

# SUPPORTS D'INTERVENTION



## Séminaire Scientifique

**17 JUIN 2022**

INRAE LYON /VISIO

**Yzeron 2022 :**  
*connaître l'observatoire actuel  
& définir la recherche de demain*

# Programme de la matinée

9h00 -9h30 :	<b>Introduction</b>   Flora Branger, INRAE Lyon Riverly : présentation du bassin versant et attendus de la journée & Jérôme Gaillardet, IPGP Paris* : positionnement de l'observation au niveau national et européen	Page 5 Page 10
►9h30 -13h00 :	<b>PRESENTATIONS [PARTIE 1]</b> <i>d'une 15aine de minutes suivis d'une discussion :</i>	
9h30	-Isabelle Braud – INRAE Lyon - Riverly : caractérisation du régime hydrologique et d'intermittence des bassins versants OZCAR à l'aide de signatures hydrologiques	Page 18
9h55	- André Paquier – INRAE Lyon Riverly : inondations en ville (projet DEUFI )	Page 22
10h20	- Jérémie Bonneau – INRAE LyonRiverly : impact de l'infiltration à la source à l'échelle du bassin versant en contexte de changement global (projet Conscéquans	Page 26
<b>10H45</b>	<b>PAUSE</b>	
11h00	- Marylise Cottet- UMR5600 EVS : perception de la rivière en milieu urbain	Page 34
11h25	- Marina Coquery – INRAE Lyon Riverly : Approche intégrée biogéochimique, géographique et hydrologique pour déterminer les sources de contaminants sur des bassins versants d'usage mixte (projets IDESOC/ CHYPSTER)	Page 41
11h50	- Benoît Cournoyer – VetAgro Sup : impact microbiologique des surverses (projet Domic)	Page 45
12h15	- Florentina Moatar –INRAE Lyon Riverly: Détermination du risque d'hypoxie des cours d'eau de tête de réseau hydrographique et implication pour la bioindication (projet Rhypoxie)	Page 51
12h35	- Pascal Breil – INRAE Lyon Riverly: Solutions fondées sur la nature pour l'auto-épuration de cours d'eau (projet Atenas)	Page 56
<b>13h00 – 14h15 :</b>	<b>DEJEUNER</b>	



# Programme de l'après midi

▶ 14h00 – 16h00 : ATELIER PROSPECTIF [PARTIE 2] Échanges discussions – DEBAT & CONSTRUCTION

▶ 16h00-16h30- SYNTHÈSE/ PERSPECTIVES - Carnet de route

16h30 : FIN DU SEMINAIRE



# Supports d'intervention



## Séminaire Scientifique

**17 JUIN 2022**

de 8h45 à 16h30 - INRAE LYON /VISIO

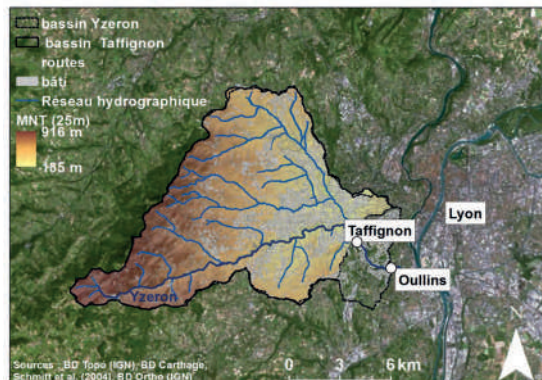
**Yzeron 2022 :**  
connaître l'observatoire actuel  
& définir la recherche de demain



# Introduction

## Le bassin versant de l'Yzeron

Un bassin versant périurbain, typique de l'Ouest lyonnais



Superficie : 150 km<sup>2</sup> (129 km<sup>2</sup> à Taffignon)

Monts du Lyonnais : 912 m - Exutoire à Oullins : 162 m

Dénivelé global : 750 m

Moitié des pentes du bassin > 10 %

Socle cristallin gneiss et granite

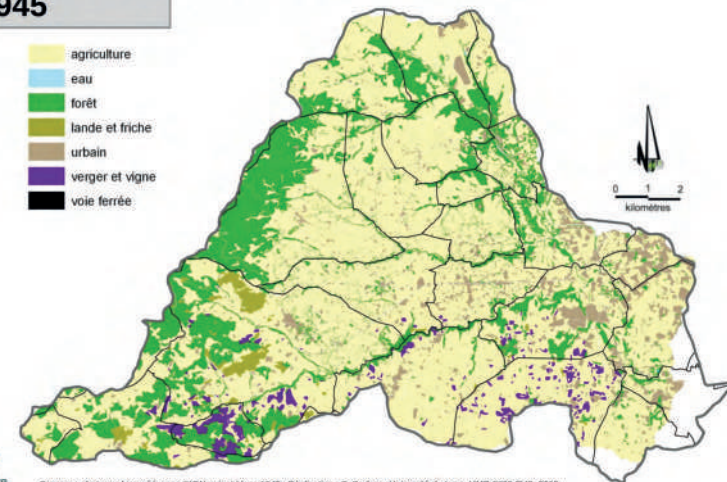
Représentatif du milieu périurbain avec une occupation du sol très hétérogène

Problématique d'inondations à l'aval (Oullins)

Deux stations opérationnelles de suivi des débits (DREAL): Craponne (1969) et Taffignon (1988)

## Imperméabilisation des surfaces

1945

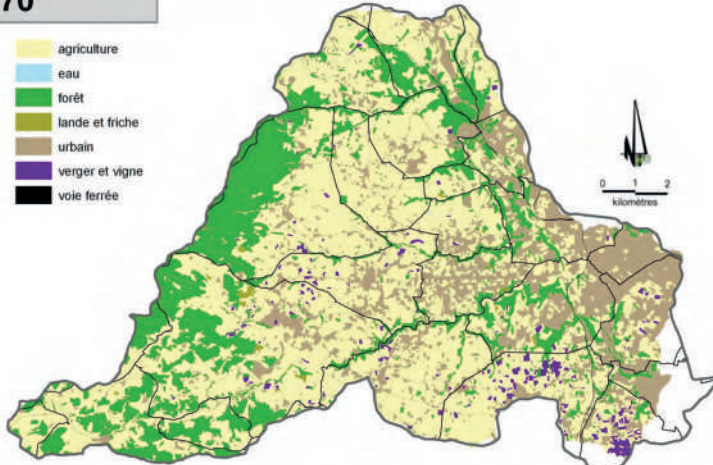


Sources : photographes aériennes (IGN noir et blanc 1945 ; Réalisation : C. Dodane, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2010. Digitalisation des photographies aériennes : C. Jacquemier, S. Kermadec, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2008-2010)

## Imperméabilisation des surfaces

1970

- agriculture
- eau
- forêt
- lande et friche
- urbain
- verger et vigne
- voie ferrée

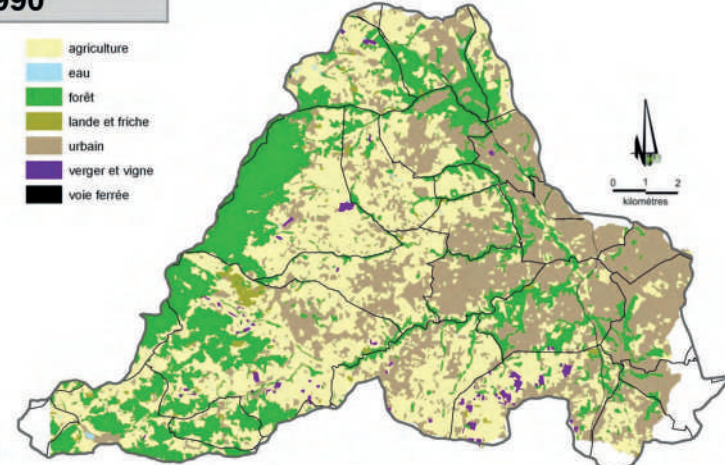


Sources : photographes aériennes IGN noir et blanc 1970 ; Réalisation : C. Dodane, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2010.  
Digitalisation des photographes aériennes : C. Jacqueminet, S. Kemadi et K. Michel, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2008-2010.

## Imperméabilisation des surfaces

1990

- agriculture
- eau
- forêt
- lande et friche
- urbain
- verger et vigne
- voie ferrée

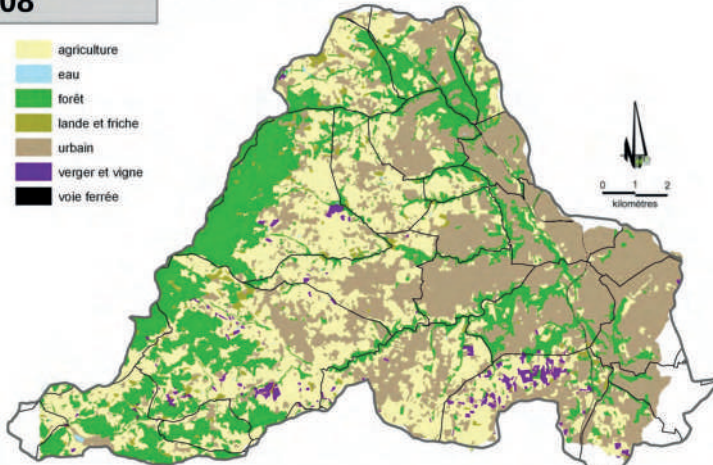


Sources : photographes aériennes IGN noir et blanc 1990 ; Réalisation : C. Dodane, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2010.  
Digitalisation des photographes aériennes : C. Jacqueminet, S. Kemadi et K. Michel, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2008-2010.

## Imperméabilisation des surfaces

2008

- agriculture
- eau
- forêt
- lande et friche
- urbain
- verger et vigne
- voie ferrée



Sources : BD ORTHO® 2008, © IGN Paris ; Réalisation : C. Dodane, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2010.  
Digitalisation des photographes aériennes : C. Jacqueminet, S. Kemadi et K. Michel, Université de Lyon, UMR 5600 EVS, 2008-2010.

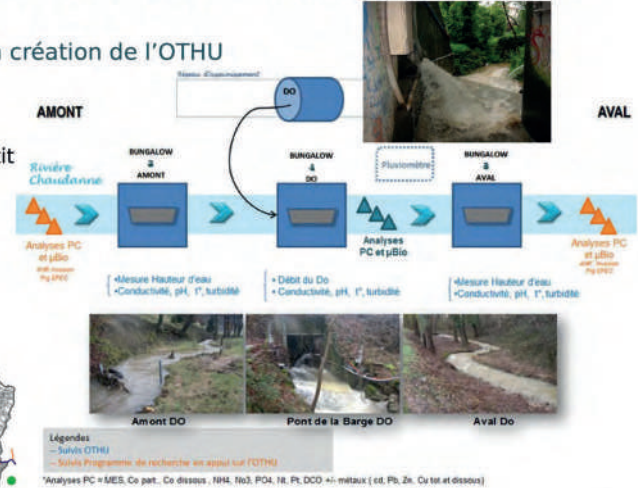
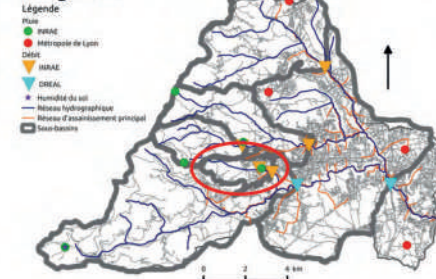
## Historique des observations: tout a démarré il y a 25 ans!!

1997 - 1999 : les débuts et la création de l'OTHU

Site de Grézieu-la-Varenne  
Rivière Chaudanne BV 3 km2

Impact d'un déversoir d'orage sur un petit cours d'eau (quantité et qualité)

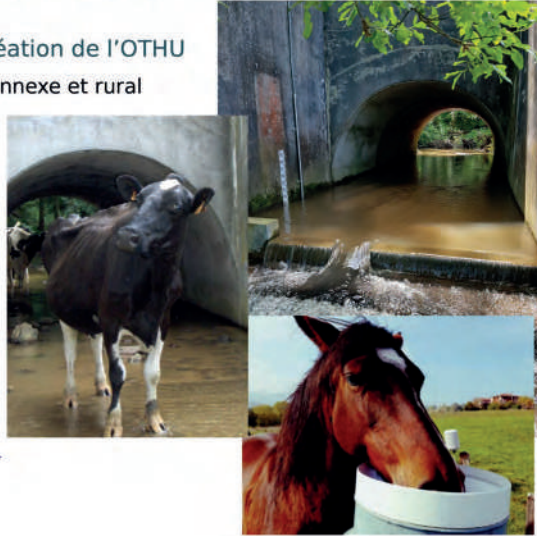
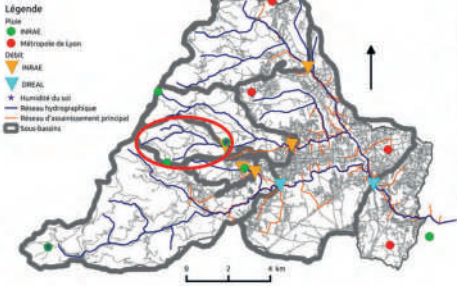
Instrumentation "standard OTHU":  
bungalows



## Historique des observations: tout a démarré il y a 25 ans!!

1997 - 1999 : les débuts et la création de l'OTHU

Suivi du bassin du Mercier (7 km<sup>2</sup>) bassin connexe et rural pour faire des comparaisons (quantité)



p. 9

## Petit rappel historique

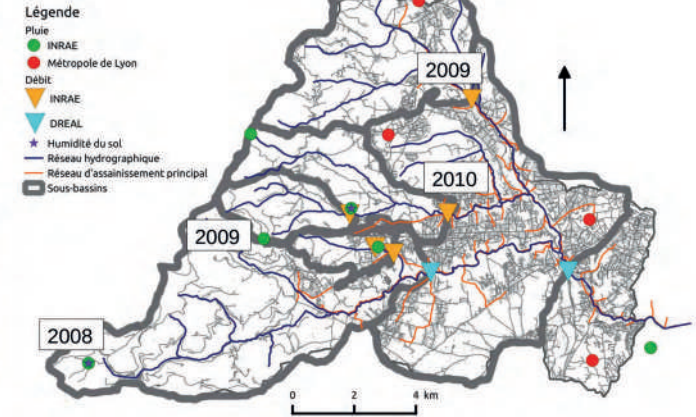
2007 : extension du site expérimental à l'ensemble du bassin versant

Changement de paradigme: site local → vision spatialisée

Stratégie de bassins emboîtés

Ajout progressif:

- postes pluviométriques
- stations de débit



## Petit rappel historique

2016 : intégration du réseau RBV et de l'IR OZCAR

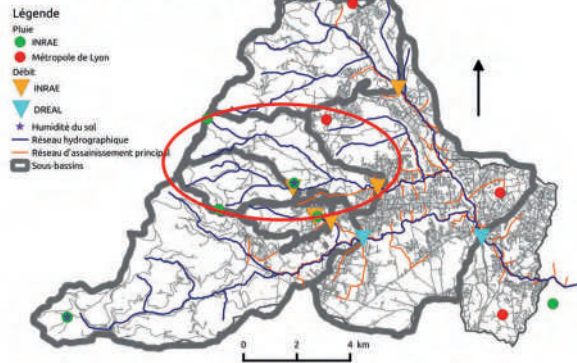
Socle RBV: intégration de mesures complémentaires

- nouveaux compartiments: sol (humidité du sol)
- nouvelles variables: biogéochimie des eaux sur le bassin versant du Ratier

2017 : séminaire stratégique OTHU

Décision d'arrêter les prélèvements systématiques des rejets du DO de Grézieu et de démanteler progressivement les bungalows

=> effectif en 2022



## Le bassin versant expérimental aujourd'hui

Observation de long terme assurée par INRAE

Suivi quantitatif pluie-débit

+ conductivité, paramètres météo, humidité du sol

Complémentarité avec les suivis opérationnels (précipitation Métropole Lyon, débits DREAL)

Socle de données historiques acquises par plusieurs partenaires OTHU

Suivi du DO de Grézieu: physico-chimie, microbiologie

De nombreux projets associés, impliquant de multiples partenaires, disciplines et méthodologies

Elargissement des questions de recherche

Liens forts avec les opérationnels et gestionnaires de l'eau

Métropole de Lyon, SAGYRC

## Objectifs du séminaire

Rassembler la communauté scientifique travaillant ou intéressée pour travailler sur le bassin

Meilleure connaissance mutuelle

Scientifiques urbains vs scientifiques ruraux

Construire la stratégie scientifique sur le bassin pour la prochaine décennie

Identification des questions de recherche

Construction de l'interdisciplinarité

Besoins en instrumentation et données

Positionnement comme outil de recherche au sein de l'OTHU, OZCAR et Observil

## Déroulement de la journée

Mise en perspective : Structuration de l'observation au niveau national et international par J. Gaillardet

9h30-13h : Présentations de travaux récents réalisés sur le bassin

8 intervenants couvrant plusieurs disciplines

Bloc 1 (9h30-10h45): hydrologie quantitative / hydraulique

Bloc 2 (11h-13h): qualité des eaux / SHS

13h-14h15 : déjeuner buffet dans le hall

14h15-16h30 : discussion prospective pour construire la recherche future sur le bassin

3 thèmes:

Observation / données

Construction de l'interdisciplinarité

Questions de recherche

## Programme de la matinée

9h00 -9h30 : **Introduction** | Flora Branger, INRAE Lyon Riverly : présentation du bassin versant et attendus de la journée & Jérôme Gaillardet, IPGP Paris\* : positionnement de l'observation au niveau national et européen

► 9h30 -13h00 : **PRESENTATIONS [PARTIE 1]** *d'une 15aine de minutes suivis d'une discussion :*

9h30 -Isabelle Braud – INRAE Lyon - Riverly : caractérisation du régime hydrologique et d'intermittence des bassins versants OZCAR à l'aide de signatures hydrologiques

9h55- André Paquier – INRAE Lyon Riverly : inondations en ville (projet DEUFI )

10h20 - Jérémie Bonneau – INRAE LyonRiverly : impact de l'infiltration à la source à l'échelle du bassin versant en contexte de changement global (projet Conscéquans

10H45 **PAUSE**

11h00 - Marylise Cottet- UMR5600 EVS : perception de la rivière en milieu urbain

11h25 - Marina Coquery – INRAE Lyon Riverly : Approche intégrée biogéochimique, géographique et hydrologique pour déterminer les sources de contaminants sur des bassins versants d'usage mixte (projets IDESOC/ CHYPSTER)

11h50- Benoît Cournoyer – VetAgro Sup : impact microbiologique des surverses (projet Domic)

12h15 - Florentina Moatar –INRAE Lyon Riverly: Détermination du risque d'hypoxie des cours d'eau de tête de réseau hydrographique et implication pour la bioindication (projet Rhypoxie)

12h35 - Pascal Breil – INRAE Lyon Riverly: Solutions fondées sur la nature pour l'auto-épuration de cours d'eau (projet Atenas)

13h00 – 14h15 : **DEJEUNER**



## Programme de l'après midi

► 14h00 – 16h00 : **ATELIER PROSPECTIF [PARTIE 2]** Échanges discussions – DEBAT & CONSTRUCTION

► 16h00-16h30- **SYNTHÈSE/ PERSPECTIVES** - Carnet de route

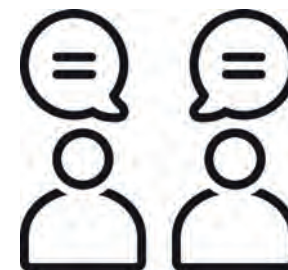
16h30 : **FIN DU SEMINAIRE**



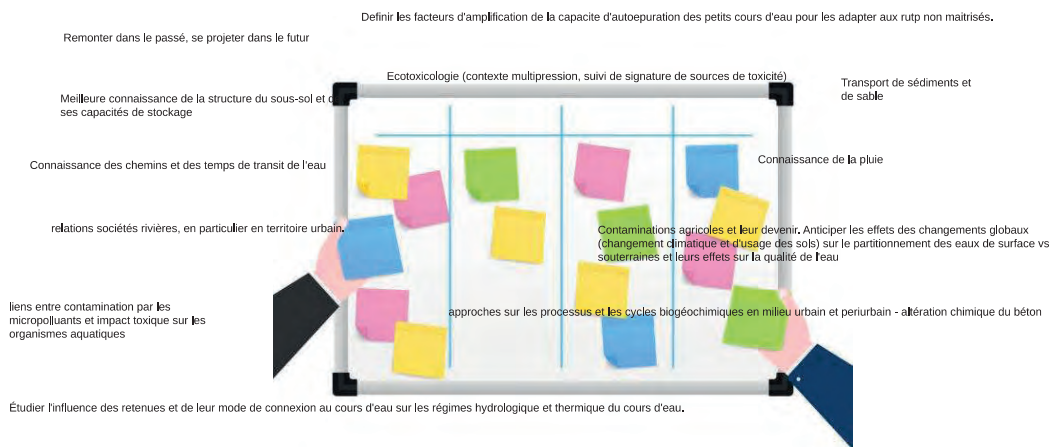
# Ateliers

Atelier 1 : Construire  
l'interdisciplinarité : objets d'études,  
échelles spatiales et temporelles

## BESOINS / ATTENTES



## Atelier 2 : Questions de recherche



## Atelier 3 : Observations et données

<b>Keep : ce qu'on garde</b>	<b>Improve : ce qu'on améliore</b>
<b>Stop : ce qu'on arrête</b>	<b>Start : ce qu'on démarre</b>

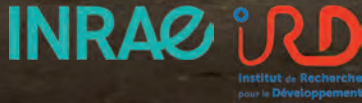
# OZCAR : Observatoires de la Zone Critique, applications et Recherche



Jérôme Gaillardet  
Institut de Physique du Globe de Paris,  
France



Isabelle Braud  
INRAE, Lyon, France

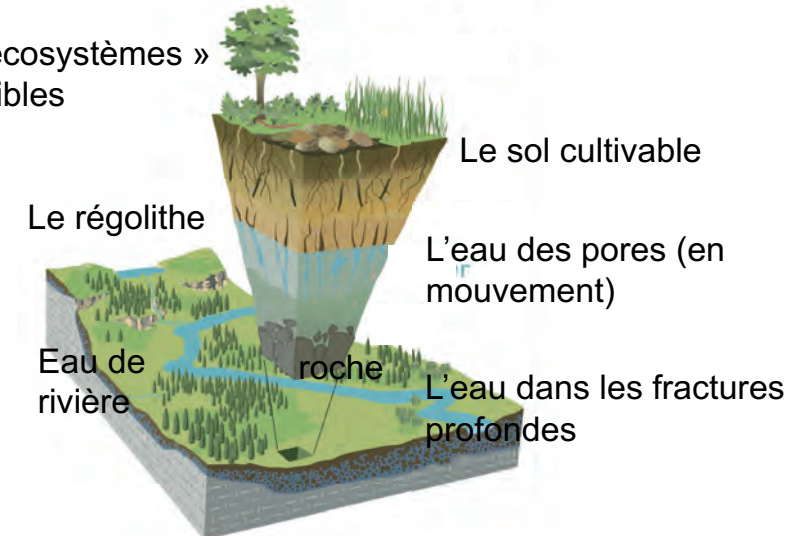


« The near-surface layer where water, rock, air and life meet in a dynamic interplay that sculpts landscapes, generates soils and builds the foundation for Earth's terrestrial ecosystems (National Research Council [NRC], 2001) »

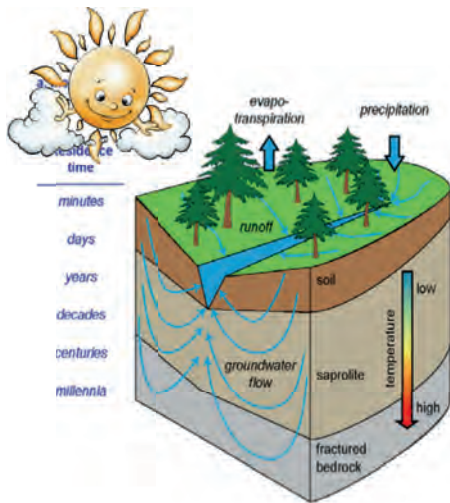
« entre les roches et le ciel ».

La basse atmosphère

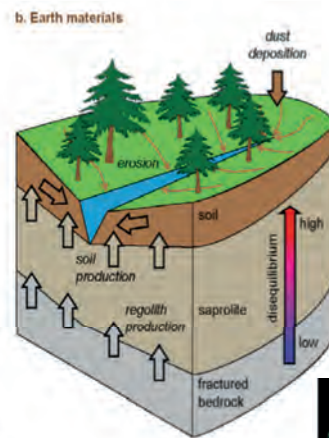
Les « écosystèmes »  
s.s. visibles



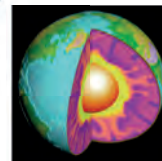
## Cycles courts et cycles longs se rencontrent : entre Hélios et Hadès



Processus rapides (saisonniers)



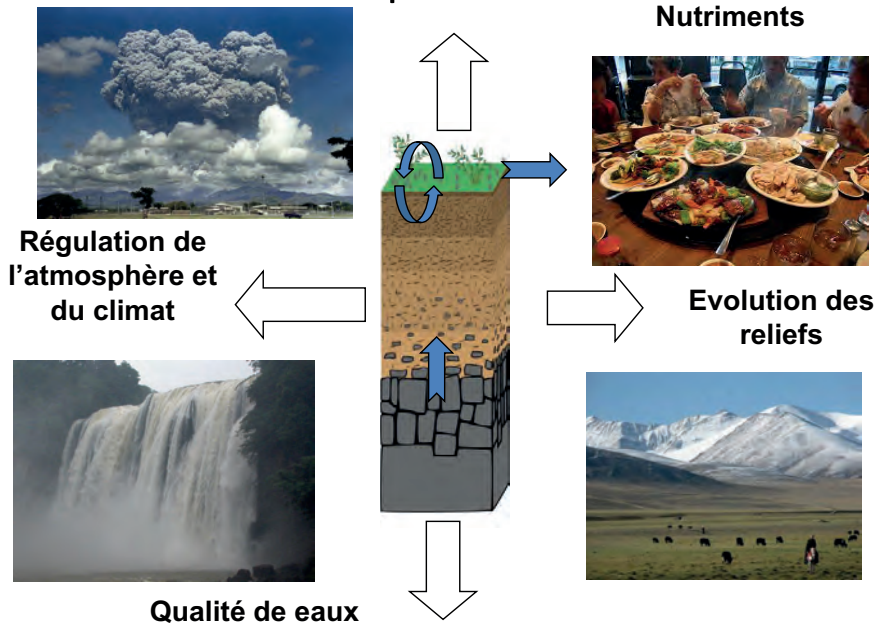
Processus lents (Ma)



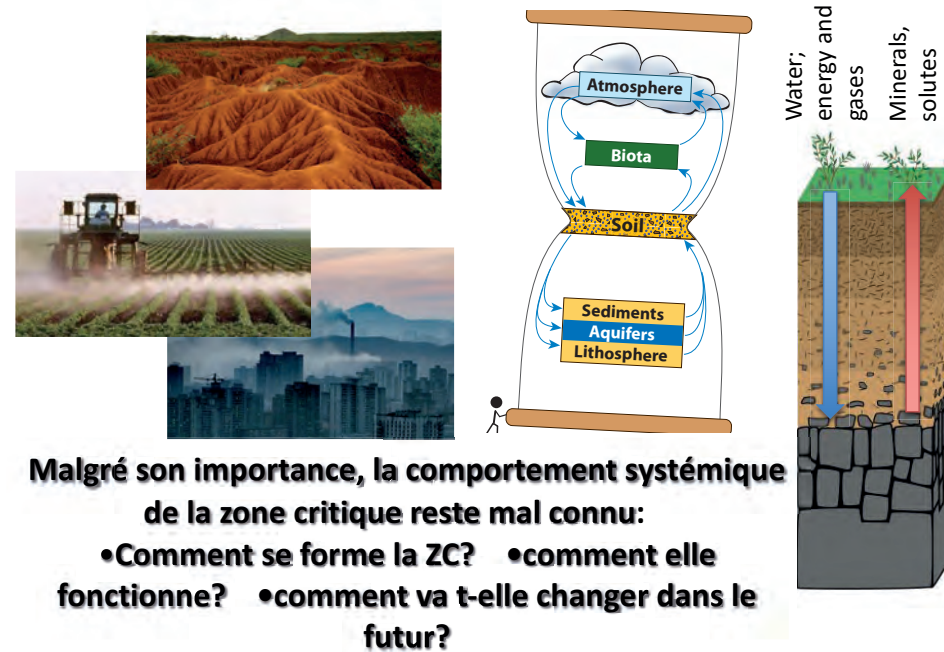
La zone critique est une zone transformée par et pour les vivants.

