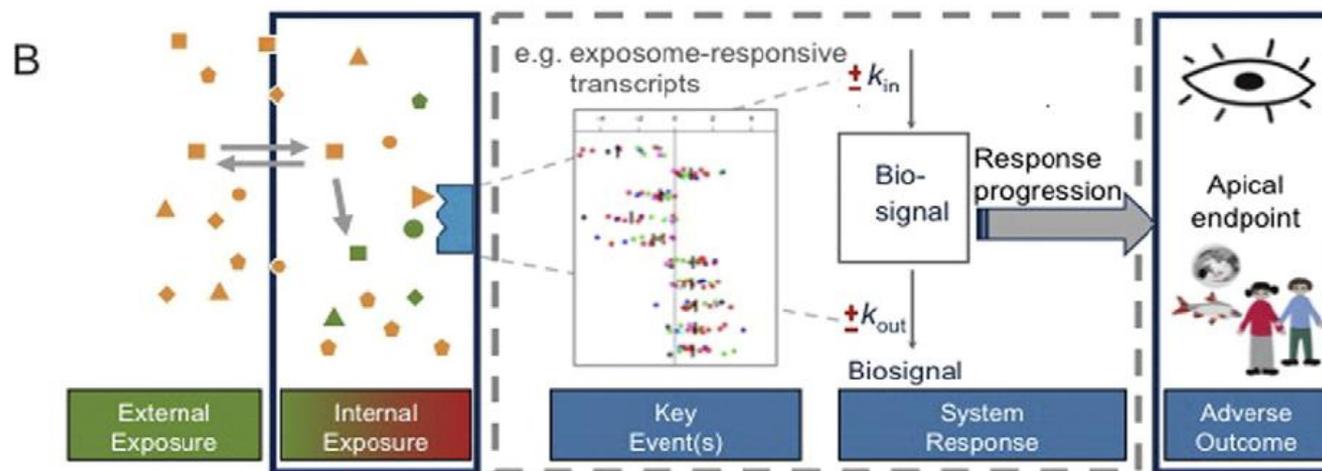
Modified from Tolani et al 2021



Perkins et al Front Tox 2022

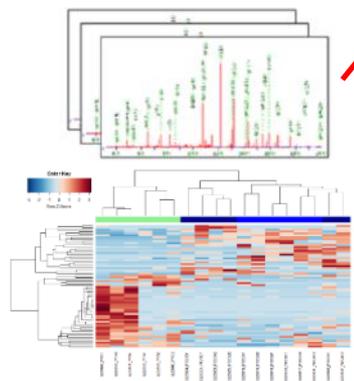
Exhaustive molecular techniques and modelling approaches offer the opportunity to provide a mechanistic understanding of biological systems

Systems thinking: interest in ecotoxicology



cellular molecular

Label-free proteomics



Molecular profiles

Modes of Action

Modified from Escher et al *Env Int* 2017

Responses at the molecular level can adequately complement chemical and ecological approaches to provide information on the quality of water bodies.

The case of the ecdysone receptor and its disruption

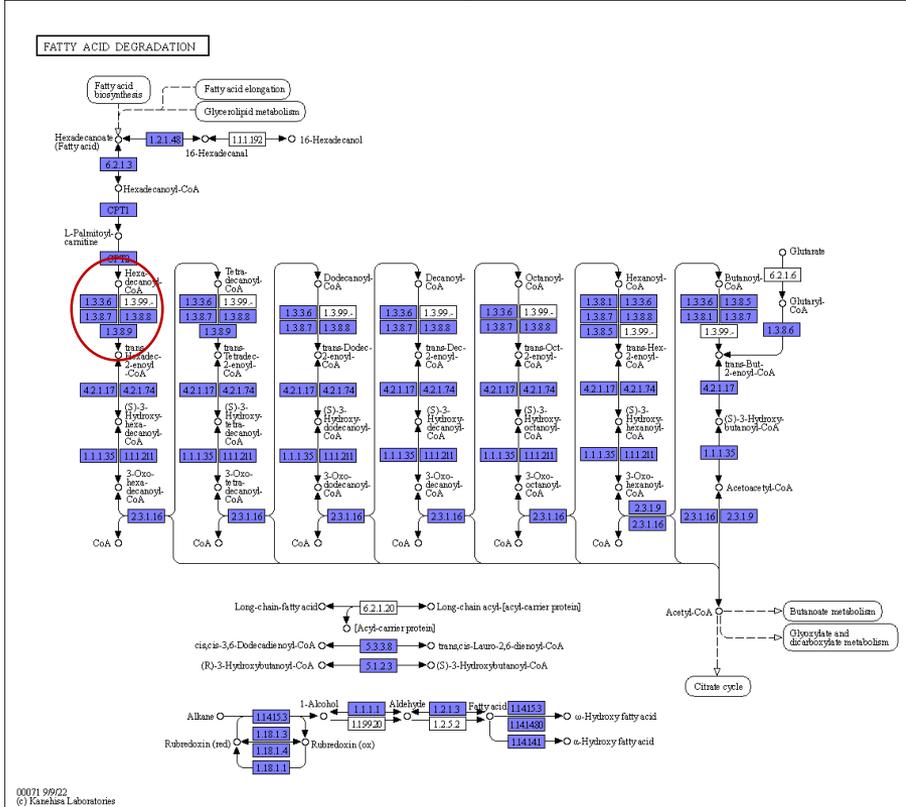
- ✓ **Identify Nuclear Receptors sensitive to insecticides in amphipods**
- ✓ **Develop an *in vitro* test based on the amphipod EcR, a target of ecdysteroid agonist insecticides.**

INRAE

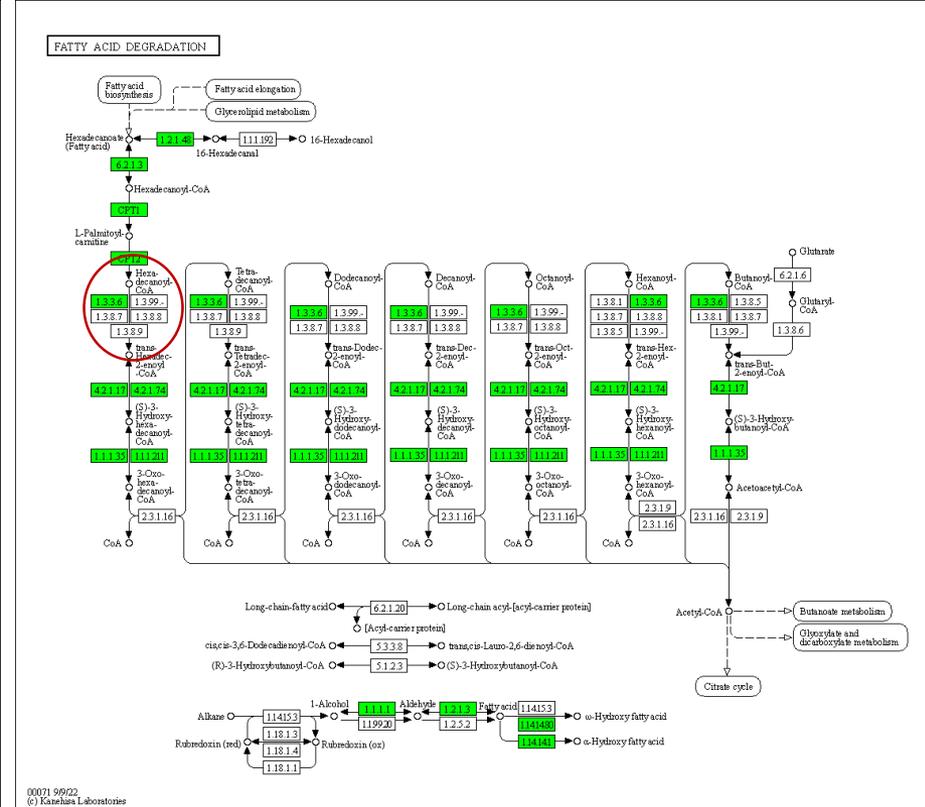


The case of metabolic networks

Transcriptomics



Proteomics (caeca)



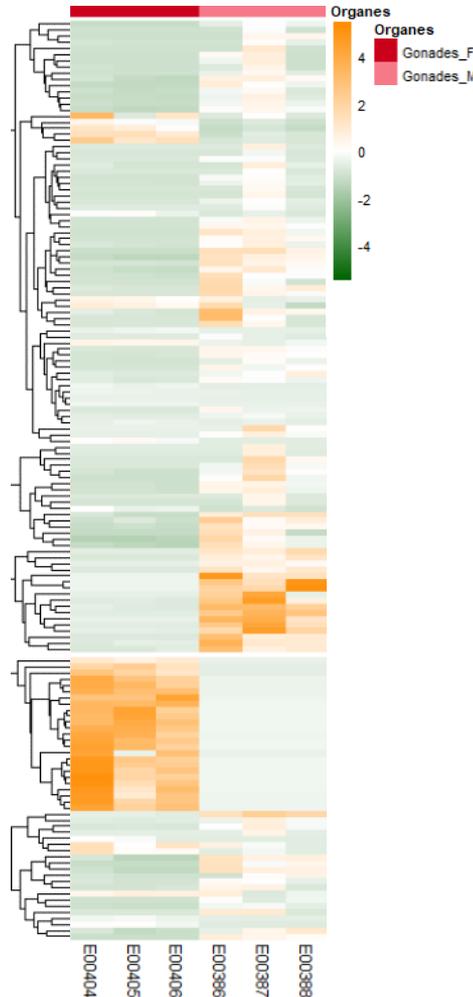
Koenig et al biorXiv

Multi-omics data integration allows a cross-validation of the identified metabolic pathways

Les cas des réseaux métaboliques chez *G. fossarum*

Ovaires

voie de détoxification
(GST)



Testicules

métabolisme énergétique
(glycolyse et β -oxydation)

Koenig et al in preparation

L'analyse protéomique permet d'identifier les spécificités métaboliques de différents organes

Expérimenter l'éco-exposome avec les gammares

Characterisation of chemical environmental mixtures.

**External
Exposure**

POCIS

5 reference sites

5 reprotoxic sites

**Internal
Exposure**

**Bioaccumulation
in gammarids**

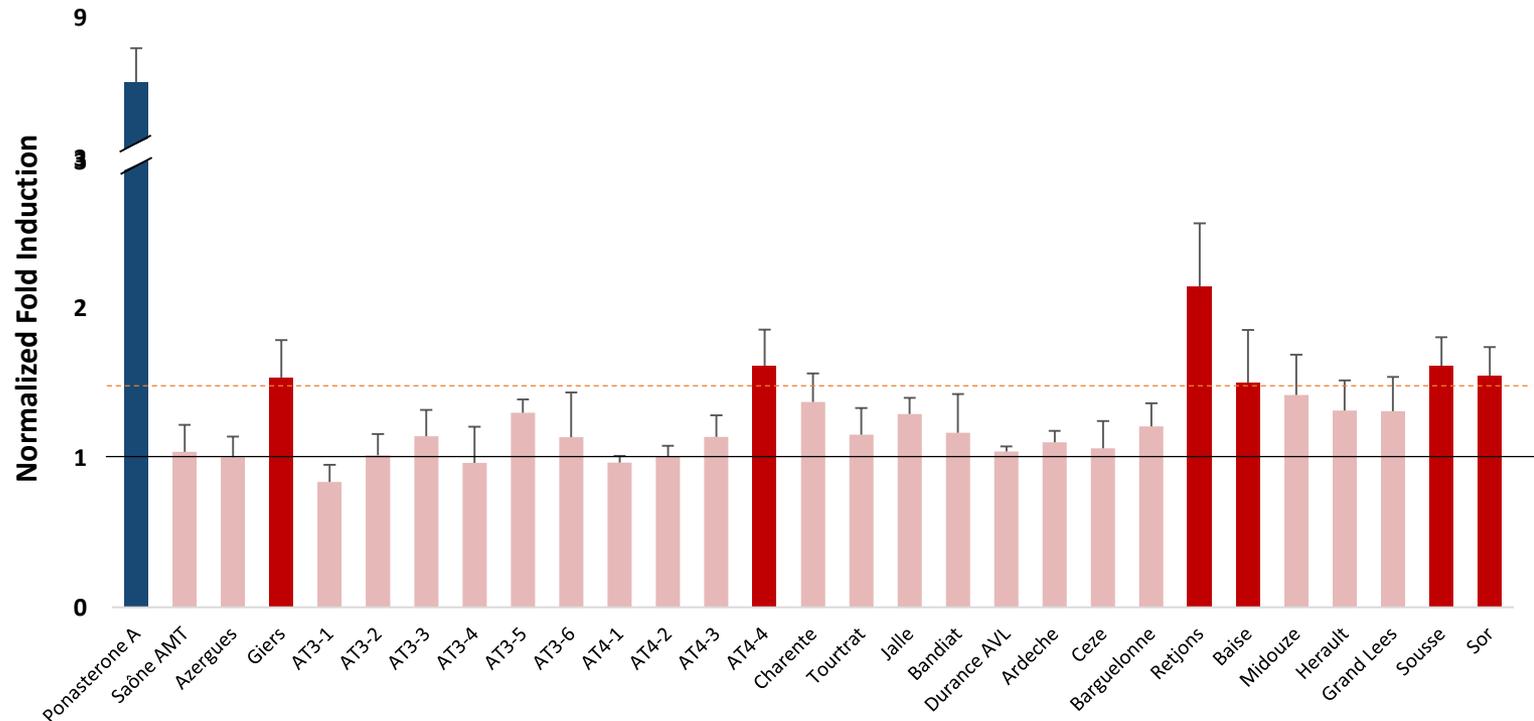
**CECs: Pharmaceuticals, flame retardants, PFASs
Other POPs: PAH, PCBs
Pesticides**

**Collaboration with H el ene Budzinski
Laboratoire Physico- et Toxico-Chimie de l'environnement (LPTC)
UMR EPOC, Bordeaux**

List of contaminants possibly related to reprotoxicity in gammarids

Linking *in vitro* NRs activities to toxic impacts and exploring its diagnostic potential in the field

EcR cell reporter bioassay results on organic water extracts from 22 sites in France





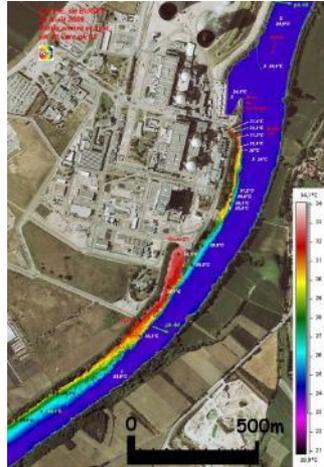
HYR

**Hydraulique
des rivières**



Structures d'écoulements et mélange en rivière

1) Confluences



2) Crues débordantes



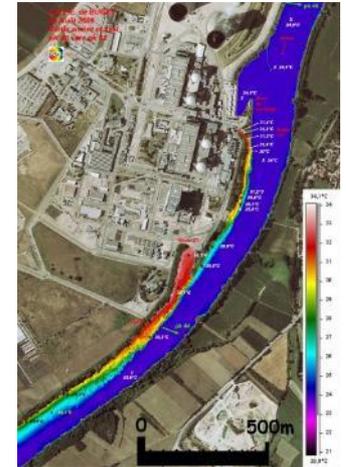
3) Ecoulement avec corridor végétal



Mélange de **sédiments fins** et
mélange **thermique**

Structures d'écoulements et mélange en rivière

Le mélange de **matières** (sédiments, polluants, nutriments...) et de **chaleur** a un impact sur la qualité de l'eau, la biodiversité, les habitats aquatiques (poissons, invertébrés..)



1. Quelles sont les structures présentes dans les interfaces de mélange?
2. Sous quelles conditions deux écoulements sont capables de se mélanger rapidement ? (et quelles sont les structures impliquées dans ce cas?)

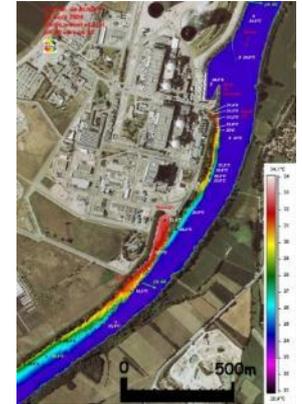
- Thèse de Bastien Cerino (soutenance le 29/11/24): Large-scale flow structures in shallow mixing layers over uniform and spanwise-heterogeneous bed surfaces. ' RiverLy, Univ. Aberdeen



- Cerino et al. (2024), *Env. Fluid Mech.*
- Zampiron, Cerino et al. (2024), *Phys. Fluids*

Structures d'écoulements et mélange en rivière

- Thèse de Roland Finance (Oct. 2024 – Sept. 2027): 'Impact des structures d'écoulements observées à l'aval d'une confluence sur le mélange de **sédiments en suspension**, et sur le mélange **thermique**.' RiverLy, LMFA



- Thèse de Florence Lemant (Déc. 2024 – Nov. 2027): 'Modélisation 1D+ des écoulements débordants et du transport de **sédiments fins** en rivière. Application à la gestion d'aménagements hydrauliques de production d'énergie renouvelable.' CNR, RiverLy

- Kaddi et al. (2024),
Env. Fluid Mech.



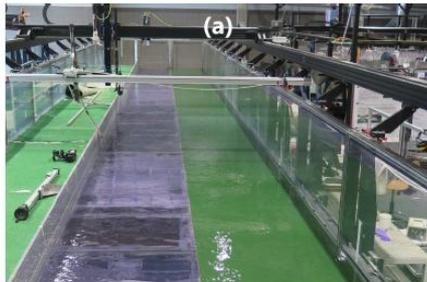
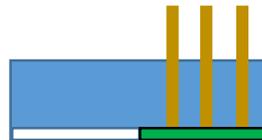
Boisson et al. (2022)

Structures d'écoulements et mélange en rivière

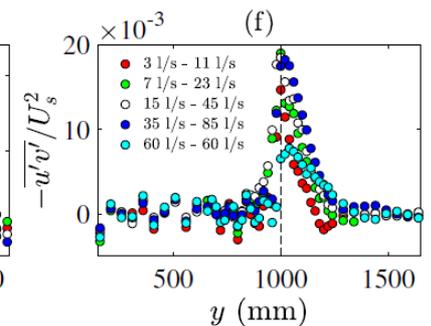
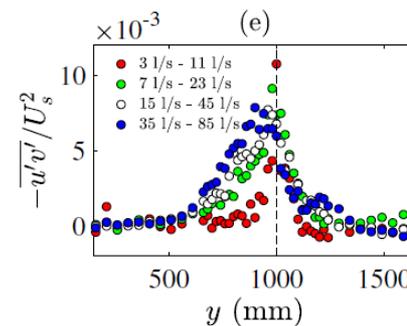
- Thèse de Vincent Thiercelin (Oct. 2024 – Sept. 2027): ' Dispersion transverse de **polluants** dans une rivière de piedmont présentant une alternance de radiers-mouilles : application à la moyenne Durance. ' INRAE, LMFA, CEA



- Expériences S. Proust (Aôut-Octobre2024) sur les écoulements avec corridors végétaux



- Diffusion turbulente $\times 2$ avec la végétation rigide
 - Corridor végétaux: piège à sédiments, polluant, nutriment...



Structures d'écoulements et mélange en rivière

- Participation aux Short courses '**River confluences and mixing interfaces**', à la conférence River Flow, Liverpool, sept. 2024: 18 doctorants
 - G. Constantinescu (Iowa Univ.): numerical simulations (4 h)
 - C. Gualtieri (Univ. Naples): field measurements (4h)
 - S. Proust (RiverLy): Theoretical and laboratory studies (4h)

- Soumission d'une **revue de la littérature** (~1964->2024) à Environ. Fluid Mech. 'Shallow turbulent mixing layers in open-channel flows', Proust, S., Cerino, B., Berni, C. Nikora, V.

➤ Pamhyr2

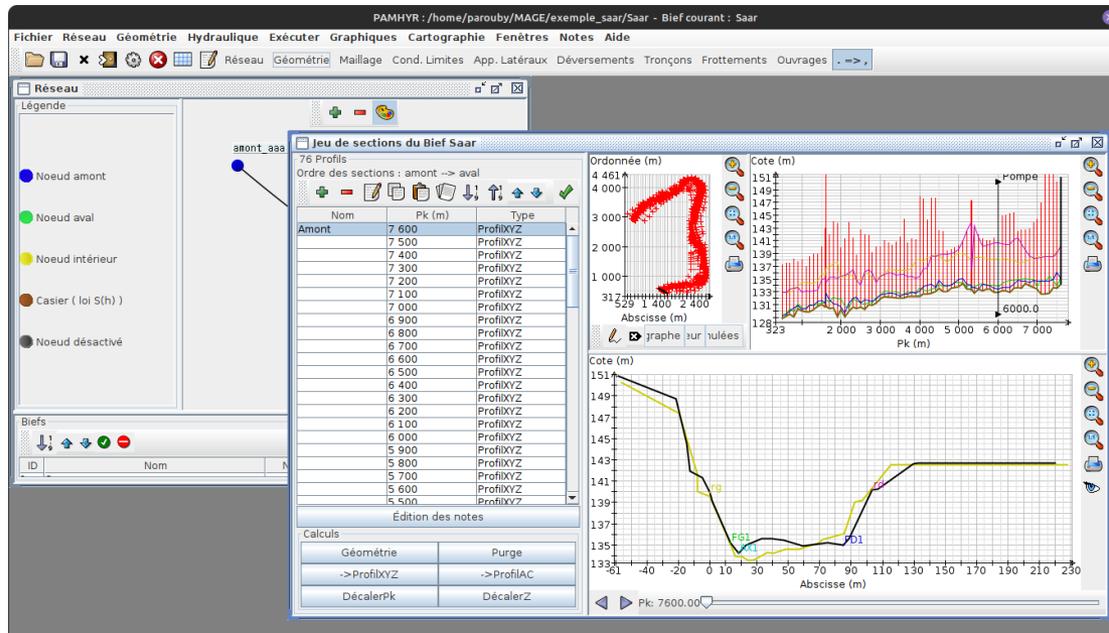
Plateforme d'Aide à la Modélisation pour
l'Hydraulique des Rivières

Contexte historique

Logiciel PAMHyR

Développé depuis la fin des années 90 en Java

Objectif : interface graphique pour les codes de calcul Mage et Rubar3



Problèmes : pas générique, pas de retour en arrière, technologies obsolètes, code hétérogène et non maintenu, Français uniquement, etc.