Lenton, T. M., & Latour, B. (2018). Gaia 2.0. Science.

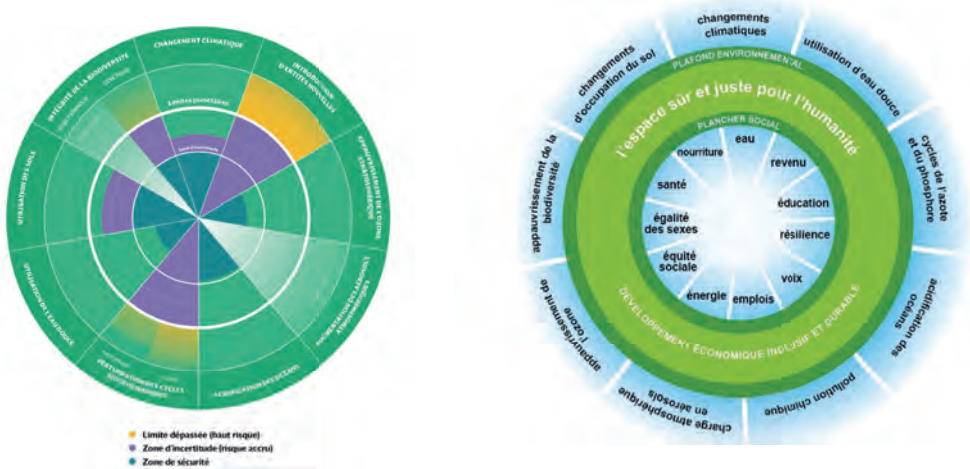
# La zone critique, interface critique pour la planète



# La zone critique est menacée à l'heure de l'anthropocène



# Territorialiser la question de l'habitabilité



# The Nexus 2050 Challenge

9 Billion People

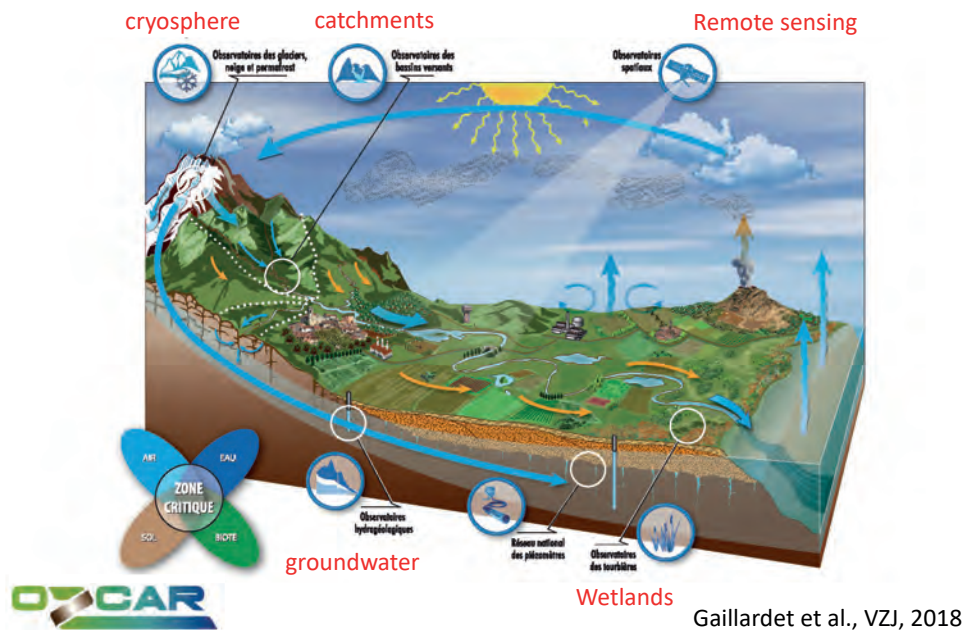
80% More Energy



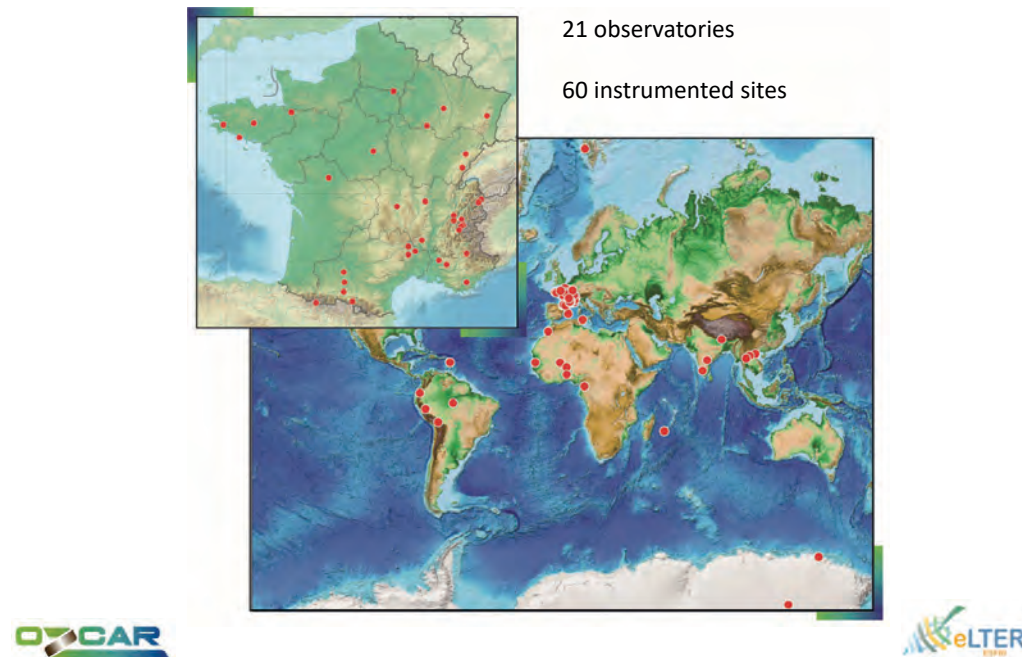
55% More Water

60% More Food

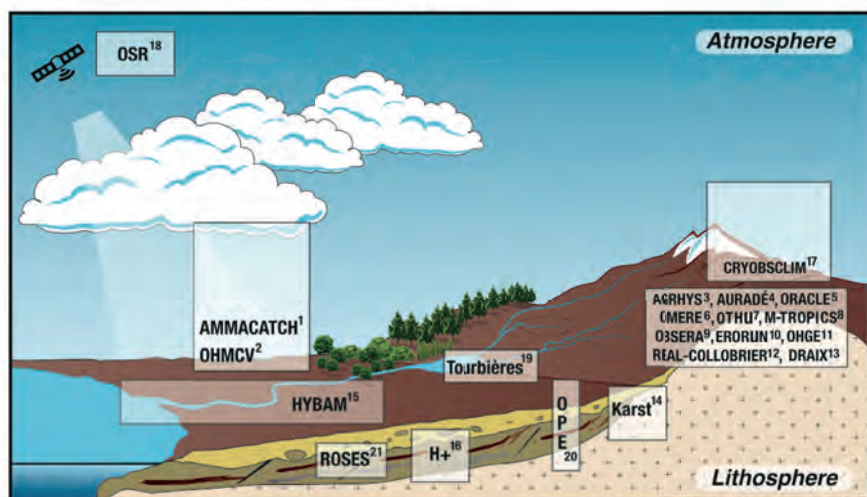
8 research institutions (CNRS, INRAE, IRD, BRGM, ANDRA, METEOFRANCE),  
21 universities : 50-100 To of data storage.



## Avec des observations dans le monde entier



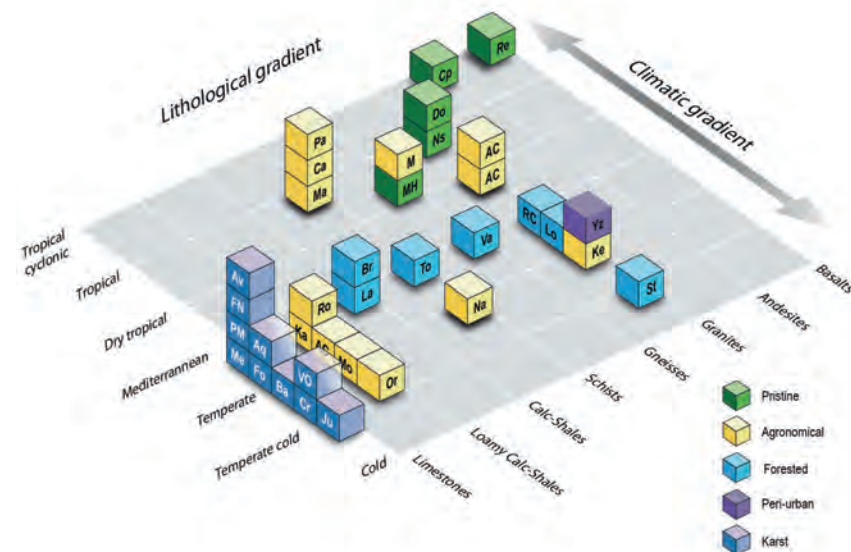
: La richesse des observatoires  
de la zone critique français



Gaillardet et al., 2018, JVZ



Using catchments along gradients as natural  
laboratories



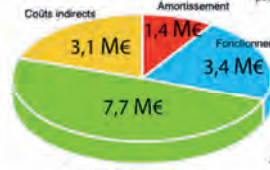
## L'EXERCICE DU COUT COMPLET 2017

OZCAR est une infrastructure de recherche mettant en réseau les observatoires nationaux de la Zone Critique de la Terre, la pellicule de la Terre comprenant un ensemble de sous-systèmes connectés : sol, eaux de surface et profondes, glaciers, milieux humides, habitat de l'homme et soumise à des pressions sans précédent.

Sur une base déclarative, les 19 observatoires ont pris part à l'enquête sur le coût complet d'OZCAR à l'exception de l'Observatoire de l'Andra.

**DEPENSES : 15,6 M€**

Le **patrimoine instrumentel** est estimé à **25 M€**. Seul l'amortissement de ce patrimoine est pris en compte pour les dépenses en 2017.



Le coût ou **investissement** correspond à la masse salariale des agents impliqués dans l'observation, la production, la mise à disposition des données et le développement instrumentel. Le temps des activités de recherche des personnes utilisant des données d'OZCAR n'est pas compté.

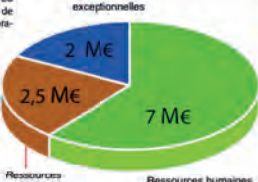
Les coûts de **investissement** incluent les matériels et consommables, les missions, études et prestations, frais généraux et autres, nécessaires à l'acquisition des données.

Les **coûts indirects** correspondent à 25% des coûts directs.

**RESSOURCES : 11,5 M€**

Les ressources d'OZCAR proviennent de 11 organismes de recherche (CNRS, INRA, BRSTEA, IRD, BRGM, ANDRA, CNES, IFSTTAR, CEA, Météo-France, IPEV), de 20 Universités et Ecoles d'ingénieurs, de partenaires industriels ou de collectivités locales, de partenaires étrangers, de contrats de recherche et ressources propres des laboratoires, d'Alliés et des Investissements d'Avenir.

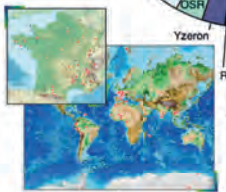
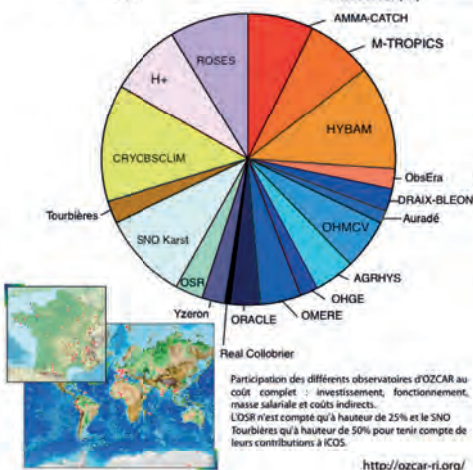
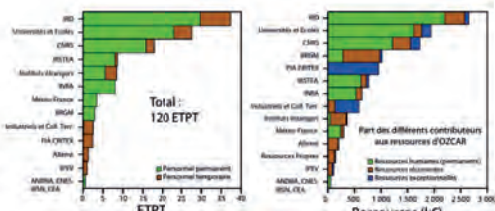
Les **ressources exceptionnelles** correspondent à des CDD, à l'appartenance de l'équipe CRITEX (PIA) ou sont liées aux CPER. Les autres ressources liées aux investissements ne sont pas comptabilisées car il est difficile d'estimer leur provenance.



OZCAR compte **120 ETPT**, dont 6 de partenaires étrangers.

Les **ressources récurrentes** sont affectées au fonctionnement des observatoires et à la vie de l'infrastructure.

Les **ressources exceptionnelles** correspondent à des CDD, à l'appartenance de l'équipe CRITEX (PIA) ou sont liées aux CPER. Les autres ressources liées aux investissements ne sont pas comptabilisées car il est difficile d'estimer leur provenance.



Participation des différents observatoires d'OZCAR au coût complet : investissement, fonctionnement, masse salariale et coûts indirects. L'OSR n'est compté qu'à hauteur de 25% et le SNO Tourbières qu'à hauteur de 50% pour tenir compte de leurs contributions à ICOS.

<http://ozcar-ri.org/>

# Ambitions d'OZCAR-RI

- Relier tous les CZO, croiser les approches et les disciplines autour d'une même question : comment prévoir la réponse de la zone critique à la perturbation de l'Anthropocène
  - Partager un portail de données/métadonnées commun
  - « big voice », y compris à l'international (voir Tereno-Ozcar, eLTER)
- Plus difficile....
- Réfléchir à une métrique de la zone critique
  - Créer des thèmes scientifiques transverses
  - Définir des paramètres communs
  - Faire un bon technologique dans la mesure
  - Travailler avec les Zones Ateliers, le réseau socio-écologique français et inventer un nouveau type d'observatoire des territoires.
  - Donner naissance à une nouvelle génération de scientifiques mieux armés pour comprendre le système complexe du « sol », des territoires ....

<http://www.ozcar-ri.org/>

## Les services de l'IR OZCAR

**WP0: Gouvernance, animation formation**

**WP1: Système d'Information Theia/OZCAR**  
Sylvie Galle and Isabelle Braud

**WP2: Interface données - modèles**  
Sandrine Anquetin and Jean Marçais

**WP3: Instrumentation et protocoles**  
Damien Jougnot and Eliot Chatton

**WP4: Thèmes transverses**  
Jérôme Gaillardet and Isabelle Braud

**WP5: Activité internationale**  
Jérôme Gaillardet and Isabelle Braud

15

Renouvellement des animateurs de certains WPs en 2022

### The "OZCARE": the phylogenetic tree of French Critical Zone Observatories

Jérôme Gaillardet (1), Isabelle Braud (2), François Mercier (1), Virginie Entringer (1), Sylvie Galle (3)

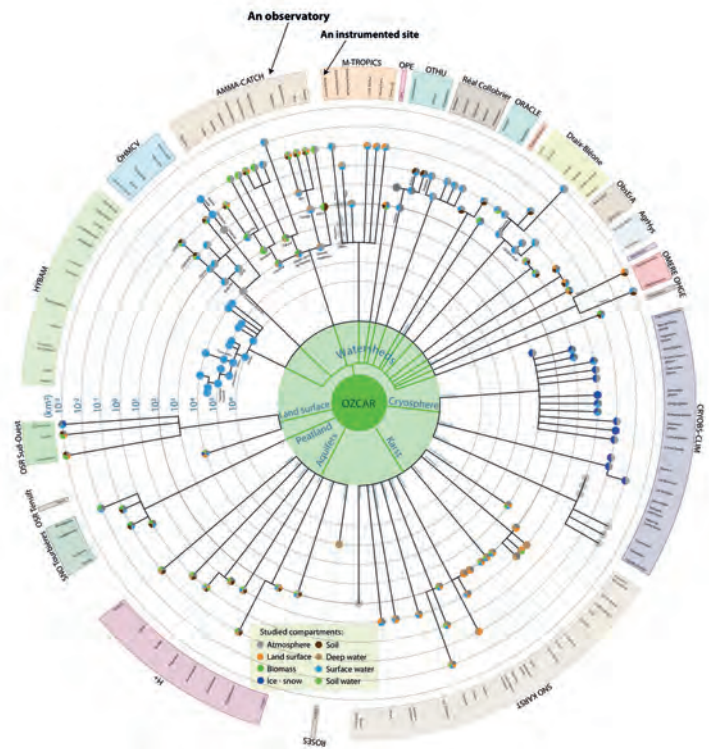
**What is OZCAR?**  
OZCAR is a network of long-term observatories, each defined by a common scientific question of societal relevance. These observatories are based on a common basis by the different national research organizations (INSU) and evaluation-related needs (ICOS). These observatories are built according to different scientific communities: hydrogeology, hydrology, geomorphology, geology, limnology, and also traditional sciences.

**Results**  
The central green "spine" represents the sphere of definition and research communities. It shows that the CZ is not seen as a unique entity and that its long-term monitoring has been conceptualized and designed in different ways as a result of the disciplinary fragmentation.

**Conclusions**  
The OZCARE shows that disciplinary networks are necessary to disseminate the scientific questions and identify the natural processes and their controls, but do not allow a whole system approach of each site.

**What is the critical zone?**  
Qualifying components: Atmosphere, Land surface, Land surface, Deep water, Shallow water, Soil water, Soil water.

13



# Animation et formation



## WP1 Système d'informations Theia/OZCAR



### Objectifs du SI

- Rendre les données des SIC et de l'IR OZCAR accessibles à la communauté scientifique selon les principes du FAIR data <https://in-situ.theia-land.fr/>



Décomposition des noms de variables selon le modèle I-ADOPT

### Avancées/points d'attention

- Mise en production d'une nouvelle version du thésaurus Theia/OZCAR selon le modèle I-ADOPT (<https://github.com/i-adopt>) pour favoriser l'interopérabilité des variables (<https://in-situ.theia-land.fr/skosmos/en/>).
- Tour de France virtuel des observatoires fin 2021 et organisation de 2 ateliers en avril 2022 pour préparer le téléchargement des variables depuis le SI Theia/OZCAR (recensement et hiérarchisation des besoins des utilisateurs, des formats de fichiers souhaités, des outils et services associés tels que visualisation et interpolation temporelle)
- Base de données hydro-géophysique: présentation par l'IE qui poursuit les développements aux journées de l'IR en mars et poursuite de la bancarisation des observations des différents observatoires
- Ouverture d'un poste IE pour recrutement externe par l'IRD en 2022
- Des difficultés à progresser sur le nombre d'observatoires ayant implémenté le modèle pivot: manque de temps des scientifiques pour la documentation des données => besoin d'un accompagnement pour avancer (des outils R simples proposés pour les observatoires qui n'ont pas de ressources humaines en informatique et gestion de BDD; moyens ciblés dans le Programme Ciblé OneWater Data)

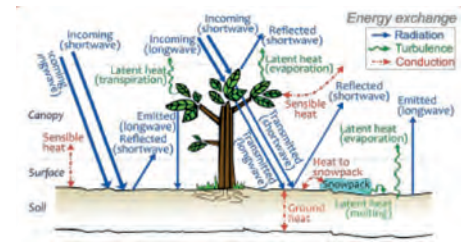
### Articulation avec les autres projets: Gaia Data, PC8 OneWater

- Participation aux groupes de travail interpôles (V. Chaffard) et au comité directeur de Theia et Data Terra (S. Galle). Articulation des développements avec ces projets
- Contribution au PC8 OneWater sur la plateforme de données (I. Braud). Accent mis sur des moyens humains pour la formation et l'accompagnement des communautés pour la FAIRisation des données et l'interopérabilité sémantique

## WP2 : Interface données modèles

Rappel de l'objectif : La modélisation comme un outil fédérateur dans l'IR OZCAR (postdoc S. Kuppel puis J. Ackerer)

- Objectifs Mise en place du modèle ECH2O sur 3 bassins contrastés afin de répondre aux questions scientifiques suivantes :
  - Quel est le stockage d'eau transitoire dans la zone critique et quels sont les âges de ces stocks ?
  - Quelle part de ce stockage est utilisée par la végétation et, en retour, comment la végétation contrôle-t-elle la partition des écoulements entre eaux de surface, eau de sub-surface, eau de nappe dans les observatoires de l'IR OZCAR ?

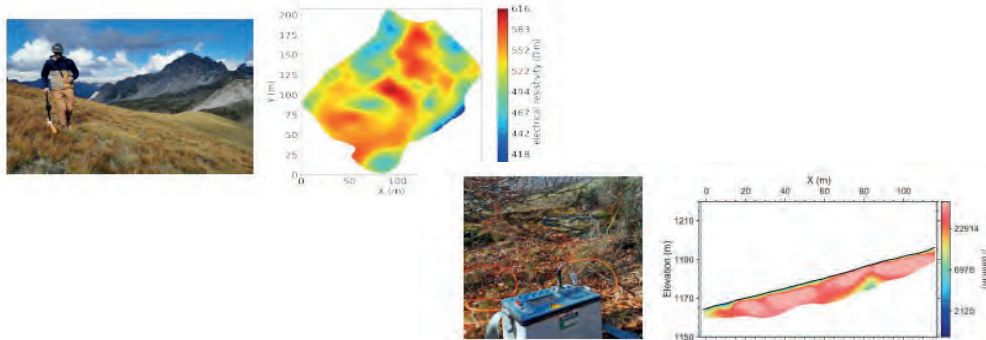


3 bassins d'étude dans différents contextes géologiques et d'occupation du sol : Kervidy-Naizy (AgrHys), Strengbach (OHGE), Auradé

## WP3 : Instrumentation et protocoles



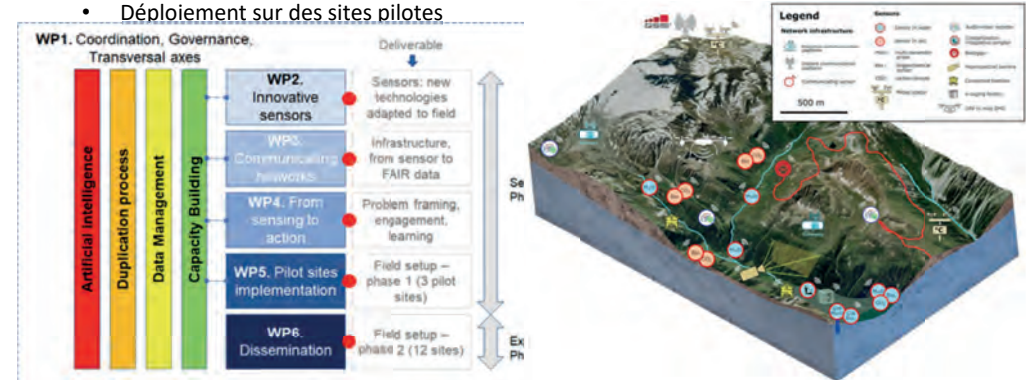
- Posdoctorant depuis 2018 qui a permis de:
  - Déployer des instruments CRITEX sur une dizaine de sites + contribution à deux écoles d'été (TPs)
  - Valorisation du travail bien entamée (3 articles publiés, 3 soumis, 1 chapitre d'ouvrages)
  - Contribution à la bancarisation des données (BDD spécialisée hydro-géophysique développée à l'OSUR avec soutien de l'IR OZCAR
- => Un poste d'IR instrumentation innovante et gestion de parc instrumental ouvert au concours externe par le CNRS en 2022



## WP3 : Instrumentation et protocoles



- Démarrage en 2022 du projet TERRA FORMA (Equipex+) porté par les IRs OZCAR et RZA
- TERRA FORMA : un nouveau projet de 8 ans sur l'instrumentation : "Concevoir et tester un observatoire intelligent des systèmes socio-écologiques dans l'Anthropocène" afin de surveiller les interactions complexes entre l'homme et les géo-écosystèmes.
- Capteurs innovants pour la zone critique et les organismes vivants
  - Progrès dans les réseaux de transfert de données et de communication
  - Recherche sur le terrain avec des interactions avec les parties prenantes
  - Déploiement sur des sites pilotes

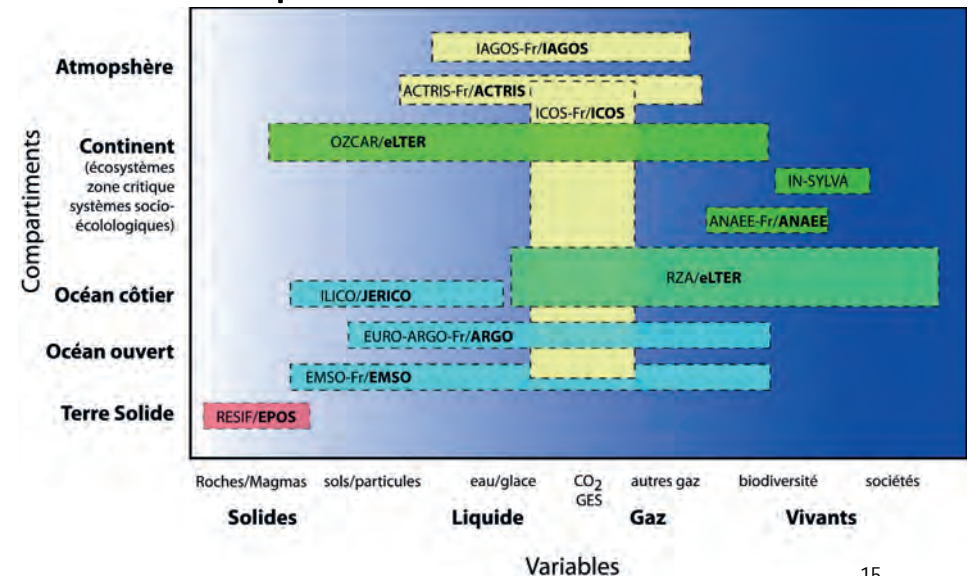


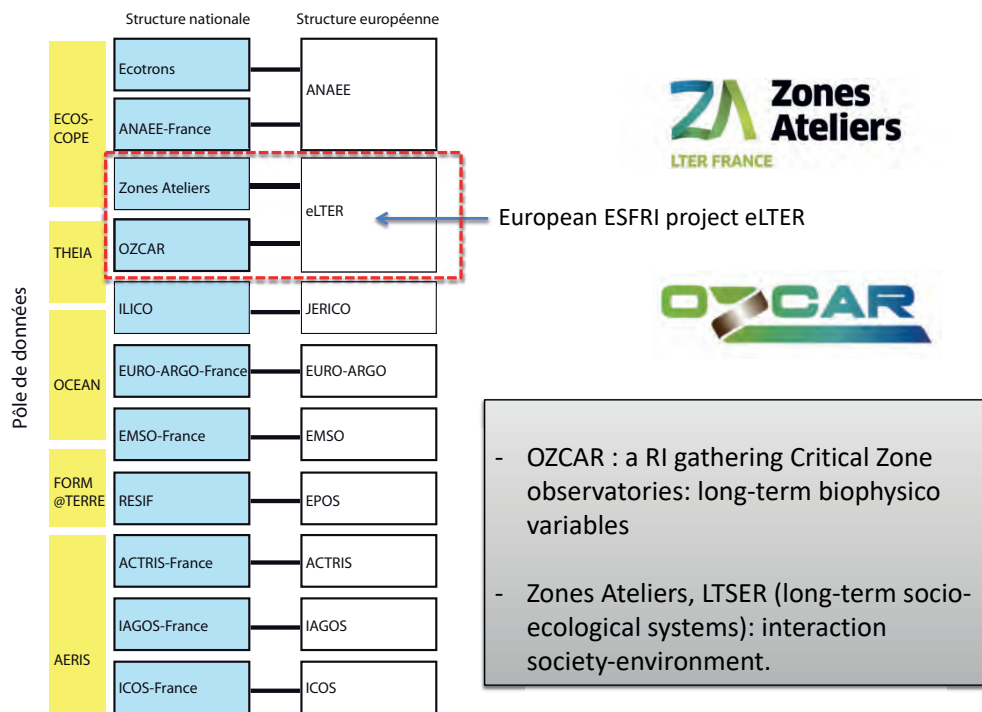
## WP4 : Fédérer par les thèmes transverses



- **Rappel des objectifs :**
  - Mettre en valeur les observatoires nationaux s'intéressant aux compartiments de la zone critique
  - Développer l'approche multidisciplinaire et multi-sites
  - Favoriser le dépôt de publications en commun et l'émergence de nouveaux projets
- **BILAN depuis 2019**
  - Une trentaine de projets soutenus
  - Financement de 4 stages de Master en 2020, 3 stages de Master en 2021, 3 stages de Master en 2022
  - 1 article de synthèse sur les cours d'eau intermittents (Fovet et al., WIRES, 2021), 3 projets ANR (NutriLift, Typhyc, 2020, CHYPSTER, 2021), des collaborations pour les PEPR FairCarboN ou OneWater

## Positionnement à l'échelle nationale, européenne et internationale





# WP5: International

## Le projet eLTER ESFRI



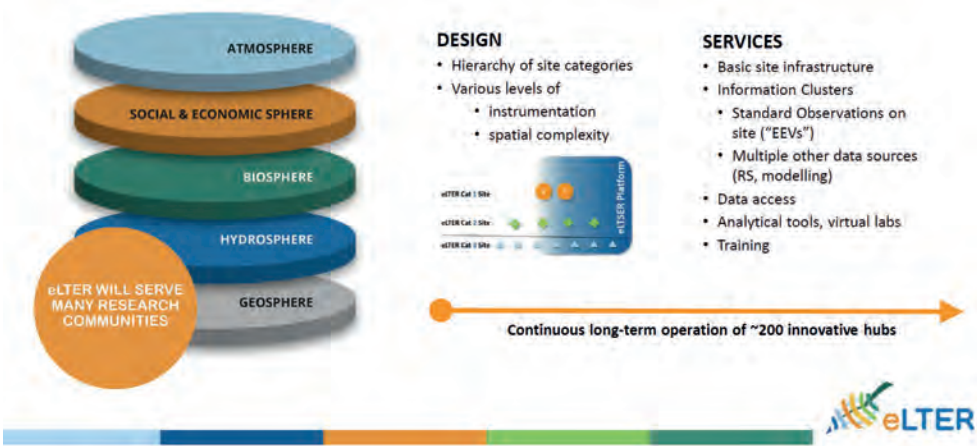
**OUR MISSION**  
 Research into ecosystem structures and functions  
 Site-based  
 Multi-scale  
 Cross-disciplinary



A pan-European infrastructure associating LTER-O and CZ-O with LT Socio-ecological observatories. Awarded in Sept. 2018, led by Germany  
 PI : M. Mirtl, 28 states from EU

## Avancées dans la construction de eLTER

„Whole System“-Approach: Cross-disciplinarity addressing the Life Supporting System



Enjeu pour eLTER-France: avancer sur la proposition de sites et plateformes de niveau européen

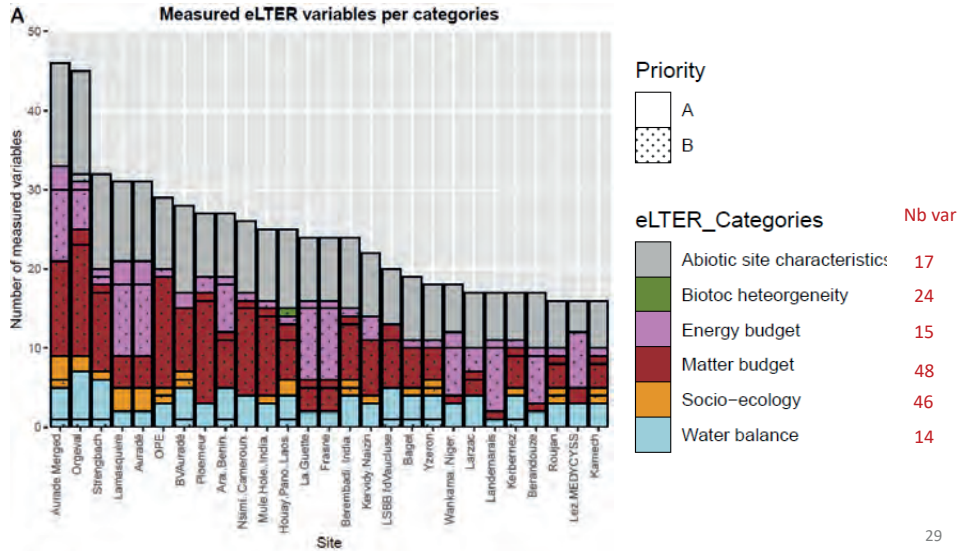
## Travail mené au sein de l'IR OZCAR



- Progresser d'un réseau d'observatoires **dans** la zone critique à un réseau d'observatoires **de** la zone critique, i.e. renforcer l'interdisciplinarité et l'approche « whole system approach » (eLTER)
- Séminaire prospectif OZCAR 2.0 début janvier 2022, ayant conduit à un document transmis aux tutelles de l'IR avec une douzaine de propositions pour l'IR OZCAR (émergence de sites de niveau 1 ou 2 (anciennement sites master dans la nomenclature eLTER), renforcement de la présence de l'écologie dans l'IR OZCAR et plus généralement attraction de disciplines manquantes dans les observatoires, place des sites extra-européens dans les IRs européennes, ressources humaines)
- Etape en cours: proposer une classification des sites de l'IR OZCAR en fonction des variables mesurées (recensement des mesures et production de graphiques de synthèse)



# Variables mesurées sur les sites de l'IR OZCAR selon les catégories A et B eLTER



29

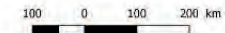
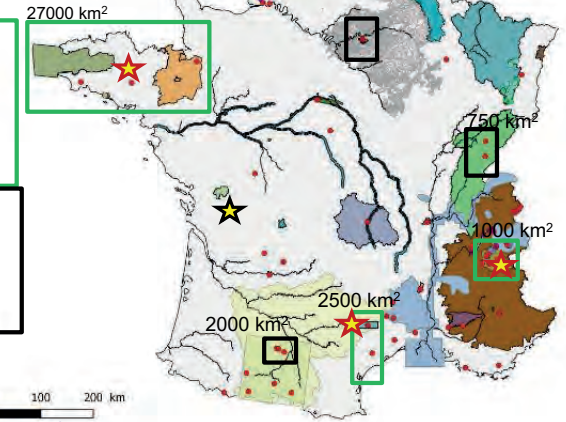
## Réflexion engagée au niveau eLTER France



Construction de plateformes Socio-écologique en combinant des sites des IR OZCAR ET RZA  
Présentées au comité directeur eLTER du 22/04

- Projets avec un document cadre complet
1. Plateforme LTSER AAA - Bretagne
  2. Plateforme LTSER Lautaret-Oisans
  3. Plateforme LTSER P3M: Zones de Plateaux, Piémonts et Plaines Méditerranéennes
  4. Vallées et coteaux de Gascogne

- Projets en discussion avancée (mais sans doc. cadre complet)
4. Tourbières et Karst du Massif du Jura
  5. Vallées et coteaux de Gascogne
  6. Bassin de l'Orgeval



### Prochaines étapes:

- Retour sur les dossiers complets par la coordination eLTER-France pour fin juin
- Première présentation des projets au comité de pilotage eLTER France de septembre



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



OZCAR and its components are funded by the Ministère de l'Éducation Supérieure, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), CNRS, IRD, INRAE, BRGM, ANDRA, Météo-France, and several French universities and foreign institutions



## Caractérisation du régime hydrologique et d'intermittence de bassins versants de l'IR OZCAR à l'aide de signatures hydrologiques

Isabelle Braud<sup>1</sup>, Ousseynou Ka<sup>1</sup>, Stéphane Audry<sup>4</sup>, Pierre-Alain Ayrat<sup>2</sup>, Arnaud Blanchouin<sup>3</sup>, Laurie Boithias<sup>4</sup>, Flora Branger<sup>2</sup>, Jean-Baptiste Charlier<sup>15</sup>, Thibault Datry<sup>1</sup>, Nathalie Folton<sup>5</sup>, Ophélie Fovet<sup>6</sup>, Basile Hector<sup>7</sup>, Ivan Horner<sup>1</sup>, Sylvie Galle<sup>7</sup>, Manuela Grippa<sup>4</sup>, Basile Hector<sup>7</sup>, Didier Josselin<sup>8</sup>, Sylvain Kuppe<sup>11,4,9</sup>, Eric Lajeunesse<sup>9</sup>, Caroline Le Bouteiller<sup>10</sup>, Cédric Legout<sup>7</sup>, Louise Mimaud<sup>1</sup>, Jérôme Molénat<sup>11</sup>, Guillaume Nord<sup>7</sup>, Christophe Peugeot<sup>12</sup>, Marie-Claire Pierret<sup>13</sup>, Anne Probst<sup>14</sup>, Jean-Luc Probst<sup>14</sup>, Damien Raclot<sup>11</sup>, Jean Riotte<sup>4</sup>, **Chloé Roger<sup>6</sup>**, Laurent Ruiz<sup>6</sup>, Gaëlle Tallec<sup>3</sup>, Rim Zitoune<sup>16</sup>

<sup>1</sup>RiverLy, Villeurbanne; <sup>2</sup>IMT Mines Ales; <sup>3</sup>INRAE, HYCAR, Antony; <sup>4</sup>GET, Toulouse; <sup>5</sup>INRAE, RECOVER, Aix-en-Provence; <sup>6</sup>SAS Rennes; <sup>7</sup>I GE, Grenoble; <sup>8</sup>UMR ESPACE, Avignon; <sup>9</sup>IPGP, Paris; <sup>10</sup>ETNA, Grenoble; <sup>11</sup>LISAH, Montpellier; <sup>12</sup>HSM, Montpellier; <sup>13</sup>ITES, Strasbourg; <sup>14</sup>Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Toulouse; <sup>15</sup>BRGM, Direction Eau et Environnement, Montpellier; <sup>16</sup>INAT, Tunis

Séminaire OTHU Yzeron, à partir de posters présentés à la 1st OZCAR TERENO International Conference, October 5-7 2021, Strasbourg, France

## Context and objectives hydrological signatures

### Context

- The French OZCAR Critical Zone Observatory network: gathers experimental catchments that cover a large range of climates, geology, vegetation and land uses.
- Horner (2020) proposed a set of hydrological signatures that characterize various facets of the hydrological functioning.

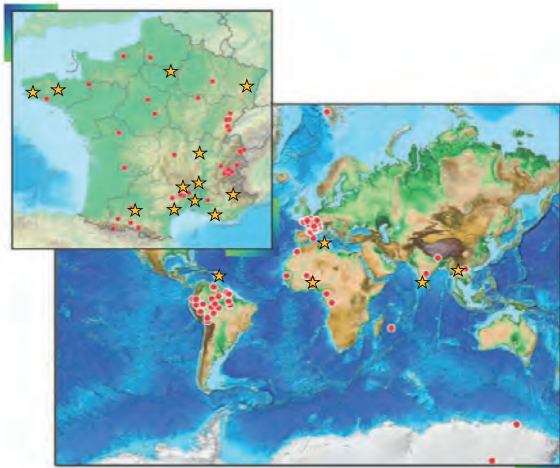
### Objectives:

Compute a set of hydrological signatures for 30 small catchments from the OZCAR RI network with homogeneous characteristics to answer the following questions:

### Scientific questions

- Is the set of hydrological signatures relevant to characterize the functioning of catchments and to identify classes of similar hydrological behavior?
- Can the obtained classifications be explained by the hydro-climatic and physiographic characteristics of the catchments?

## The set of study catchments from the OZCAR French Critical Zone network



### Selected catchments

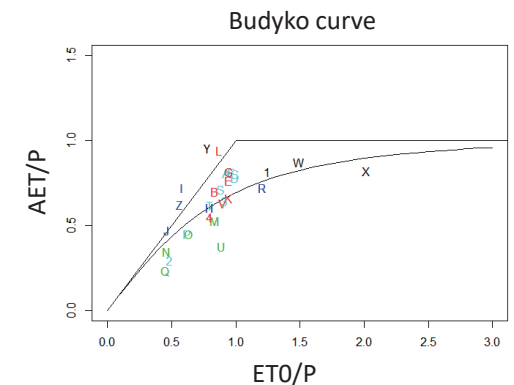
- 30 catchments from 0.6 to 130 km<sup>2</sup> with 5 to 50 years of data (including Yzeron)
- A large diversity in topography, climates (alpine, oceanic, Mediterranean, tropical), geology and land uses

### Data

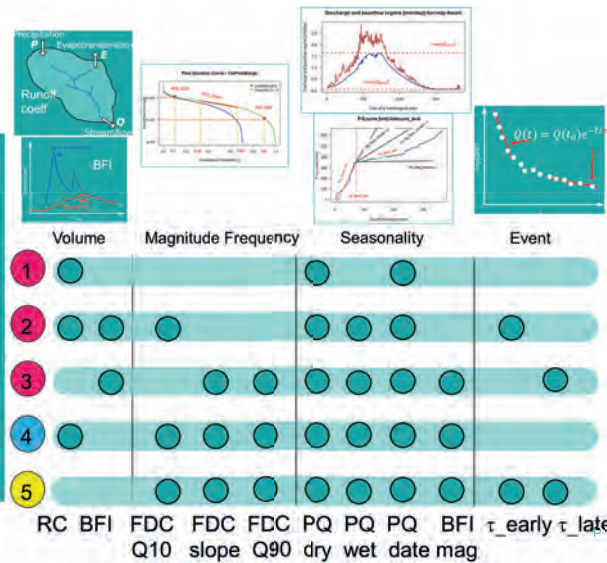
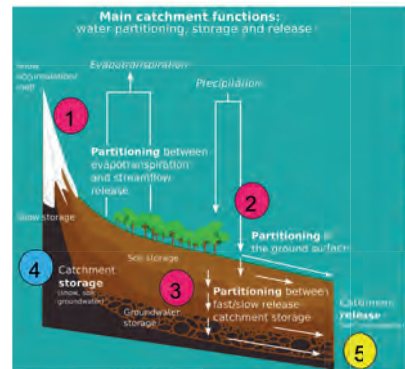
- Daily rainfall, ET<sub>0</sub>, discharge used to compute hydrological signatures (interannual averages + wet and dry seasons interannual averages)
- DTM, land use, geology maps used to compute descriptors of the catchments: average slope, altitude, topographic index, drainage density, main geology, % agricultural land, forest, urban

## A large diversity of sampled climates

- Aridity index (ET<sub>0</sub>/P) from 0.3 to 2
- Budyko curve to verify the consistency of data



## Hydrological signatures related to various catchment hydrological functions



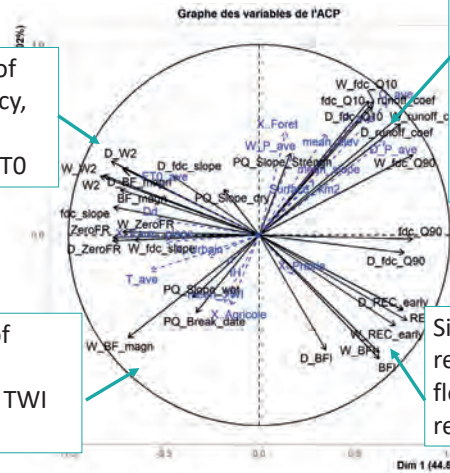
INRAE  
Thèse, Horner, 2020  
Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

## Results of Principal Component Analysis (PCA)

French catchments only

Signatures of intermittency, flashiness related to ETO

Signatures of seasonality related to T, TWI and %crop



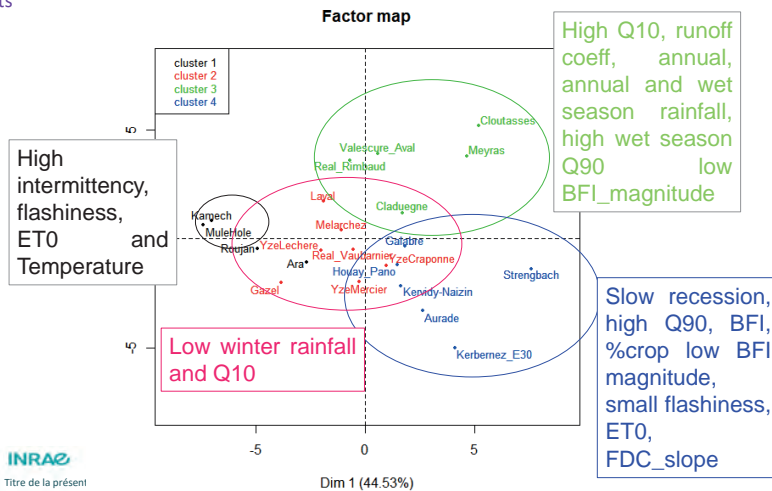
Signatures of runoff volume and high flow distribution, related to rainfall, slope, %forest

Signatures related to base flow and recessions

INRAE  
Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

## Results of Hierarchical Clustering on PCA

All catchments



INRAE  
Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

## Ce qu'il faut retenir sur les signatures hydrologiques

### Main achievements

- A common set of hydrological signatures computed for a large set of OZCAR RI catchments
- Hydrological signatures able to discriminate groups of catchments with similar behaviors, but results sensitive to the composition of the sample (humid tropical climate currently removed from the analysis)
- Highly intermittent catchments have a particular behavior and require specific treatment

### Perspectives

- Consolidate the results with a comparison with known hydrological behavior of catchments
- Incorporate more information on saprolite depth and soil storage capacity
- Expand the analysis with catchments from other networks (CZO networks, eLTER network) in particular tropical humid climate and possibly extend the set of hydrological signatures following the work of Wlostowski et al., WRR, 2020

INRAE  
Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

## ➤ Contexte et objectifs signatures hydrologiques de l'intermittence



### Contexte

- Une suggestion de thème transverse sur l'étude des cours d'eau intermittents en 2019 (O. Fovet, J. Molénat, T. Datry)
  - Des ateliers de travail puis un travail de synthèse publié dans WIREs Water en 2021
  - Le travail sur les signatures hydrologiques a montré qu'il y avait une spécificité des cours d'eau intermittents nécessitant des études plus approfondies
- => Stage de Chloé Roger (2021): Quelles signatures hydrologiques de l'intermittence des cours d'eau et des rivières pour en identifier les causes et les impacts écologiques ?

### Objectifs:

Analyser quelles pourraient être des signatures hydrologiques de l'intermittence des cours d'eau et des rivières pour en identifier les causes et les impacts écologiques

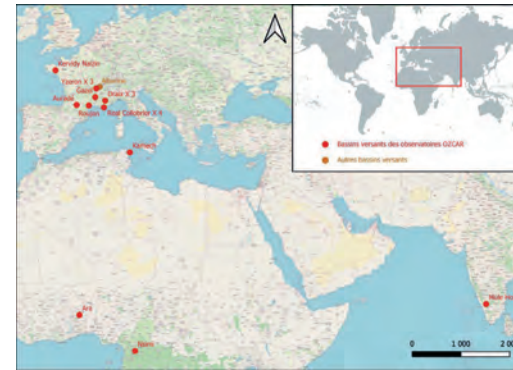
### Questions scientifiques

1. Les signatures hydrologiques de l'intermittence déjà proposées dans la littérature permettent-elles de discriminer les origines de l'intermittence ?
2. Quelles signatures éco-hydrologiques de l'intermittence permettraient de faire le lien entre les fonctionnements hydrologique et écologique, voire géochimique, du cours d'eau ?

Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

p. 9

## ➤ Les bassins d'étude



### Les données utilisées:

- Une vingtaine de bassins versants de 0.1 à 290 km<sup>2</sup> dans des contextes climatiques, géologiques, d'occupation du sol variés (dont BV Yzeron)
- Données journalières de débits, de pluie et d'ETO
- Données biologiques co-localisées avec la mesure hydro disponibles sur un seul site (Keridy-Naizin)



Données biologiques disponibles sur Keridy-Naizin

p. 10

## ➤ Les signatures hydrologiques de l'intermittence

Catégorie	Métrique (unité)	Description	Question	Exemple
Fréquence	% intermittence (1)	Nombre de jours où Q=0 / nombre de jours sur l'année	Conditions de jours par an n'y a-t-il plus d'écoulements ? L'intermittence intervient-elle tous les ans ? Comment cela varie-t-il en fonction des années ?	A. Nombre de jours sans écoulement par an à Keridy_Naizin
	Nbre moy. 00 (jour)	Moyenne de Q=0 par an (en nombre de jours)		
	Nbre moy. 0Q (jour)	Moyenne de Q=0 par an (en nombre de jours)		
	So Nbre. moy. 00 (jour)	Écarts-typés de Q=0 par an (en nombre de jours)		
Durée	coeff variation 00 (1)	Coefficient de variation du nombre de jours où Q=0 par an	En moyenne, combien de jours durant les événements d'assec ? A-t-on un fonctionnement saisonnier, de sécheresse saisonnière ou intermittent ? Comment cela varie-t-il en fonction des années ?	B. Périodes sans écoulement par an à Keridy_Naizin
	D min (jour)	Durée maximale moyenne des événements d'assec (en nombre de jours)		
	D max (jour)	Durée moyenne des événements d'assec (en nombre de jours)		
	So D moy (jour)	Écarts-typés de la durée moyenne des événements d'assec (en nombre de jours)		
Calendrier	coeff variation durée (1)	Coefficient de variation de la durée moyenne des événements d'assec	A quelle date de l'année hydrologique se produit le premier jour sans écoulements ? Comment cela varie-t-il en fonction des années ?	D. Date du premier jour d'assec par an à Keridy_Naizin
	Date moy (jour julien)	Date moyenne d'apparition du premier jour d'assec (en jour julien)		
	So Date moy (jour julien)	Écarts-typés de la date moyenne d'apparition du premier jour d'assec (en jour julien)		
	coeff variation date (1)	Coefficient de variation de la date moyenne d'apparition du premier jour d'assec		

Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

p. 11

## ➤ Les signatures hydrologiques de l'intermittence



Analyse des corrélations entre caractéristiques de l'intermittence et autres caractéristiques.

- 1<sup>er</sup> déterminant de l'intermittence: le climat
- 2<sup>ème</sup> déterminant: la connexion à la nappe
- 3<sup>ème</sup> déterminant: autres composants des bassins comme la végétation



3 régimes d'intermittence identifiés:

- **Ephémère Méditerranéen** : Plus d'assecs que d'écoulements, qui interviennent à tout moment de l'année hydrologique. Le nombre de jours d'assec est plus important que le nombre de jours en eau. Les assecs sont souvent de courte durée, et sont interrompus par des précipitations. Des périodes néanmoins longues d'arrêt des écoulements sont constatables durant l'été.
- **Intermittence tropicale** : Assecs fréquents, qui interviennent le plus souvent durant la saison sèche, et dont la durée varie. Régime hydrologique très dépendant de l'intensité et de la durée de la saison sèche.
- **Intermittence saisonnière** : Intermittence caractérisée par une période d'arrêt des écoulements longue, qui intervient à la saison estivale, lors de la baisse des précipitations et de l'augmentation conjointe de l'ETO.

Titre de la présentation  
Date / information / nom de l'auteur

p. 12

## ➤ Ce qu'il faut retenir sur l'intermittence

### Résultats principaux

- Des signatures de l'intermittence évaluées et une typologie de l'intermittence proposée
- Peu de données co-localisées entre données biologiques et hydrologiques

### Perspectives

- Besoin de consolider l'ensemble des résultats avec un jeu de bassins versants plus important (ex: pour avoir plus de nuances dans le niveau d'anthropisation)

=> intérêt de la mise en réseau au niveau national mais aussi international

- Besoin de renforcer les observatoires avec des observations biologiques et écologiques
- Une thèse qui va démarrer sur le "Fonctionnement biogéochimique des cours d'eau intermittents" à l'UMR SAS

## ➤ References

Fovet, O., Belemtougri, A., Boithias, L., Braud, I., Charlier, J., Cottet, M., Daudin, K., Dramais, G., Ducharne, A., Folton, N., Grippa, M., Hector, B., Kuppel, S., Le Coz, J., Legal, L., Martin, P., Moatar, F., Molénat, J., Probst, A., Riotte, J., Vidal, J., Vinatier, F., and Datry, T., 2021. Intermittent rivers and ephemeral streams: Perspectives for critical zone science and research on socio-ecosystems, WIREs Water, <https://doi.org/10.1002/wat2.1523>

Ivan Horner, 2020. Design and evaluation of hydrological signatures for the diagnostic and improvement of a process-based distributed hydrological model. PhD Thesis, Grenoble University, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02928272>

Gaillardet et al., 2018. OZCAR: The French Network of Critical Zone Observatories. Vadose Zone Journal, <https://doi.org/10.2136/vzj2018.04.0067>

Ousseynou Ka, 2020. Caractérisation régimes hydrologiques des bassins versants de l'Infrastructure de Recherche OZCAR (Observatoires de la Zone Critique. Applications et Recherche) à l'aide de signatures hydrologiques, Master Sciences de l'Environnement Terrestre (SET), Spécialité Sciences de l'Eau (SCE), Parcours Gestion des Milieux Aquatiques (GEMA), Aix-Marseille Université, 87 pp.