Nouvelle version : Pamhyr2

Contraintes techniques :

- Nouveau code : architecture saine
- Multi-plateformes (au moins Linux et Windows)
- Open-source et gratuit
- Multi langues
- Générique : compatible multiples solveurs



Choix technologiques :

- Language Python => facile à maintenir, y compris pour les physiciens
- Bibliothèque graphique PyQt + Matplotlib
- Exécutable généré avec PyInstaller + releases automatiques
- Licence :  **Free as in Freedom**
- Gitlab : gitlab.irstea.fr/theophile.terraz/pamhyr

Version 1.0.0 : 02/10/2024



Galerie



+ ↑ C

Nom du bief: BiefHogneau

Données | Cote de l'eau | Hydrogramme

Y (m) vs X (m) | Cote (m) vs Point Kilométrique (m) | Cote (m) vs X (m)

(x = -2.0393, y = 23.8031)

— Fond
— Cote de l'eau
- - - Cote maximum de l'eau

Bief: BiefHogneau | Section en travers: p1608 | Temps (s) : 3 days, 0:00:00 (259200.0 sec)

Limites

Première section en travers: 31090.0
Dernière section en travers: S1 (36270.0)

Ligne directrice pour le calcul des distances

Première ligne directrice: rg
Seconde ligne directrice: rd

Paramètres

Pas d'espace (m): 50,00
Type d'interpolation: Spline Linéaire

Cancel OK

Nom	Point Kilométrique (m)
p1608	31090.0000
interpol3112	31127.5000
p1609	31165.0000
interpol3121	31217.0000
interpol3126	31269.0000
interpol3132	31321.0000
interpol3137	31373.0000
p1610	31425.0000
interpol3148	31480.0000
interpol3153	31535.0000

Mise à jour des PK Purger Décaler

Nom	Kilométrique	Points
p1608	31090.0000	8
interpol3112	31127.5000	13
p1609	31165.0000	8
interpol3121	31217.0000	13
interpol3126	31269.0000	13
interpol3132	31321.0000	13
interpol3137	31373.0000	13
p1610	31425.0000	10
interpol3148	31480.0000	13
interpol3153	31535.0000	13
p1611	31590.0000	10
interpol3163	31637.5000	13
interpol3168	31685.0000	13
interpol3173	31732.5000	13
p1612	31780.0000	10
interpol3182	31827.0000	14
p1613	31874.0000	9
PontRD101m	31875.0000	9
PontRD101v	31885.0000	9
p1616	31886.0000	9
interpol3192	31929.0000	16

Y (m) vs X (m) | Profondeur vs Point Kilométrique (m) | Cote (m) vs Abscisse en travers (m)

-- Section en travers précédente
-- Section en travers
-- Section en travers suivante

+ - ↓

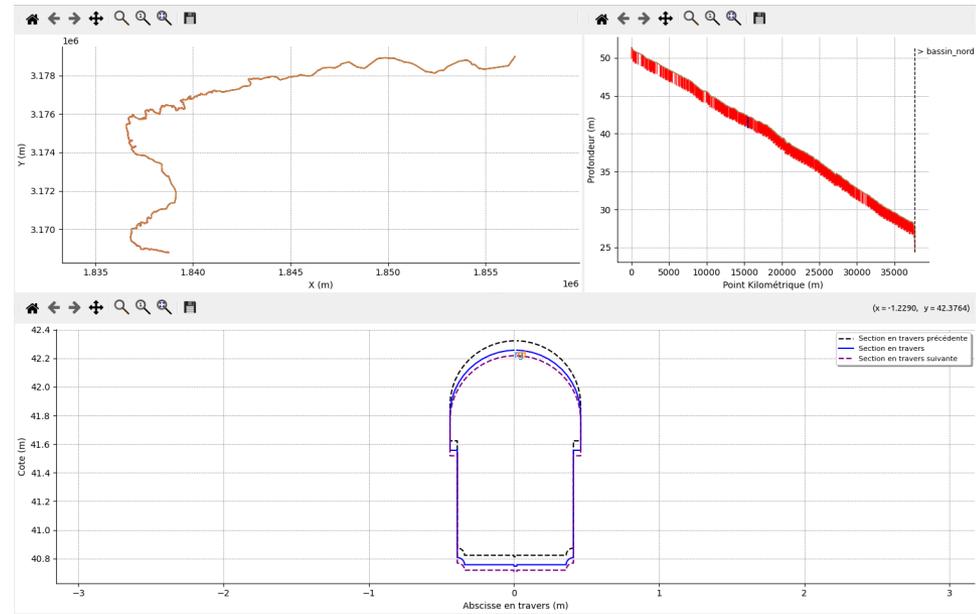
Temps	Débit (m³/s)
000:00:00:00	5.5300
000:11:37:00	5.7200
000:16:17:00	5.8200
000:22:57:00	5.9200
001:00:00:00	6.6000
001:00:57:00	8.0400
001:02:29:00	14.3000
001:04:38:00	24.4000
001:08:48:00	40.0000
001:11:27:00	46.3000
001:13:47:00	48.8000
001:16:07:00	47.9000
001:17:17:00	44.8000

Débit (m³/s) vs Temps



Travaux actuels et perspectives

- Exemples d'études :
 - Rivière Saigon (VietNam)
 - Champs captants (France)
 - Aqueducs d'Arles (Empire Romain)



- Développements prévus :
 - Intégration du solveur Adis-TS (transport sédiments fins)
 - Scénarios : dériver une étude à partir d'un modèle parent
 - Génération automatique de scénarios (type Monte Carlo)

Plénière RiverLy – faits marquants
8 octobre 2024

Actualités des règles à jauger INRAE



Jérôme Low Cozt¹, Mickaël Lagouy¹, Cédric Gouineau²

1



2



Mesure de débit low-cost et low-tech

Instruments de mesure pour le jaugeage à pied :



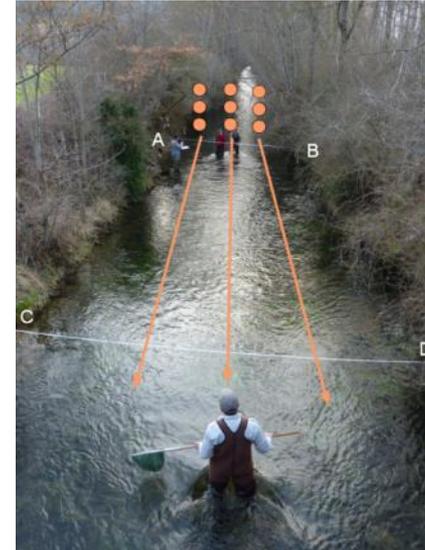
Courantomètre
mécanique (moulinet)

Courantomètre
acoustique Doppler
(ADV)

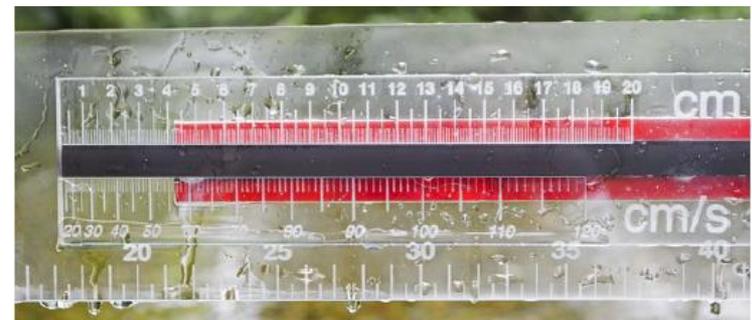
Courantomètre
électromagnétique

Profileur acoustique
Doppler (ADCP)

De 5 000 à 30 000 €



Méthode
du flotteur
< 50 €



Règle à jaugeur ~ 200 €

Règle à jauger : principe de mesure de vitesse

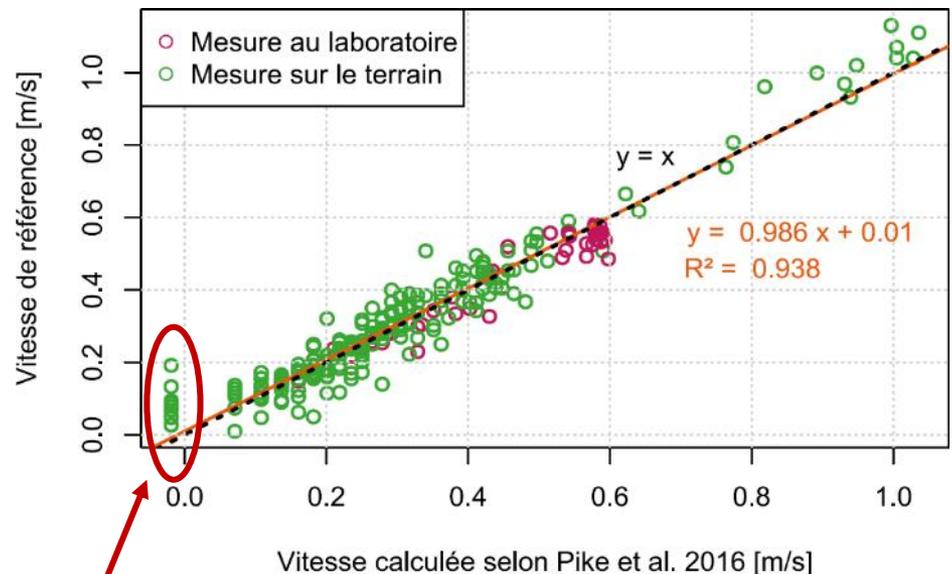


Profondeur : 3-70 cm
Vitesse : 20-120 cm/s

Relation entre vitesse moyenne V et hauteur de charge Δh (Pike et al., 2016) :

$$V = 0.641 \sqrt{2g \Delta h} - 0.019$$

confirmée par de nombreuses comparaisons INRAE et partenaires :



Points exclus de la régression (charge nulle)

Règle à jauger : article scientifique

Article publié en libre accès dans Journal of Hydrology (2024)

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131887>

Introduit l'instrument, les outils associés, ainsi que la méthode de calcul des incertitudes (adaptation de Q+)

~100 comparaisons règle à jauger / jaugeage conventionnel :

écarts en débit généralement <10% si la vitesse moyenne est supérieure à 20 cm/s

Journal of Hydrology 642 (2024) 131887

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hydrology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol



Research papers

The streamgauging ruler: A low-cost, low-tech, alternative discharge measurement technique

J. Le Coz*, M. Lagouy, F. Pernot, A. Buffet, C. Berni

INRAE, UR Riverly, River Hydraulics, 5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne, France

ARTICLE INFO

This manuscript was handled by Marco Borga, Editor-in-Chief, with the assistance of George Constantinou, Associate Editor.

Keywords:
Velocity-head rod
Low-cost
Hydrometry
Streamgauging
Uncertainty

ABSTRACT

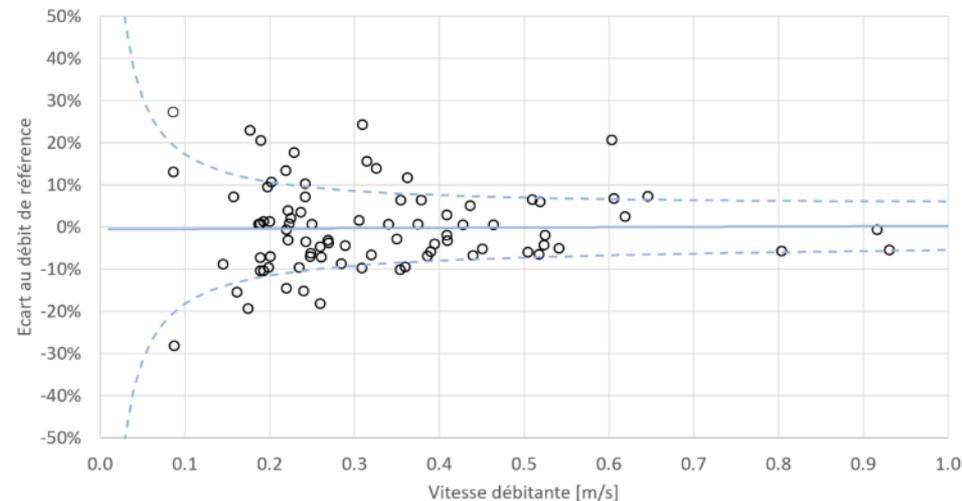
The streamgauging ruler, a.k.a. transparent velocity-head rod, is an inexpensive, easy, and quick tool for conducting wading discharge measurements in open-channel flows. It provides reliable velocity and discharge measurements when the right measuring conditions, especially minimum flow velocity, are met. The principle is simple: depth-averaged velocity can be computed from the water level difference between the upstream and downstream sides of a plastic board placed into the flow perpendicular to the flow direction. The model developed by INRAE (commercially available for €210) is a little more expensive than previously published models but it significantly improves the ease-of-use and measurement quality. Comparison experiments with reference measurements performed in a laboratory flume and at various field sites confirm the accuracy of the semi-empirical velocity rating established by Pike et al. (2016). Over most of the investigated cross-sections, the discharge measurements are generally within 10% of the reference discharge, when the velocity is greater than 0.2 m/s. However, operator-related effects (site selection, number and distribution of verticals, adjustment and reading of the sliding rulers) can lead to larger errors, hence operator training and care are essential.

A first evaluation of the velocity uncertainty related to the velocity-head reading is proposed in the form of an equation that can be used in existing methods for calculating discharge measurement uncertainty. As the method is extremely simple and quick, it is well suited for rapid discharge estimates, training or demonstration, citizen science programmes, or cooperation with services with limited resources and/or lacking specialized expertise in hydrometry. As of July 2024, 304 instruments had been built and released to diverse users around the world, along with a simple discharge computing spreadsheet, a video tutorial, and a field memo.

1. Introduction

Research, management, and decision making relating to water resources and water-related hazards are based on hydrological data, notably streamflow measurements and time series (McMillan et al., 2017). Most often, streamflow time series are derived from water level records using stage-discharge models (rating curves) which are established using streamgaugings, i.e. occasional measurements of stage and

It is therefore useful to develop and validate alternative streamgauging systems that are inexpensive, easy to deploy and build, and sufficiently reliable and accurate for the intended purpose of the data. Alternative low-cost techniques may improve discharge measurements in specific site conditions and/or would be more affordable for training purposes and/or use in developing countries or remote regions. Innovative low-cost solutions are often revisited, modernized versions of old and sometimes forgotten instruments and techniques. For in-



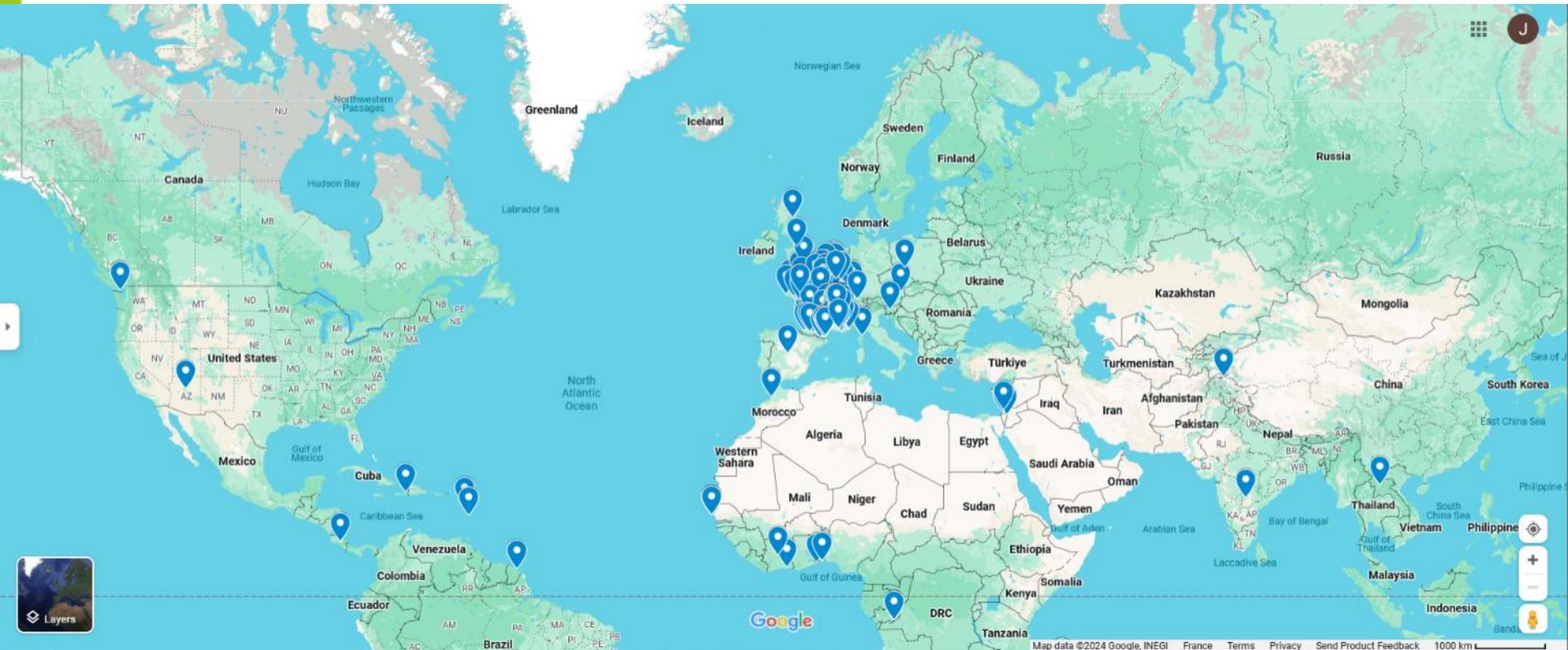
Règle à jauger : formations



Vers une pandémie de RàJ ?

En septembre 2024, 330 règles à jauger INRAE dans 21 pays, dont :

- Haïti (3 + 10 commandées, projet Université de Louvain-la-Neuve en Belgique)
- Laos (14, projet IRD Toulouse)
- Canada (11, via Robin Pike, un des inventeurs de la RàJ)



Page web : <https://riverhydraulics.riverly.inrae.fr/outils/instrumentation/regles-a-jauger>

Assistance / infos : contact-raj@listes.inrae.fr (+ de 300 abonnés dont des listes)

Stade épidémique déjà atteint en France...

Les règles à jauger INRAE en France (Métropole et outre-mer) :

- Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion, Mayotte
- et bientôt : Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis-et-Futuna



Possible de jauger sur seuil épais, là où la profondeur serait trop faible pour un moulinet ou un courantomètre

Page web : <https://riverhydraulics.riverly.inrae.fr/outils/instrumentation/regles-a-jauger>

Assistance / infos : contact-raj@listes.inrae.fr (+ de 300 abonnés dont des listes)

Règle à jauger : évolutions des outils

Mise à jour du mémo terrain OFB/INRAE

Foire aux Questions

Mémo terrain – Jaugeages Police de l'Eau
Jaugeage à la règle à jauger



1/2

Je respecte les consignes des jaugeages au courantomètre

Voir le Mémo terrain – Jaugeages Police de l'Eau
Exploration des vitesses sur perche

- Choix du site de mesure
- Surveiller le niveau d'eau
- Déploiement du décimètre
- Nombre et position des verticales
- Dépouillement du débit



- *Eviter tout encombrement amont et aval (blocs, végétation...)*
- *L'écoulement doit être perpendiculaire à la section de jaugeage*
- *Resserrer les verticales là où passe le plus de débit*

Mémo terrain – Jaugeages Police de l'Eau
Jaugeage à la règle à jauger



2/2

Je déploie correctement le matériel de mesure

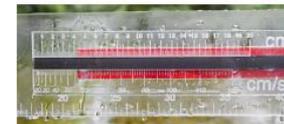
- Mesurer la profondeur à l'aval de la règle alignée sur l'écoulement (photo)
- Mesure de vitesse :
 - Opposer la face sans graduation à l'écoulement
 - Se tenir à l'aval jambes écartées



- Ajuster l'extrémité du réglét aval sur le niveau d'eau aval
- Ajuster l'extrémité du coulisseau amont sur le niveau d'eau amont
- *Maintenir la règle verticale grâce à la bulle de niveau*
- *Pas à moins de 15 cm d'une berge ou d'un obstacle*
- *Si les niveaux fluctuent, moyenner la lecture sur 40 secondes*

Je lis la hauteur de charge et la vitesse

Deux méthodes de lecture :



- Lecture hors d'eau, règle horizontale, perpendiculaire au regard (parallaxe)
- Lire la différence de niveau au millimètre
- Lire la vitesse correspondante (pour info)

- Lecture en haut de règle, le curseur maintenant l'écartement
- Lire la différence de niveau au millimètre

- *Charge mini : Dh > 4 mm (V > 15 cm/s)*
- *Charge maxi : Dh < 130 mm (V < 100 cm/s)*

Dépouillement du débit et édition du rapport de jaugeage :

- Logiciel : utiliser la feuille de calcul INRAE ou l'application mobile Craj (QField)
- Incertitudes : typiquement $\pm 10\%$ → pas plus de 3 chiffres significatifs !



Jaugeage low-cost - la perche transparente

Groupe Doppler Hydrométrie
104 abonnés

S'abonner

4

Partager

Enregistrer

...

719 vues il y a 2 ans

Aucune description n'a été ajoutée à cette vidéo.

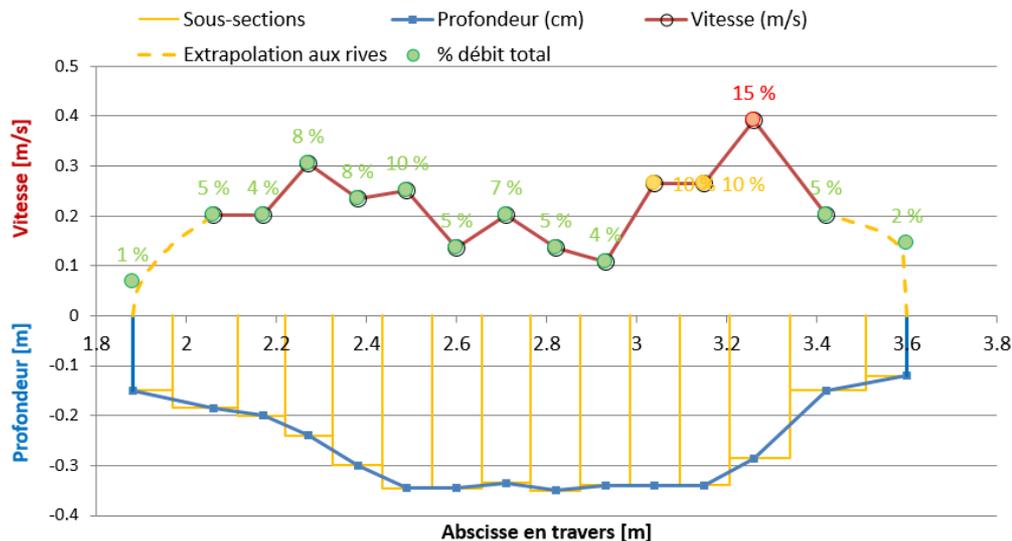
...afficher plus

Mise à jour du tuto vidéo pour parution NOV'AE (fin 2024)



Règle à jauger : évolutions des outils

Lecture de la charge en haut



Résultats				
Débit (m3/s)	Surface (m ²)	Vitesse (m/s)	Nb de verticales	
0.099	0.458	0.216	13	
Proportion de débit mesuré		Incertitude de débit		
Débit (L/s)		ISO748	Q+	Flaure
98.9	97 %	10 %	7 %	18 %

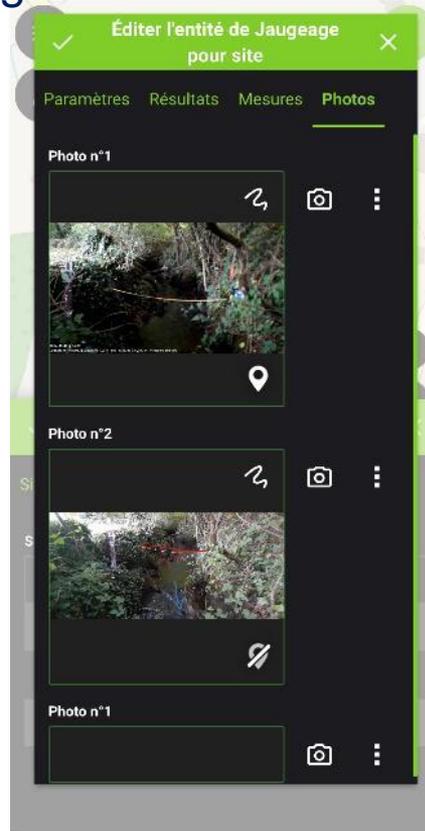
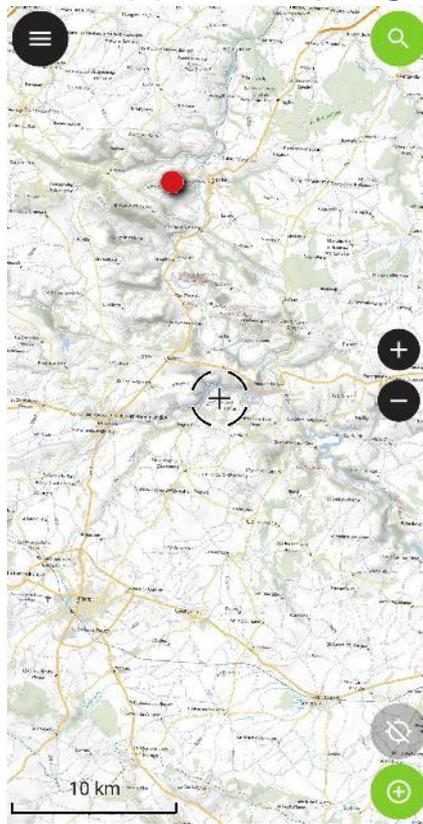
Évolutions de la feuille de calcul
(avec incertitudes ISO748, Q+, Flaure)

Application mobile Qràj (projet QField)

Développée par Cédric Guineau, Cellule d'Animation Technique pour l'Eau et les Rivières Calvados Orne Manche



- Formulaire de saisie adaptés à un écran de smartphone
- Résultats : débit, incertitude (Q+), % de débit par verticale, rapport de jaugeage.