Chloé Roger, 2021. Quelles signatures hydrologiques de l'intermittence des cours d'eau et des rivières pour en identifier les causes et les impacts écologiques ?, Master 2 GAED, Spécialité TELENVI (Télétection/Environnement) Agrocampus Ouest, 72 pp.

Wlostowski et al., 2020. Signatures of Hydrologic Function Across the Critical Zone Observatory Network, WRR, <https://doi.org/10.1029/2019WR026635>



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION  
QUESTIONS?

OZCAR and its components are funded by the Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), CNRS, IRD, INRAE, BRGM, ANDRA, Météo-France, and several French universities and foreign institutions



ANR-18-CE01-0020

## Projet DEUFI (DEtailed Urban Flood Impact) 2019-2023

Coordinateur : André PAQUIER  
(INRAE, UR RiverLy)

## Objectifs

### quel impact pour les individus lors des inondations urbaines?

- Comprendre les processus hydrauliques et le niveau de risque à l'échelle d'un bâtiment et estimer l'intérêt de cette connaissance pour réduire les dommages et la mise en danger de personnes
- Développer ou adapter les outils de modélisation pour fournir des informations pertinentes (pour l'aléa et la vulnérabilité) à l'échelle d'une façade, d'un bloc de bâti et d'un quartier
- Identifier les processus hydrauliques de petite dimension qui influencent l'inondation des zones bâties (bâtiments et alentours) pendant les événements de crue courts ou rapides

2

## Tâches

Réparties entre 3 niveaux : l'individu (façade, salle), le groupe (bloc d'habitation), la communauté (quartier) et entre 3 WP :

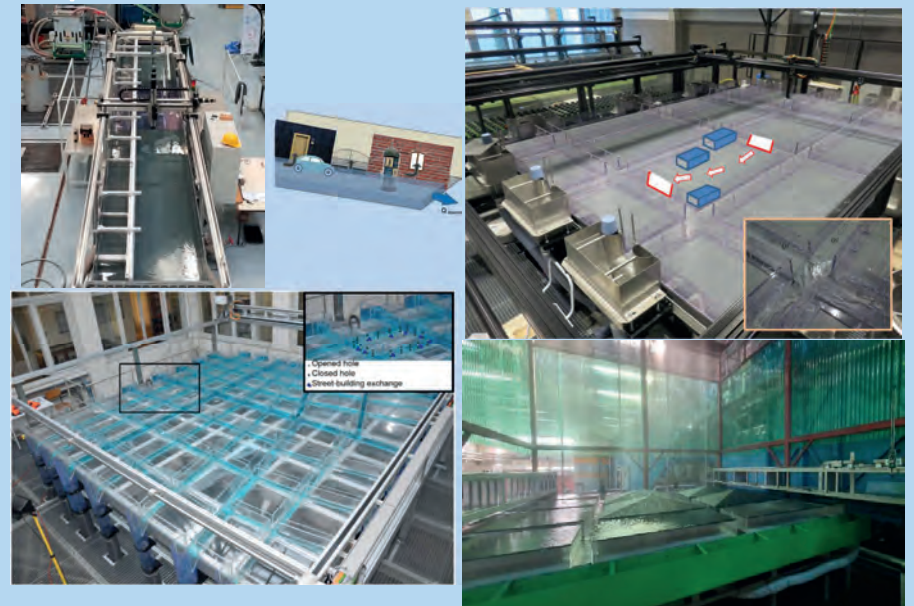
WP1 : des expériences d'écoulements en ville dans 5 laboratoires

WP2 : deux sites de terrain (Nîmes, Oullins) pour identifier les questions réelles posées par les intéressés avec deux focalisations : réduction des dommages et des risques pour les personnes

WP3 : des modèles hydrodynamiques (1D, 2D, 3D) pour rendre compte des expériences en laboratoires et réduire l'incertitude sur l'estimation du risque

3

## Expériences en laboratoire



22

## Cas de terrain

Nîmes 1988



Oullins 2005 et 2008



## Liens entre risque perçu et aléa/dommage prévisibles

- Questionnement à l'échelle individuelle
  - sur la perception du risque d'inondation
  - sur les éléments constituant la réalité des dommages
- Détermination des caractéristiques des processus hydrauliques (dans les rues, allées, parkings,... et à l'intérieur d'un bâtiment) ressentis ou constatés comme dangereux ou dommageables
- Evaluation du bénéfice apporté par la connaissance de l'aléa aux mesures d'adaptation du bâti et aux mesures de prévention individuelles

<https://storymaps.arcgis.com/stories/08115cb7e3fd4bde9b87e908960c931b>

6

## Partenaires

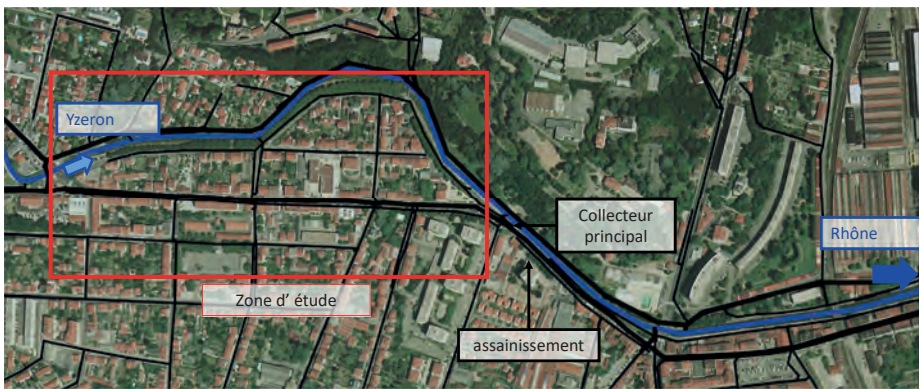
- UR RiverLy (rivières, inondations, ...) coordination, laboratoire (bloc) et modélisation numérique
- Artelia (division ressources en eau) : modélisation du terrain et du laboratoire
- Cerema (division eau, mer et fleuves) organisation urbaine
- UMR G-Eau (Gestion de l'eau acteur usages): dommages
- UMR GRED/LAGAM : perception du risque et sécurité des personnes
- UMR ICUBE: laboratoire (quartier) et modélisation numérique
- UMR LMFA: laboratoire (façades)
- KICT (division hydrosience): laboratoire (sous-sol et pluies)
- Un. Liège (UR génie urbain et environnemental): laboratoire (organisation urbaine)

7

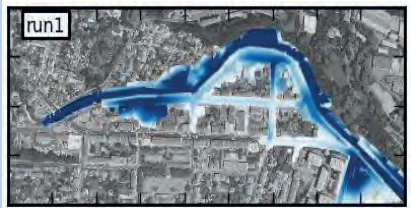
## Etude du cas d'Oullins

- Evaluer l'aléa
  - pour plusieurs scénarios hydrologiques (débordement de rivière jusqu'à crue extrême)
  - et plusieurs scénarios d'aménagements (réaménagement du lit; **effet du transport sédimentaire non étudié**)
- Caractériser l'habitat vis-à-vis de cet aléa et de la vulnérabilité à l'inondation
- Estimer les dommages directs
- Estimer la susceptibilité de mise en danger des personnes
- Proposer des méthodes pour réduire aléa, dommage
- Proposer des mesures ayant un impact sur l'action individuelle

8



run1



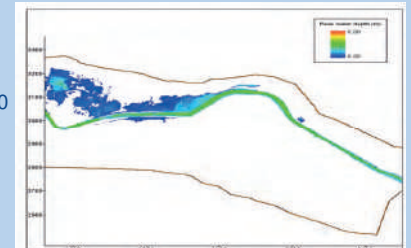
Crue 2008 (thèse de P.H. Bazin)

## Avant travaux/après travaux

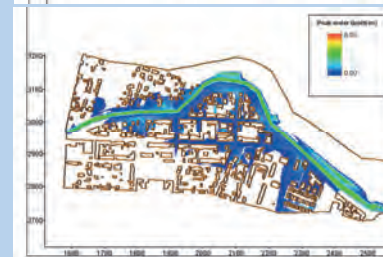
Calcul avec bâtiments sans ouvertures et clôtures



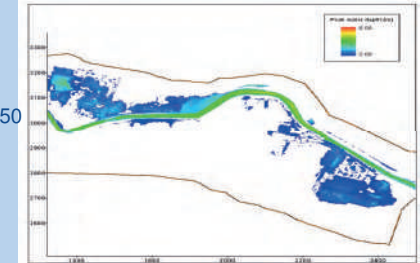
Calcul sans obstacles



Q30

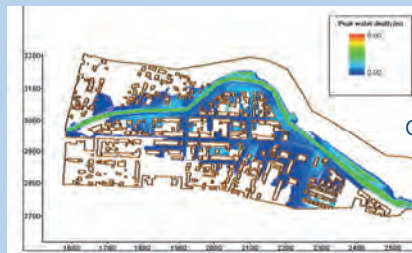


Q50

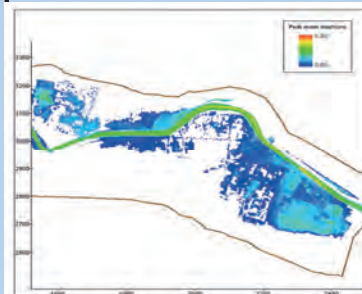


10

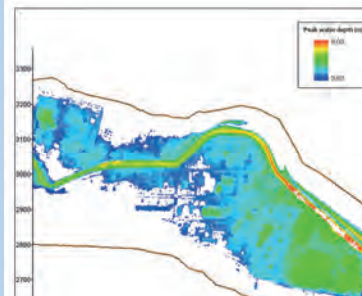
## Avant travaux / après travaux



Q100

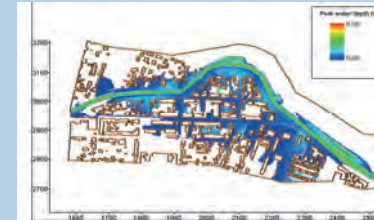


Q500

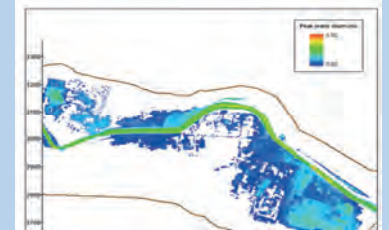


## Avant travaux / après travaux

Calcul avec bâtiments sans ouvertures et clôtures



Q100



Calcul sans obstacles

Calcul avec bâtiments sans ouvertures et clôtures

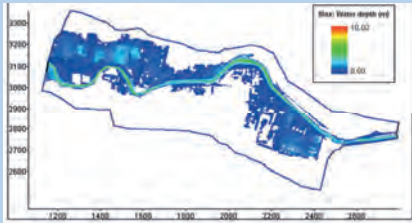


12

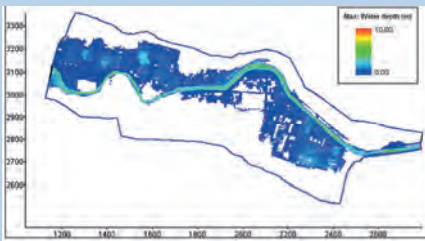


## Q100 après travaux

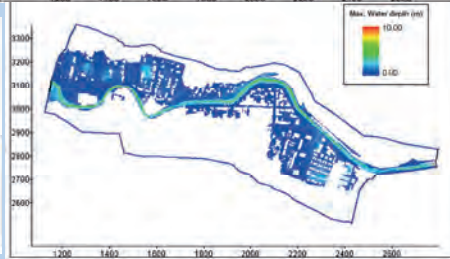
Avec clôtures et bâtiments avec ouvertures



Avec clôtures et bâtiments sans ouverture



Sans clôtures et avec bâtiments avec ouvertures



Sans clôtures et avec bâtiments sans ouverture

## Conclusions provisoires

- Le fonctionnement d'ouvertures latérales a été documenté
- Le fonctionnement hydraulique d'un quartier semble stable
- Une information générale peut être organisée
- L'incertitude sur l'aléa rend la communication difficile
- L'évaluation des dommages directs dépend du modèle hydraulique
- La modélisation 3D apporte... pour le calage des lois d'ouvertures
- L'incertitude sur l'aléa reste grande

Merci de votre attention

# Consequans

## Modélisation de scénarios de gestion

### ➤ des eaux pluviales face aux changements globaux.

Jérémie Bonneau, Flora Branger, Hélène Castebrunet, Gislain Lipeme Kouyi



## ➤ Présentation du projet Consequans

**Objectif principal:** quantifier le rôle de la gestion à la source sur le cycle hydrologique d'un bassin versant à l'aide d'un modèle hydrologique

### Simulation de scénarios

Modes de gestion (types TA, nombre, surfaces drainées)

Changement global (climat, urbanisation)

### Indicateurs variés

Bilan: partition Q/ETR, variations saisonnières, recharge nappe

Evénements: valeur Qpointe, nb déversements DO

Etiages



➔ **Caractérisation d'une « désimperméabilisation réussie » et évaluation du niveau d'effort à consentir**



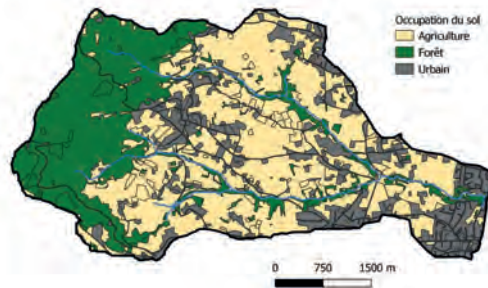
Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 2

## ➤ Bassin versant du Ratier



OpenStreetMap



- Péri urbain
- 19 km<sup>2</sup>
- Sous bassin Yzeron OTHU
- Réseau unitaire, exutoire à l'extérieur du BV
- Quelques DOs



Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 3

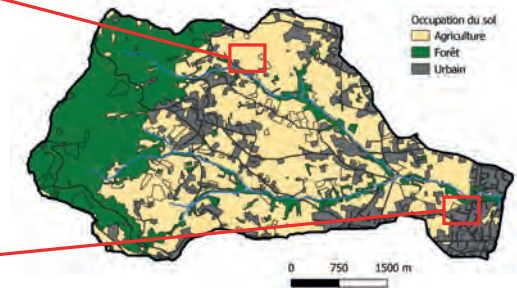
## ➤ Bassin versant du Ratier



GoogleMaps



GoogleMaps

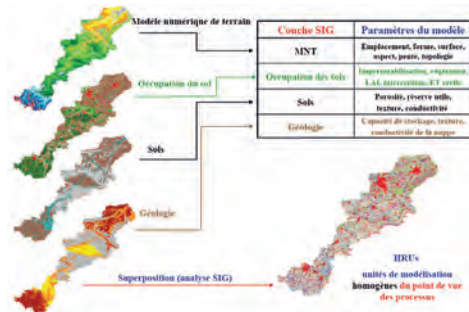


Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

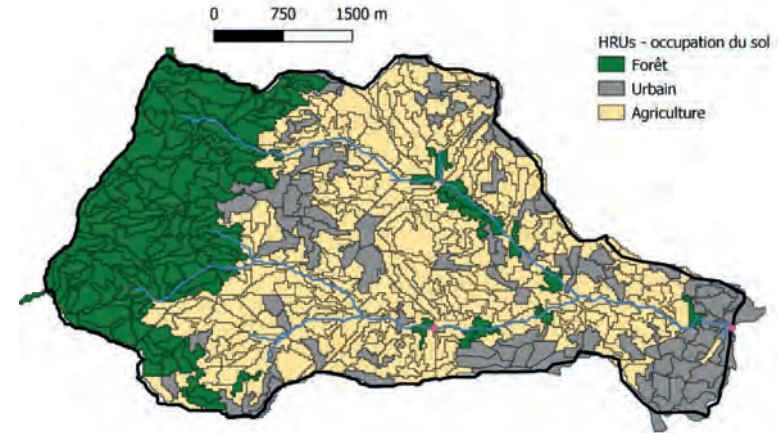
p. 4

## ➤ J2000

- Modèle hydrologique distribué
- A base physique

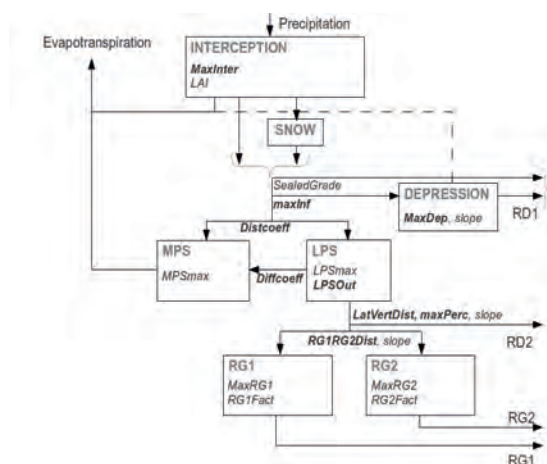


## ➤ J2000: maillage

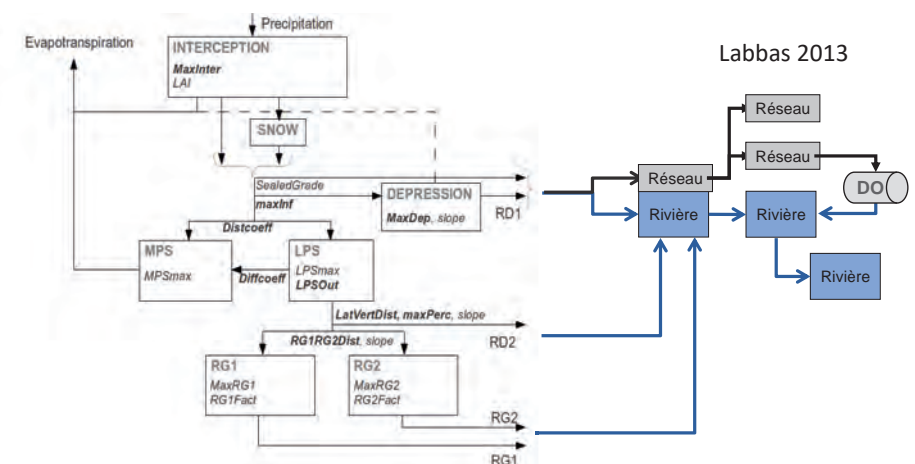


- 490 mailles
- Modification (manuelle) des mailles pour prise en compte réseaux

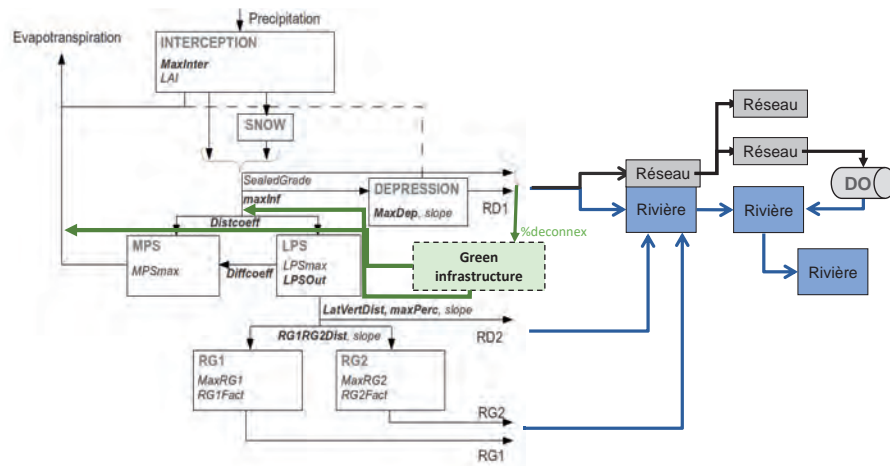
## ➤ J2000: processus



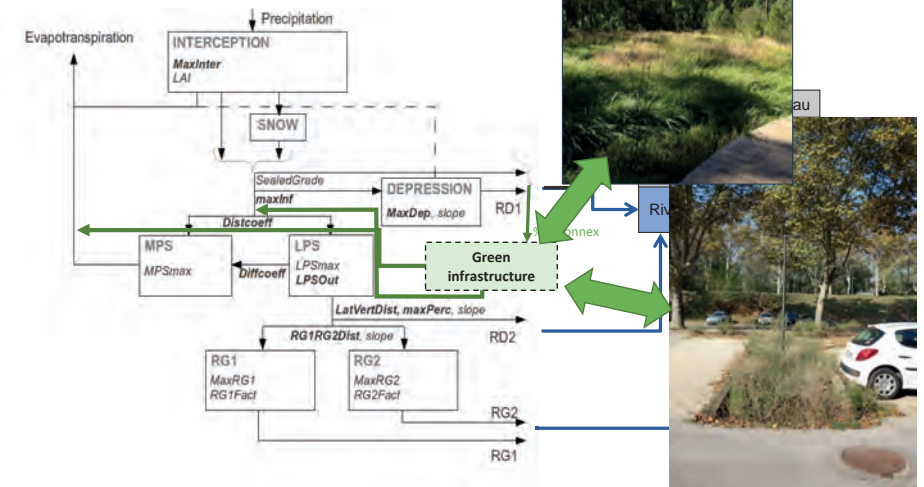
## ➤ J2000: processus



## ➤ J2000: processus

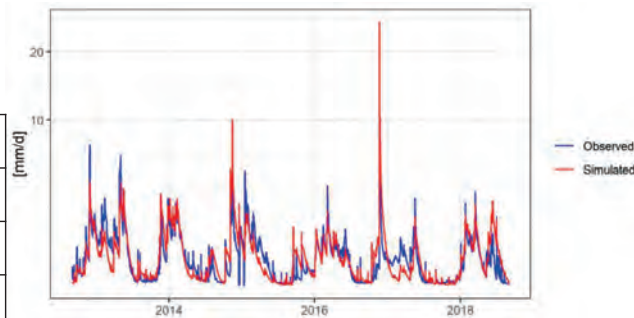


## ➤ J2000: processus

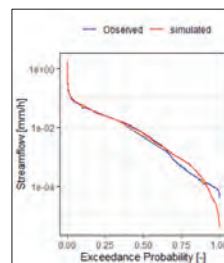


## ➤ Calage

Débits obs/sim en mm/j



NSE horaire	0.66
NSE horaire - log	0.65
NSE journalier	0.71
NSE journalier - log	0.71
Ratio coefficients de ruissellement	1.03

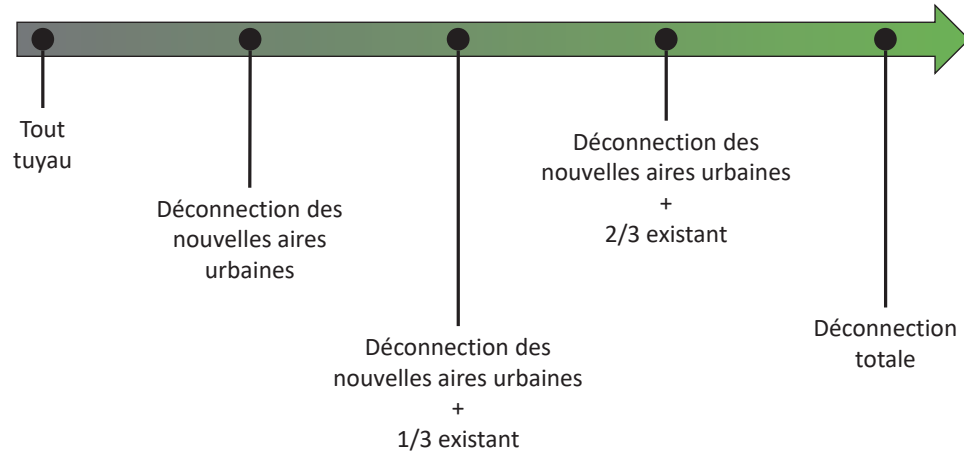


Horner 2020

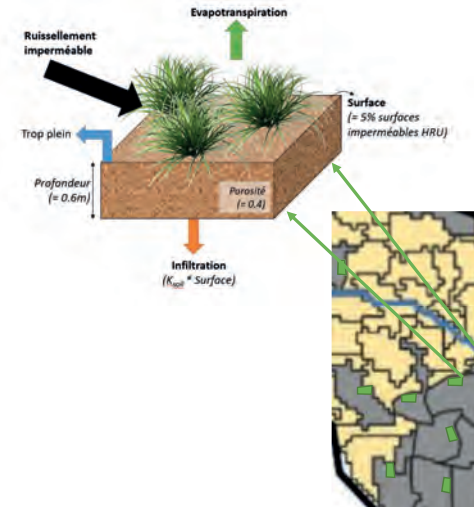
## ➤ Scénarios

- Techniques alternatives
- Urbanisation
- Climat

## ➤ Scénarios: gestion des eaux pluviales

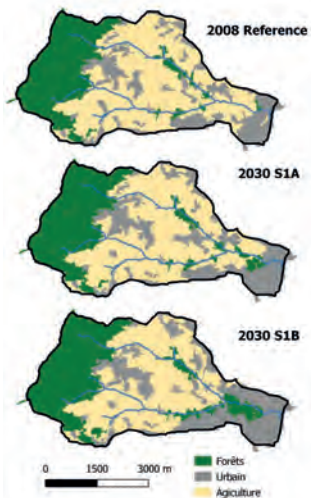


## ➤ Scénarios: gestion des eaux pluviales



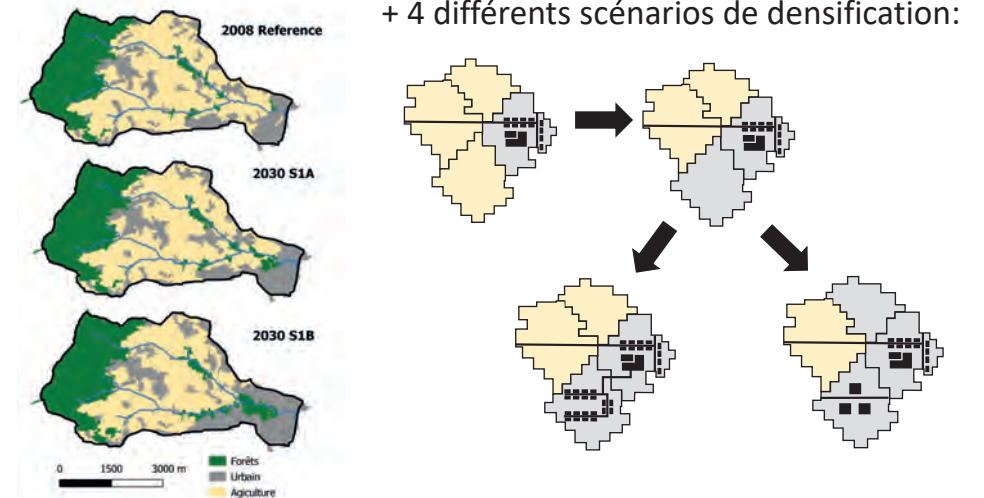
- Géométrie fixée et homogène:
  - Porosité 0.4
  - Profondeur 0.6
- Infiltrante (sauf centre ville et zone peu perméables PLU)
- Végétalisées

## ➤ Scénarios: urbanisation



Dodane C., Joliveau T., Honegger A., 2011. Anticiper les évolutions de l'occupation du sol. Analyse critique d'une expérience de géoprospective dans un bassin versant périurbain (Yzeron, métropole lyonnaise). L'Espace géographique.

## ➤ Scénarios: urbanisation



Dodane C., Joliveau T., Honegger A., 2011. Anticiper les évolutions de l'occupation du sol. Analyse critique d'une expérience de géoprospective dans un bassin versant périurbain (Yzeron, métropole lyonnaise). L'Espace géographique.

## ➤ Scénarios: Climat

Etude de sensibilité de la réponse du ruisseau/de la gestion à la source à des modification du climat.

-> +2°C ? + 3.5°C ?

-> ±10% pluie ? ±20% pluie ?



Approche 'bottom-up'  
ou 'par perturbation'

$$P^*_{hourly} = P_{hourly} * \frac{\overline{PM} + \Delta P_{monthly}}{\overline{PM}}$$

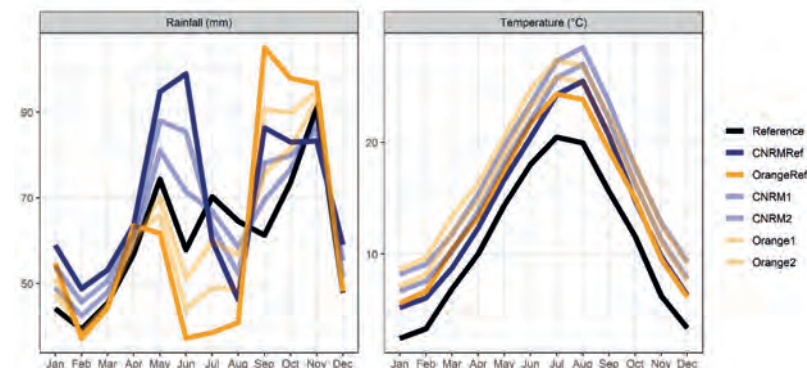
$$ETP^*_{hourly} = ETP_{hourly} + \frac{R_a}{28.5} \frac{\Delta T_{monthly}}{100}$$



Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 17

## ➤ Scénarios: Climat



$$P^*_{hourly} = P_{hourly} * \frac{\overline{PM} + \Delta P_{monthly}}{\overline{PM}}$$

$$ETP^*_{hourly} = ETP_{hourly} + \frac{R_a}{28.5} \frac{\Delta T_{monthly}}{100}$$



Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 18

## ➤ Résultats



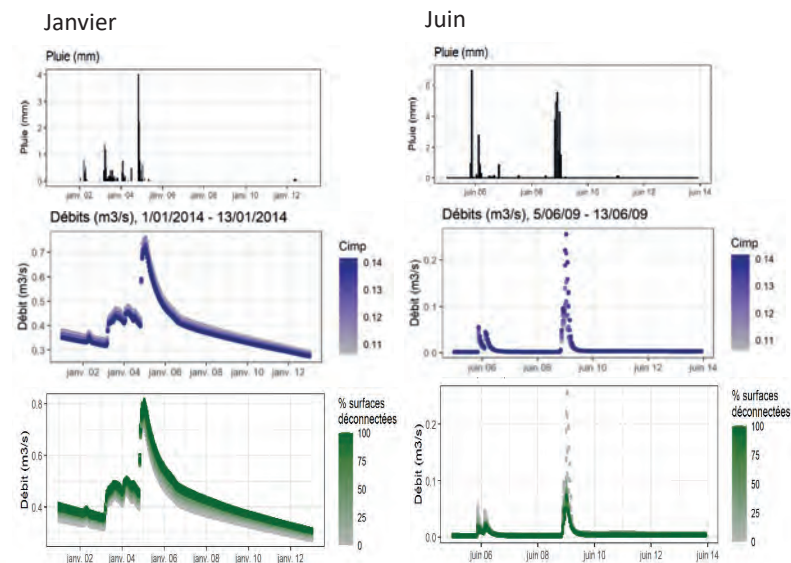
Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 19

## ➤ Résultats: gestion et urbanisation

Fort impact saisonnier:

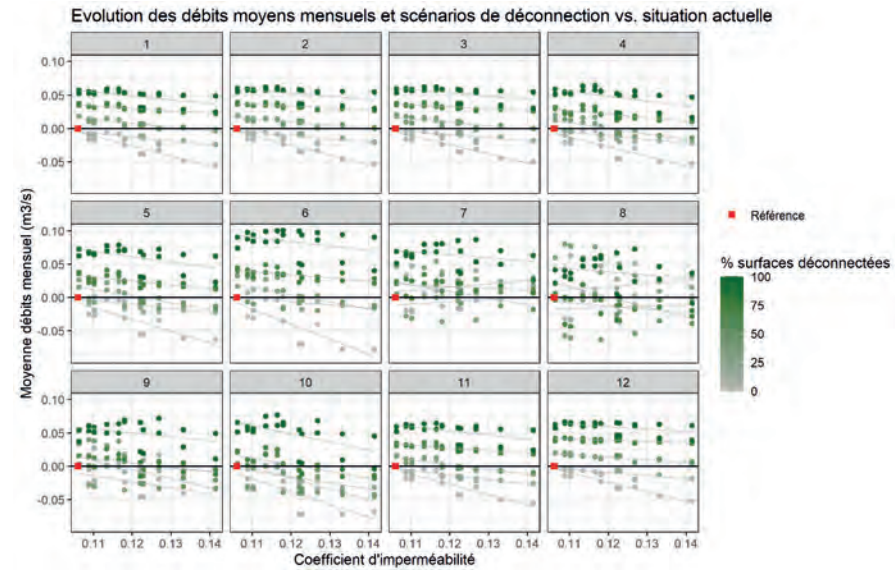
- Hiver: débits dominés par composantes souterraines
- Été: débits faibles, part du ruissellement important



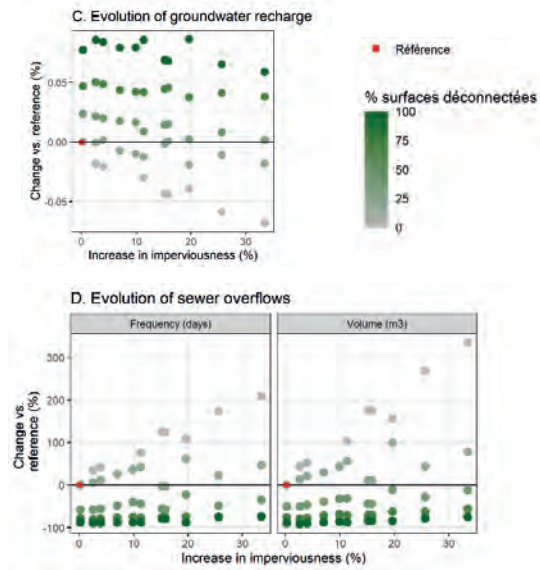
Consequans: Modélisation d'un bassin versant péri-urbain et gestion des eaux pluviales  
17 Juin 2022 / Séminaire Yzeron / Jérémie Bonneau

p. 20

## ➤ Résultats: gestion et urbanisation

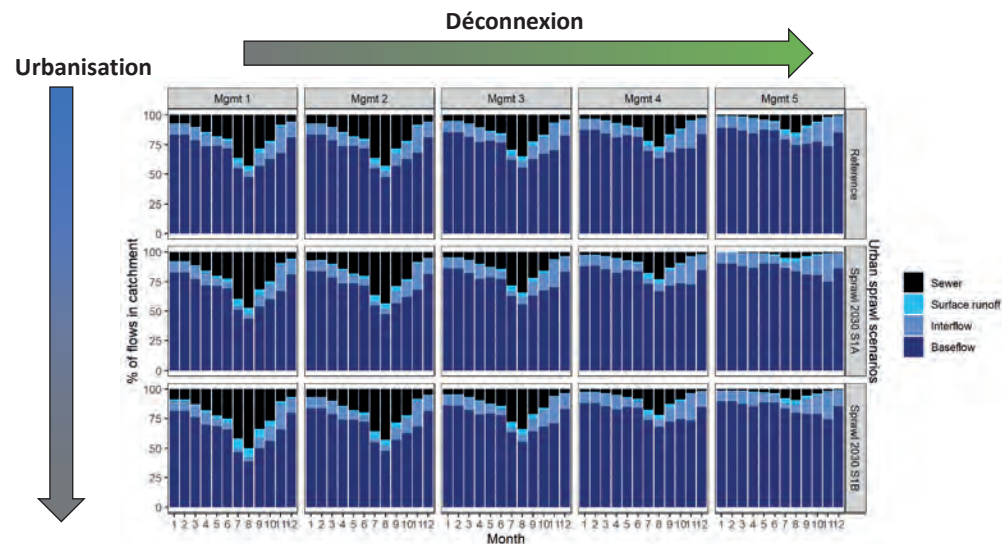


## ➤ Résultats: gestion et urbanisation



- Baisse de la recharge compensée par gestion
- Rejets par les DO très sensibles à l'urbanisation
- Déconnexion efficace pour diminuer les rejets

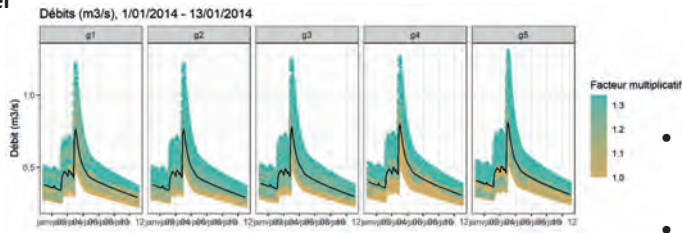
## ➤ Résultats: gestion et urbanisation



## ➤ Résultats: gestion et climat

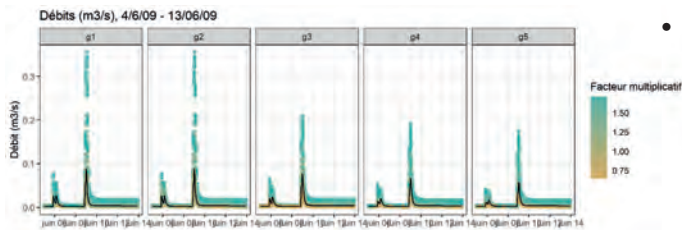
## ➤ Résultats: gestion et climat

Hiver



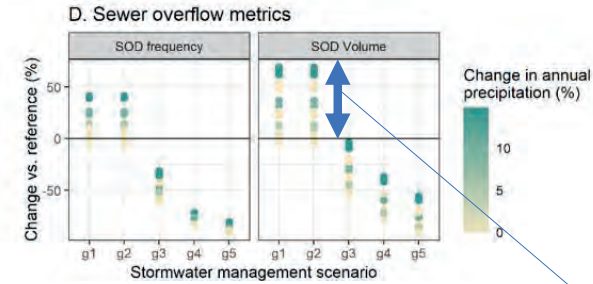
Déconnexion

Été



- Variabilité causée par le climat, pas les TAs
- En été: réponses fortes en % (pas en valeur absolue)
- Bassin versant avec peu de stockage: ↗ pluviométrie = saturation = ↗ débits

## ➤ Résultats: gestion et climat



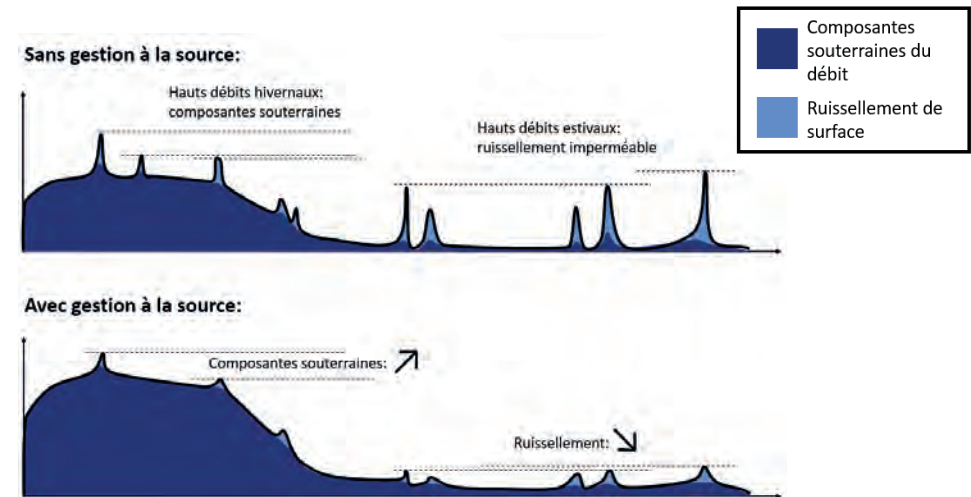
Déconnexion

- Sur le comportement en DO: impact **fort** des TAs
- **Seuil** à partir duquel *tous les scénarios climatiques* sont sous la situations actuelle

Variabilité causée par modification de la pluviométrie

## ➤ Discussion et perspectives

## ➤ Discussion et perspectives



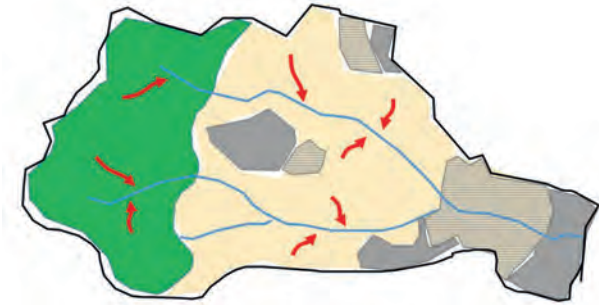


## ➤ Discussion et perspectives

- Validation de la politique de « la ville perméable »
- Gestion à la source -> résilience des réseaux face aux changements globaux (retenir le seuil d'1/3 ?)
- Impact limité en ruisseau: « pas assez urbain » ?

## ➤ Discussion et perspectives

- Bassin versant péri-urbain: 2 mondes dans le modèle



## ➤ Discussion et perspectives

- Ruissellement: peu de ruissellement imperméable dans le modèle calé: une sous estimation? *Thèse d'Olivier Grandjouan*
- Interactions souterraines en milieu urbain ? Que devient l'eau infiltrée ?

## ➤ Discussion et perspectives

- Fonctionnement des TAs idéalisé, simplifié et scénarios homogènes sur tout le bassin versant.
  - Autres types de TAs ?
  - Explorer l'impact de l'emplacement des TAs
- Création des scénarios pluvio à l'échelle horaire: d'autres stratégies de désaggrégation horaire (*Thèse Vincent Pons, Thèse Frédéric Gogien*)

# Restaurer une petite rivière urbaine

## *Quand les perceptions rencontrent l'écologie*

Marylise Cottet



Un intérêt mener des travaux sur les perceptions et les représentations des cours d'eau, de leur qualité écologique et des bénéfices qu'ils produisent

- Les perceptions des différents acteurs interagissent avec les décisions liés à la préservation des cours d'eau
  - Les acteurs de la gestion de l'eau, les acteurs territoriaux
  - Les habitants plus largement
- Des perceptions et des représentations qui peuvent être à l'origine de freins (controverses) ou de leviers (soutiens) dans les projets
- Un intérêt à croiser :
  - les regards pour voir à quel point les perceptions et les représentations sont consensuelles ou dissensuelles
  - Les données (données de perception et biophysique) pour étudier d'éventuelles ruptures dans la manière dont des phénomènes sont perçus ou mesurés

## Une telle approche menée sur l'Yzeron en lien avec la démarche de restauration

- **Projet *Traquer le regard* (2012-2015)**
  - Identifier quels sont les attributs paysagers qui contribuent à influencer, aux yeux des habitants et des gestionnaires locaux, la qualité de la rivière
  - Projet centré sur l'Yzeron
- **Projet *Géni-eaux* (2019-2022)**
  - Questionner les bénéfices et les risques du génie végétal en ville à partir des perceptions des acteurs de l'eau et des habitants et de mesures réalisées sur le terrain
  - Projet ayant l'Yzeron parmi d'autres terrains d'étude

ZABR



Des études qui reposent avant tout sur une approche paysagère

Le paysage, un médiateur pour l'action à l'interface de processus biophysiques et sensibles



INRAE

ZABR



Geni-eaux

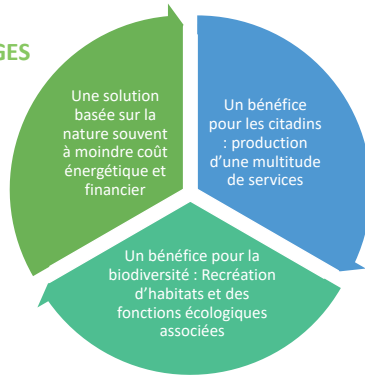
# Des territoires urbains contraints qui nécessitent des solutions adaptées pour la restauration des milieux aquatiques

- Une restauration en ville contrainte par les enjeux fonciers
- Le génie écologique : une solution basée sur la nature intéressante pour la stabilisation et la restauration des berges



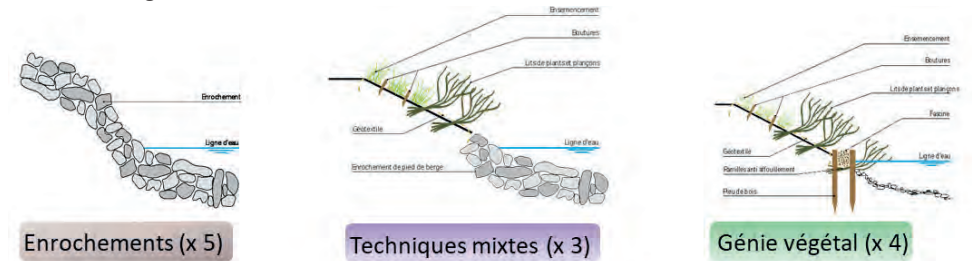
Protection de berge avec un caisson végétalisé sur l'Albanne à Chambéry (en 2011 en haut, gros plan en 2016 en bas)

## STABILISATION DES BERGES



# Méthodologie

- 12 ouvrages :



- Relevé de terrain :

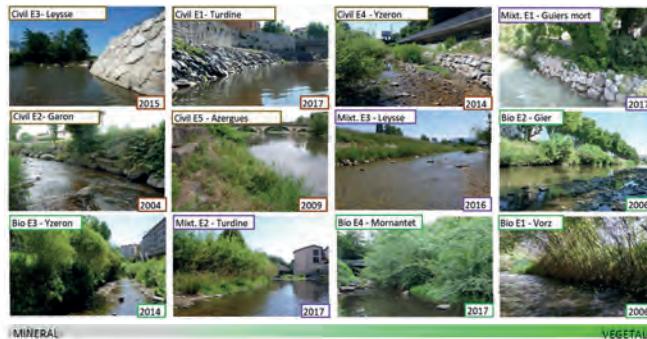
- Topographique, Contexte urbain, Connectivités, Ombrage, Relevés floristique et de caractéristiques du sol par point contact.

- Variables d'études en écologie :

- Végétation
- Biodiversité
- Connectivité
- Ombrage

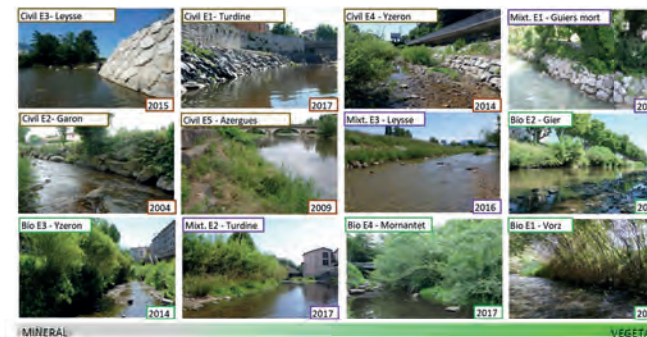
# Méthodologie

- Une enquête par photo-questionnaire réalisée en ligne
  - 493 participants
  - Des profils variés : professionnels de la gestion des milieux aquatiques et habitants
  - Connaissance déclarée : 42% Pas du tout, 32% Moyenne, 25% Importante



# Méthodologie

- Une enquête par photo-questionnaire réalisée en ligne
  - 493 participants
  - Des profils variés : professionnels de la gestion des milieux aquatiques et habitants
  - Connaissance déclarée : 42% Pas du tout, 32% Moyenne, 25% Importante

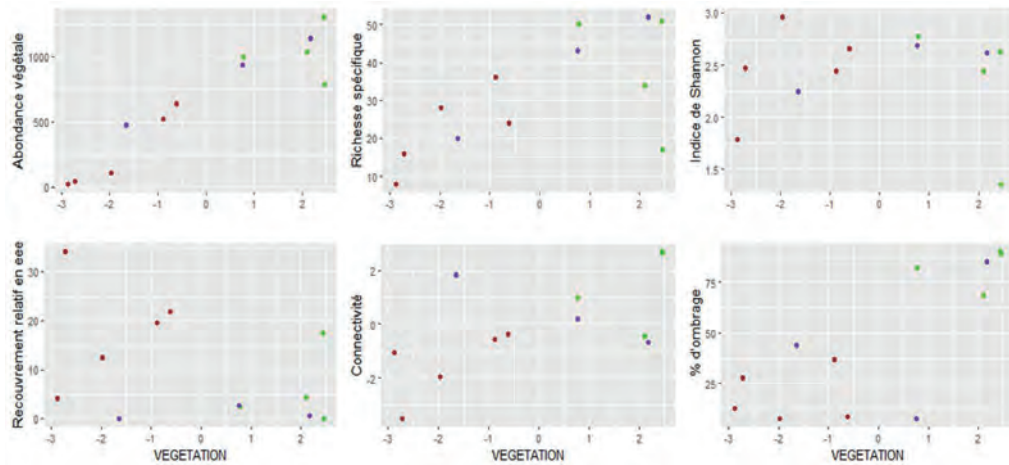


- Parmi ces structures :
- Quelle est la plus réussie
  - Quelle est la moins réussie

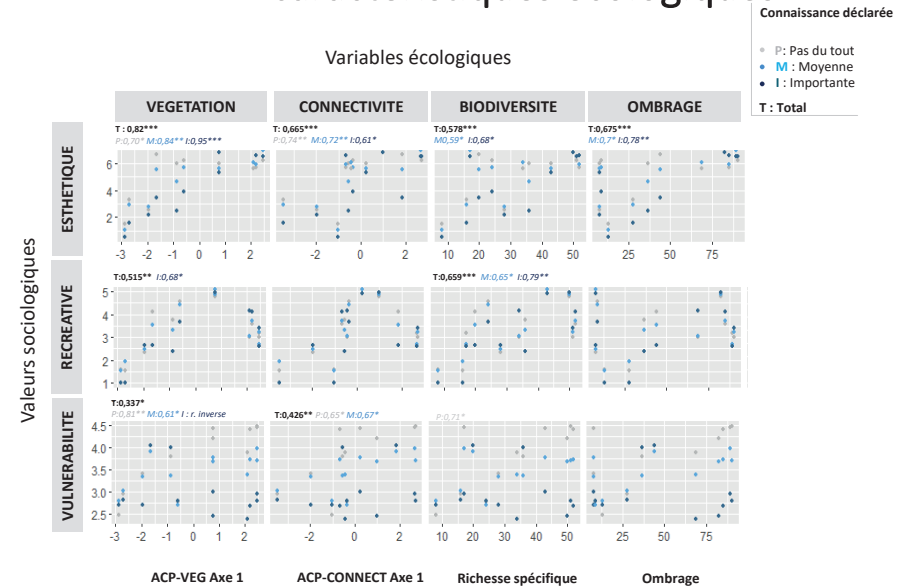


Niveau de confiance, vis-à-vis de la protection de berge par génie végétal

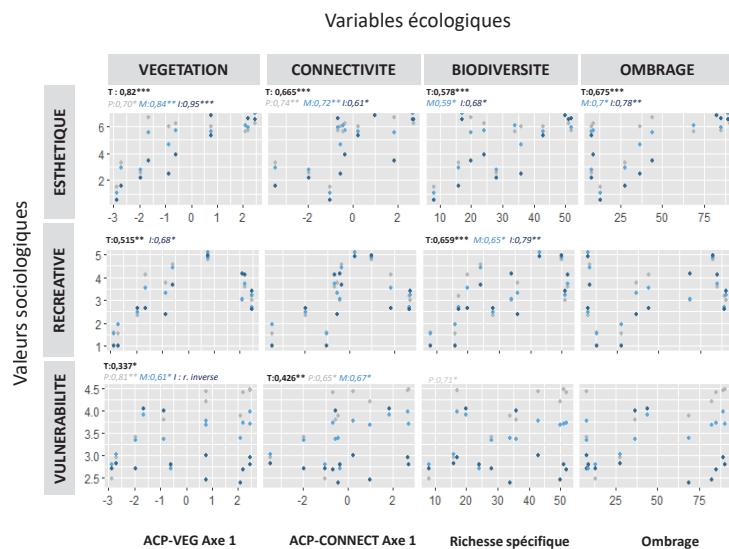
## Résultats : des bénéfices écologiques pour les écosystèmes urbains



## Résultats : des liens entre valeurs perçues et caractéristiques écologiques



## Résultats : des liens entre valeurs perçues et caractéristiques écologiques

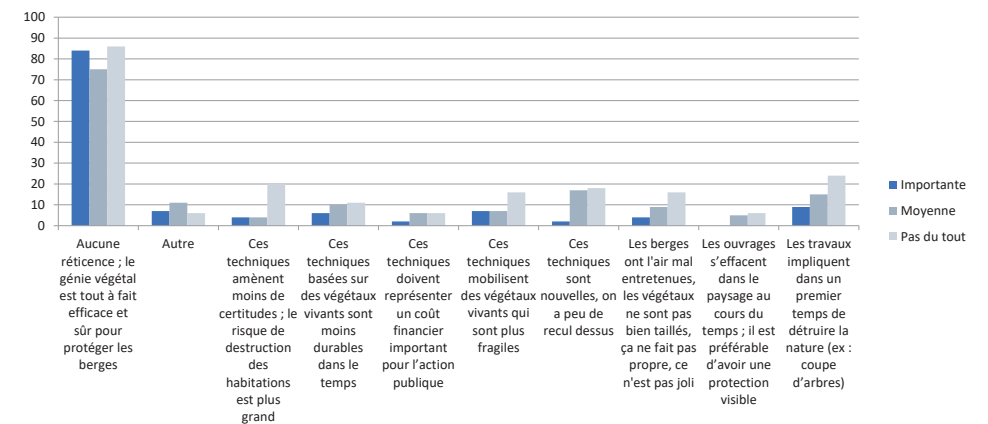


### Des liens différenciés

- Esthétique : l'importance de la densité et de la diversité végétale
- Récréative : l'importance de l'accessibilité physique et visuelle
- Vulnérabilité : l'importance des savoirs

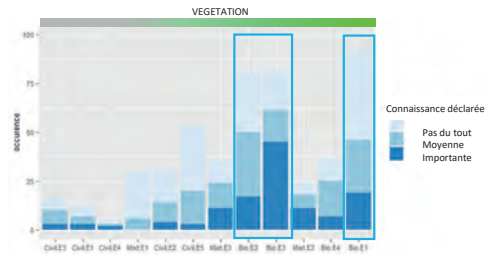
## Résultats : des réticences aux protections de berge par génie végétal

Des réticences avant tout chez les personnes déclarant une faible expertise environnementale



## Résultats : une évaluation du succès des ouvrages qui fait la part belle aux techniques de génie végétal

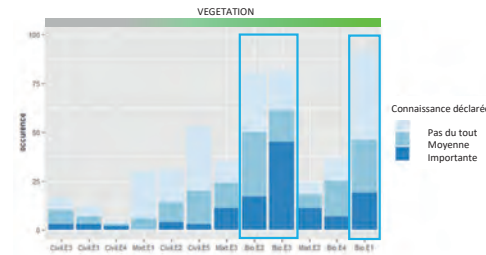
- Quelle protection de berge est :
  - la plus réussie ?