Rapport de jaugeage n°1 / Site exemple

Quête usager: Eric OMBAN Date: 2020-04-01

Q: 0,0990 m³/s

Q+	Q-	incertitude (%)	Fluote
0,0990	98,9	0,22	0,468

Fluote: 0,468 m³/s

Fluote	Fluote	Fluote	Fluote	Fluote	Fluote
0201	0202	0203	0204	0205	0206
2019	2040	1970-1	10,00	10,00	0m

Largeur de canal: 20m
Cote de base: 0,86
Cote de jaugeage: 13

Coord X: 0 00743011
Coord Y: 45 9340382
Lieu EPC: 4826

Verticale	Fluote (m³/s)	Profondeur (cm)	Charge (mm)	Observation	% débit
1	1,88	15	VH		1
2	2,06	15,5	6		5
3	2,17	20	6		4
4	2,27	24	13		8
5	2,38	26	6		8
6	2,49	34,5	9		10
7	2,6	34,5	3		5
8	2,71	35,5	6		7
9	2,82	35	3		5
10	2,93	34	3		4
11	3,04	34	10		10
12	3,15	34	10		10
13	3,26	26,5	21		13
14	3,37	16	6		5
15	3,48	12	VH		2





HYBV

**Hydrologie
des bassins versants**



➤ **Faits marquants disciplinaires 2019-2024**

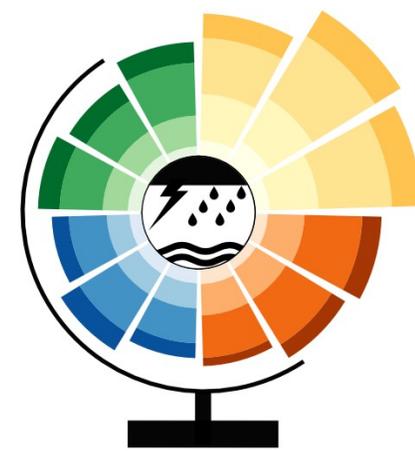
Équipe “Hydrologie des Bassins Versants”

Faits marquants disciplinaires 2019-2024

- 1 - **Extrêmes hydrologiques** à l'échelle globale (B. Renard)
- 2 - **Crues extrêmes** et information historique (M. Lang)
- 3 - Modélisation IRIP – **Indicateurs du Ruissellement Intense Pluvial** (P. Breil)
- 4 - Intégration des **effets anthropiques dans la modélisation hydrologique distribuée** (F. Branger, L. Mimeau)
- 5 - **Données** et expertise pour faciliter la mise en place de stratégies d'adaptation au **changement climatique** (E. Sauquet et J.-P. Vidal)



Hydrologic Extremes at the Global Scale

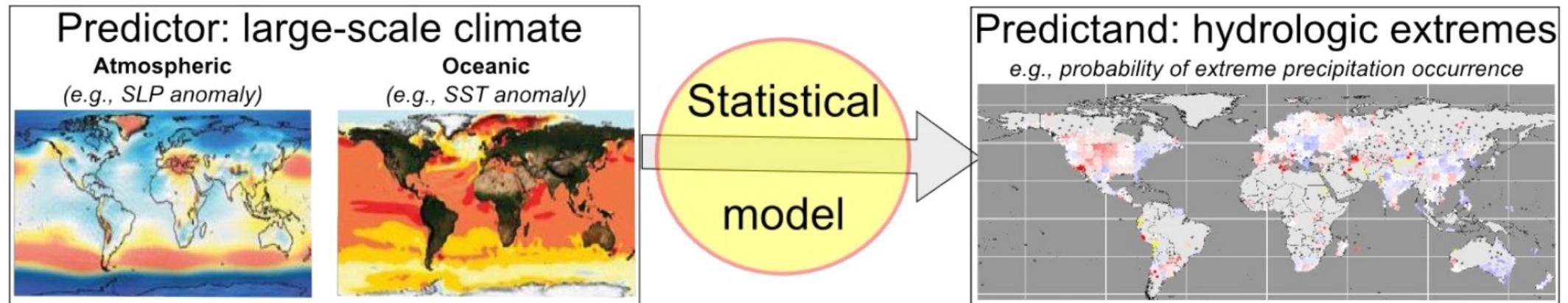


Projet HEGS (2019-2022), H2020 Marie Skłodowska-Curie

Question scientifique

L'ambition du projet est de modéliser de façon probabiliste la variabilité spatio-temporelle des extrêmes hydrologiques (pluies intenses et crues) à l'échelle globale, en relation avec le climat.

Utilisation d'une stratégie basée sur trois piliers : innovation méthodologique, analyse de grandes bases de données mondiales, et cas d'études ciblés servant de preuve de concept.

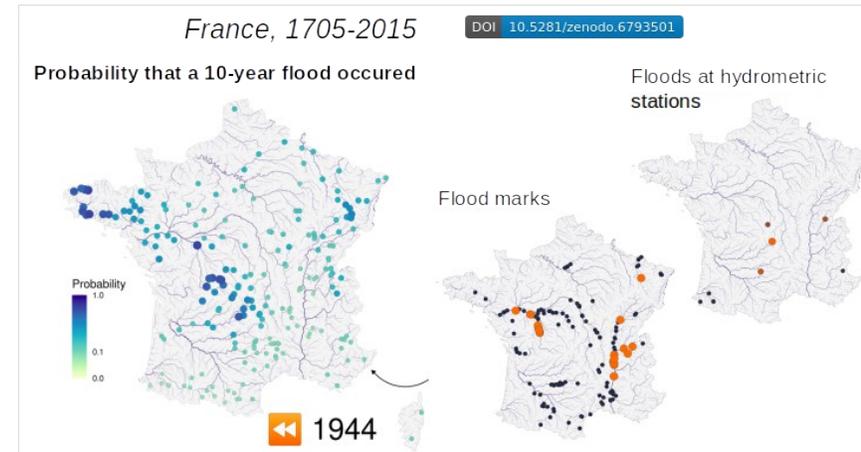
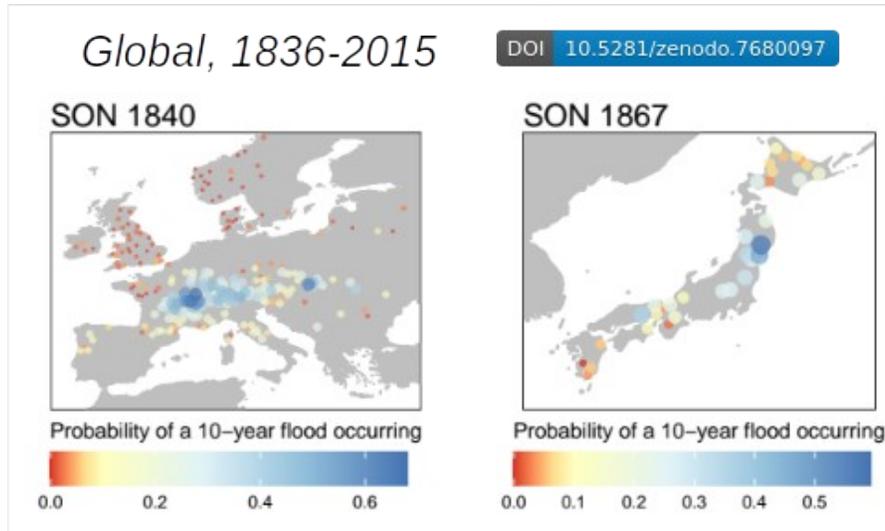


Hydrologic Extremes at the Global Scale

Résultats

Innovation méthodologique : Un cadre de modélisation probabiliste général pour décrire la variabilité de données environnementales dans l'espace, le temps ou d'autres dimensions ([STooDs](#))

Analyse de données à l'échelle globale : Pluies intenses et crues analysées conjointement sur 100 ans (tendances, variabilité basse-fréquence). Reconstruction probabiliste sur 180 ans (probabilité d'occurrences d'événements extrêmes).



Cas d'étude : 1. Co-occurrence de conditions chaudes et sèches propices aux incendies en Australie.
2. Reconstitution des grandes crues en France depuis 1705, réalisée grâce à l'analyse conjointe de données hydrométriques et de repères de crues.

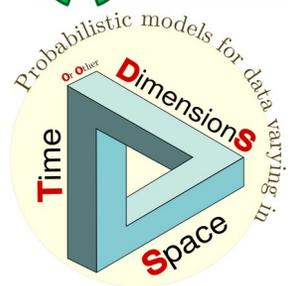
2019. Revealing Hidden Climate Indices from the Occurrence of Hydrologic Extremes. *Water Resources Research*

2021. A Hidden Climate Indices Modeling Framework for Multivariable Space-Time Data. *Water Resources Research*

2023. Floods and Heavy Precipitation at the Global Scale: 100-Year Analysis and 180-Year Reconstruction. *JGR: Atmospheres*

2023. Use of a national flood mark database to estimate flood hazard in the distant past. *Hydrological Sciences Journal*

DOI 10.5281/zenodo.5075760



INRAE

Faits marquants HyBV

07/10/2024 - Plénière RiverLy - préparation HCERES

Crues extrêmes et information historique

Questions scientifiques

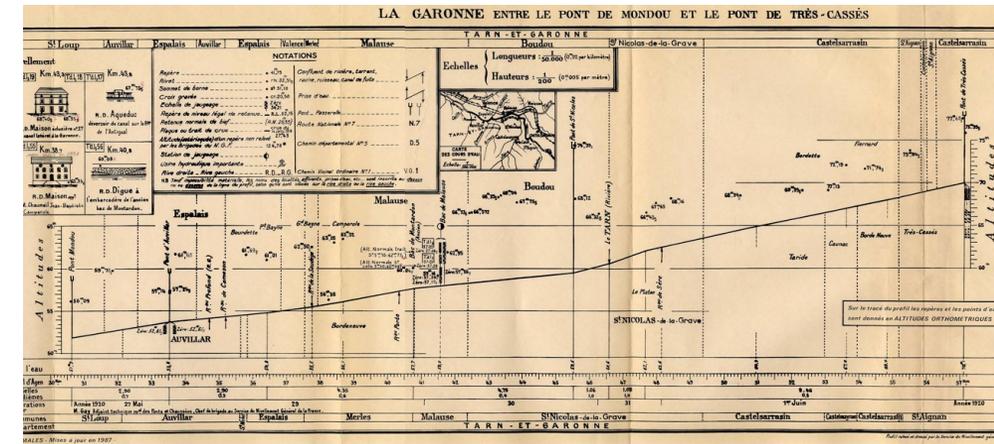
- L'information historique permet-elle de mieux estimer les crues extrêmes ?
Deux effets opposés : réduction de l'incertitude d'échantillonnage vs incorporation de données moins précises
- Comment reconstituer le débit des crues anciennes et leurs incertitudes ?
Adaptation de la procédure « classique », avec des données réduites – imparfaites sur les jaugeages, la morphologie de la rivière et les conditions d'écoulement
- Comment combiner au mieux données continues récentes et données anciennes censurées et incertaines dans un modèle probabiliste sur les crues ?
Prise en compte des incertitudes sur les données anciennes



Napoléon III rendant visite aux victimes de la crue du Rhône de 1856

3 thèses depuis 2016 dont :

- Mathieu Lucas (2023)
Chaîne de propagation des incertitudes pour l'analyse probabiliste des crues avec information historique. Application sur le Rhône à Beaucaire depuis 1500
- Matteo Darienzo (2021)
Procédure de segmentation pour décomposer une série hydrométrique en sous-périodes homogènes du point de vue de la relation hauteur-débit (exploitation des jaugeages, des courbes de récession, de seuils de mise en mouvement des sédiments)



Ligne d'eau d'étiage de la Garonne en mai 1920



Crues extrêmes et information historique

Applications opérationnelles sur les crues de référence

- Actualisation de l'hydrologie des crues du Rhône (2017) – pour DREAL Auvergne-Rhône-Alpes
- Expertise sur l'hydrologie des crues du Rhin supérieur (2021) – pour DREAL Grand-Est
- Crue millénaire majorée pour la centrale nucléaire de Golfech sur la Garonne (2023) – pour EDF/DTG

Production scientifique

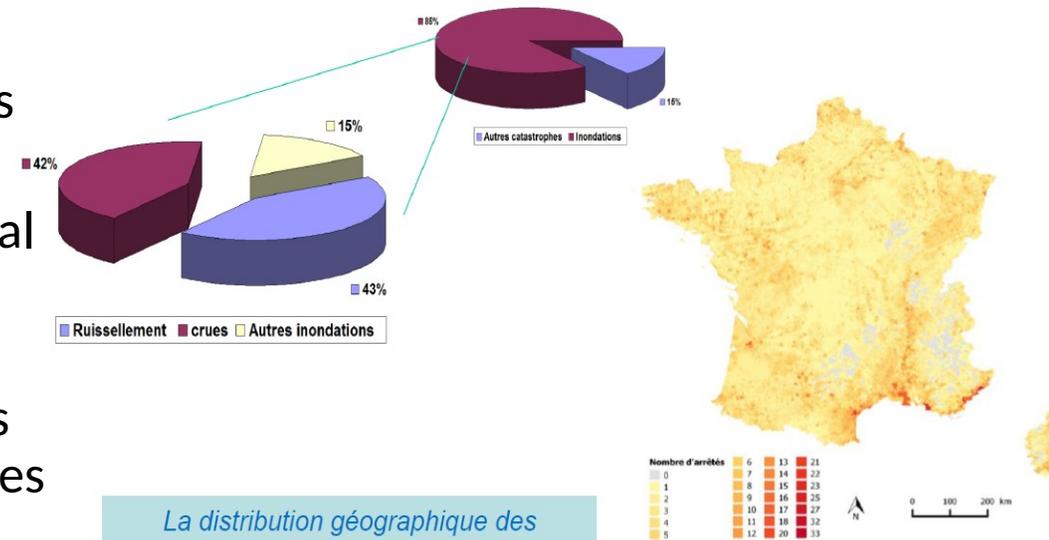
- Plan Rhône-Saône : <https://plan-rhone.fr/ressources/toutes-les-publications-131>
Actualisation de l'hydrologie des crues du Rhône
- Communications
RiverFlow (2018), SHF-EVAN (2019), EGU (2019, 2021), SHF-Hydrométrie (2021), FloodRisk (2021), IAHS (2022), Table ronde TUBA (2022)
- Revues scientifiques
WRR (3), LHB-Hydroscience Journal (2), J. of Hydrology, HESS
- Conférence scientifique
Comité d'organisation de la conférence internationale à Toulouse (23-24-25 juin 2025) sur la commémoration de la crue de juin 1875 sur la Garonne



Modélisation IRIP - Indicateurs du Ruissellement Intense Pluvial

Motif : catastrophes naturelles en France depuis 1982

- #233 000 déclarations validées dont 85% en lien avec des excès d'eau
- Au moins 40% liées à du ruissellement intense, soit 33% du total que l'on ne prédit pas efficacement pour gérer les risques associés.
- La distribution spatiale qui n'est pas liée à la seule intensité des pluies + effets du changement climatique sur l'intensification des pluies ?



La distribution géographique des inondations par ruissellement ne semble pas dépendre uniquement des zones de pluie intense. La composante "sol" est à considérer dans l'analyse de cet aléa.

Outil IRIP : cartographie du ruissellement

- Développé depuis 2011 par IRSTEA→INRAE, plugin QGIS
- Financement récurrent du Ministère de l'Ecologie convention direction générale de la prévention des risques / service risques naturels et hydrauliques (DGPR / SRNH), animation d'un groupe d'utilisateurs
- 3 thèses dont
 - - Arnaud Cerbelaud (2020-2023) - CNES/ONERA/INRAE (Utilisation de la données satellite pour évaluer les prédictions des modèles de ruissellement)
 - - Guillaume Barjot (2020-2024) - ARTELIA/INRAE (Adaptation de IRIP à la gestion du ruissellement en zone urbanisée)

Modélisation IRIP - Indicateurs du Ruissellement Intense Pluvial

Projets de Recherche appliquée:

- JPI Water EU – projet ATENAS (2020-2023) – gestion du ruissellement par des solutions fondées
- DGPR/SRNH : actions 413 et 414 / IRIP-USERS et IRIP-VALID (financement reconductible sur évaluation annuelle)
- SCO2 (Space & Climate Observatory) (2024-2025) –BE SGEVT/CNES/ONERA/INRAE/Univ.Toul3

Projets déposés en 2024 pour assurer le transfert de IRIP vers les utilisateurs finaux:

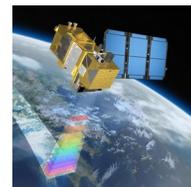
- Carnot-PITI– (2025): Industrialisation en plugin QGIS du code SPCD (Sentinel Plot based Change Detection)
- CES-RINT – (2025...): Création d'un centre d'expertise sur le ruissellement intense dans la plateforme THEIA-Land.



Tempête Alex(2020)



Utilisation des images satellite pré/post événement pour détecter de manière quasi exhaustive les dommages au sol issus du ruissellement intense.



Pertinence des cartes IRIP confirmée par la relation négative entre quantité de pluie nécessaire pour observer des dommages et niveaux de potentiel au ruissellement intense prédits par IRIP.

Liaison confirmée entre dommages identifiés à partir des images satellites et zones à fort potentiel d'accumulation IRIP

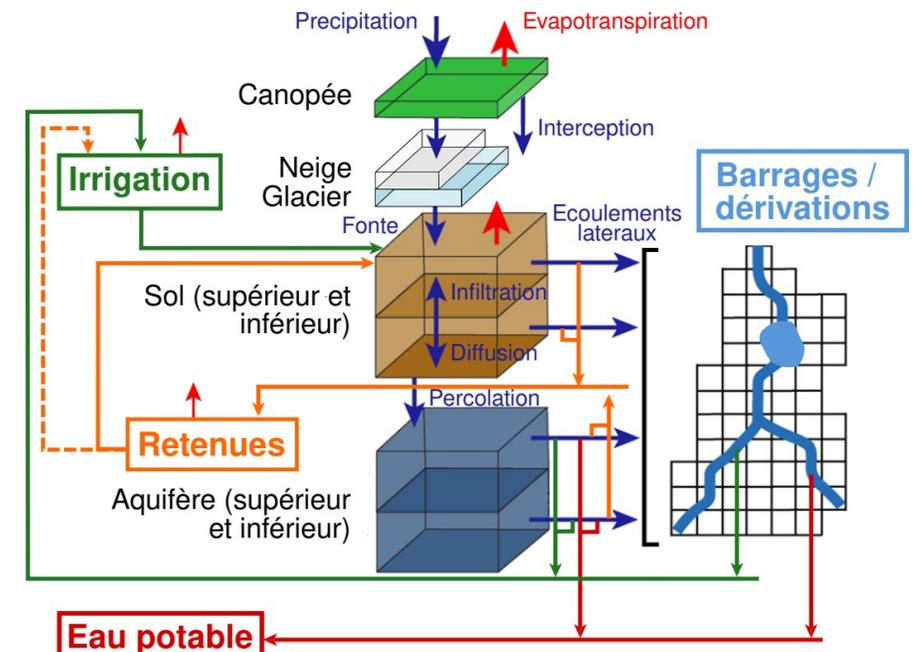
Intégration des effets anthropiques dans la modélisation hydrologique distribuée

Questions scientifiques :

- Quel impact hydrologique de l'implémentation de la gestion des eaux pluviales à la source à l'échelle d'un bassin versant, dans un contexte d'urbanisation du territoire et de changement climatique ?
- Quelle durabilité des usages de l'eau sur le bassin versant du Rhône dans un contexte de changement climatique et en particulier quels sont les poids relatifs des différents usages et les limites des efforts d'économie d'eau ?

Intégration de composantes spécifiques des aménagements anthropiques dans le modèle hydrologique distribué J2000

Réflexion sur le niveau de simplification des processus et la paramétrisation de ces composantes



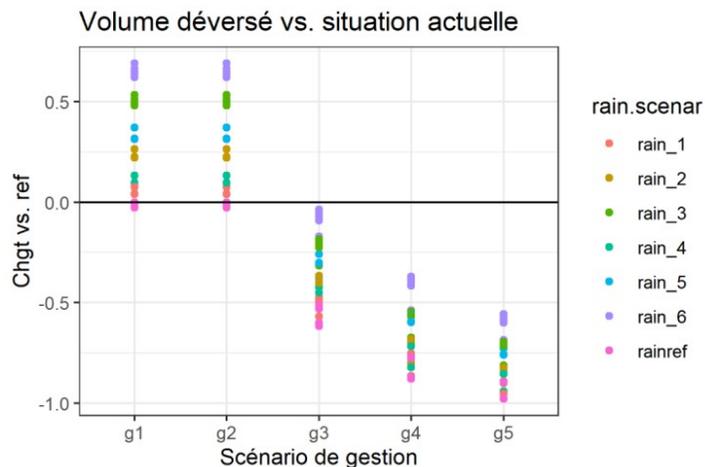
Projet Conscéquans (2019-2023) – financement AERMC / ZABR – collaboration INSA LYON (DEEP)

Projet MDR Usages (2020-2024) – financement AERMC / INRAE – collaboration UMR G-Eau

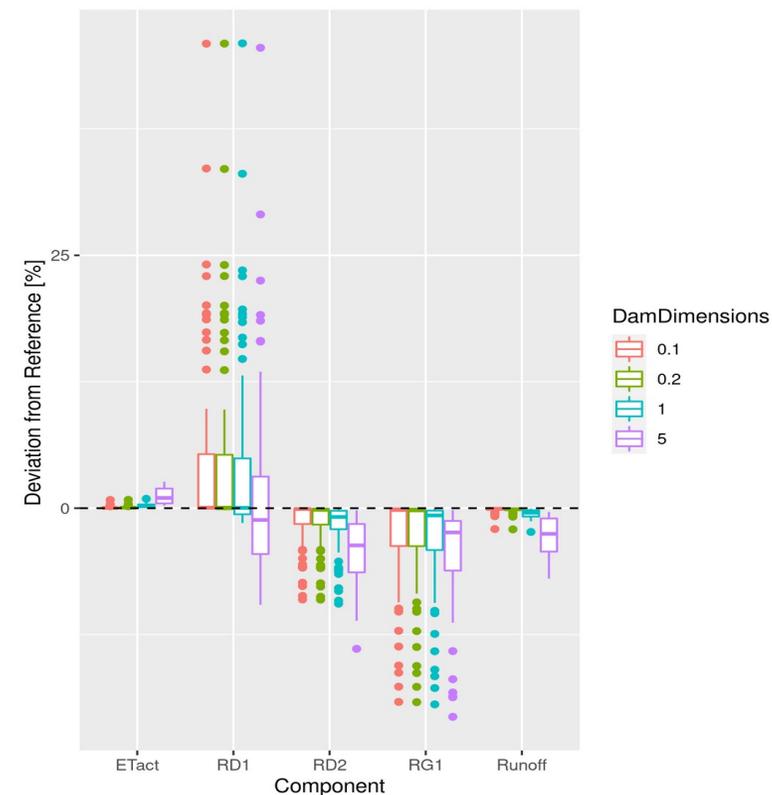
Intégration des effets anthropiques dans la modélisation hydrologique distribuée

Résultats

En ville : quantification de l'effet de scénarios de déconnexion des eaux pluviales sur différents indicateurs



En milieu rural: impact potentiellement significatif des retenues collinaires sur le débit à l'exutoire des bassins versants et les composantes de cet écoulement. Forte sensibilité aux facteurs de surface des retenues et de leurs modalités de connexions.



Production scientifique :

Bonneau et al., 2023, <https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2217809>

Impact scientifique : mise en place d'une modélisation orientée processus des socio-hydrosystèmes

Impact opérationnel : tests de solutions d'adaptation : éclairer les choix de gestion, reformuler les questions

Données et expertise pour faciliter la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique



Coordination INRAE & OiEau (2,2 M€, financement 1 M€, 2021-2024)

Produire et mettre à disposition des projections climatiques et hydrologiques sur la France et le XXI^e siècle

Projet scientifique mobilisant toute la communauté de recherche française en hydrologie et climatologie



Supporting long-term local decision-making for climate-adapted Water Management (Coordination OiEau, 2 M€, 202-2024)

Fournir un appui scientifique sur la prise en compte des projections dans des études prospectives territoriales

Projet partenarial entre scientifiques et gestionnaires de l'eau



 Le projet LIFE Eau&Climat (LIFE19 GIC/FR/001259) a reçu un financement du programme LIFE de l'Union européenne.