13

## Résultats : une évaluation du succès des ouvrages qui fait la part belle aux techniques de génie végétal

- Quelle protection de berge est :
  - la plus réussie ?



- la moins réussie ?

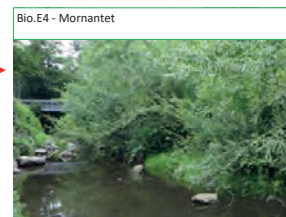
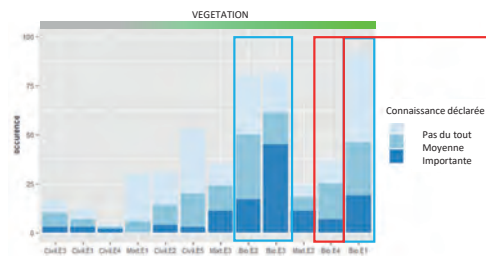
Aménagement civil de la Leyse : 65% des répondants



14

## Résultats : une nécessaire attention à la gestion de ces ouvrages

- Quelle protection de berge est :
  - la plus réussie ?



Eviter un sentiment d'envahissement



15

## Conclusions et perspectives

- Des bénéfices écologiques induits par le génie végétal nettement corrélés aux bénéfices perçus par les habitants et acteurs de l'eau
- Des réticences encore palpables qui supposent de travailler sur :
  - La question de la minimisation et de l'acceptation du risque
  - La question de la gestion des ouvrages
- Plus largement, la question de la restauration des petites rivières urbaines pose de nombreuses questions interdisciplinaires qui ont été peu investiguées
  - Objectif du projet en cours de montage COCORIV « Co-Construction d'un Commun Ordinaire : les petites RIVIÈRES urbaines » (dépôt PEPR OneWater)
  - Trois axes scientifiques
    - Caractérisation : connectivité sociale, diagnostic hydro-géomorphologique et écologique
    - Relation à la rivière : connectivité sensible et cognitive
    - Trajectoires socio-environnementales (paysages, relations sociales, politiques)

37

Merci à toute l'équipe scientifique !



Clémence Moreau



André Evette



Anne Rivière Honegger



Stéphanie Vukélic



Cresciense Lecaude



Adeline François



Marylise Cottet

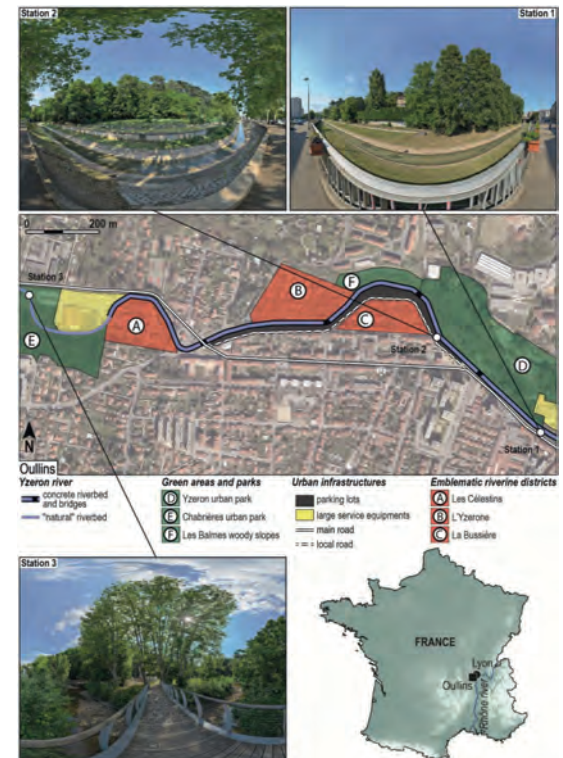
# Traquer le regard

Une expérience innovante

Une méthodologie combinant questionnaires in situ, eye-tracking et entretiens semi-directifs



Un parcours pédestre



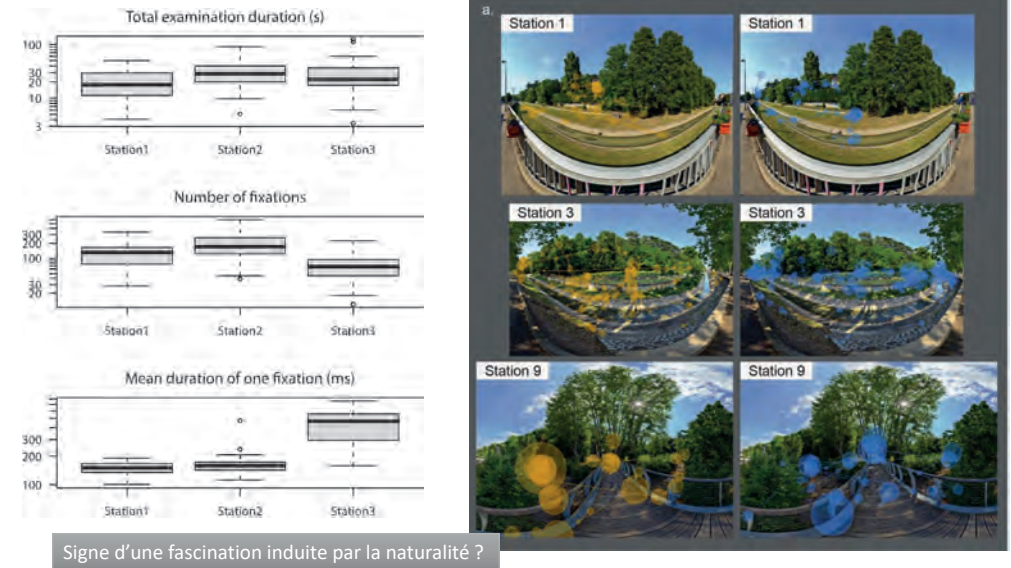
# Un questionnaire

- Sur chaque station

1. Observez le paysage qui vous entoure.
2. Notez la qualité de ce paysage (entre 0 et 10)
3. Citez ou décrivez au moins 3 éléments du paysage qui vous plaisent et au moins 3 qui vous déplaisent.

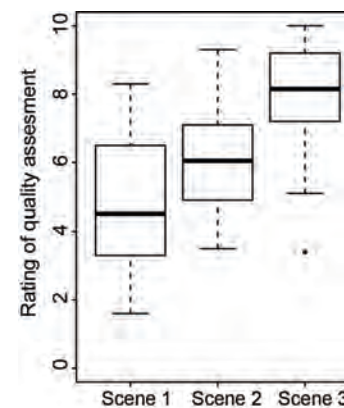
Ca me plaît	
Ca me déplaît	

# Une différence dans la manière dont les habitants regardent les différentes stations

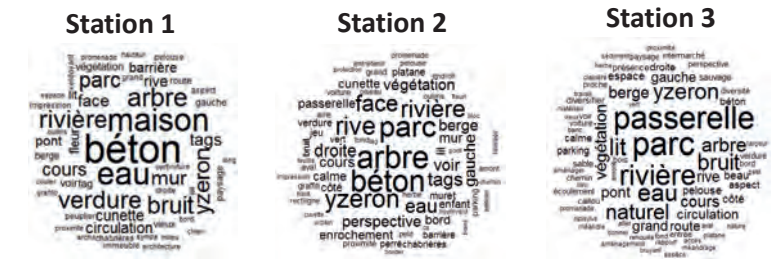


# Une différence dans la manière dont les habitants évaluent la qualité des différentes stations

- Une note de qualité paysagères plus élevée accordée à la station 3



# Une différence dans la manière dont les habitants parlent des différentes stations



# Une différence dans la manière de percevoir et d'évaluer la qualité des stations entre les habitants et les gestionnaires

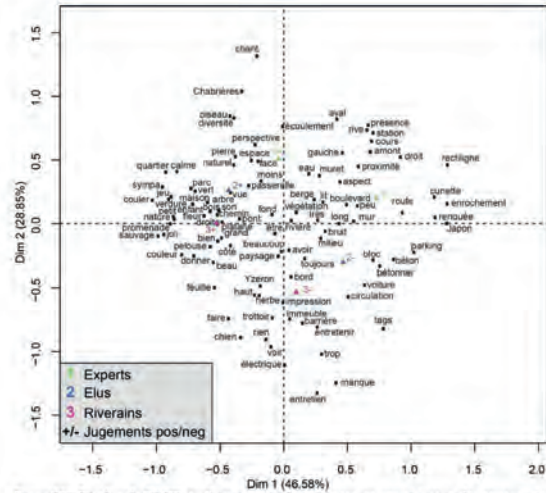
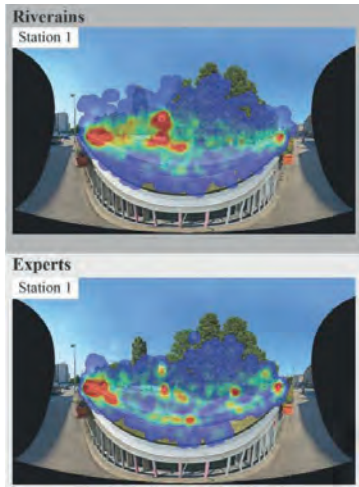


Figure 19: Résultat de l'AFA conduite à partir des réponses au questionnaire des experts, des habitants et des élus (variables), les individus sont les termes employés les plus fréquemment dans les réponses.



➤ Approche intégrée biogéochimique, géographique et hydrologique pour déterminer les sources de contaminants sur des bassins versants d'usage mixte

projets CHYPSTER & IDESOC

Marina Coquery, UR RiverLy, INRAE, et coll.

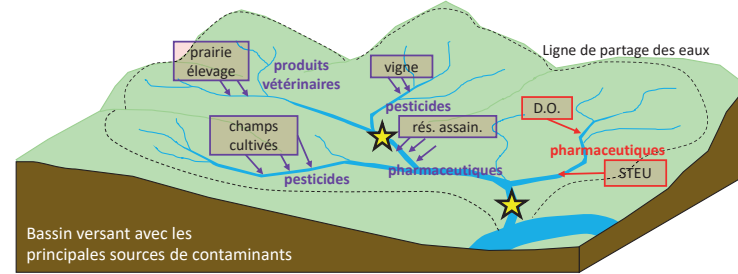
OZCAR-OTHU - Séminaire scientifique Yzeron 2022 | 17 juin 2022



➤ Contexte : Nombreuses sources de contamination dans les bassins versants méso-échelles à usage mixte

- Les sources principales de contaminants :
- > rejets domestiques / agricoles
  - > rejets ponctuels / diffus
  - + hétérogénéité spatiale sur ces bassins versants
  - + fortes variations temporelles (hydrologie, saison, usages des produits)

=> Besoin d'identifier et quantifier les différents flux de pollution qui contribuent majoritairement à la dégradation de l'état de eaux à l'exutoire des bassins versants pour engager des actions de réduction des apports



Hypothèse : chaque source de contaminant possède une composition biogéochimique particulière liée à l'occupation des sols et aux pratiques. Par exemple, les cortèges microbiens peuvent renseigner sur l'origine de l'eau (espèces animales, ...)

➤ Objectifs

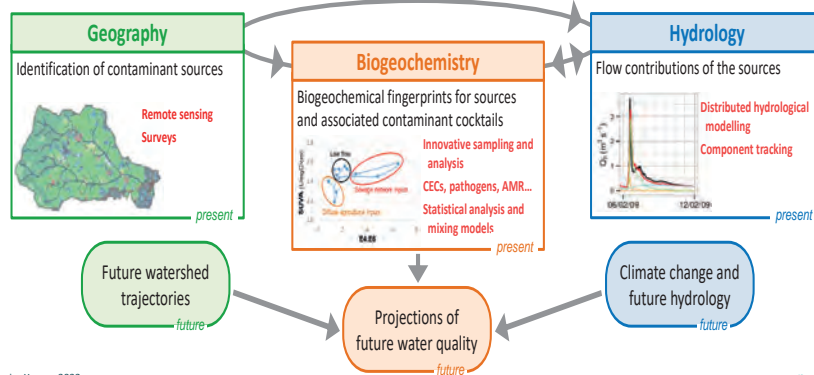
Identifier et caractériser les sources de contaminants (ponctuelles, diffuses) et prédire la qualité chimique et microbiologique des eaux à l'exutoire d'un bassin versant selon des scénarios futurs d'évolution (mutation de l'usage des sols, changement climatique)

2 sites d'étude :

- BV Yzeron - OTHU
- BV Claduègne - OHMCV

4 partenaires :

- INRAE RiverLy
- VetAgro Sup LEM
- IRD-UGA IGE
- UGA PACTE



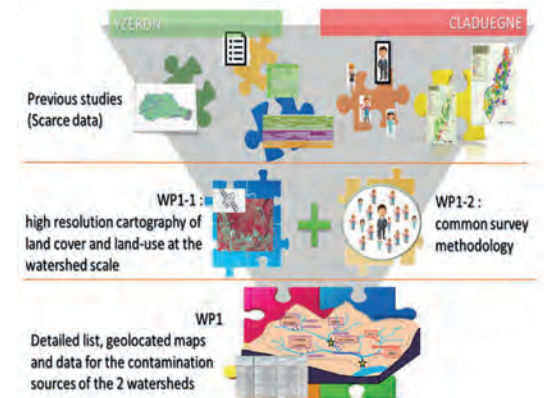
➤ WP1 - Diagnostic de l'occupation du sol et de l'utilisation de produits chimiques

Objectifs

- Identifier les sources de pollution

Méthodes

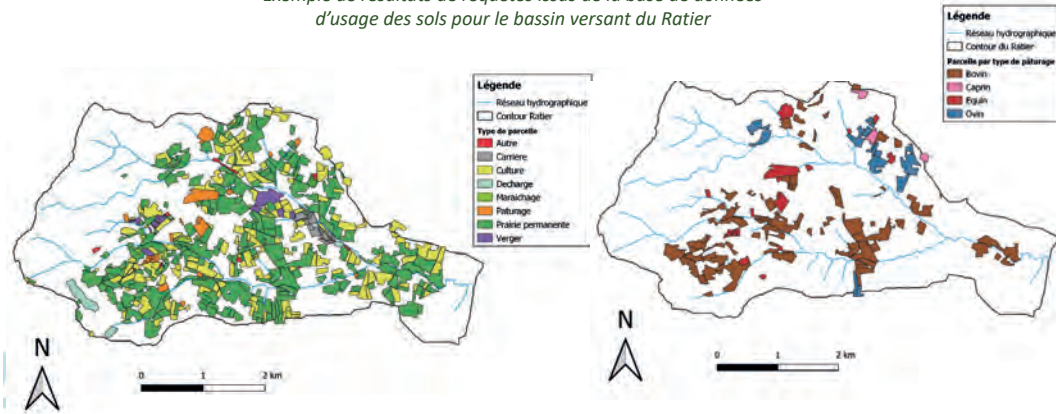
- Une méthode d'enquête commune auprès des acteurs socio-économiques
- Cartographie haute résolution de l'occupation et de l'usage des sols à l'échelle du bassin versant : télédétection et analyses UV-Vis et microbiologiques de l'eau



## ➤ Définition des sources – Données d'occupation et usage des sols

- Base de données occupation & usage des sols issue du stage de Julie Josse et Mila Betemps (UMR PACTE/Cermosem – 2021)

Exemple de résultats de requêtes issues de la base de données d'usage des sols pour le bassin versant du Ratier



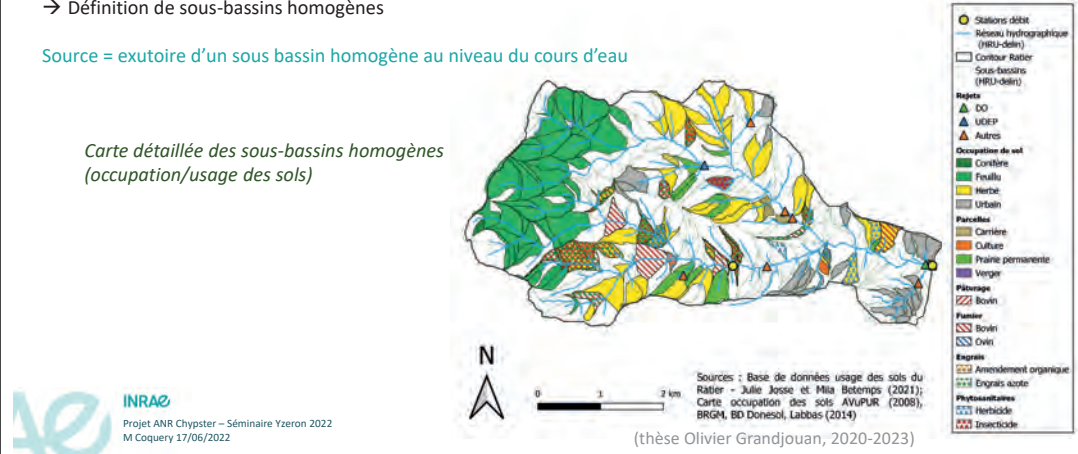
## Définition des sources

Découpage du bassin versant en unité de réponse hydrologique (HRU)

Croisement des HRU avec des informations sur occupation des sols, pratiques agricoles, géologie, pédologie...  
→ Définition de sous-bassins homogènes

Source = exutoire d'un sous bassin homogène au niveau du cours d'eau

Carte détaillée des sous-bassins homogènes (occupation/usage des sols)



INRAE  
Projet ANR Chypster – Séminaire Yzeron 2022  
M Coquery 17/06/2022

## Définition des sources

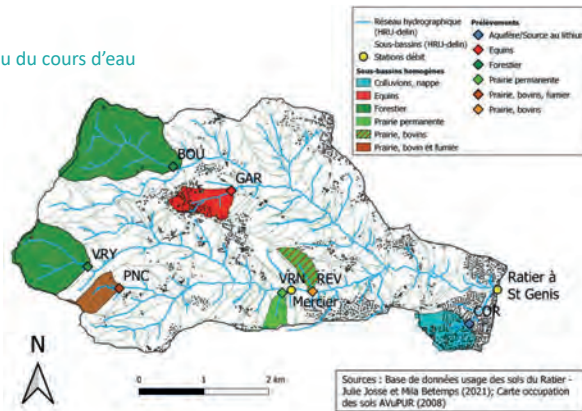
Découpage du bassin versant en unité de réponse hydrologique (HRU)

Croisement des HRU avec des informations sur occupation des sols, pratiques agricoles, géologie, pédologie...  
→ Définition de sous-bassins homogènes

Source = exutoire d'un sous bassin homogène au niveau du cours d'eau

Exemple de types de sources définies dans le projet :

- forêt
- prairies sans élevage
- prairies avec bovins et fumier
- cultures maïs
- culture de noisette
- ....



(thèse Olivier Grandjouan, 2020-2023) p. 7

## Définition des sources

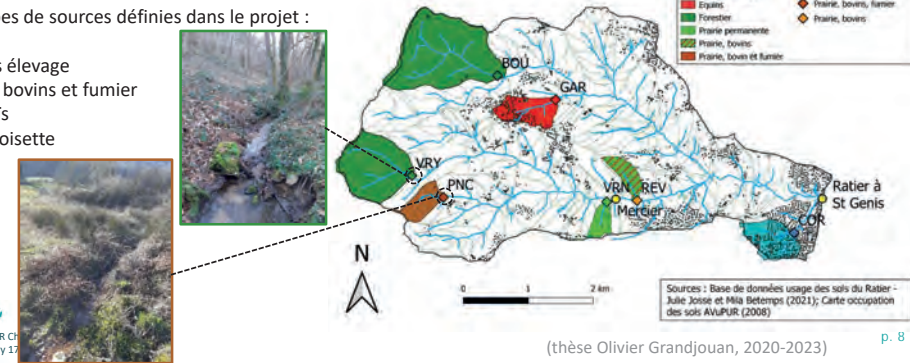
Découpage du bassin versant en unité de réponse hydrologique (HRU)

Croisement des HRU avec des informations sur occupation des sols, pratiques agricoles, géologie, pédologie...  
→ Définition de sous-bassins homogènes

Source = exutoire d'un sous bassin homogène au niveau du cours d'eau

Exemple de types de sources définies dans le projet :

- forêt
- prairies sans élevage
- prairies avec bovins et fumier
- cultures maïs
- culture de noisette
- ....



INRAE  
Projet ANR Chypster – Séminaire Yzeron 2022  
M Coquery 17/06/2022

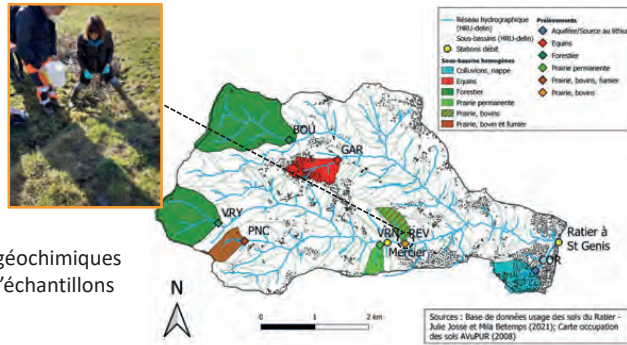
(thèse Olivier Grandjouan, 2020-2023) p. 8

## WP2 – Campagnes de mesures sur les bassins expérimentaux

### Prélèvements des « sources »

- Echantillonnage de 10 sources diffuses et ponctuelles par BV à différentes saisons et conditions hydrologiques

=> Construction d'une base de données biogéochimiques d'échantillons d'eau et d'une collection d'échantillons



#### Paramètres majeurs

COD + COT  
anions majeurs  
cations majeurs  
carbonates  
silice dissoute  
Caractérisation matière organique  
MES

#### Métaux

Li, B, Al, Ti, V, Cr,  
Mn, Fe, Co, Ni,  
Cu, Zn, As, Se,  
Rb, Sr, Mo, AG,  
Cd, Sn, Sb, Ba,  
Pb, U

#### Micropolluants organiques

méthode multi-urbain : 57 composés (pharmaceutiques et pesticides)

#### Microbiologie

abondance bactéries (coliformes totaux, Escherichia Coli, gène ARNr 16S, hétérotrophes totales...)  
diversité bactérienne (bactéries des ruminants, de l'homme, du chien, totaux)  
antibiorésistance (intégrons 1, 2, et 3)

#### Isotopes

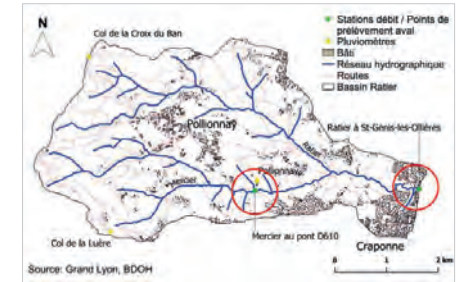
δ18O  
δ2H

Analyse non ciblée  
LC-HRMS

p. 9

## Prélèvements sur évènements à l'exutoire des BV

- 6 campagnes de prélèvement sur évènement pluvieux prévus
- Prélèvement par préleveurs automatiques
- Stations de « mélange » à l'exutoire :
  - Mercier au pont D610
  - Ratier à St-Genis-les-Ollières



#### Paramètres majeurs

COD + COT  
anions majeurs  
cations majeurs  
carbonates  
silice dissoute  
Caractérisation matière organique  
MES

#### Métaux

Li, B, Al, Ti, V, Cr,  
Mn, Fe, Co, Ni,  
Cu, Zn, As, Se,  
Rb, Sr, Mo, AG,  
Cd, Sn, Sb, Ba,  
Pb, U

#### Micropolluants organiques

méthode multi-urbain : 57 composés (pharmaceutiques et pesticides)

#### Microbiologie

abondance bactéries (coliformes totaux, Escherichia Coli, gène ARNr 16S, hétérotrophes totales...)  
diversité bactérienne (bactéries des ruminants, de l'homme, du chien, totaux)  
antibiorésistance (intégrons 1, 2, et 3)

#### Isotopes

δ18O  
δ2H

Analyse non ciblée  
LC-HRMS

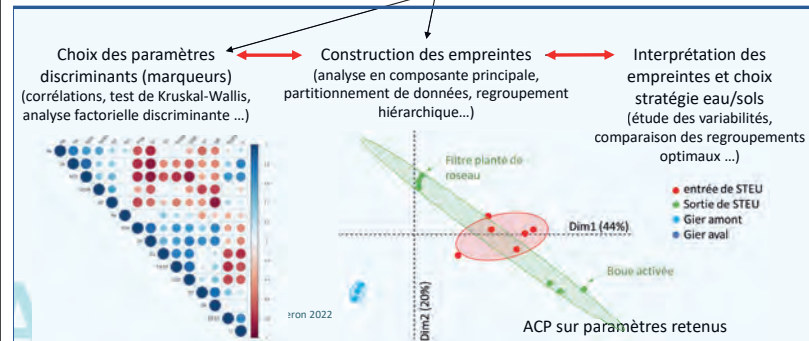
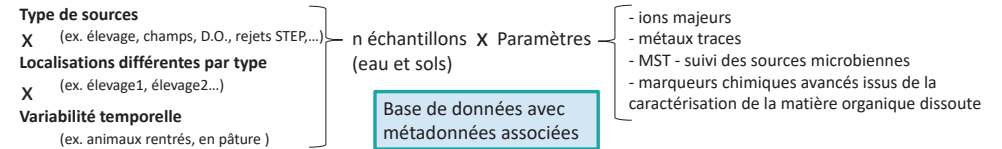
p. 10

## WP3 – Définition des empreintes de contamination à partir des mesures chimiques et microbiologiques

### Objectifs

- Identifier et sélectionner des marqueurs pour **construire des empreintes biogéochimiques** permettant d'identifier et de localiser des **sources spécifiques de contamination** au sein d'un bassin versant
  - => **marqueurs persistants, récurrents de sous-BV à relier à des usages, si possible low-cost**
- Suivre les sources de contamination à l'aide de **modèles de mélange biogéochimique** et estimer leur contribution à l'exutoire des bassins versants pour différentes conditions hydrologiques
- Prédire les **cocktails de contaminants** associés sans équivoque à une source ou à un mode d'utilisation des sols particuliers

## Méthodologie : construction des empreintes



p. 11

p. 12

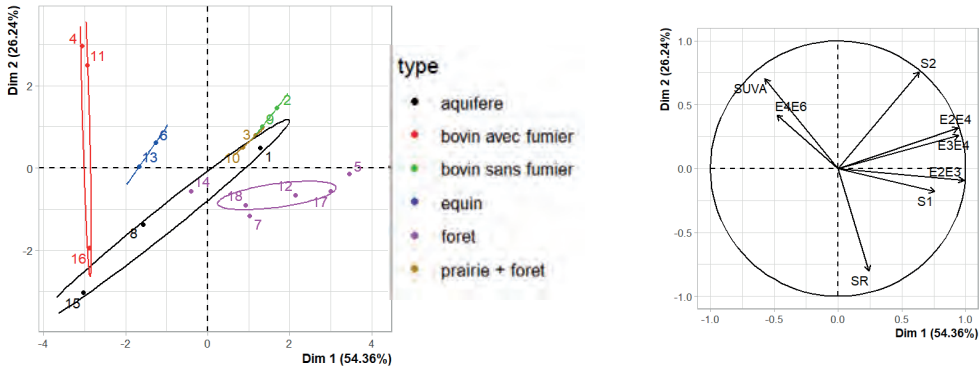
## Premiers résultats : indicateurs de la MOD