INRAE

Faits marquants HyBV

07/10/2024 - Plénière RiverLy - préparation HCERES

Actualiser les connaissances scientifiques en climat et hydrologie

Coordonner la communauté de recherche française en hydroclimatologie dans un exercice prospectif à échelle nationale

Projections formatées, homogénéisées et mises à disposition sur <https://drias-eau.fr/>

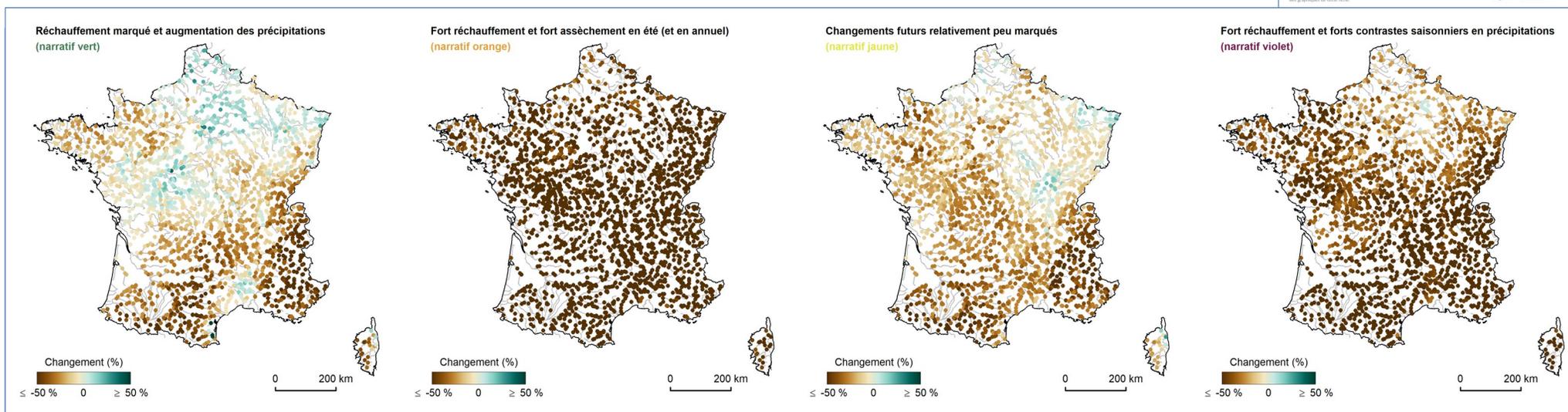
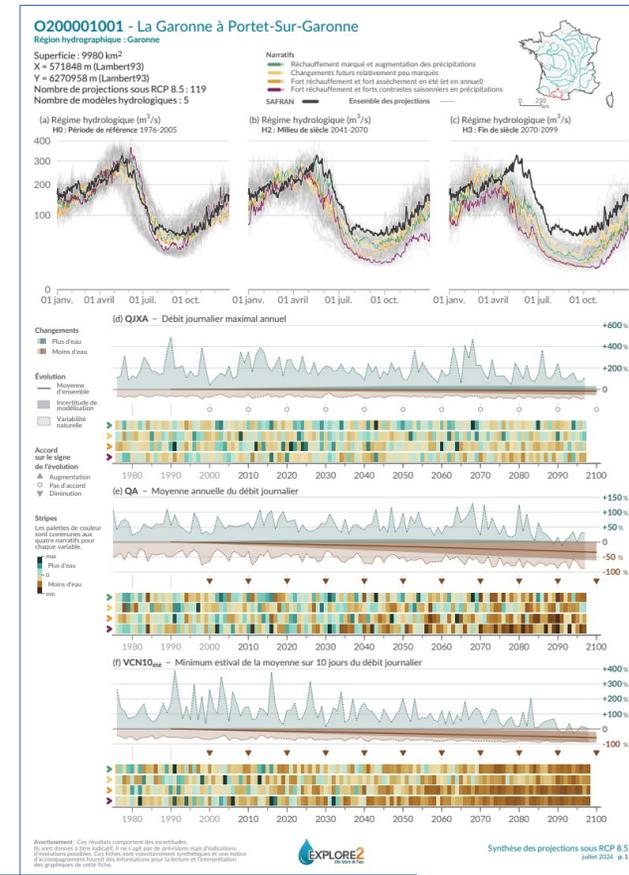
Dataverse Explore2 : <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/explore2>

Fiches Diagnostic des modèles hydrologiques

Fiches Synthèse de résultats à la station

Fiches Incertitudes à la station

Développement de narratifs pour échantillonner l'ensemble des futurs possibles





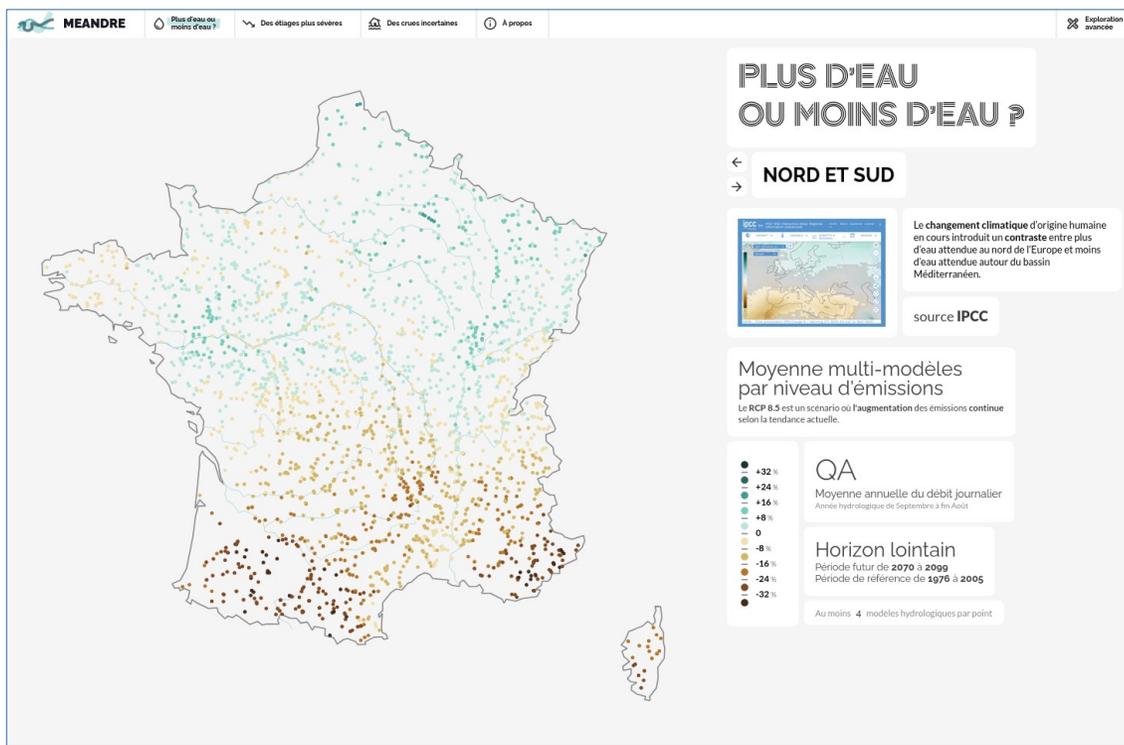
LIFE Eau & Climat Animation WP4 « Renforcer les échanges entre gestionnaires et chercheurs »

Appui aux Politiques Publiques (APP)

Développement du portail **MEANDRE** pour la visualisation interactive des résultats d'Explore2

Participation aux **comités de suivi de 6 études** prospectives territoriales intégrant les résultats d'Explore2

Développement d'un guide méthodologique en ligne : « **Mener une étude rétrospective et prospective sur la ressource en eau. Le livre blanc dont Vous êtes le héros** » :



The screenshot shows the cover of the book 'Mener une étude rétrospective et prospective sur la ressource en eau'. The cover includes a table of contents and a list of chapters:

- Table of contents:**
 - Mener une étude rétrospective et prospective sur la ressource en eau
 - Avant-propos
 - Définir l'objet de la quête
 - 1 Contexte institutionnel
 - 2 Contexte de l'étude
 - Préparer son équipement
 - 3 Recenser les connaissances existantes
 - 4 Collecter les données
 - 5 Identifier les modélisations hydrologiques disponibles
 - Line le grimoire Explore2
 - 6 Le projet Explore2
 - Mission première: Retrouver l'évaluation passée de la ressource en eau
 - 7 Analyser et calculer des tendances
 - 8 Réaliser ou utiliser une modélisation hydrologique
 - Mission seconde: Composer le futur des ressources en eau
 - 9 Appréhender le climat futur sur la France
 - 10 Explorer les projections climatiques
 - 11 Appréhender l'hydrologie future sur le territoire
 - 12 Explorer l'hydrologie future sur le territoire
 - Terminer votre quête
 - 14 Fin(s)
 - Références
- Au 26 juin 2024 :**
 - Chapitres 0-8 complets.** Des informations pourront être ajoutées au fil de l'eau, notamment après lecture attentive du grimoire Explore2.
 - Chapitres 9-12 encore inachevés.** Ils seront complétés par la prise en compte des derniers enseignements issus des avertisseurs du projet Explore2 et des explorateurs du projet LIFE Eau&Climat.



INRAE

Faits marquants HyBV

07/10/2024 - Plénière RiverLy - préparation HCERES

<https://meandre.explore2.inrae.fr>

<https://livrec.inrae.fr>

Synthèse et perspectives

Deux axes de recherche disciplinaires principaux :

- extrêmes hydrologiques et risques
- processus hydrologiques, ressource quantitative en eau et changement global : stratégies d'adaptation

Recherche et application / transfert entrecroisés

- soutien gestion des données (arrivée L. Héraut)

Enjeux à moyen terme et perspectives d'évolution :

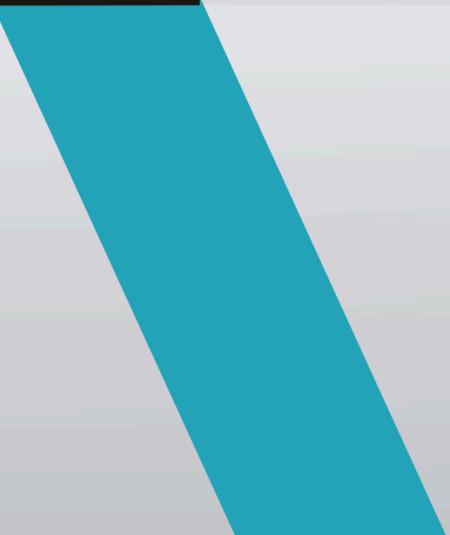
- intégration du changement global dans l'axe extrêmes / risques (instationnarité)
- développement d'une modélisation hydrologique anthropisée : trajectoires hydrologiques et d'adaptation des bassins versants sous changement global (→ arrivée L. Mimeau)
- effectifs à renforcer sur l'axe « extrêmes et risques » (effectif 3 → 0 de 2019 à 2025, 4 → 0 en 2027)





LAMA

**Laboratoire
de chimie
des milieux aquatiques**



• *Plénière UR RiverLy – 7 Octobre 2024*

Faits marquants disciplinaires 2019/2024

Caractérisation de l'exposition, des sources et du devenir des contaminants chimiques



Laboratoire de chimie des milieux aquatiques (LAMA)



Faits marquants sur la période d'évaluation 2019/2024

Axes de recherche disciplinaire en chimie de l'environnement

1

Meilleure caractérisation de la contamination chimique : analyses moléculaires en spectrométrie de masse haute résolution (HRMS)

- *Produits de transformation des pesticides (Thèse de Kévin Rocco 2019-2023)*
- *Caractérisation intégrée de la matière organique dissoute (Thèse Amine Boukra, 2019-2023)*
- *Analyses non-ciblées des MES/sédiments du Rhône (Thèse Tom Ducrocq 2021-24)*



2

Traçage de l'origine des matières en suspension et des sédiments – approches de fingerprinting

- *Contribution des affluents aux flux de MES actuels et passés sur le Rhône (Thèse de Céline Bégorre 2018-2021)*



3

Meilleure intégration de la contamination chimique des eaux de surface : de la recherche au transfert pour améliorer la surveillance DCE

- *Démonstration large échelle de l'intérêt des échantillonneurs intégratifs passifs dans le cadre du réseau national de surveillance prospective (RSP)*



1

Meilleure caractérisation de la contamination chimique : analyses moléculaires en spectrométrie de masse haute résolution (HRMS)

Les trois approches analytiques



Informations

Analyse ciblée
MS + Standards

Analyse suspectée
HRMS + Bases de données

Analyse non-ciblée
HRMS + algorithmes

≈20 PFAS
7 PCB indicateurs
Pesticides/
Pharmaceutiques

Certaines PFAS
209 PCB
Produits
transformation

Milliers de molécules
inconnues
perfluorés, chlorés,
MOD

Composés **identifiés**

- Nom
- Concentration

Composés **suspectés**

- Nom
- Niveau de confiance
- Intensité

Composés **déTECTÉS**

- Masse sur charge (m/z)
- Fragments
- Temps de rétention (Rt)
- Intensité



- Elargir la liste de molécules connues
- Exploration **sans a priori**

Verrous :

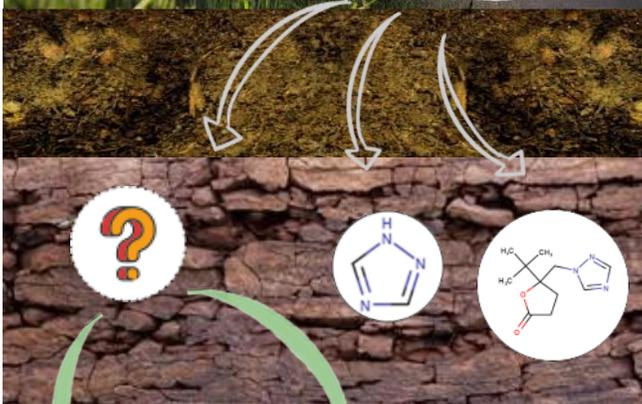
Développement de “workflows” pour le traitement informatique et statistique + l’interprétation de la grande quantité de signaux m/z générés par HRMS.
=> **Front de science**, compétences interdisciplinaires en **chimio-statistique** et **chimio-informatique**.

Dégradation des pesticides (Thèse Kevin Rocco – 2019-2023)



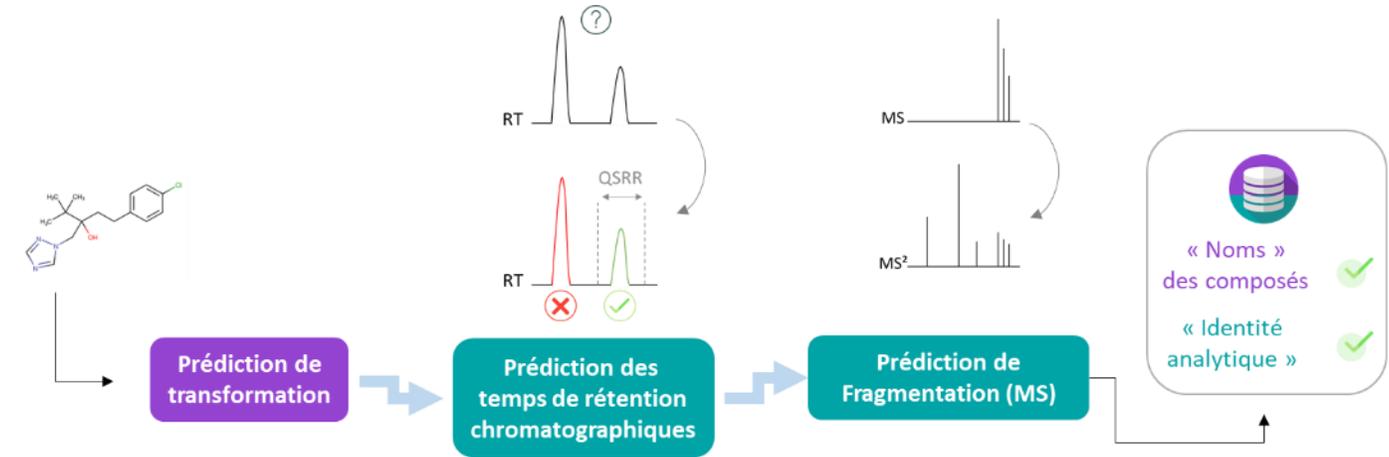
1

Identification des produits de transformation grâce à des stratégies analytiques suspectées par chromatographie couplée à la spectrométrie de masse haute résolution – **LC-HRMS**.
Construction de base de données.



2

Prédiction de l'écotoxicité des produits de transformation, comparativement au pesticide (ex. ECOSAR US EPA)

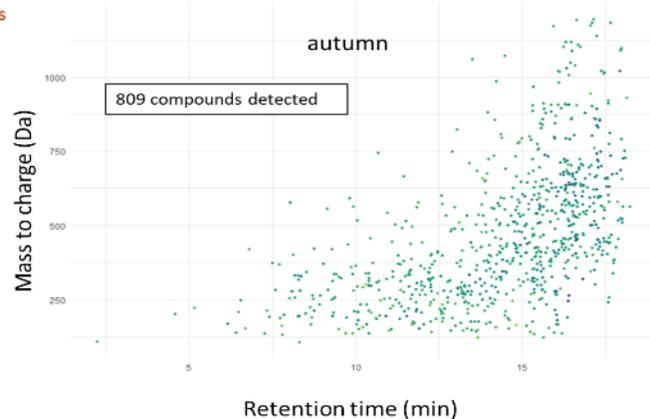


Enhanced database creation with *in silico* workflows for suspect screening of unknown tebuconazole transformation products in environmental samples by UHPLC-HRMS

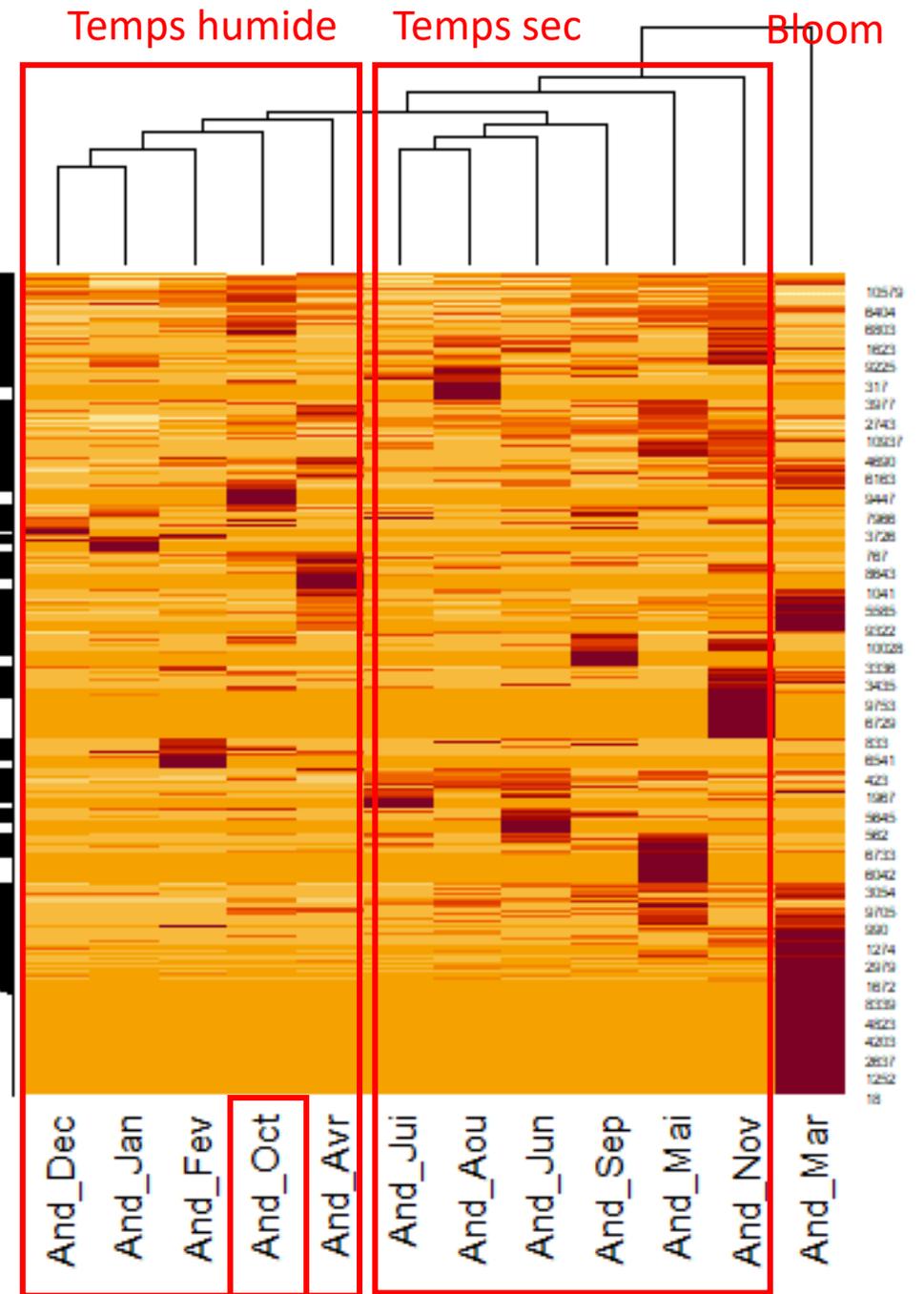
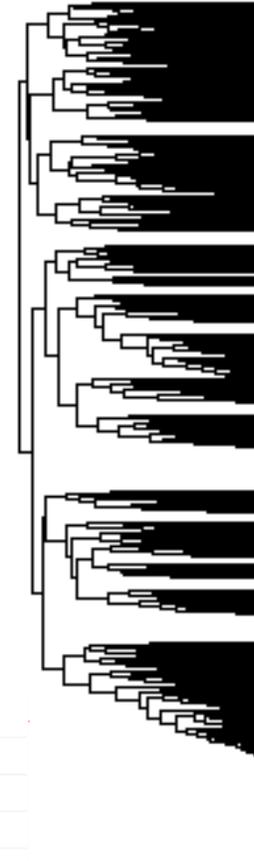
Exploration des contaminations particulières (Thèse Tom Ducrocq, 2021-2024)



=> pour étudier l'influence de Lyon sur la contamination des particules

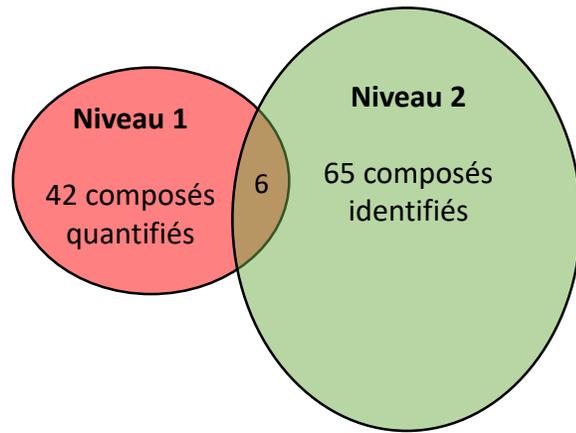


12 groupes



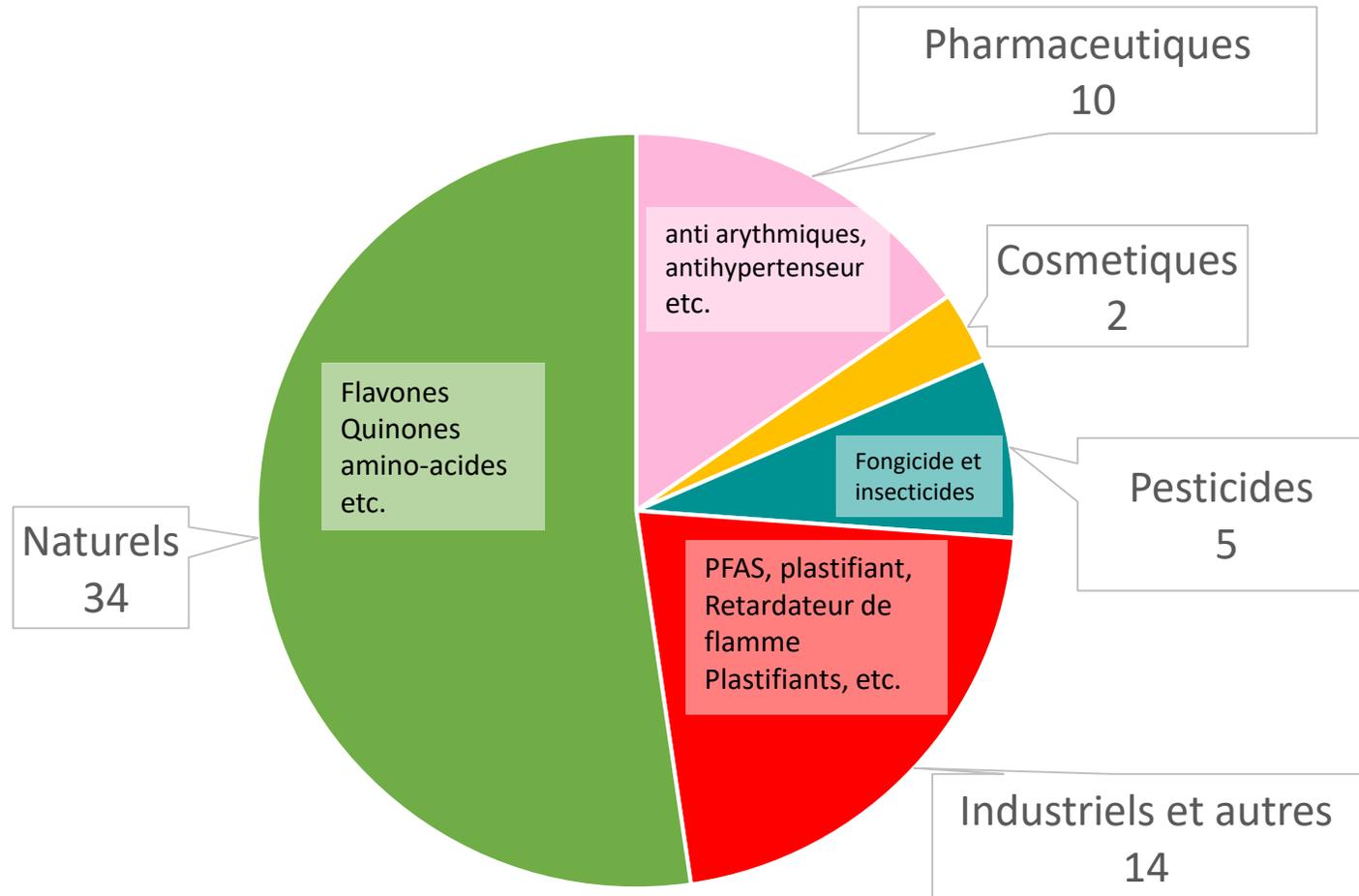
➤ Analyse suspectée

Application sur 6 MES du Rhône à Andancette



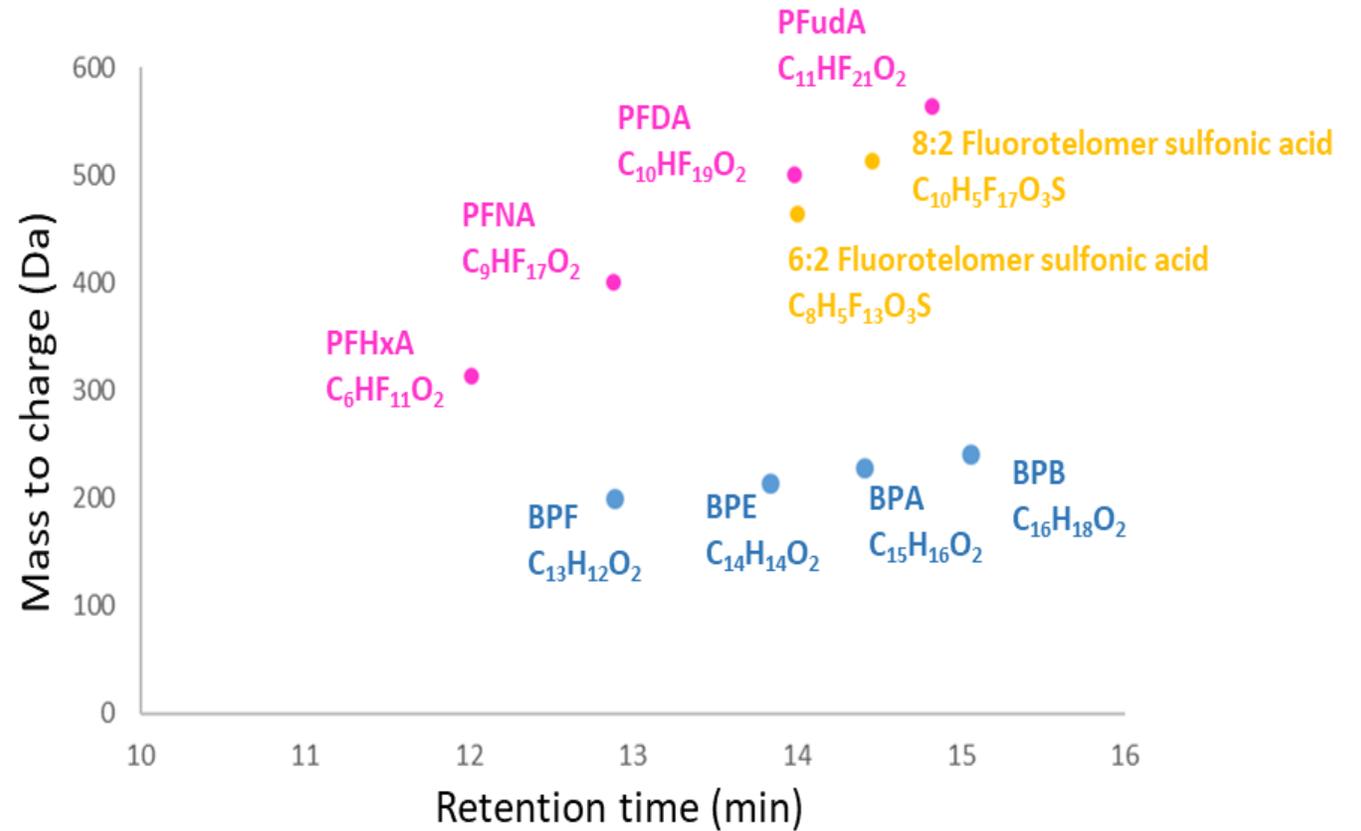
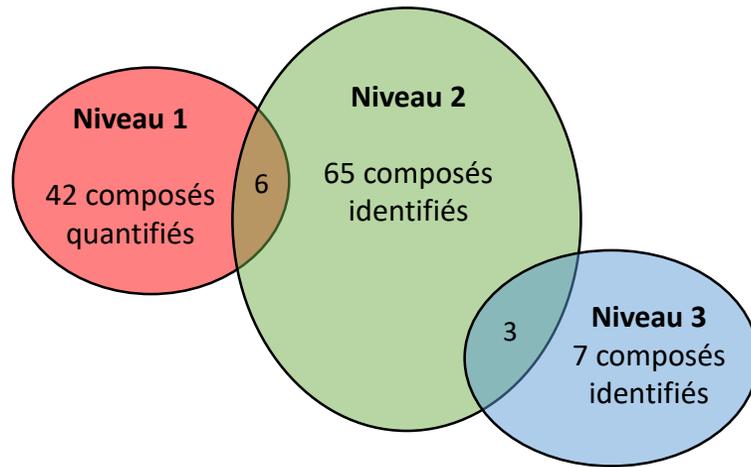
Analytical method	Ci*	Identification information
Target analysis (LC-MS/MS)	1	Quantified
Suspect analysis (LC-HRMS)	1	Confirmed with analytical standards
	2a+	> 3 fragments from waters database
	2b+	> 3 fragments from MassBank database
	2a-	2 - 3 fragments from Waters database
	2b-	2 - 3 fragments from MassBank database
Non target analysis (LC-HRMS)	3	Structural evidences
	4	Information on structure (chlorinated)
	5	None (only m/z, Rt, intensity)

Analyse suspectée



➤ Analyse non ciblée pour la recherche de composés spécifiques

Application sur 6 MES du Rhône à Andancette



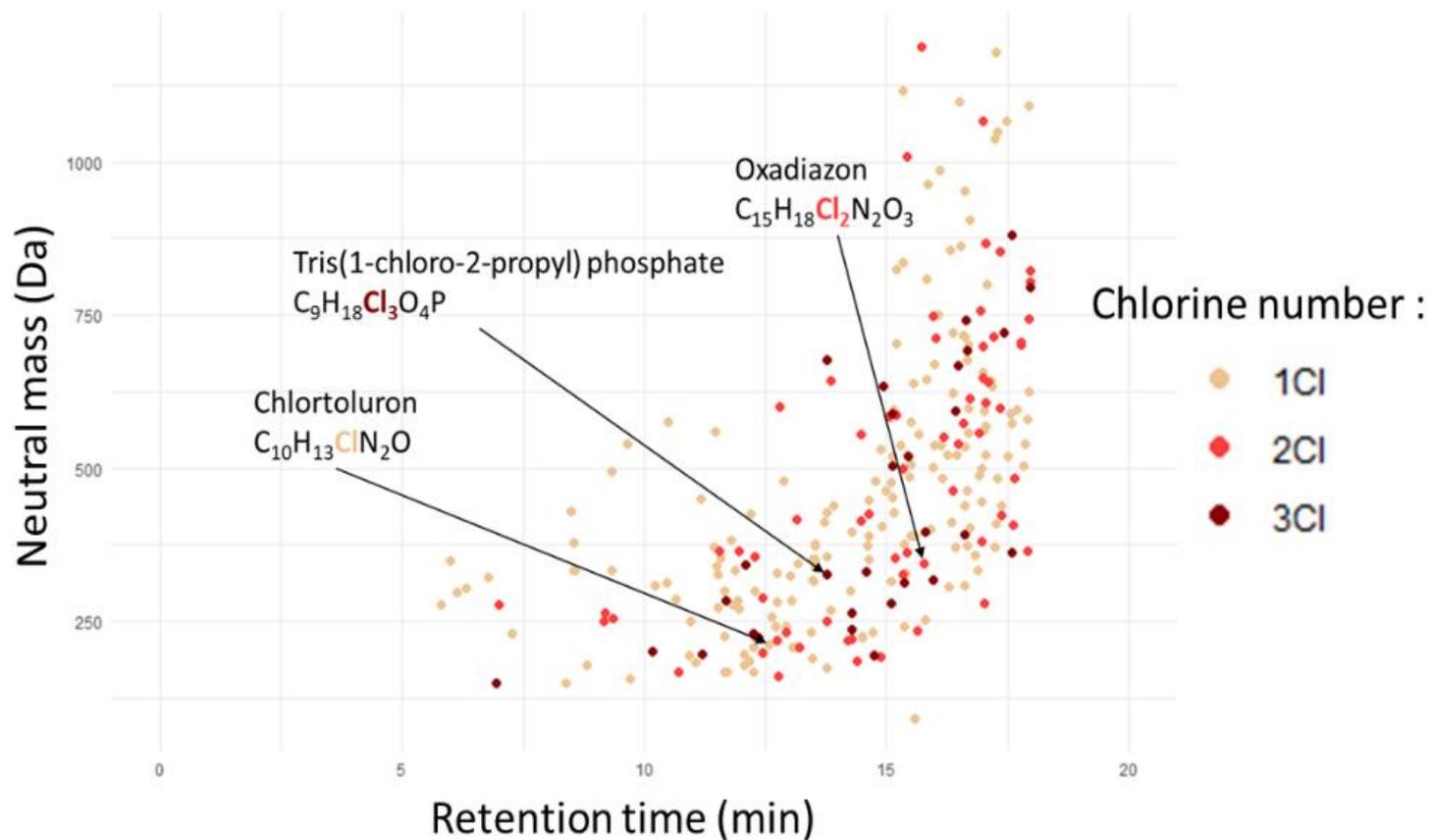
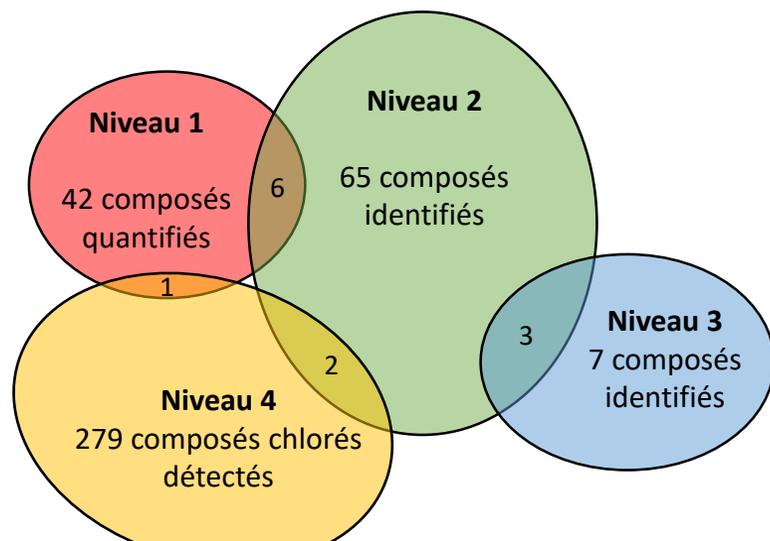
Démarche

- Repérer dans les composés identifiés des potentielles séries
- Regrouper les composés homologues avec le défaut de masse de Kendrick (CH_2 ou CF_2)
- Rechercher des fragments spécifique (ex : perte de phénol ou perte de HF)

Analytical method	Ci*	Identification information
Target analysis (LC-MS/MS)	1	Quantified
Suspect analysis (LC-HRMS)	1	Confirmed with analytical standards
	2a+	> 3 fragments from waters database
	2b+	> 3 fragments from MassBank database
	2a-	2 - 3 fragments from Waters database
	2b-	2 - 3 fragments from MassBank database
Non target analysis (LC-HRMS)	3	Structural evidences
	4	Information on structure (chlorinated)
	5	None (only m/z, Rt, intensity)

➤ Analyse non ciblée pour la détection de composés chlorés

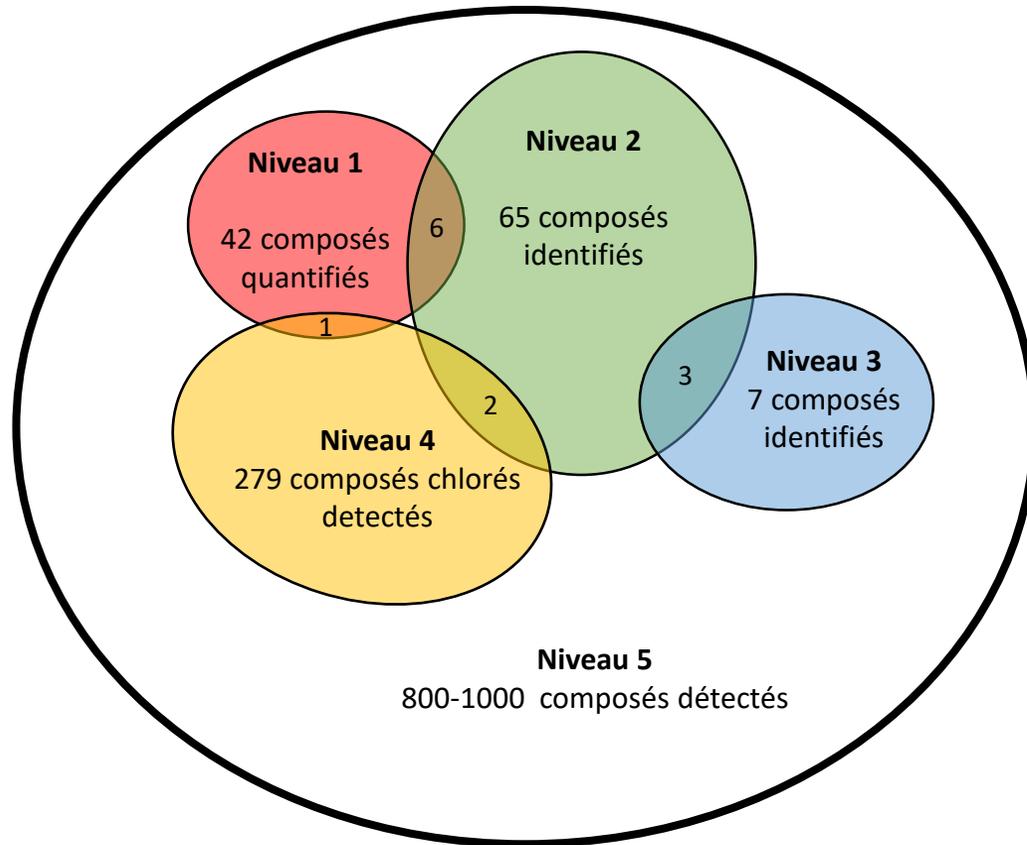
Application sur 6 MES du Rhône à Andancette



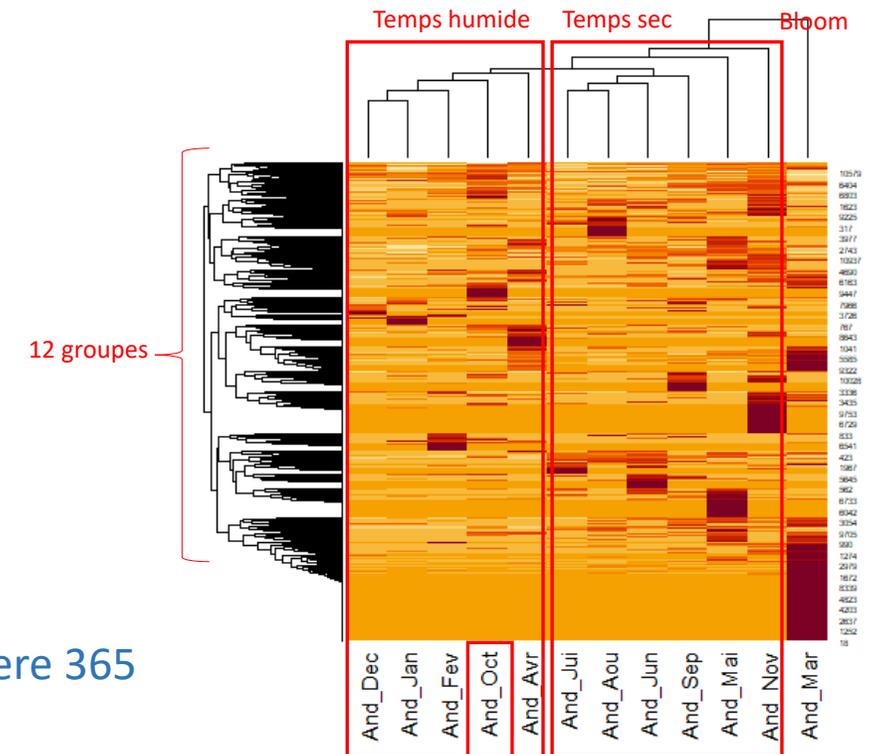
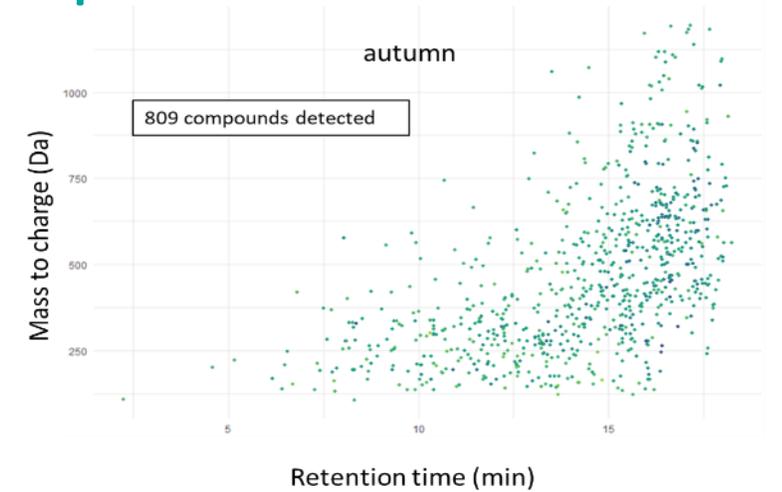
Analytical method	Ci*	Identification information
Target analysis (LC-MS/MS)	1	Quantified
Suspect analysis (LC-HRMS)	1	Confirmed with analytical standards
	2a+	> 3 fragments from waters database
	2b+	> 3 fragments from MassBank database
	2a-	2 - 3 fragments from Waters database
	2b-	2 - 3 fragments from MassBank database
Non target analysis (LC-HRMS)	3	Structural evidences
	4	Information on structure (chlorinated)
	5	None (only m/z, Rt, intensity)

➤ Analyse non ciblée pour les traitements statistiques

Application sur 6 MES du Rhône à Andancette



- **Niveau 5 -> 4** : bromés, fluorés et autre halogénés encore à explorer ...
- Traitement de données statistiques multivariés pour mettre en évidence des **tendances spatiales ou temporelles**

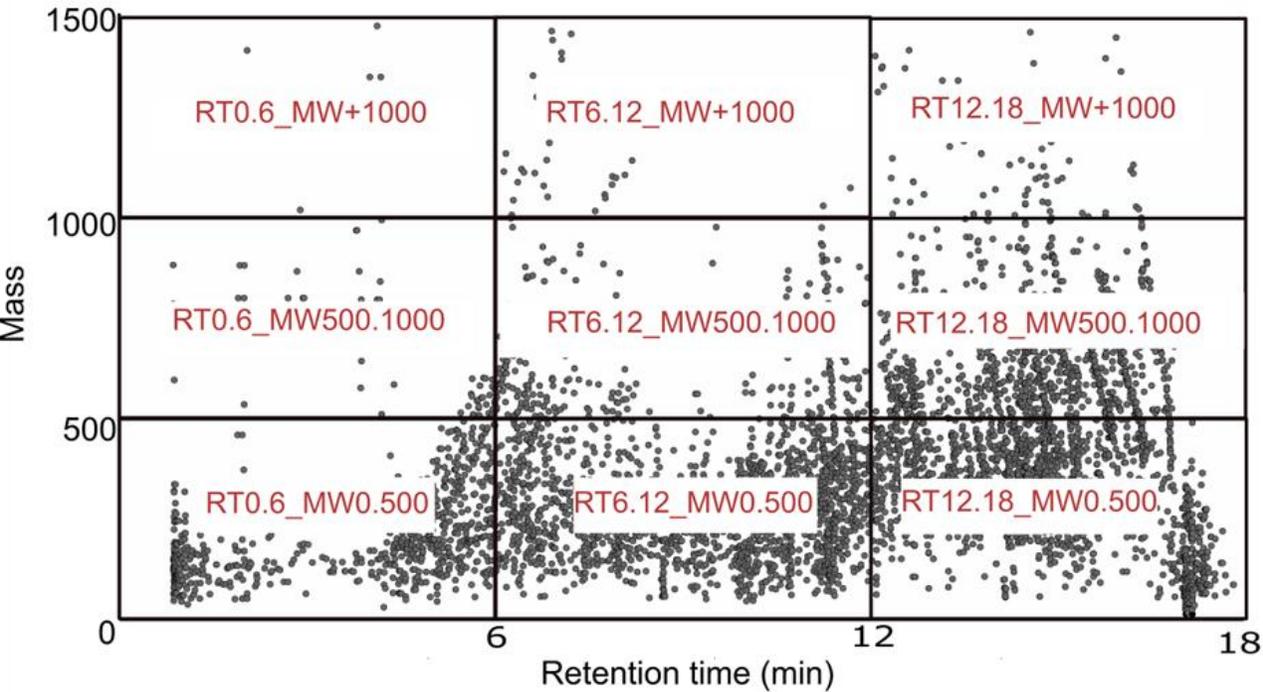


T Ducrocq et al. Chemosphere 365 (2024) 143275

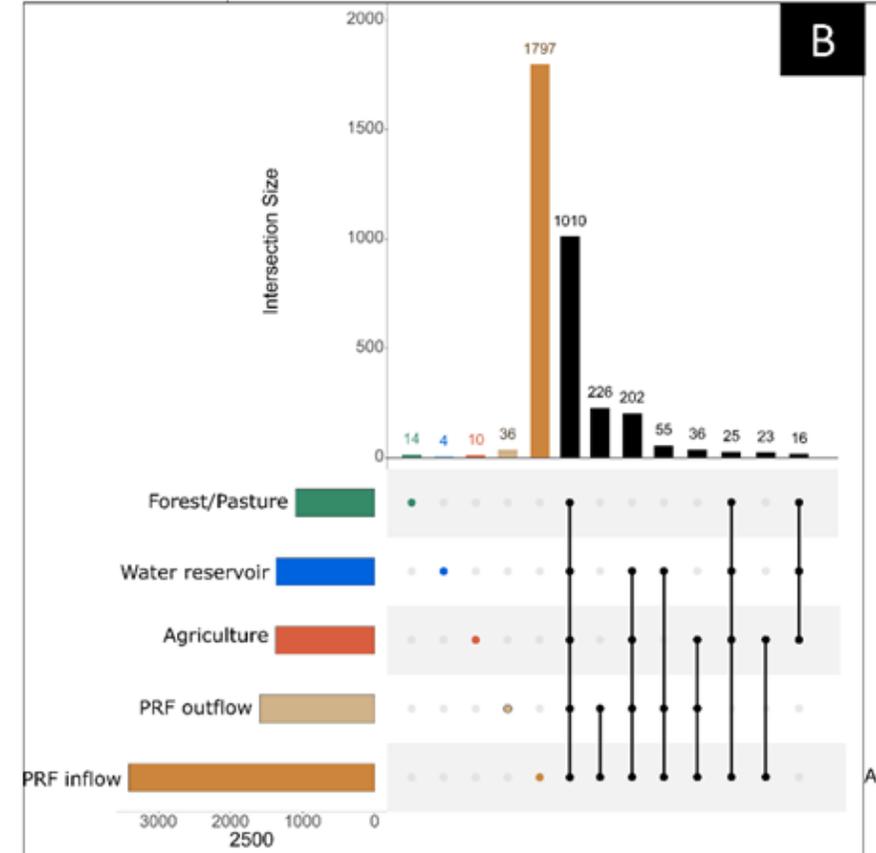
Caractérisation intégrée de la matière organique dissoute (MOD) (Thèse Amine Boukra – 2019-2023)