Mesure des spectres UV-visible -> calcul d'indicateurs issus des spectres et caractéristiques de la nature de la matière organique (ex: SUVA)

Campagnes de prélèvement :  
 - 09/02/2022 temps sec (n=7)  
 - 14/02/2022 pluie (n=7)  
 - 17/05/2022 temps sec (n=4)

### Construction d'empreintes des sources à partir des indicateurs UV-visible

Sous forme d'analyse en composantes principales (ACP) ... avec les variables explicatives (indicateurs UV-visible)



p. 13

## Méthodologie : application aux mélanges

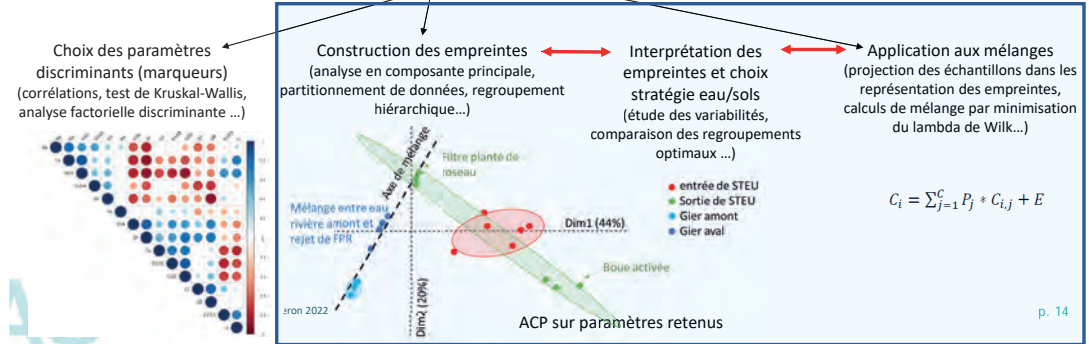
**Type de sources**  
 X (ex. élevage, champs, D.O., rejets STEP,...) n échantillons X Paramètres (eau et sols)

**Localisations différentes par type**  
 X (ex. élevage1, élevage2...)

**Variabilité temporelle**  
 (ex. animaux rentrés, en pâture)

**Base de données avec métadonnées associées**

- ions majeurs
- métaux traces
- MST - suivi des sources microbiennes
- marqueurs chimiques avancés issus de la caractérisation de la matière organique dissoute



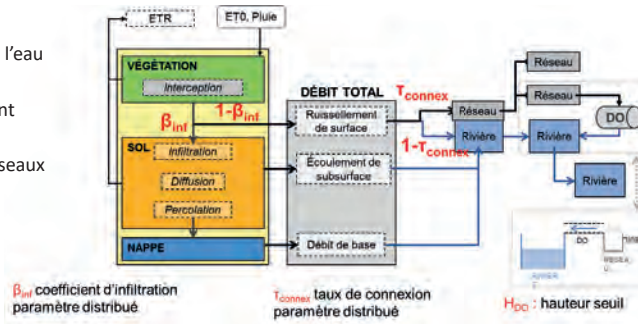
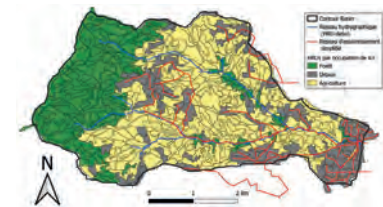
## WP4 – Modélisation hydrologique distribuée à l'aide du modèle J2000P et couplage avec les empreintes biogéochimiques

### Objectifs

- Améliorer la représentation des chemins de l'eau dans J2000P

Décomposition du débit en 3 types d'écoulement (surface / subsurface / souterrain)

Prise en compte des surfaces imperméables, réseaux d'assainissement et déversoirs d'orage



Modèle hydrologique distribué préliminaire calé sur le BV Ratier  
 Projet Conscéquans, Bonneau et al., 2021

p. 15

## WP4 – Modélisation hydrologique distribuée à l'aide du modèle J2000P et couplage avec les empreintes biogéochimiques

### Objectifs

- Améliorer la représentation des chemins de l'eau dans JP2000P

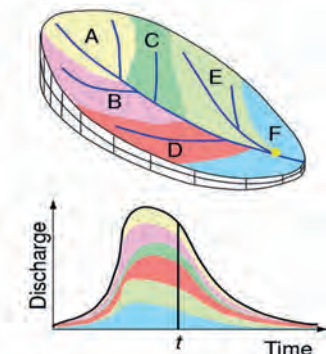
=> Décomposition du débit en fonction des sources : **module de traçage de composantes**

- Participer à l'identification des sources et la construction des empreintes biogéochimiques

- Valider un outil prédictif pour simuler des scénarios de trajectoires (mutation de l'usage des sols, changement climatique) – WP5

=> Prédiction des contributions des « sources » et de la qualité de l'eau à l'exutoire des BV (cocktail de contaminants)

### Séparation hydrographique spatiale



(Sayama and McDonnell, 2009)

p. 16

# Les contaminants microbiens introduits en rivière péri-urbaine par temps de pluie: conséquences écologiques et dangers pour la santé



(2008-2022)



**Coordinateur: Benoit COURNOYER**  
 Projets ANR CES INVASION, ANSES pyo-eau, AE-RMC Domic, Lyon Métropole



## Partenaires

**1**

UMR CNRS 5557 / INRAE 1418

B. Courmoyer	A. Boukerb
V. Rodriguez-Nava	E. Borges
W. Galia	F. Maurin
C. Colinon	C. Monnez
M. Neto	B. Tilly
S. Petit	L. Marjolet
A. Gleizal	A. M. Pozzi
R. Marti	A. Dominguez
D. Mouniéc	Lage
E. Bergeron	

**2**

**INRAE** UR Riverly

Pascal Breil  
 Michael Lagouy  
 Philippe Namour  
 Isabelle Braud  
 Flora Branger  
 + partenaires nouvelles actions Idesoc / chypster dont:  
 Marina Coquervy, Matthieu Masson, Cécile Miège, Olivier Grandjouan, et al.

**3**

Bertrand Moulin  
 Guillaume Fantino  
 Laurent Schmitt  
 Oldrich Navratil

**5**

Gislain Lipeme-Kouyi  
 Nicola Walcker  
 Serge Naltchayan

**4**

Yves Perrodin  
 Céline Bécouze

**6**

Laetitia Bacot

## Outline

- origin of microbial contaminants and pathogens impacting peri-urban watersheds: quick overview
- the consequences - effects on health
- OTHU / OZCAR observation activities over the Yzeron watershed
  - Bacterial contaminants (which ones, where, when ?)
  - Bacterial diversity (which evolutionary dynamics ?)
- new trends (conclusions)

## major sources of microbes / fecal contaminations impacting watersheds

**Microbial contaminants:** exogenous forms excreted from reared / domestic animals, or delivered by human-related devices or activities (WWTP overflows, CSOs,... etc)

**Cattles / composts**

**E. coli and intestinal enterococci 10<sup>4</sup>-10<sup>6</sup> per g feces**

10<sup>12</sup> fecal coliforms released per day

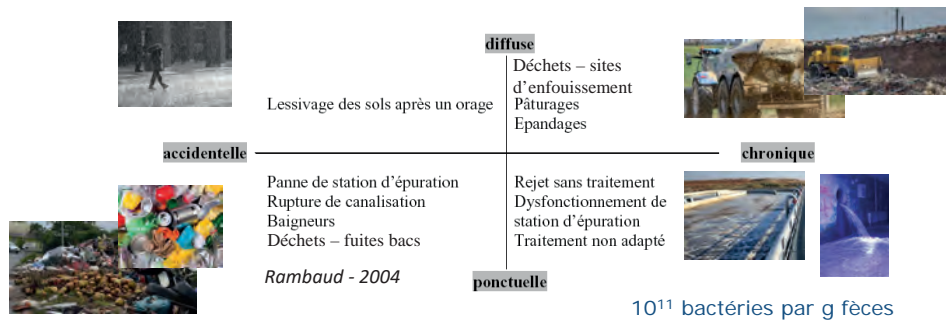
**WWTP**

**Effluents = 10<sup>2</sup> to 10<sup>4</sup> E. coli or IE cells/mL.**

Paris : 2,5 million m<sup>3</sup> of wastewaters per day (<http://www.seineavaldomain.siaap.fr/>)

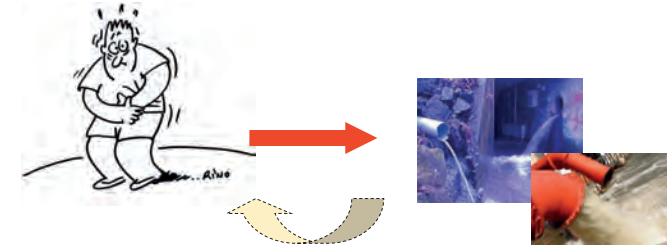
Effluent = 10<sup>14</sup> to 10<sup>16</sup> E. coli or IE per day

## Sources – contaminants microbiens



## Pathogens found among fecal matters

- 10 to 35% of the population will secrete pathogens (idem “animals”)

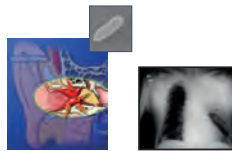


## Common Human waterborne diseases & infectious agents



gastro-enteritis

- *Shigella*, *Salmonella*, *Aeromonas hydrophila*, *E. coli* O157:H7
- *Campylobacter jejuni*
- astrovirus, calicivirus/ norovirus, entérovirus, Rotavirus, adenovirus (flu)
- *Cryptosporidium*, *Giardia duodenalis*, *Entamoeba histolytica*



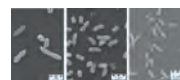
otitis, pneumopathies

- *P. aeruginosa*,
- *B. cepacia*, *S. maltophilia*
- *S. aureus*
- *L. pneumophila*



skin infections

- *P. aeruginosa*
- *Aeromonas* sp.



Leptospirosis  
- *Leptospira interrogans*



## Outline

➤ origin of microbial contaminants and pathogens impacting peri-urban watersheds: quick overview

➤ the consequences - effects on health

➤ Examples of OTHU / OZCAR observation activities over the Yzeron watershed

➤ new trends (conclusions)

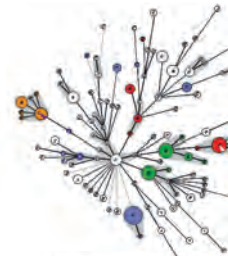
# Représentation schématique des activités d'observation OTHU / OZCAR

Quels contaminants microbiens ?

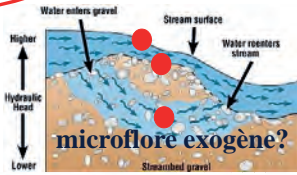
**Objectif 1**



**Objectif 3**



**Objectif 2**



Quel niveau de danger ?  
Naturalisation ?

Où? Quelles dynamiques spatio-temporelles ?



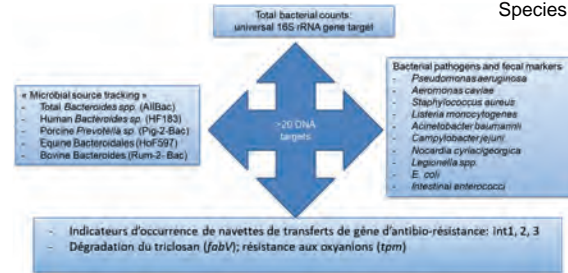
# Quels contaminants bactériens (Which ones) ?

B. Cournoyer, D. Blaha, W. Galia, Y. Rodriguez-Nava, B. Youenou, R. Bouchali, Y. Colin, A. Aigle, A. Meynier Pozzi, E. Bourgeois, J. Voisin, R. Marti, S. Ribun, A. Gleizal, C. Bernardin-Souibgui, F. Vautrin, B. Tilly, L. Marjolet, UMR Ecologie Microbienne, Equipe BPOE, VetAgro Sup, Université Lyon 1, CNRS & INRAE

Trousse diagnostics PCR / qPCR

- ❖ Indicateurs de source d'une contamination fécale
- ❖ Diagnostics « bactéries pathogènes »

- Species 1 `cttcgccccga`
- Species 2 `ccccgccaca`
- Species 3 `ccccgcccca`
- Species 4 `ccccgcccca`
- Species 5 `ccccgccccg`
- Species 6 `cccgccccca`



**Bacteria**

- Green Filamentous bacteria
- Gram positive
- Met Met
- Thermi Pyrodicti
- Planctomycetes
- Bacteroidetes
- Protobacterales
- Spirochetes

**Gestion des eaux pluviales en ville**  
23 ans de recherche au service de l'action

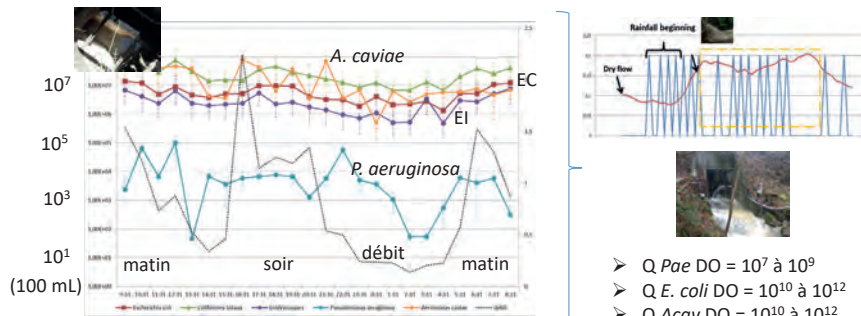
OTHU  
grain



# Quels contaminants bactériens (Which ones) ?



❖ Observation des émissions de bactéries dans un réseau unitaire et en sortie de DO



- ✓ Corrélations entre turbidité – débit & [*A. caviae*, EC, EI]
- ✓ [*P. aeruginosa*] = pas de corrélation

- Premières données de rejets de *P. aeruginosa* et *A. caviae* par un DO

# Représentation schématique des objectifs OTHU / OZCAR

Quels contaminants microbiens ?

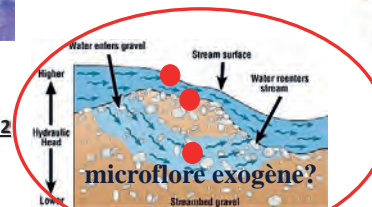
**Objectif 1**



**Objectif 3**



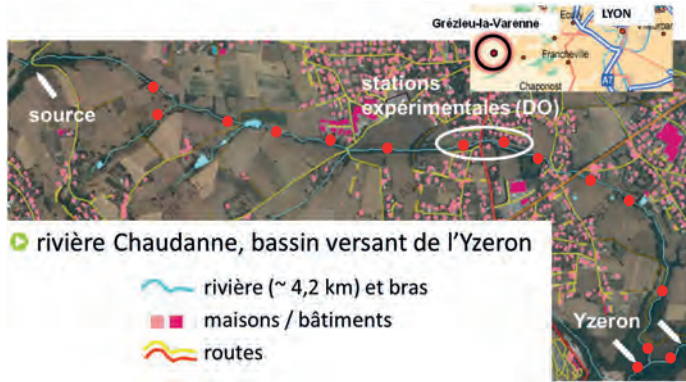
**Objectif 2**



Quel niveau de danger ?  
Naturalisation ?

Où? Quelles dynamiques spatio-temporelles ?

## Quelles dynamiques spatio-temporelles (where, when)?



❶ rivière Chaudanne, bassin versant de l'Yzeron

riivière (~ 4,2 km) et bras

maisons / bâtiments

routes

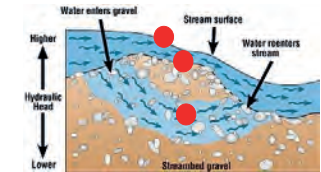
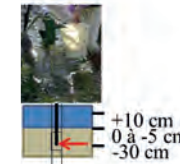
➤ débit = 30 L/s, max = 1500 L/s

## Station expérimentale



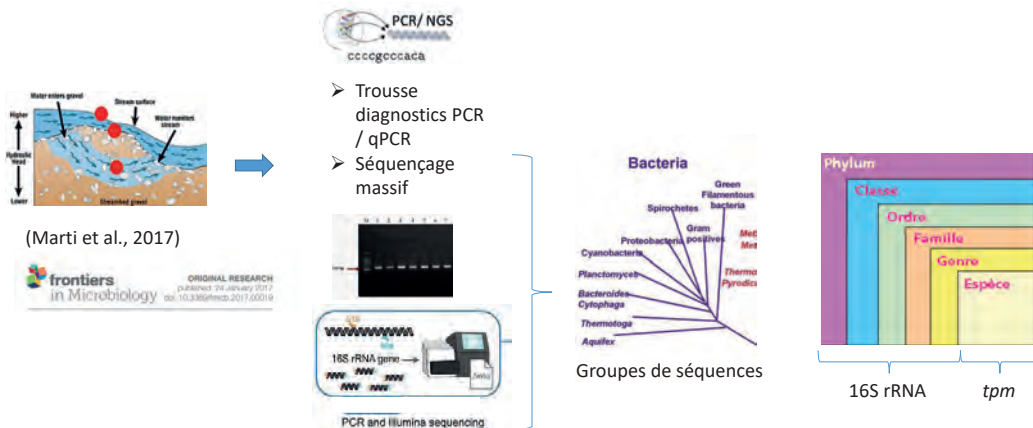
- Q. *Pae* DO =  $10^7$  à  $10^9$
- Q. *E. coli* DO =  $10^{10}$  à  $10^{12}$
- Q. *Acav* DO =  $10^{10}$  à  $10^{12}$

❖ Données en rivière & prélèvements de sédiments

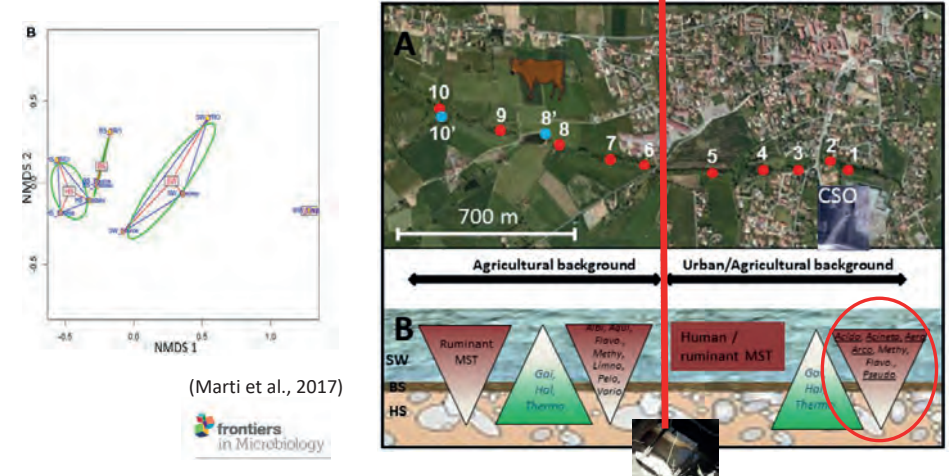


- Suivi des débits + ETM + HAP + physico-chimie

## Quelles dynamiques spatio-temporelles (where, when)?



## Quelles dynamiques spatio-temporelles (where, when)?

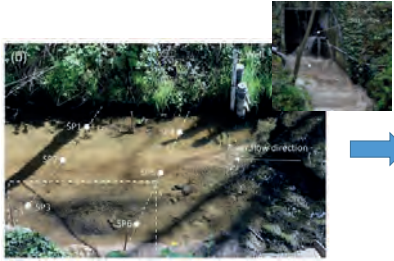




## Quelles dynamiques spatio-temporelles (where, when)?

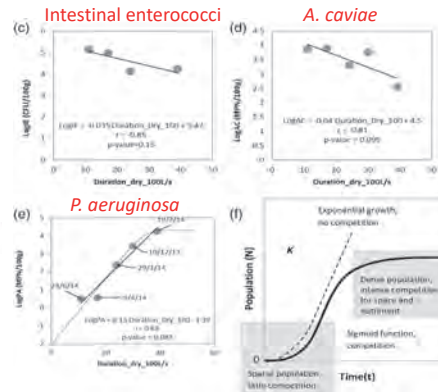
### Ecohydrology

Navratil et al. (2020)



Trousse OTHU

- HT
- EC
- EI
- Acav
- Pae



- ❖ Pattern de type K pour *P. aeruginosa* = adapté
- ❖ Autres bactéries = type r, opportunistes

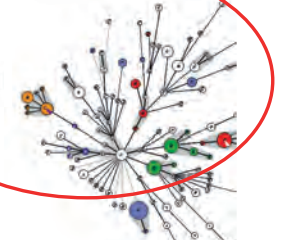
## Représentation schématique des objectifs OTHU / OZCAR

Quels contaminants microbiens ?

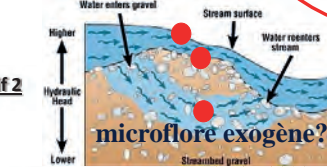
**Objectif 1**



**Objectif 3**



**Objectif 2**



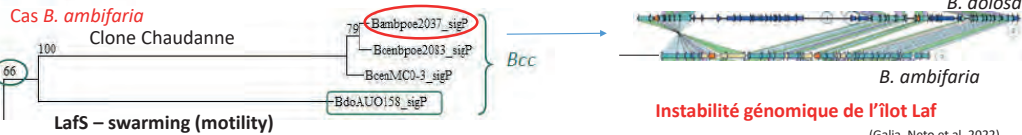
Où? Quelles dynamiques spatio-temporelles ?

Quel niveau de danger ?  
Naturalisation ?

## Virulence et « naturalisation » des formes pathogènes (objectif 3)

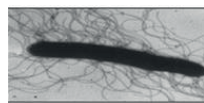
- ❖ Hypothèses - Espèces dangereuses pour la santé humaine mais sélection de génotypes ayant des propriétés favorables à la colonisation des milieux aquatiques

Species 1  
Species 2  
Species 3  
Species 4  
Species 5  
Species 6



LafS – swarming (motility)

Yzeron



classique



Biofilms épilithiques

- ✓ *B. ambifaria* est l'espèce dominante du Bcc – forte prévalence dans les sédiments benthiques
- ✓ Les travaux sur l'Yzeron ont permis de trouver de nouvelles configurations génomiques - avantage ?? / effet sur la virulence = augmentation colonisation A549

## Conclusions & perspectives / activités d'observation

**Objectif 1: Quels contaminants bactériens ?**

- nombreuses méthodologies développées et validées sur le BV Yzeron
- principaux pathogènes détectés = *Pae*, *Lmo*, *Acav*, *Bcc*, *Sma*
- un déversement DO =  $10^7$  à  $10^{12}$  *Pae* et *Acav*

**Objectif 2: Quelles dynamiques spatio-temporelles ?**

- migration vers les sédiments, adhérence sur divers supports dont surfaces inertes / macrophytes
- effets « dilution » / « chasse d'eau » / « barrière - sédiment »
- incidence des débits et des faciès
- démonstration de la stratégie K de *P. aeruginosa*
- à venir : étude des effets des changements de pratique de surverse
- à venir: préciser les phénomènes de coalescence entre sources et communautés du milieu récepteur

**Objectif 3: Dangérosité des génotypes et dérives génétiques ?**

- grande diversité infra-spécifique / approche sur collection = génotypes originaux
- à venir: analyses complémentaires en génomique et études en mésocosmes (*SedAqua*)

Remerciements:

- OZCAR
- OTHU / ZABR
- UMR Ecologie Microbienne (LEM)
- tous nos collaborateurs
- les financeurs dont ANR, ANSES, AE-RMC, Métropole de Lyon

**Merci de votre  
attention !**



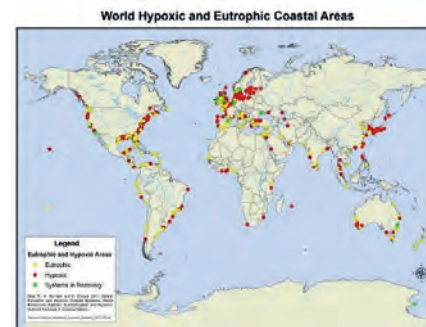
## ➤ Détermination du risque d'hypoxie des cours d'eau de tête de réseau hydrographique et implication pour la biosurveillance

Florentina Moatar, Rémi Recoura-Massaquant  
RiverLy, INRAE, Lyon, France

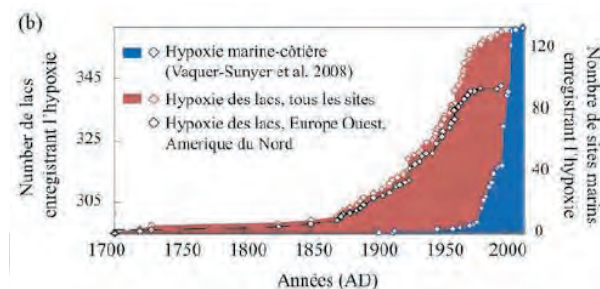
Jake Diamond, Arnaud Chaumot, Laurent Valette, Stéphane Pesce,  
Chloé Bonnineau, Gilles Pinay (CNRS, EVS), et coll.