Nouveaux indicateurs pour caractériser la MOD

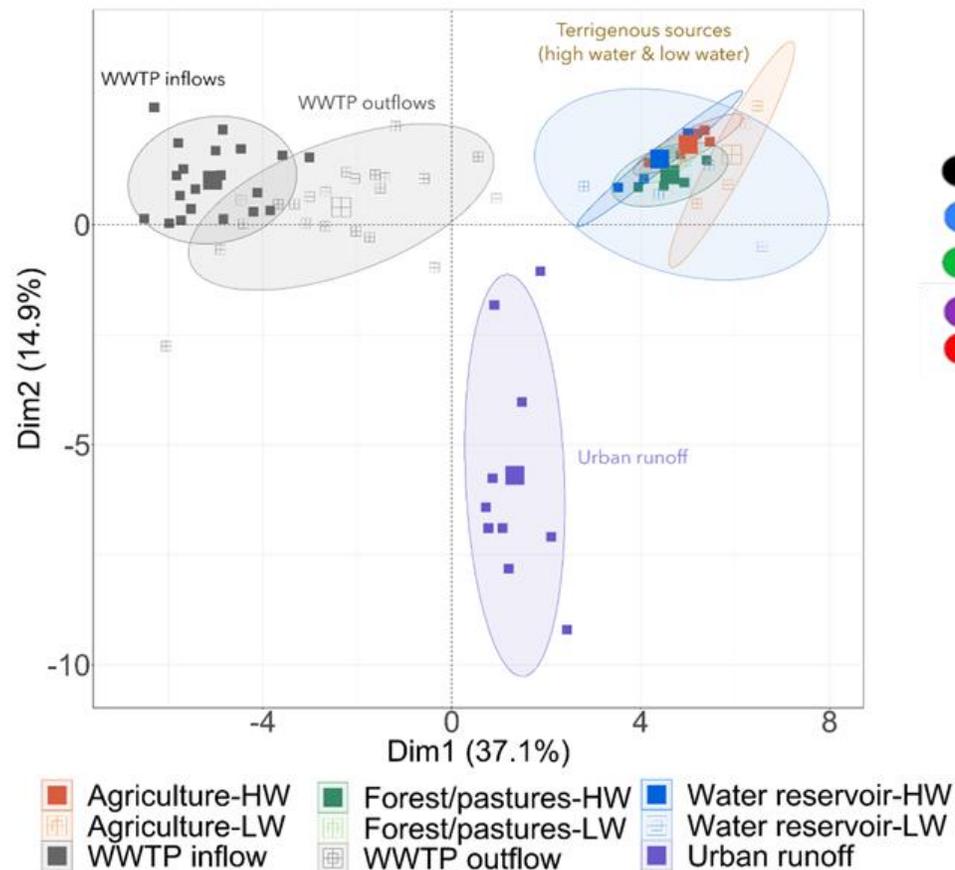
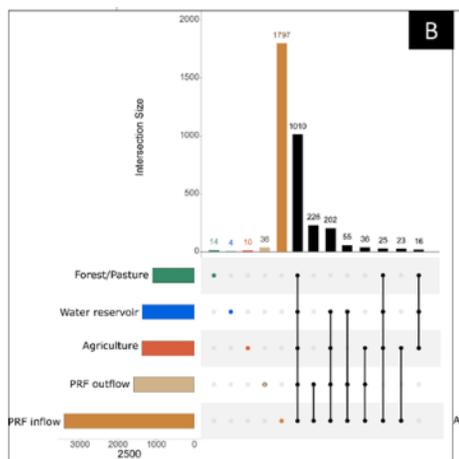
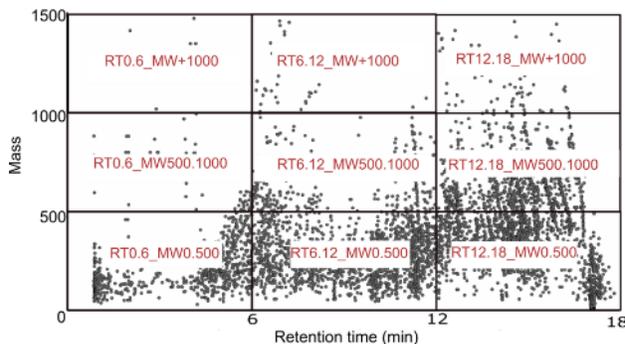


Comparaison de constituants de la MOD

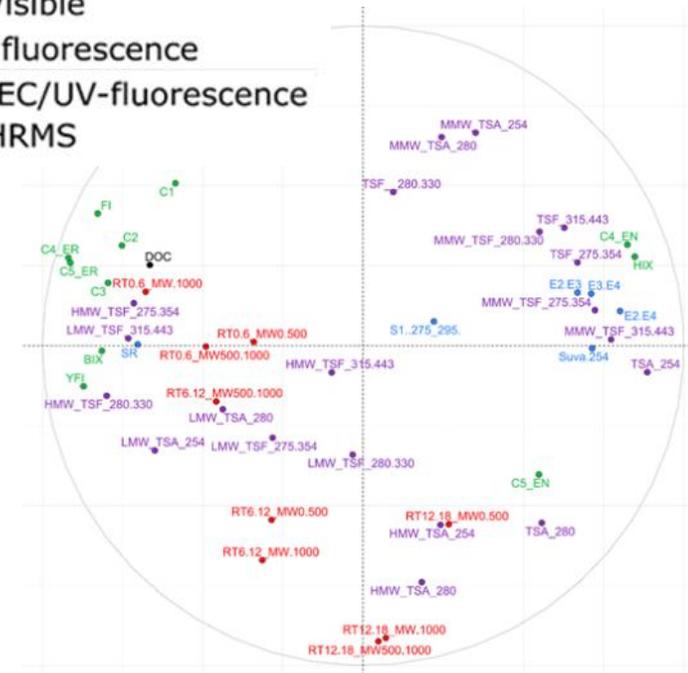


Amélioration des workflows et de l'analyse des données HRMS pour la caractérisation moléculaire non ciblée de la MOD

Caractérisation intégrée de la matière organique dissoute (MOD) (Thèse Amine Boukra – 2019-2023)



- Dissolved organic carbon
- UV-Visible
- EEM fluorescence
- HPSEC/UV-fluorescence
- LC-HRMS



Amélioration des workflows et de l'analyse des données HRMS pour la caractérisation moléculaire non ciblée de la MOD

Empreintes moléculaires et optiques typiques des sources de MOD
Différenciation de la MOD issue de sources urbaines, rurales (en lien avec occupation des sols) et autochtones

2 Traçage de l'origine des matières en suspension et des sédiments – approches de fingerprinting

MES/sédiment = vecteur principal des contaminants hydrophobes

Sources
- Affluents

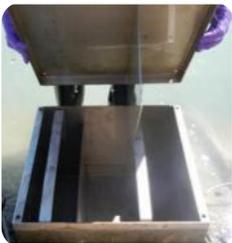


Confluence Rhône/Arve

Quelles contributions relatives de ces sources au niveau d'une « zone de mélange »?

1

Echantillonnage MES Sources + zone de mélange (Rhône)



2

Extraction et analyses des traceurs



3

Sélection des traceurs
Validation de la conservativité des traceurs



Cd Ni Zn Pb Cr As U Li

4

- Equation de mélange à partir du signal dans les MES de la zone de mélange
- Contributions relatives des affluents aux apports en MES

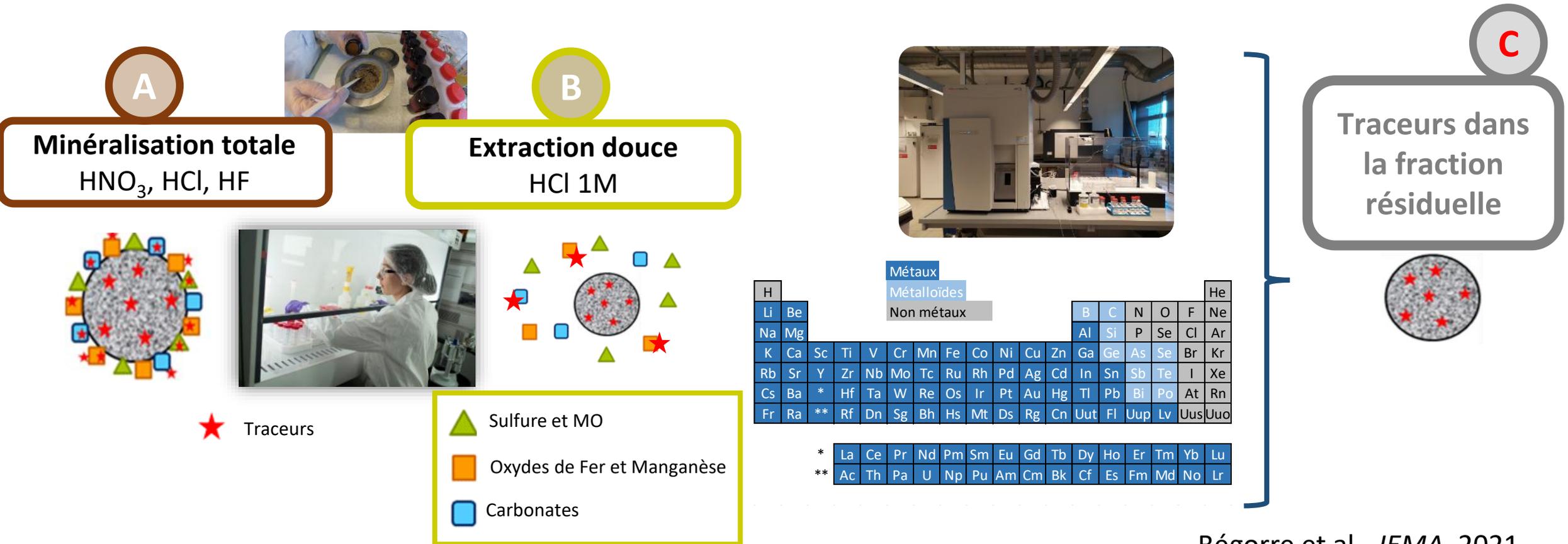


$$C_i = \sum_{s=1}^m P_s * C_{is}$$

Origine des matières en suspension et des sédiments dans le bassin versant du Rhône : réactivité des traceurs (Thèse Céline Bégorre, 2018-2021)



Originalité de l'approche : identifier les traceurs dans la fraction non réactive des particules = conservativité des traceurs entre la source et la zone de mélange



Détermination de la contribution relative des affluents sur le Haut-Rhône pour des MES prélevées lors de différentes conditions hydrologiques



Station de mélange : MES prélevées à JONS



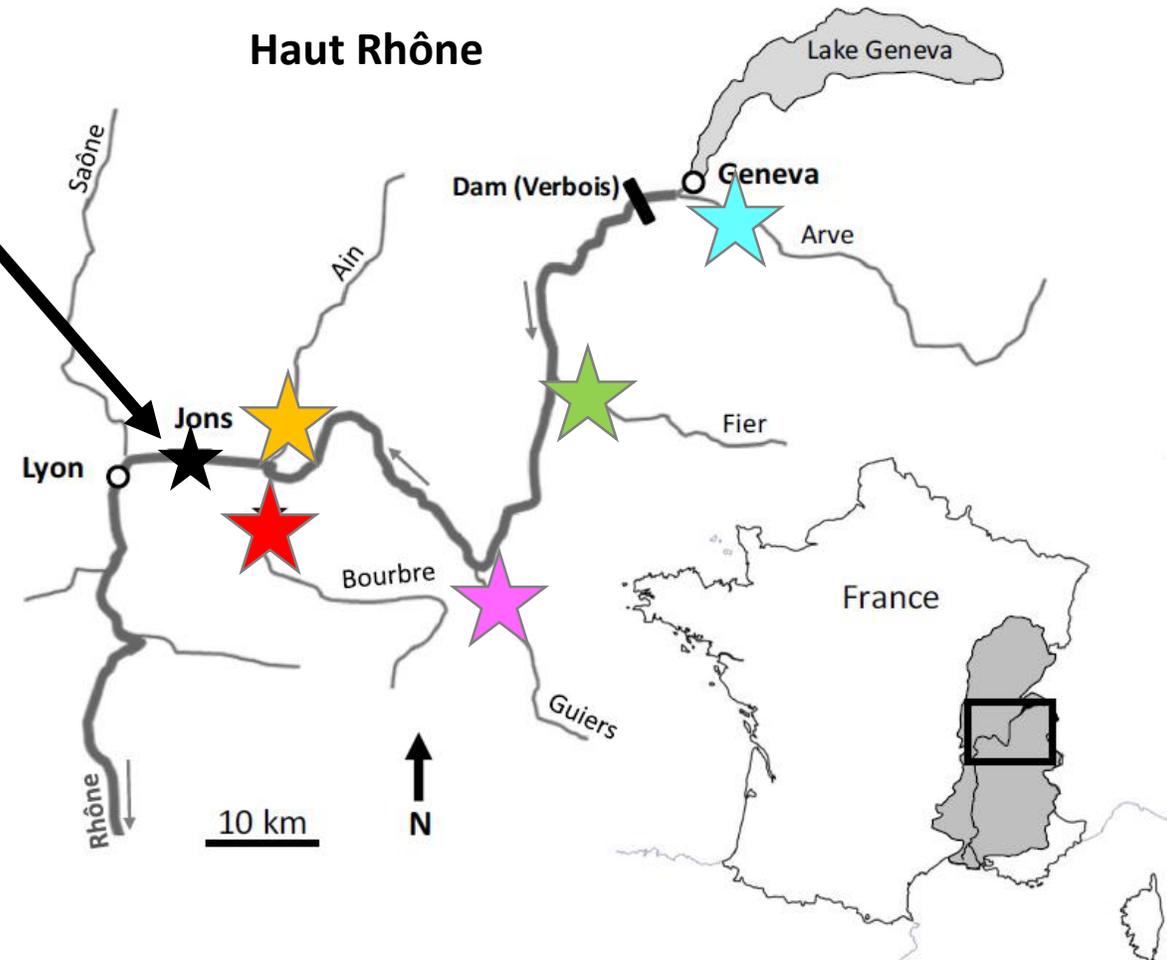
Régime de base
Juin 2012 – $440 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



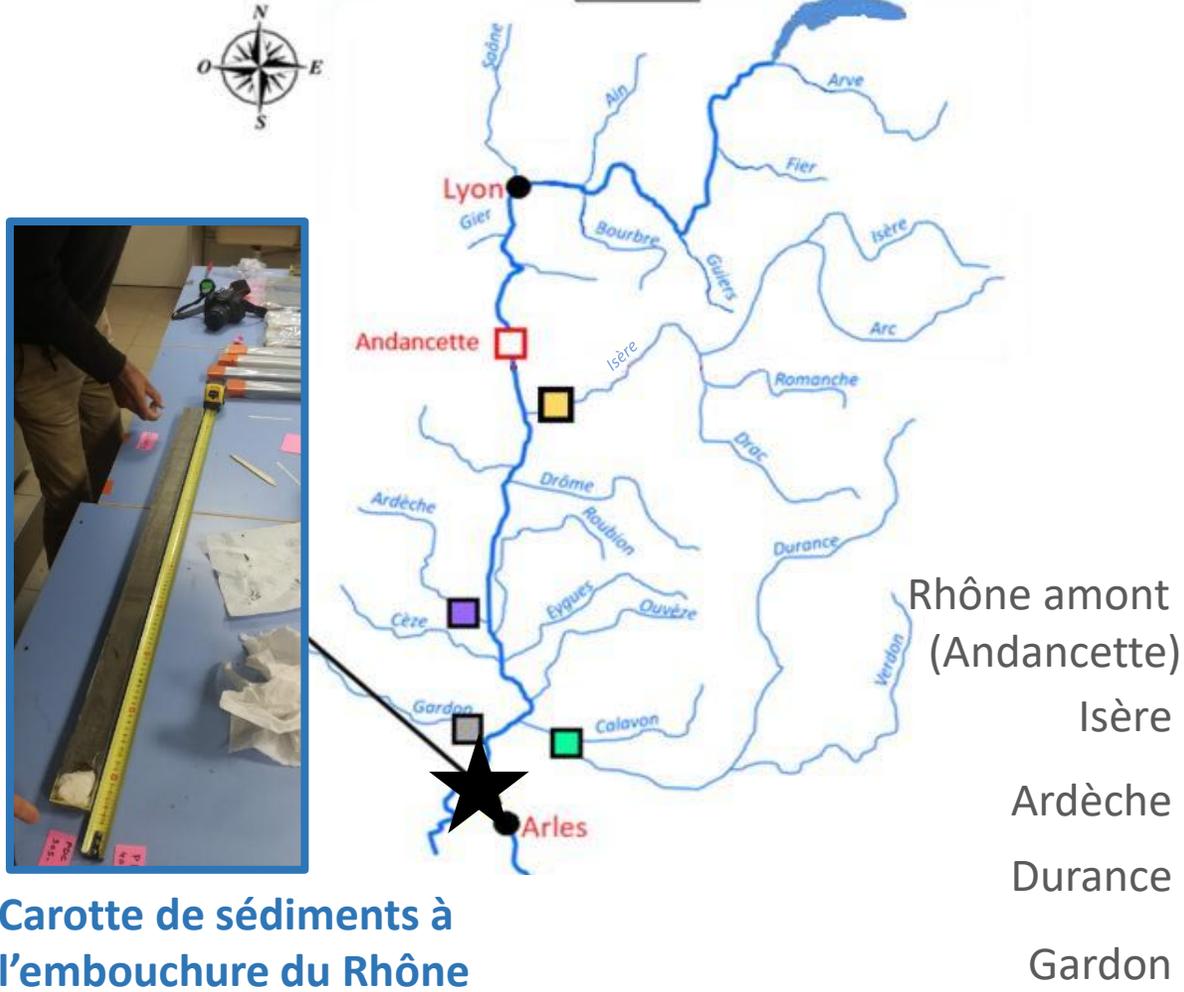
Chasse hydro-sédimentaire
Juin 2012 – $1290 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



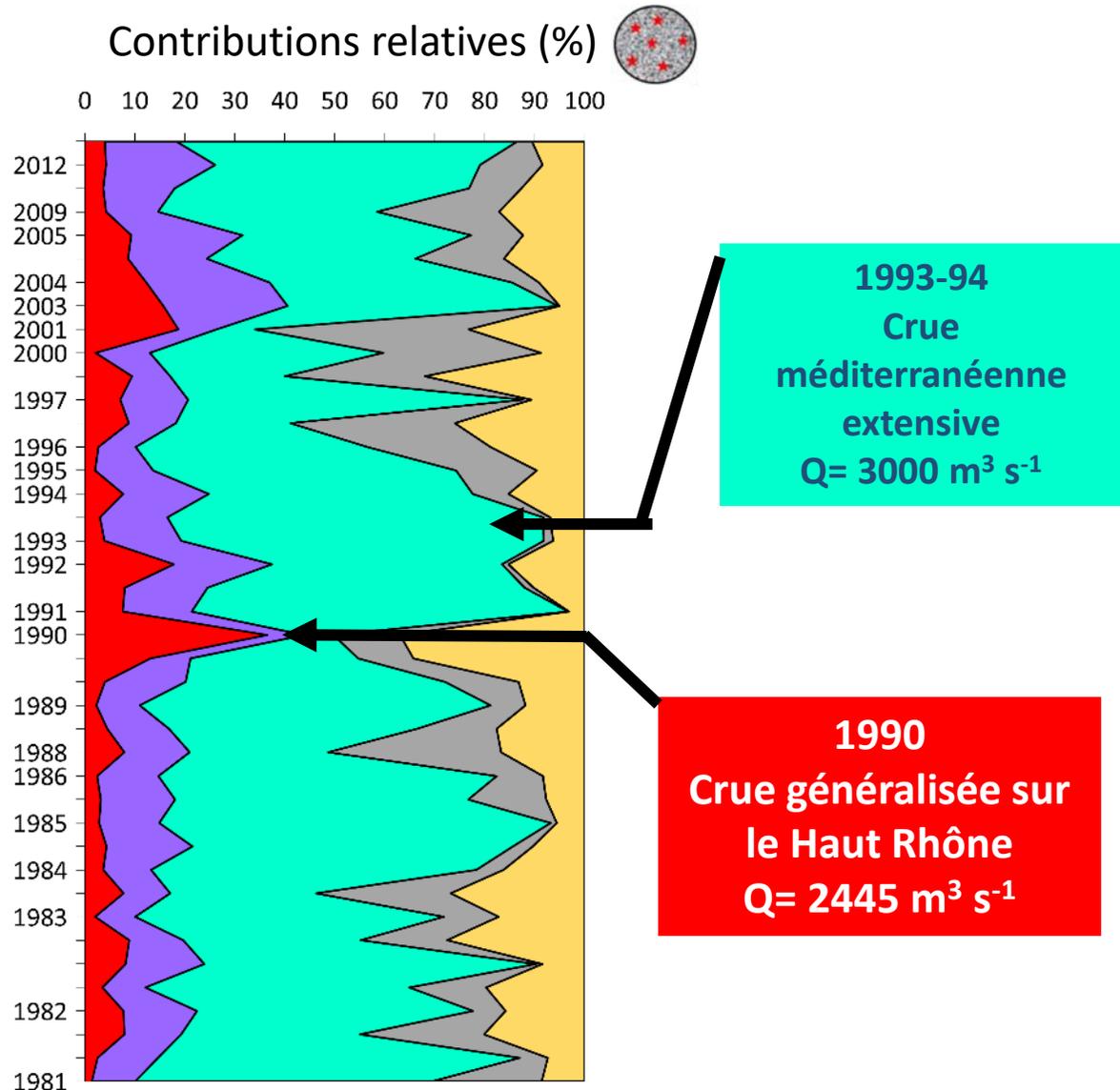
Crue sur le Fier
Juin 2012 – $1975 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



Détermination de l'historique des contributions des affluents aux flux de MES vers la Mer Méditerranée

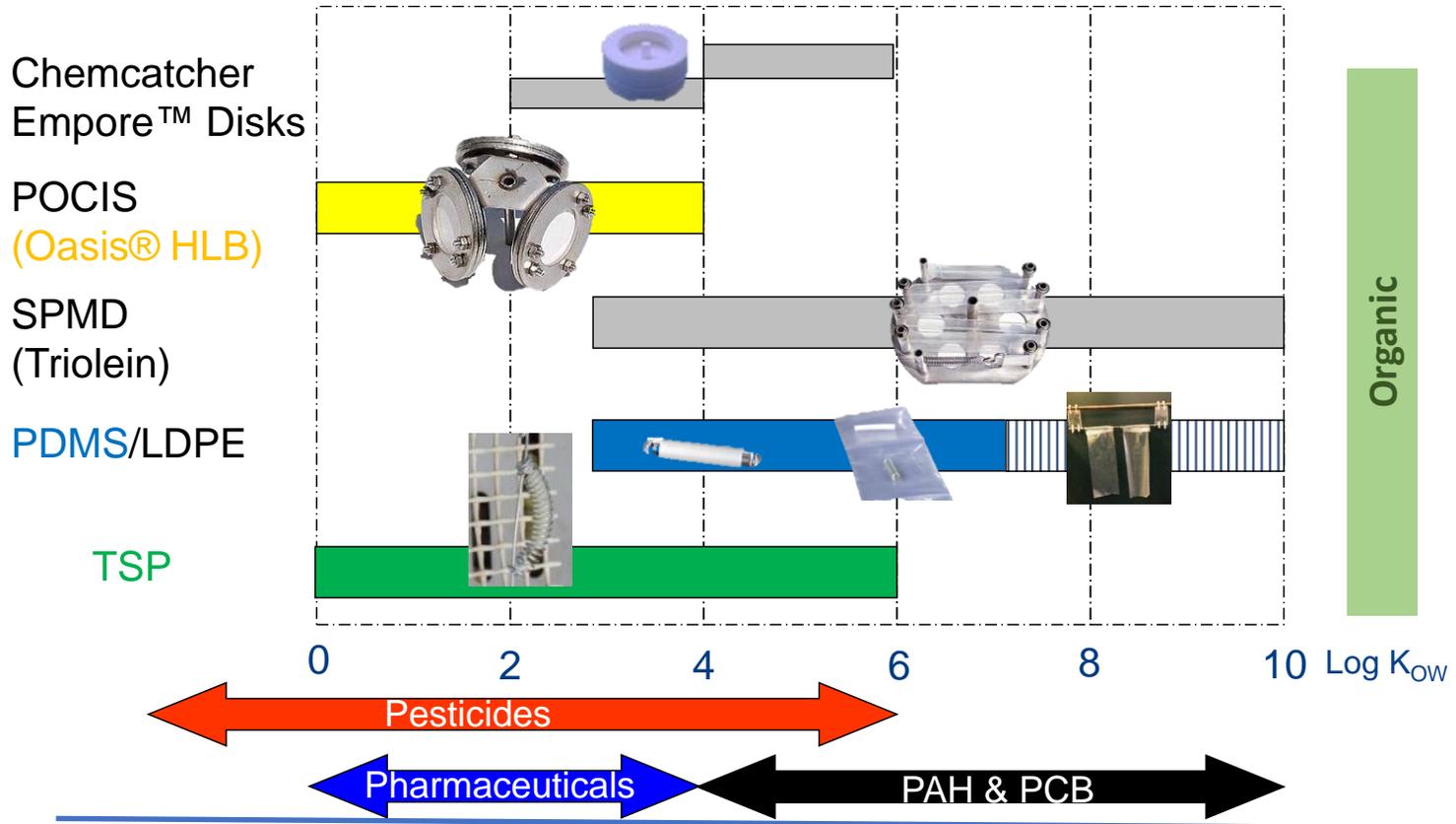


Carotte de sédiments à l'embouchure du Rhône



3

Meilleure intégration de la contamination chimique des eaux de surface : de la recherche au transfert pour améliorer la surveillance DCE



Une multiplicité d'EIP

Avantages :

- Intégrer la contamination dans le temps
- ⚡ Limites de détection
- ⚡ Dégradation des contaminants
- ⚡ Vol. échantillons (transport facilité)

Recherche -> Verrous :
 Comprendre les processus d'accumulation pour un calcul fin des C_{moy} dans l'eau

2012-2024 : 3 post-doc, 5 thèses
> 15 publications dans revues ++

Transfert -> Verrous :
 Proposer un modèle de calcul simple pour calculer en routine des C_{moy} dans l'eau
 Proposer un EIP pour toutes les substances prioritaires

Diffusive Gradient in Thin films

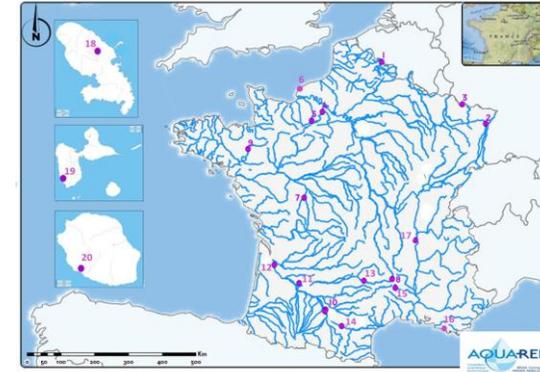


DGT chelex (cationic metals)
 DGT ferrihydrite (anionic metals)

Metals(inorganic)

☐ Tendances temporelles => Des campagnes en continu sur 1 an

➔ 26 campagnes successives sur 3 sites : Blanquefort (Jalle) + Givors (Gier) + Poitiers (Clain)



☐ Tendances spatiales => Des campagnes sur une grande diversité de sites

➔ 20 sites contrastés : 3 sites de référence, 2 sites marins et 3 sites DROM, des sites Watch List



- Des outils développés, en accès libre sur le site d'Aquaref (www.aquaref.fr) : Guides, calculateurs, supports de formations ...

- Evolution de la réglementation française :

Autorisation pour la surveillance (arrêté du 26/04/22) des rivières et des eaux côtières :

- DGT / métaux : eaux côtières uniquement
- POCIS / Molécules polaires
- Membrane de silicone (SR) / Molécules apolaires

Une note ministérielle rendue pour accompagner cette évolution

- Evolution de la réglementation européenne en cours en lien avec le réseau Norman



Accueil » Chimie

EIP - Echantillonnage Intégratif Passif

dans Programme

Les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP) permettent de concentrer les contaminants et offrent de grands avantages par rapport aux prélèvements classiques d'échantillons d'eau. En effet, ces techniques permettent d'obtenir des mesures intégrées sur la durée d'exposition, ainsi qu'une diminution des limites de détection et de quantification. Depuis plus de 10 ans, AQUAREF œuvre à leur reconnaissance dans un contexte réglementaire pour améliorer la surveillance de la qualité chimique des milieux aquatiques. Ces travaux ont porté leurs fruits. Les EIP sont désormais reconnus d'un point de vue réglementaire avec leur inclusion dans le nouvel arrêté surveillance.

Afin de permettre à l'ensemble des acteurs de la surveillance de prendre en main et mettre en œuvre ces nouveaux outils de manière harmonisée, AQUAREF a développé des outils qui sont présentés dans cet espace.

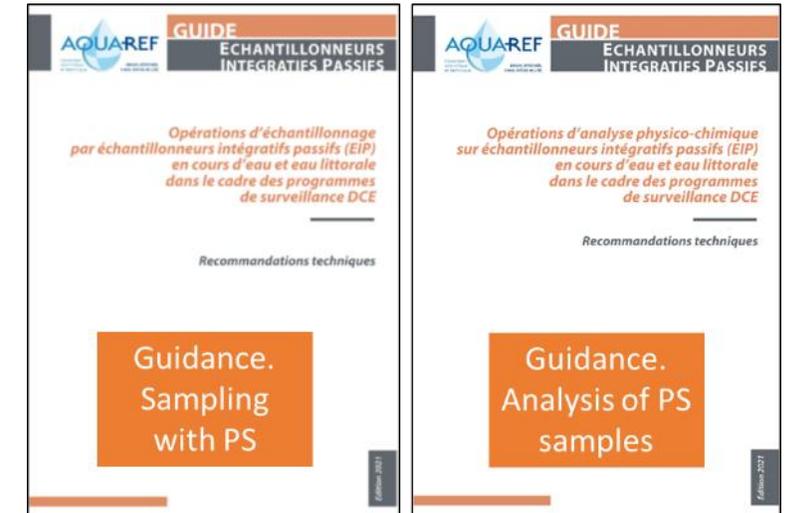
Accès aux publications

Accès aux guides EIP :

- Guide des opérations d'échantillonnage par EIP en cours d'eau et eau littorale (2021)
- Guide des opérations d'analyse sur EIP en cours d'eau et eau littorale (2021)

Outils pour le calcul des concentrations des substances dans l'eau à partir des quantités fixées sur EIP

- Calculs DGT
- Calculs POCIS
- Calculs silicone





Merci pour votre attention



PollDiff

**Pollutions
agricoles
diffuses**



Calibration robuste d'un modèle de transfert d'eau et de pesticides à l'échelle du bassin versant

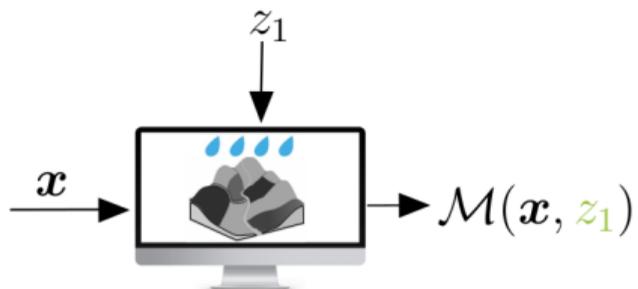
Katarina Radišić¹²³
Claire Lauvernet¹, Arthur Vidard²

¹INRAE, RiverLy, Lyon-Villeurbanne

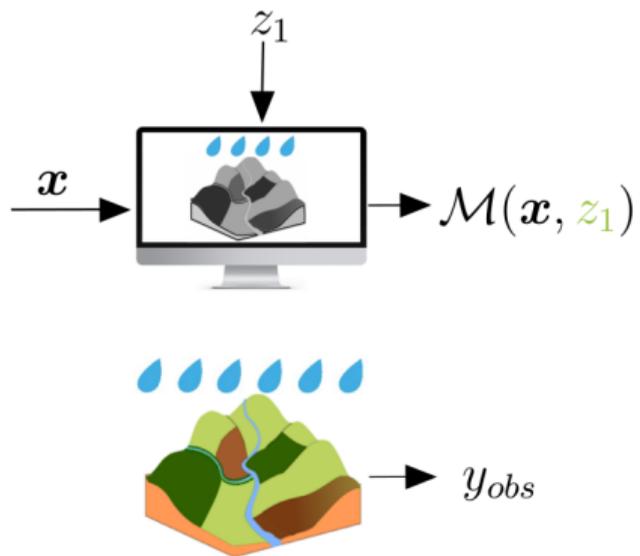
²Univ. Grenoble-Alpes, Inria, CNRS, Grenoble-INP, LJK

³ED MSTII

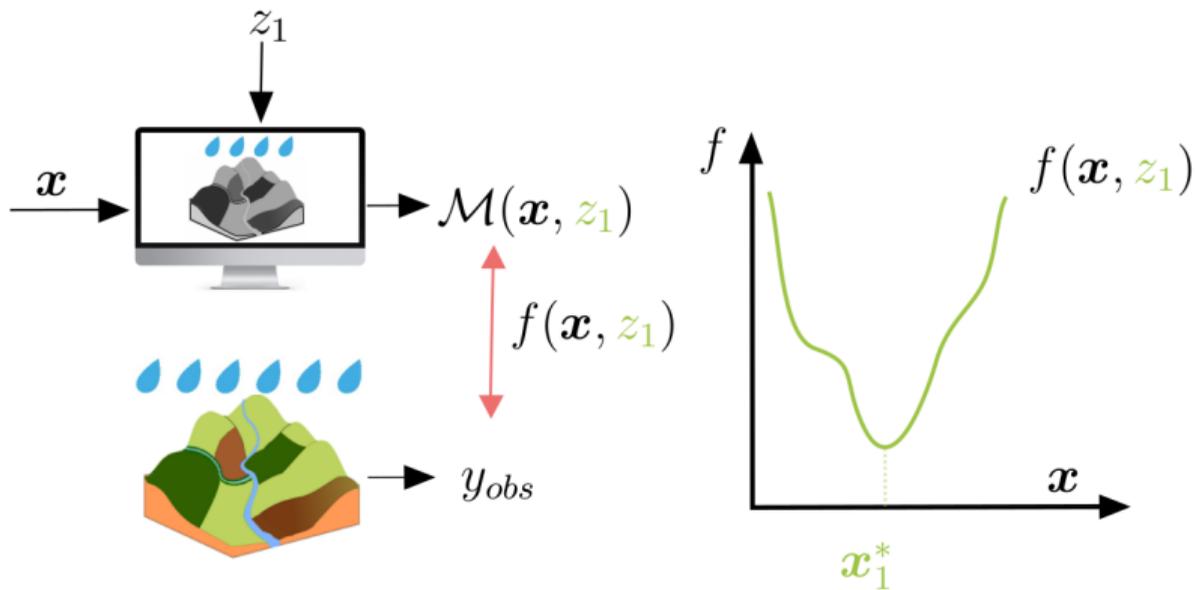
Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



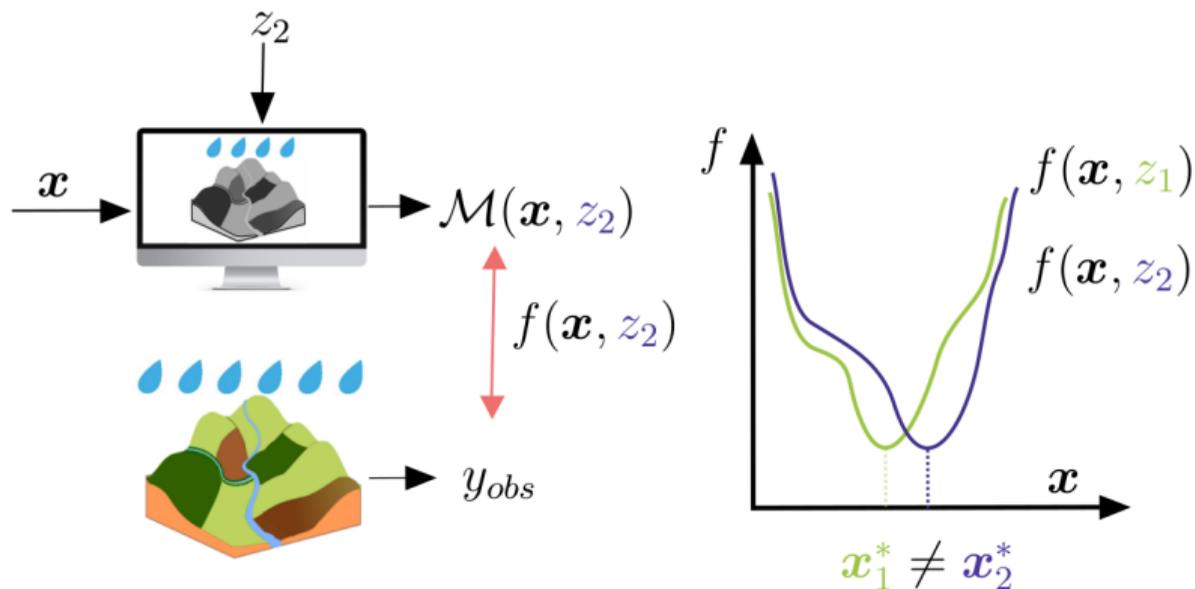
Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



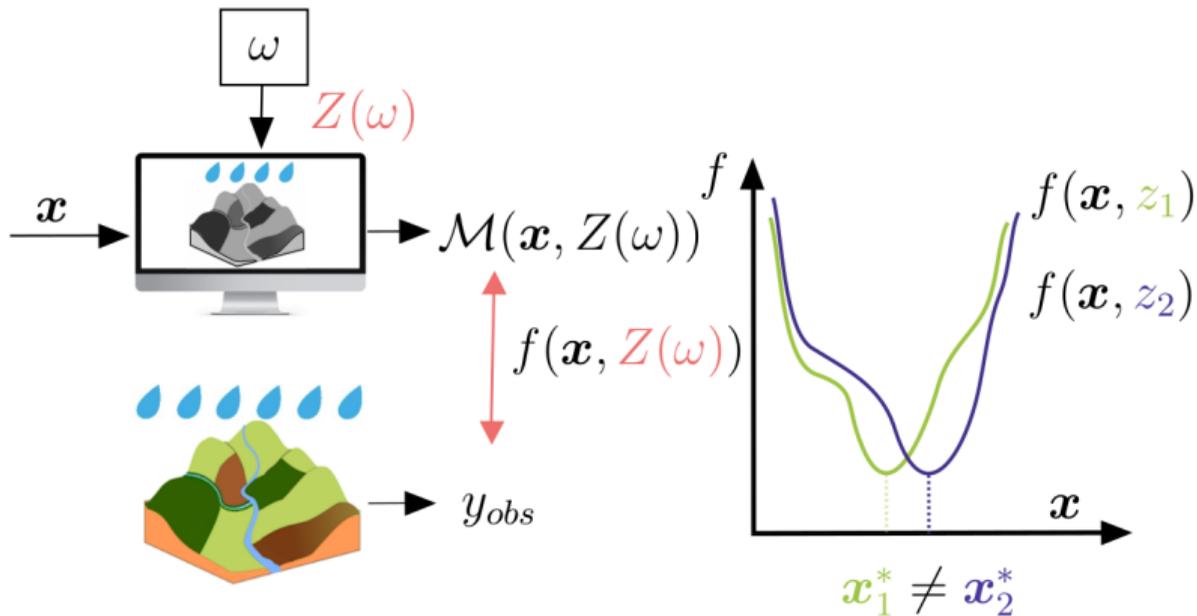
Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



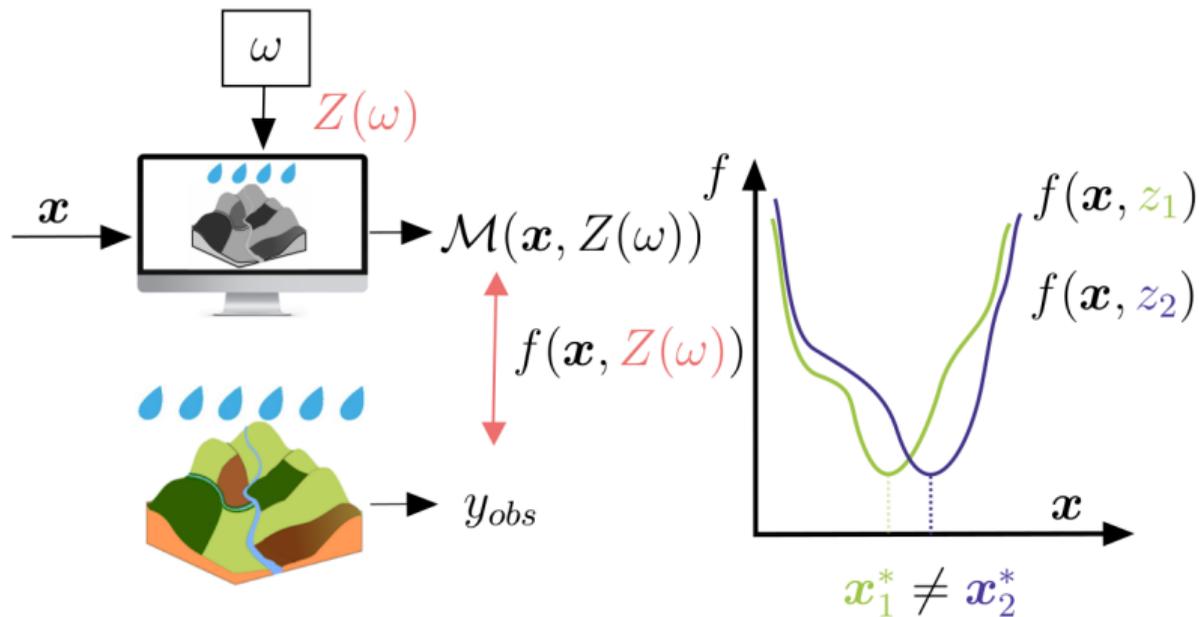
Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût

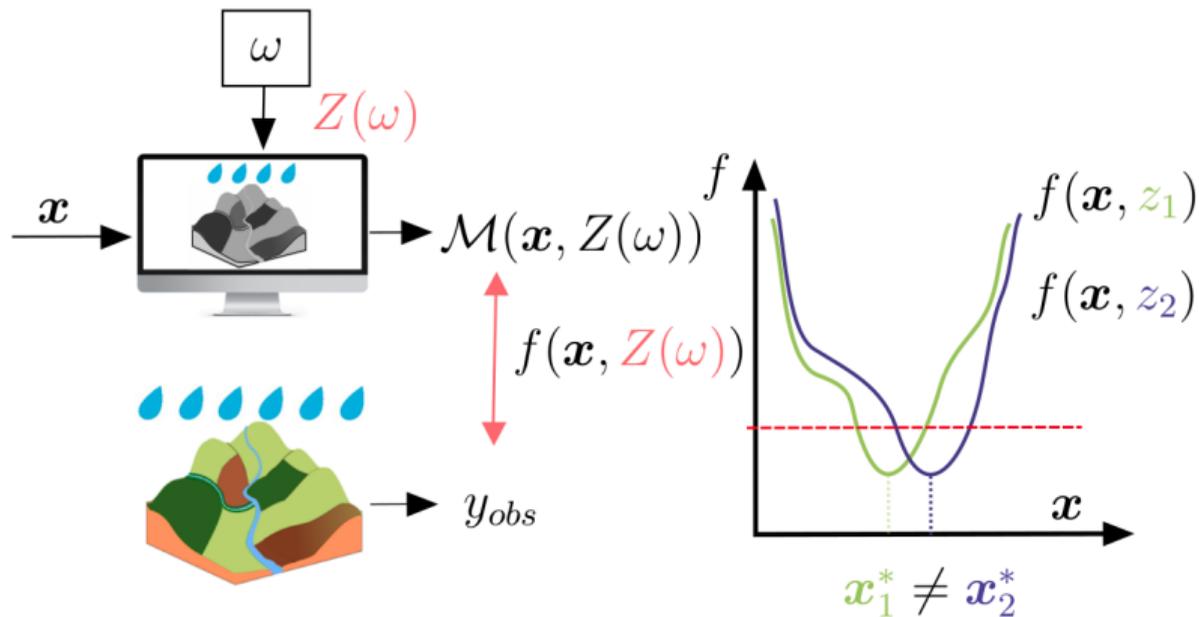


Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



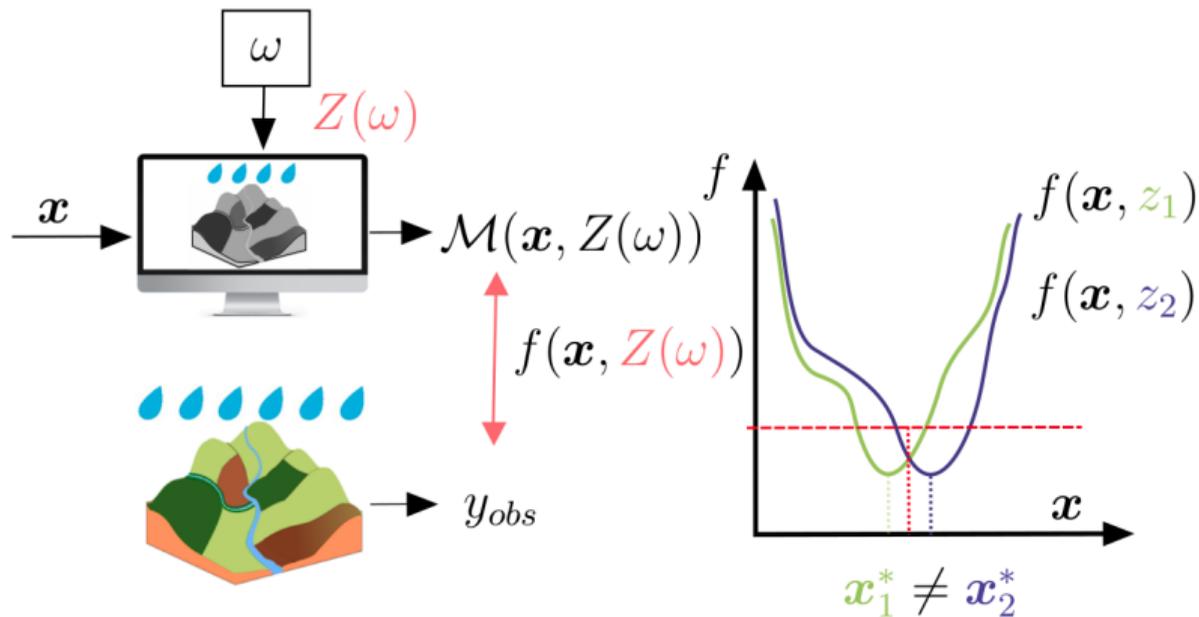
Calibration robuste : satisfait des conditions d'optimalité sous un ensemble de forçages

Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût



Calibration robuste : satisfait des conditions d'optimalité sous un ensemble de forçages

Introduction: Calibration du modèle = minimisation de fonction coût

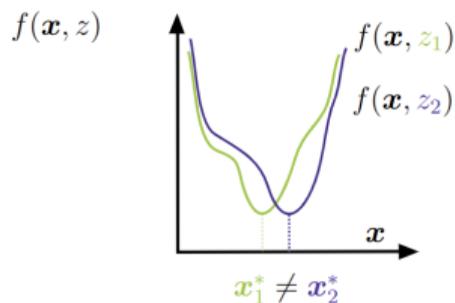


Calibration robuste : satisfait des conditions d'optimalité sous un ensemble de forçages

Methodologie:

Calibration

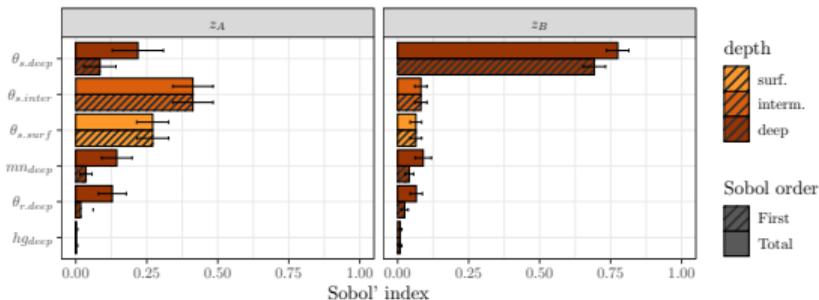
1. régler les valeurs des paramètres
2. ..de manière robuste aux erreurs dans les forcages
3. ..et en limitant le nombre de simulations PESHMELBA



Metamodèle = approximation du modèle d'origine

Analyse de Sensibilité

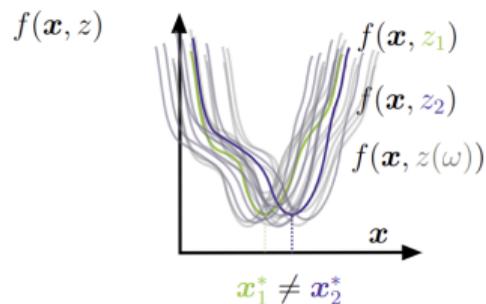
1. identifier les paramètres à calibrer en priorité
2. étudier l'impact des forcages sur la sensibilité des paramètres



Methodologie:

Calibration

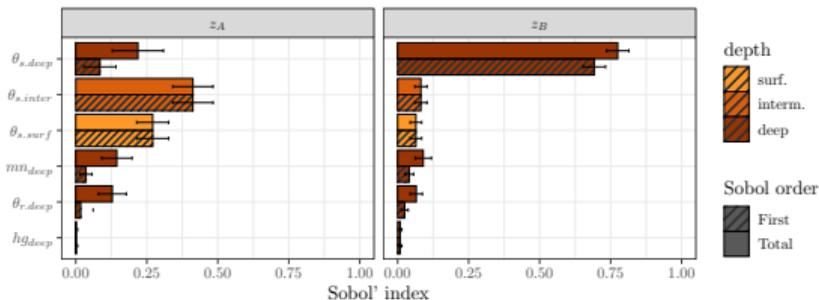
1. régler les valeurs des paramètres
2. ..de manière robuste aux erreurs dans les forcages
3. ..et en limitant le nombre de simulations PESHMELBA



Metamodèle = approximation du modèle d'origine

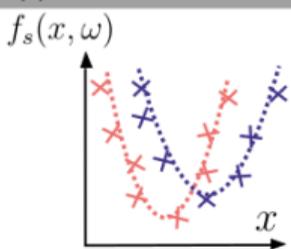
Analyse de Sensibilité

1. identifier les paramètres à calibrer en priorité
2. étudier l'impact des forcages sur la sensibilité des paramètres



Methodologie: Metamodèle stochastique

(i) Fit PCE on the training trajectories

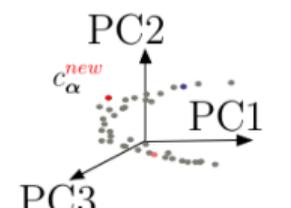


$$f_s(x, \omega_1) \approx f_{PCE}^{(1)}(x) = \sum_{\alpha \in A} c_{\alpha}(\omega_1) \psi_{\alpha}(x)$$

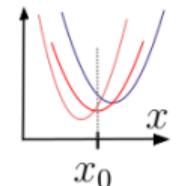
$$f_s(x, \omega_2) \approx f_{PCE}^{(2)}(x) = \sum_{\alpha \in A} c_{\alpha}(\omega_2) \psi_{\alpha}(x)$$

→ c_{α} is a random vector

(iii) Generate new simulations from the KDE



original space

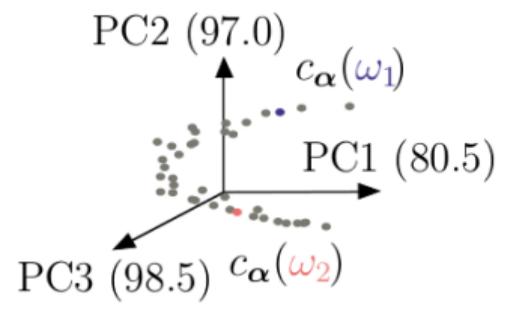


$$\sum_{\alpha \in A} c_{\alpha}^{new} \psi_{\alpha}(x)$$

compare marginals

(ii) Infer coefficients' distribution

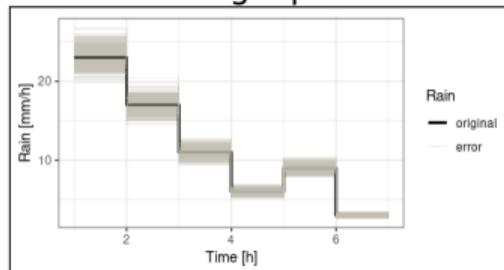
a) c_{α} dimensionality reduction



b) Infer a KDE on the PCs

Resultats: Cas d'études simple : profile d'humidité

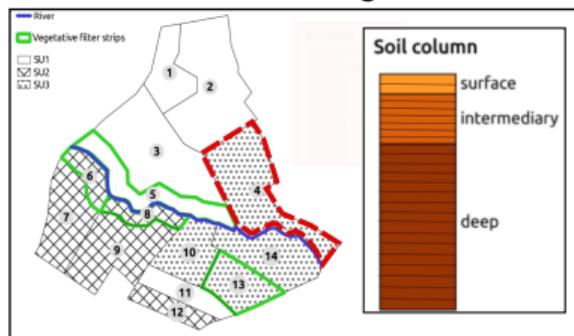
Forcing input



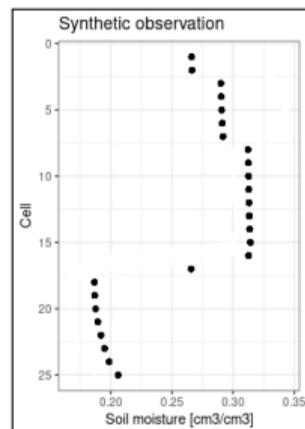
Parameters to calibrate

Name	Definition
$\theta_{s,surf.}$	water content at saturation (surface)
$\theta_{s,inter.}$	water content at saturation (intermediary)
$\theta_{s,deep}$	water content at saturation (deep)
$\theta_{r,deep}$	residual water content (deep)
$mn_{,deep}$	Van Genuchten retention curve parameter (deep)

PESHMELBA configuration

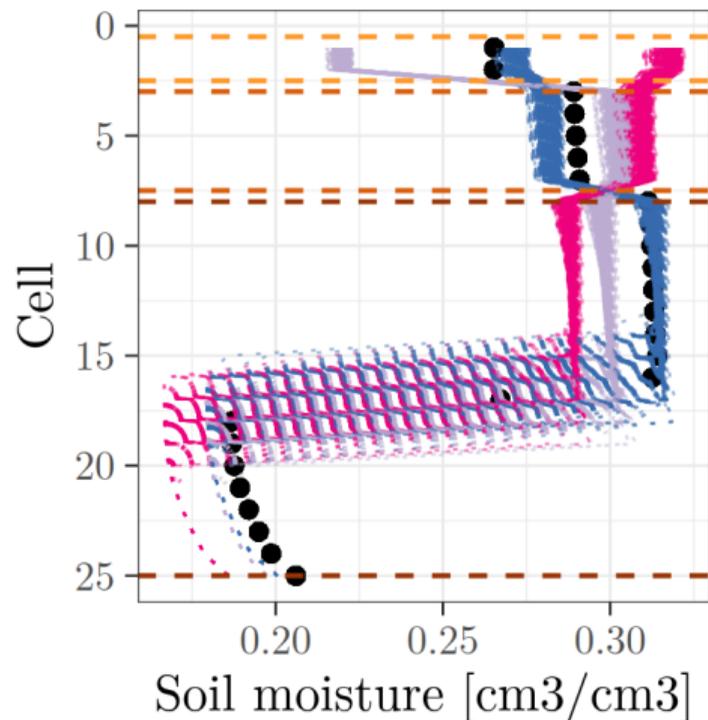


Observation = moisture profile of parcel 4



Resultats: Cas d'études simple : profile d'humidité

PESHMELBA after calibration



minimizer

--- $f(x_{no.calibration}^*, \omega_{new})$

--- $f(x_{robust}^*, \omega_{new})$

--- $f(x_{error}^*, \omega_{new})$

➤ Optimisation des séquences d'acquisition ERT pour mieux suivre les processus hydrologiques

Exemple sur les processus d'infiltration

Hanifa Bader hanifa.bader@inrae.fr

Jean Marçais jean.marçais@inrae.fr

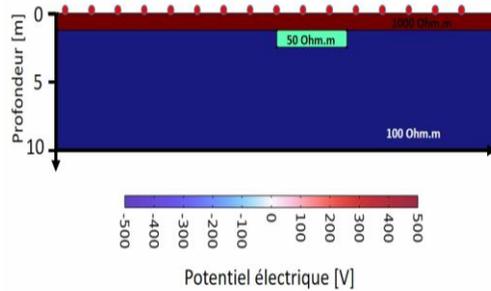
Nadia Carluer nadia.carluer@inrae.fr

Rémi Clément remi.clement@inrae.fr

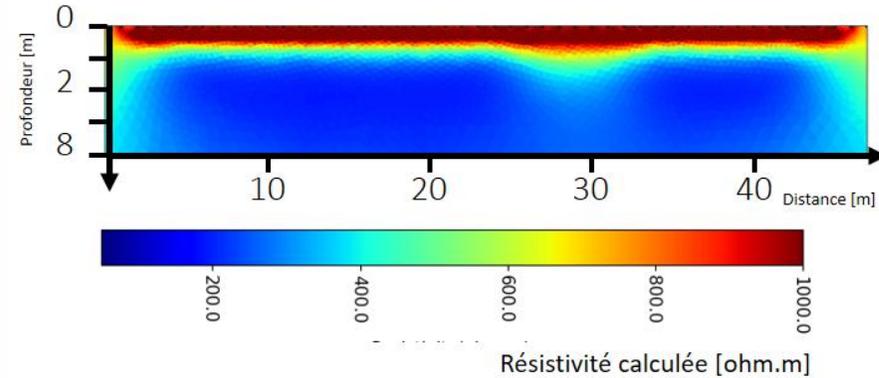
Laurent Lassabatère laurent.lassabatere@inrae.fr

➤ Principe de la méthode ERT

1-Mesure

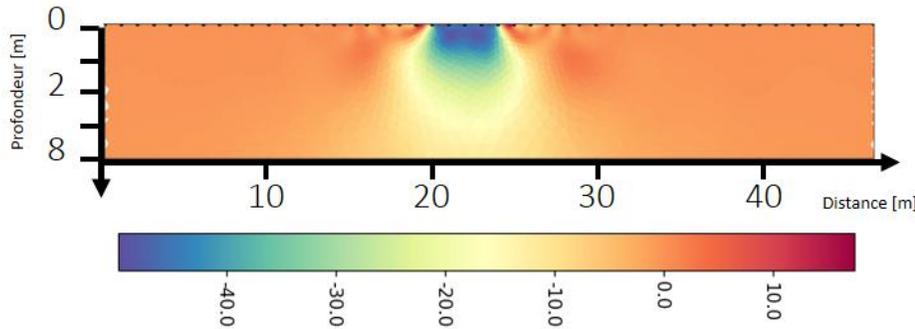


2- Inversion (image initiale)



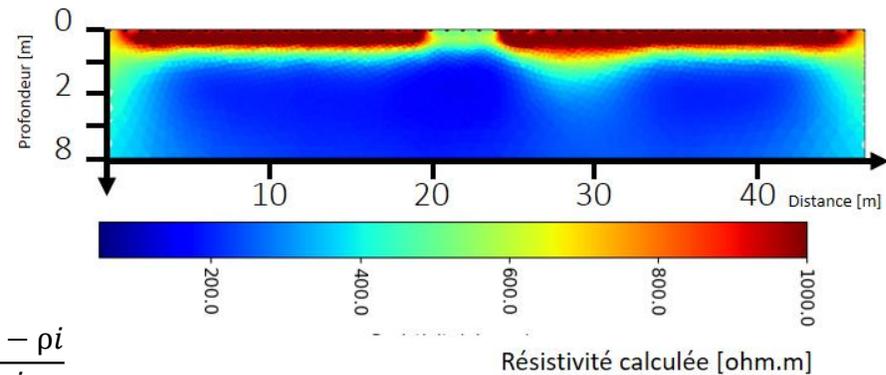
© Inrae, Rémi Clément

4- Suivi temporel



$$\text{Pourcentage de variation de la résistivité électrique [\%]} = \frac{\rho_f - \rho_i}{\rho_i}$$

3- Inversion après infiltration (image finale)



INRAE

Optimisation des séquences d'acquisition ERT

2024/10/07 / J Marçais

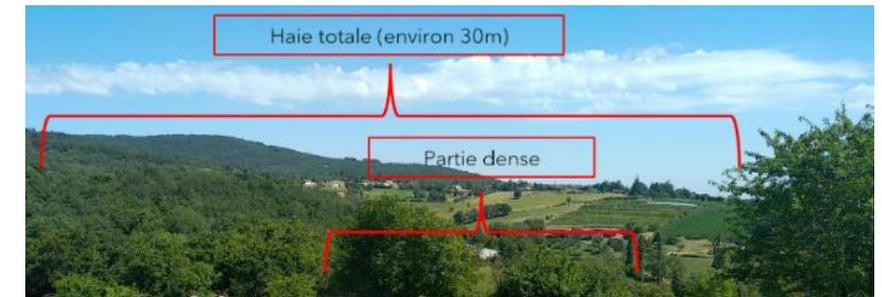
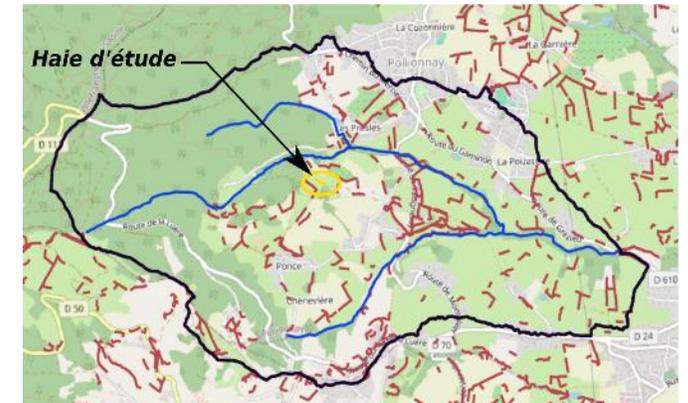
➤ Dispositif expérimental

Dans le cadre de la thèse d'Hanifa Bader, un suivi hydrologique et géophysique d'une haie de Pollionnay !

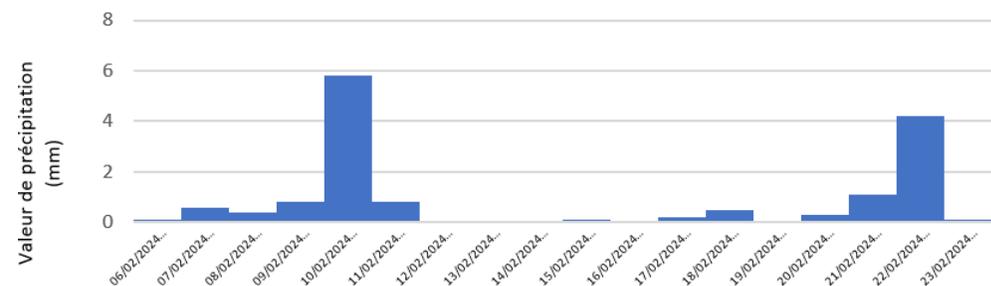
- Intégration sur la haie d'une méthode de mesure de la résistivité électrique et de l'humidité du sol.
- Pour la résistivité: deux profils parallèles et perpendiculaires à la haie de 46m de long.



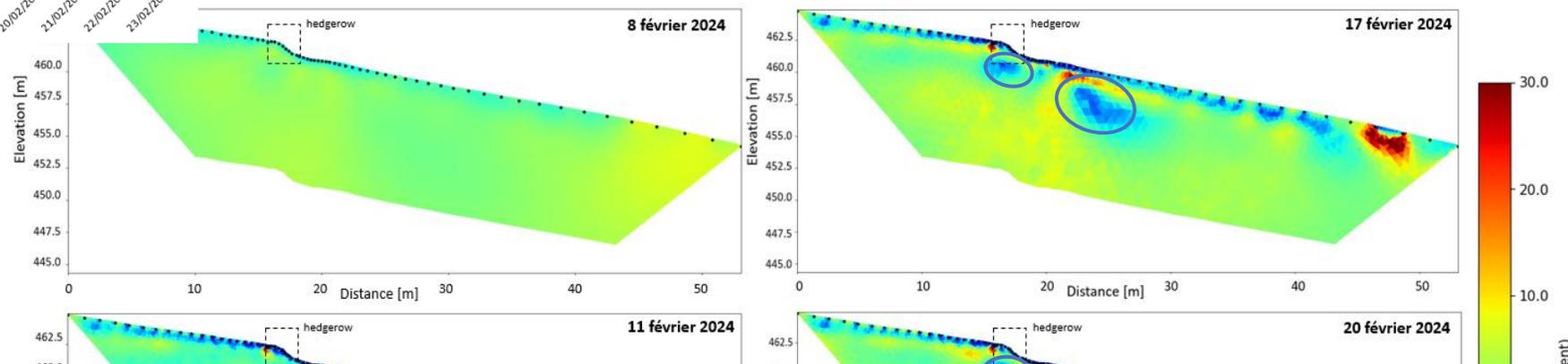
Bassin versant du Mercier, affluent de l'Yzeron



➤ Premier résultats du suivi ERT – Position du problème

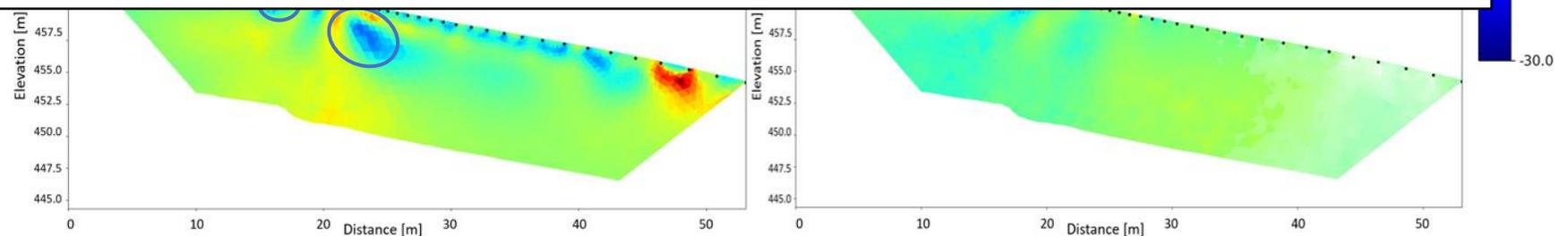


Résultats des mesures TL-ERT



L'infiltration sous la haie est rapide donc difficile de capter sa dynamique après la pluie. D'où l'importance d'optimiser le déclenchement des mesures pour bien détecter et évoluer cette infiltration:

- Pour imager au mieux la dynamique du processus hydrologique d'intérêt;***
- Pour limiter le nombre d'images acquises (principe du « data worth », éviter le traitement d'images inutiles)***



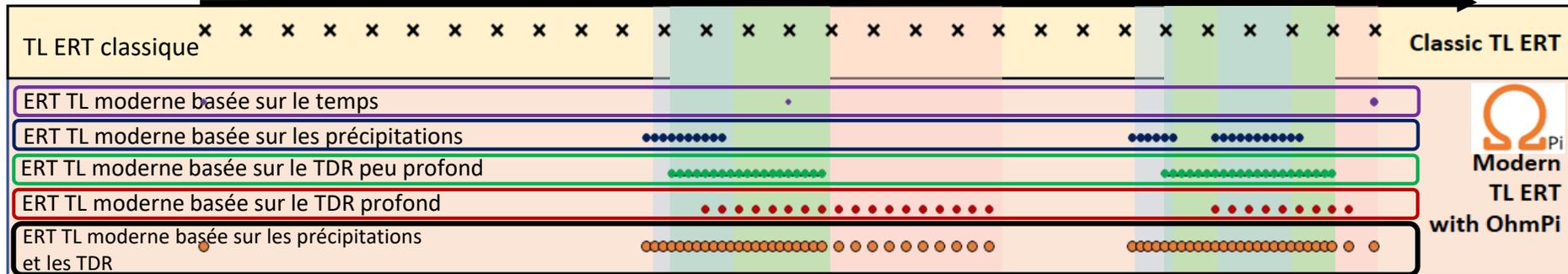
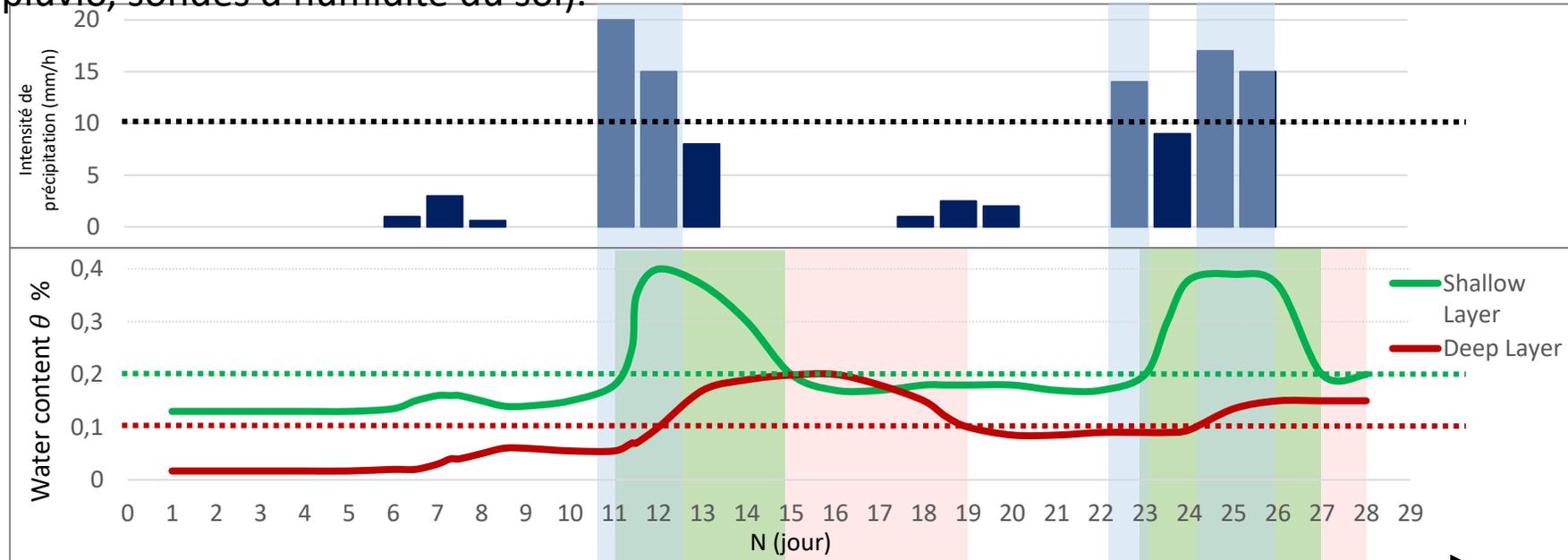
INRAE

Optimisation des séquences d'acquisition ERT

2024/10/07 / J Marçais

➤ Illustration d'une stratégie d'acquisition ERT ou comment bien capter des processus d'infiltration avec la géophysique ?

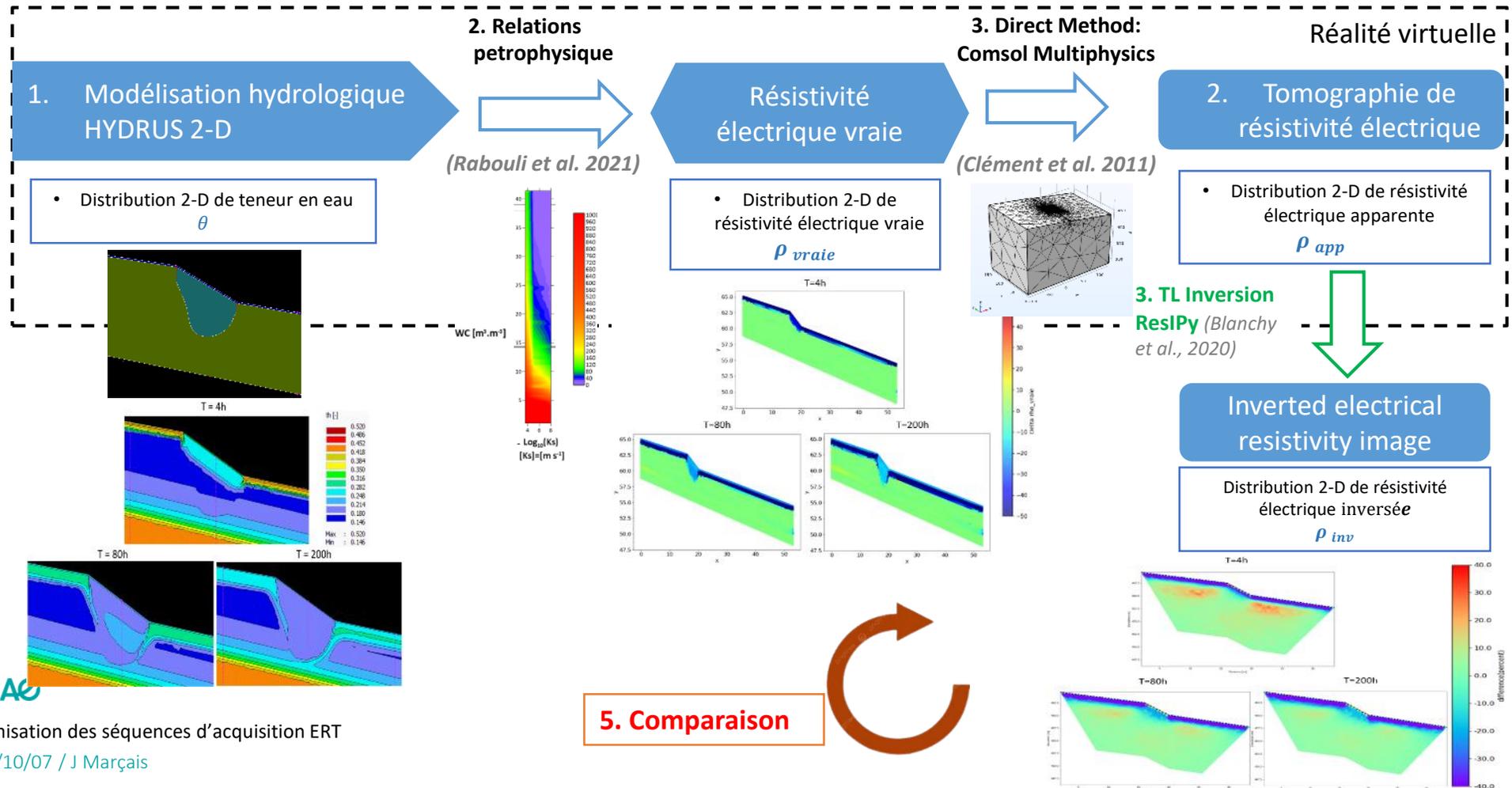
Avec le résistivimètre Ohmpi, il est possible de déclencher la mesure ERT à l'aide de capteurs externes (pluvio, sondes d'humidité du sol).



➤ Expérience numérique avec le modèle Hydrus pour évaluer des stratégies d'acquisition ERT déployables sur site.

Modélisations directe et inverse, une démarche classique de l'hydrogéophysique

Hypothèse: Cette démarche pourrait identifier Stratégies d'acquisition ERT la plus adaptée pour suivre les processus hydrologiques sous une haie.



INRAE

➤ Conclusion

- Un premier suivi ERT depuis février non optimisé mais qui permet de bien imager le prélèvement racinaire.
- Des expériences numériques qui se poursuivent pour qualifier l'intérêt d'asservir le déclenchement de mesures ERT aux mesures de capteurs hydrologiques.
- Un remerciement spécial au pôle technique pour son aide et son implication pour l'implémentation du dispositif de terrain !