## ➤ Hypoxies : un phénomène connu pour les lacs et les estuaires

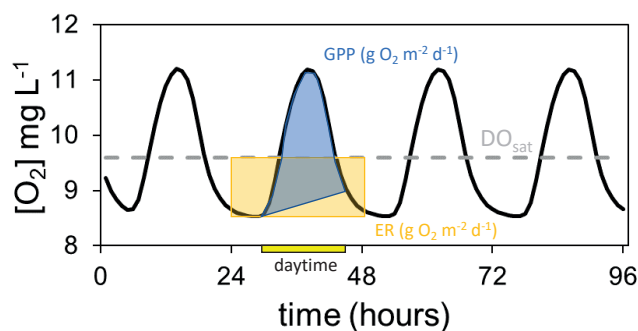


- Première cause, eutrophisation, blooms algues
- Conséquences sur les communautés aquatiques, mobilisation des contaminants dans les sédiments, émissions CH4
- Etudes récentes, hypoxies en rivière, causes hydrologiques, risquent de s'aggraver avec le réchauffement climatique



p. 2

## ➤ Oxygène dissous : variabilités dans les têtes de bassin



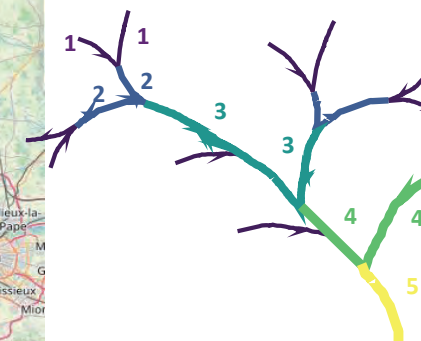
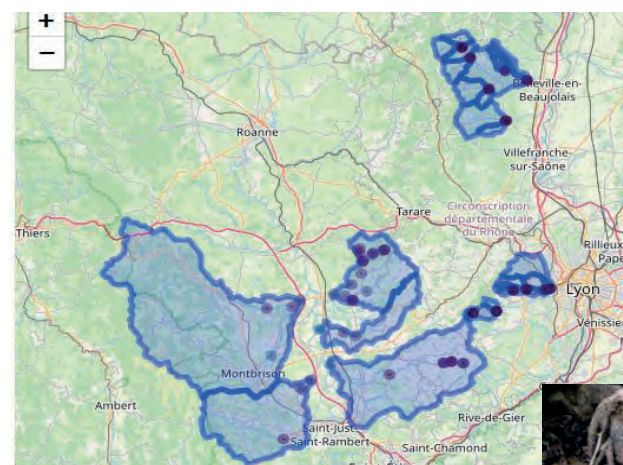
- Variations journalières et métabolisme
- Synchronie des signaux
- Hypoxies (fréquences, durées, typologie)
- Confluences
- Implications pour la biosurveillance (Rémi)

$$\frac{dDO}{dt} = \frac{k_{O_2}(DO_{sat} - DO_t) + GPP - ER}{z}$$



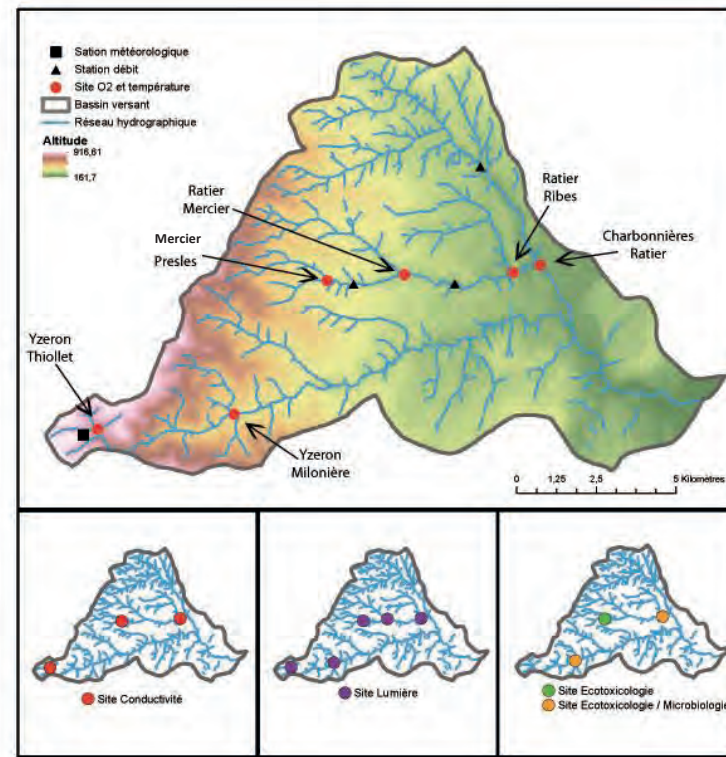
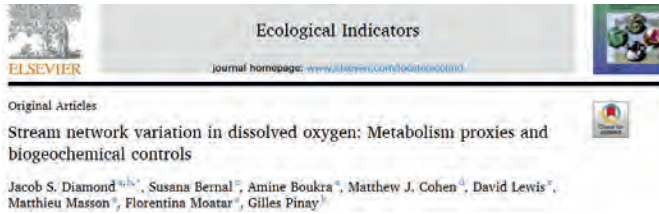
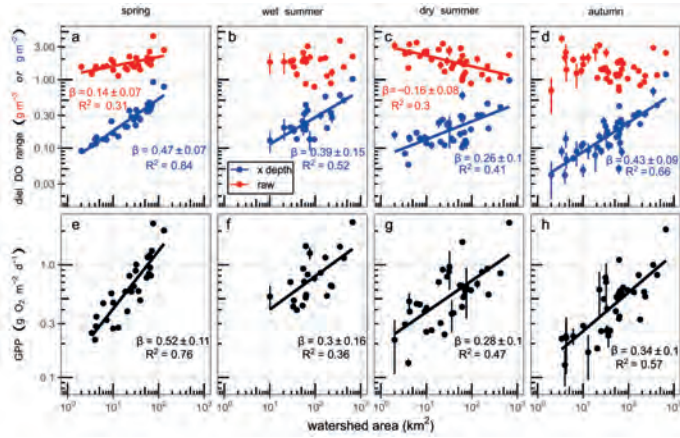
p. 3

## ➤ Projets HOT (2019, 2020) et Rhypoxies (2021)



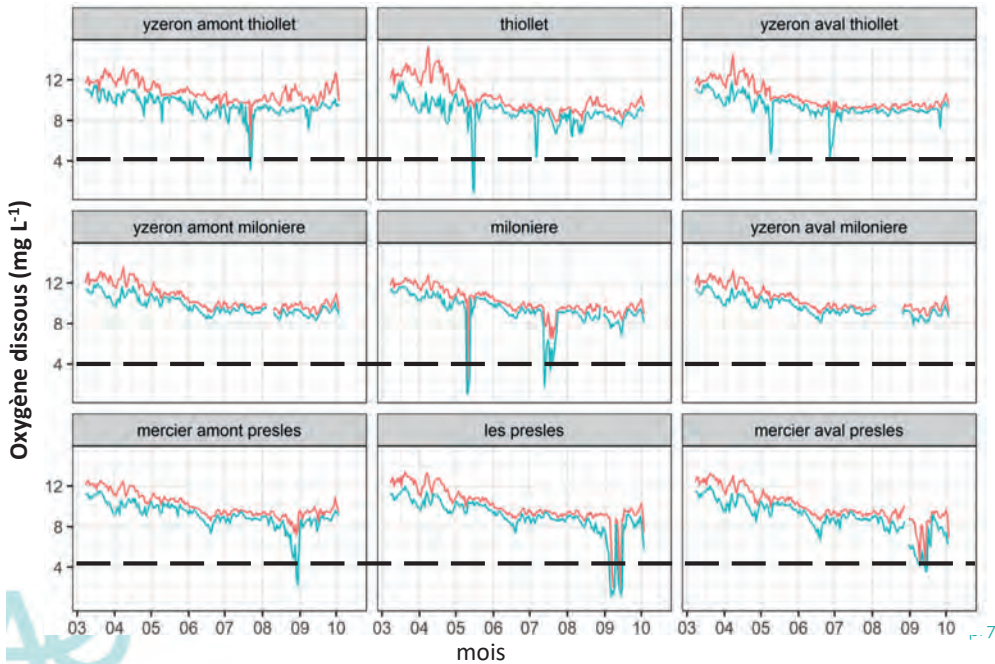
p. 4

## ➤ GPP, ER vs. taille du bassin

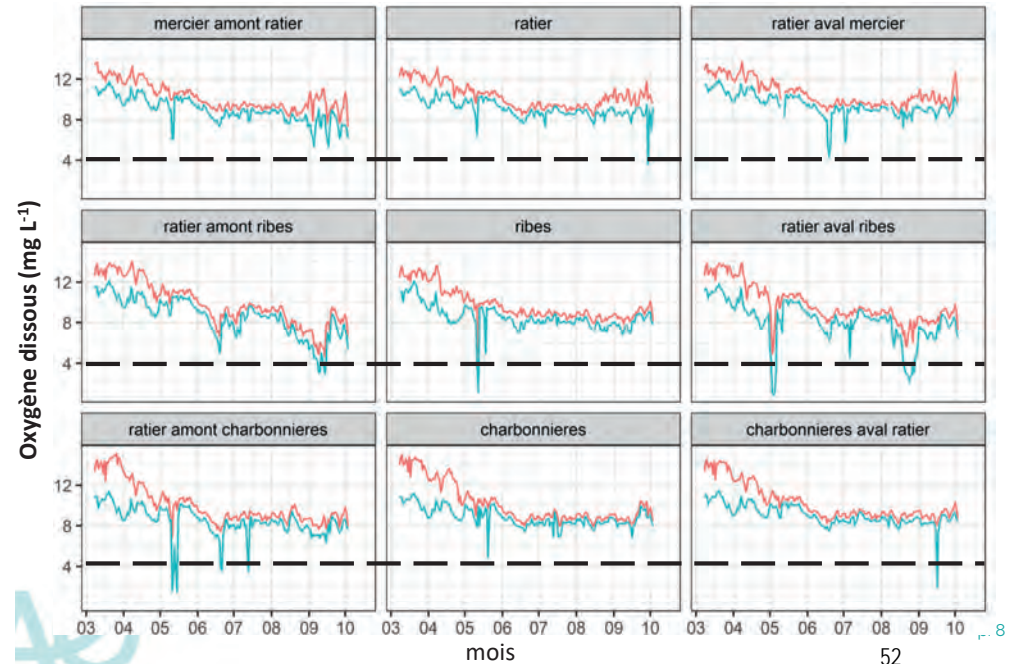


- Récapitulatif des mesures par site :
- Confluence Charbonnières-Ratier :**
    - Charbonnières amont Ratier : O<sub>2</sub>, te
    - Ratier amont Charbonnières : O<sub>2</sub>, te
    - Charbonnières aval Ratier : O<sub>2</sub>, tem
  - Confluence Mercier-Presles :**
    - Mercier amont Presles : O<sub>2</sub>, tempér
    - Les Presles : O<sub>2</sub>, température, cond
    - Mercier aval Presles : O<sub>2</sub>, tempérai
    - Conductivité, lumière
  - Confluence Ratier-Mercier :**
    - Ratier amont Mercier : O<sub>2</sub>, tempéra
    - Mercier amont Ratier : O<sub>2</sub>, tempéra
    - Ratier aval Mercier : O<sub>2</sub>, tempérai
  - Confluence Ratier-Ribes :**
    - Ratier amont Ribes : O<sub>2</sub>, tempérai
    - Conductivité, lumière, écotoxicologi
    - microbiologie
    - Ribes : O<sub>2</sub>, température, conducti
    - écotoxicologie, microbiologie
    - Ratier aval Ribes : O<sub>2</sub>, température,
    - conductivité, lumière, microbiologi
  - Confluence Zeron-Milonière :**
    - Zeron amont Milonière : O<sub>2</sub>, temp
    - microbiologie
    - Milonière : O<sub>2</sub>, température, écotox
    - microbiologie
    - Zeron aval Milonière : O<sub>2</sub>, tempéra
    - lumière, microbiologie
  - Confluence Zeron-Thiollet :**
    - Zeron amont Thiollet : O<sub>2</sub>, tempérai
    - conductivité
    - Thiollet : O<sub>2</sub>, température, conducti
    - lumière
    - Zeron aval Thiollet : O<sub>2</sub>, tempérai
    - conductivité

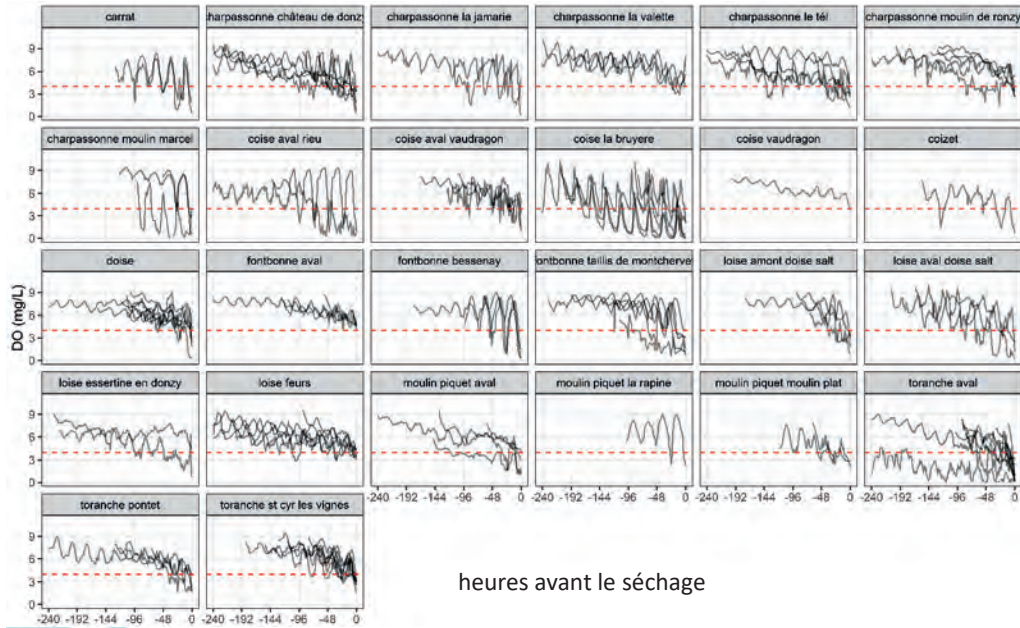
## ➤ Données (OD max et min journalier, Zeron 2021)



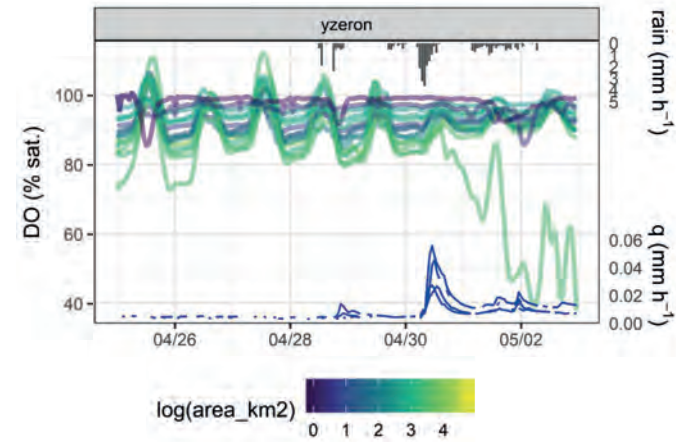
## ➤ Données (OD max et min journalier, Zeron 2021)



## ➤ mécanisme d'hypoxie 1 : l'assèchement



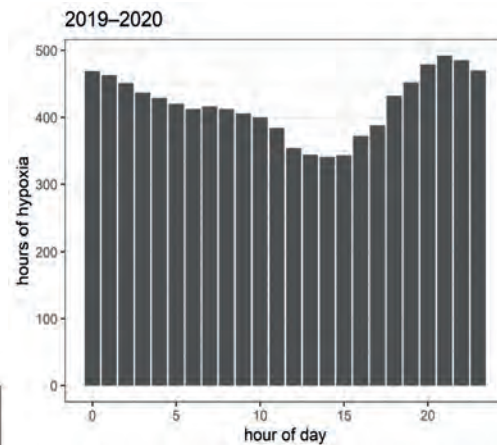
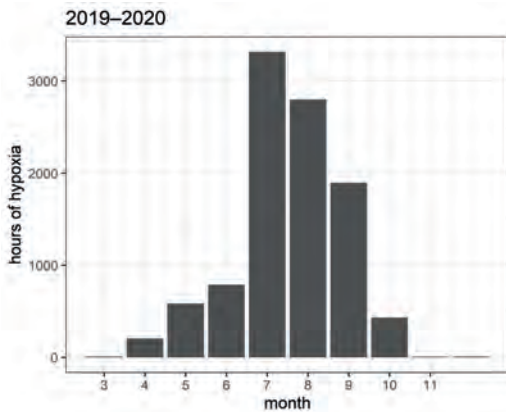
## ➤ mécanisme d'hypoxie 2 : les crues



- réponses non communes à tous les sites
- les effets sont plus prononcés sur les sites les plus en aval

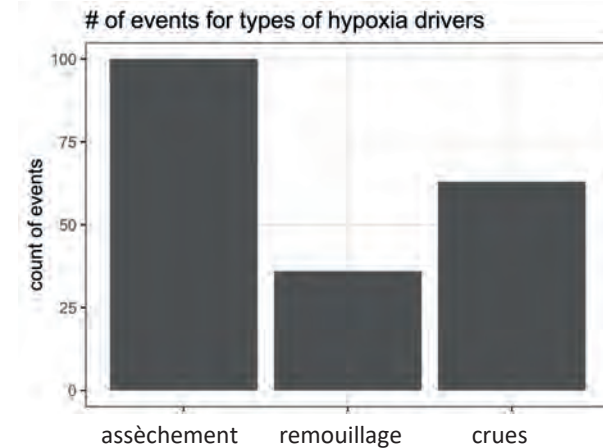
## ➤ Hypoxies (2019–2020)

- Hypoxie:  $DO < 4 \text{ mg L}^{-1}$
- L'hypoxie est deux fois plus fréquente pendant les mois les plus chauds de l'été.



- L'hypoxie se produit aussi bien la nuit que le jour, mais les périodes d'échantillonnage autour du midi solaire sont les moins probables.

## ➤ Résumé de l'hypoxie (2019–2021)



## ➤ Détermination du risque d'hypoxie des cours d'eau de tête de réseau hydrographique et implication pour la biosurveillance (projet Rhypoxie)

- Méthode de biosurveillance active par les gammares (encagement *in situ*) pour évaluer la qualité chimique et toxique des cours d'eau via l'utilisation de marqueurs biologiques d'impact sur un organisme sentinelle
- Outil d'intérêt pour la gestion des milieux pour la problématique de la contamination chimique des milieux, et est utilisée en France et par l'AERMC dans un cadre réglementaire et normalisé (ex. NF - XP T90-721)
- Aujourd'hui, pas de déploiement en dessous de 5 mg/L d'oxygène et des températures sup. à 21°C
- Phénomènes critiques hydroclimatiques qui ont tendance à augmenter → risques d'hypoxie marquée
- Objectifs : Augmenter les conditions opérationnelles pour l'Agence
- Impacts des faibles niveaux en oxygène chez le gammare ? Seuils d'effet ? Capacité de récupération ? Prédiction d'impact → Dynamique temporelle fine de ces événements d'hypoxie → survie chez le gammare
- Bassin versant de l'Yzeron : très bonne connaissance (hydrologie, chimie, météorologie), évènements hydrologiques marquants

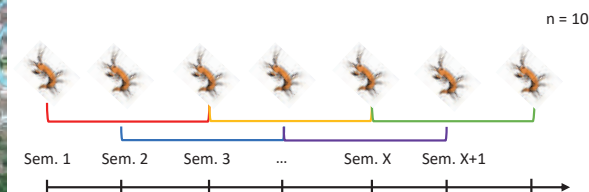


p. 13

## ➤ Design expérimental



- Suivi sur 2 mois sur le bassin de l'Yzeron, du 15 juillet au 15 septembre 2021
- **Encagement** de lots de gammares ♂ (taille calibrée) pour 2 semaines d'exposition
- Lancement toutes les semaines
- Comptage de la **survie** à chaque passage
- Sélection de 4 sites d'études retenus susceptibles de subir des **pics sévères d'hypoxie**
- Suivi en continu des taux d'oxygène et de la température (chronique horaire)

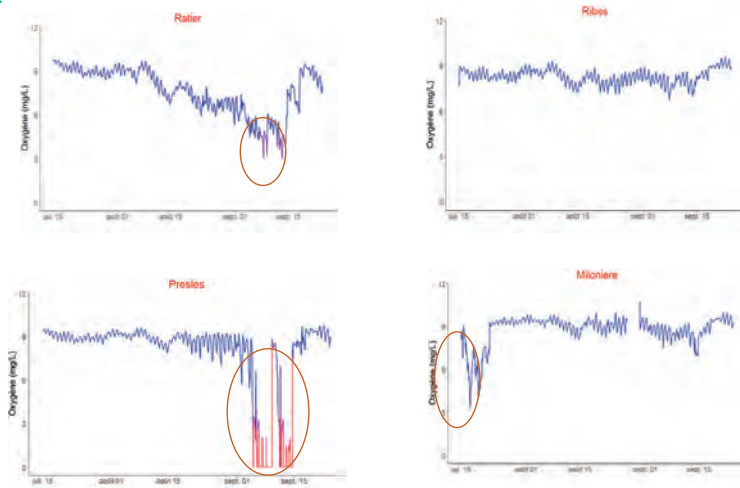


p. 14

## ➤ Résultats

2021 : année atypique ...

- Un seul gros évènement sur les Presles
- Milonière/Ratier, faible épisode d'hypoxie

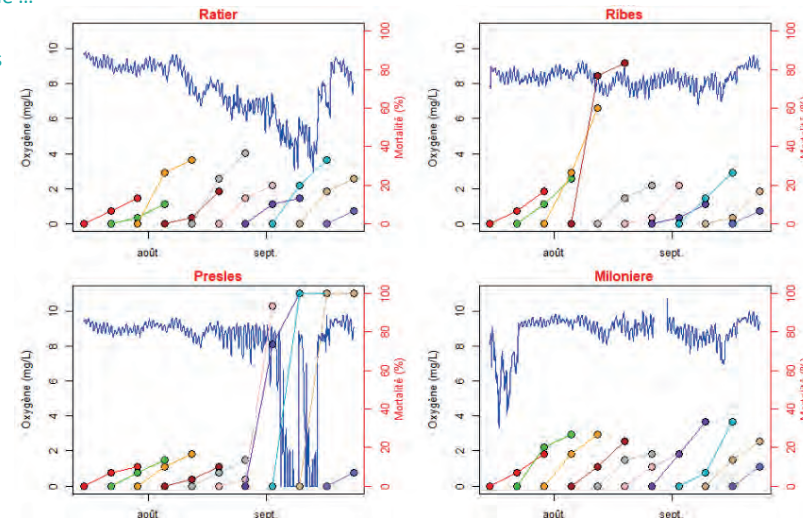


p. 15

## ➤ Résultats

2021 : année atypique ...

- Un seul gros évènement sur les Presles
- Milonière/Ratier, faible épisode d'hypoxie
- Des mortalités marquées sont observées

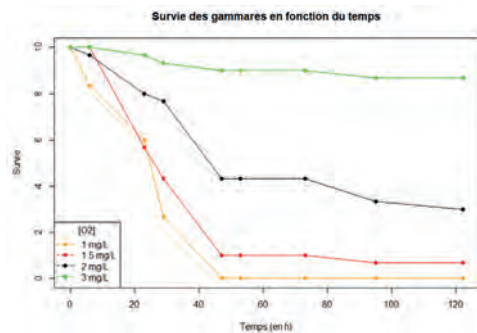


p. 16

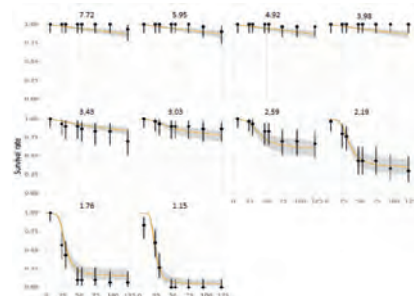
## ➤ Au laboratoire

Test de différents scénarios d'épisodes hypoxiques : concentrations constantes en oxygène (18°C) & variables (par pics)

→ pas d'effet léthal avant 3 mg/L.



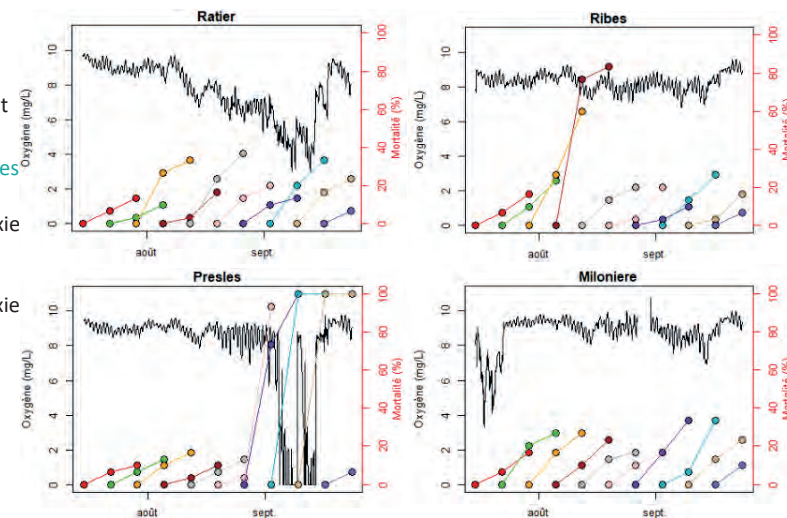
Mise en place et calibration de modèles d'effet pour prédire le risque d'hypoxie sur la survie



Modèle de type toxico-cinétiques - TKTD GUTS IT (General Unified Threshold model of Survival)  
→ modèle mécanistique  
Plateforme Mosaic (Lyon 1 – LBBE - S. Charles)

## ➤ Résultats

- Milonière/Ratier, faible épisode d'hypoxie sans effet sur la mortalité
- Mortalités observées
  - 1) Liées à des épisodes d'hypoxie → Les Presles
  - 2) Non liées à des épisodes d'hypoxie → Ribes



## ➤ Merci pour votre attention





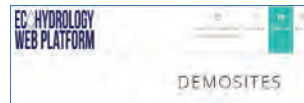
## Restauration et amplification de la capacité d'autoépuration des petits cours d'eau saisonniers soumis aux RUTP (Projet PJI-ATENAS)

[Pascal.Breil@inrae.fr](mailto:Pascal.Breil@inrae.fr)

Chercheurs: Michel Lafont, Philippe Namour, Laurent Schmitt, Benoit Cournoyer, Isabelle Braud,...

Thèses: Céline Jézéquel, Anne Vivier, Stéphanie Petit, Raouf Gnouma, Biljana Radojević, Loïc Grosprêtre ...

Métrologues :Thierry Fournier, Michael Lagouy, Fabien Thollet, Fanny Courapied,...



## To Ally Technology, Nature and Society for integrated urban water management (ATENAS)

<https://atenasjpi.eu/about-atenas/>

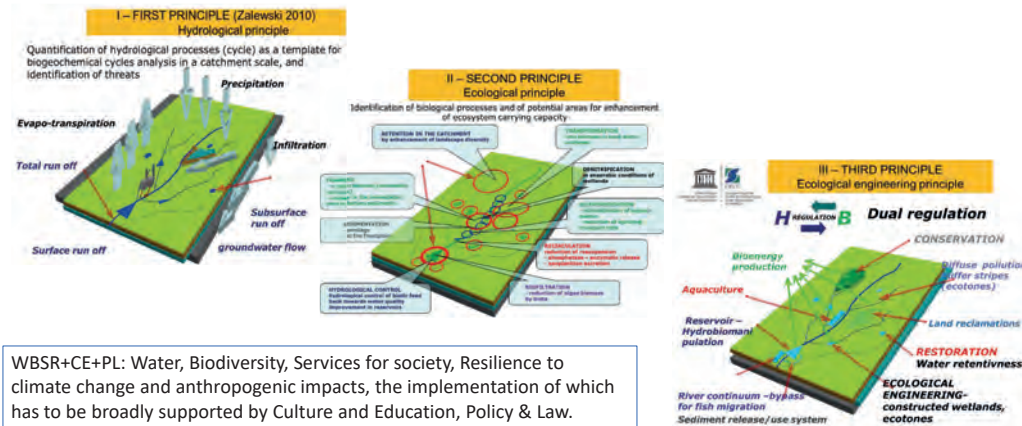
"ATeNaS aims to contribute to the evidence of nature-based solutions in cities for increasing urban climate and water resilience, and to building a critical mass of human and social capital for nature stewardship that allows NBS. "



INRAE Séminaire Scientifique OZCAR-OTHU 17 juin 2022 INRAE-ARA\_Lyon

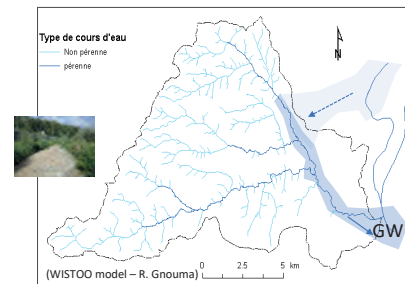
p. 2

## EcoHydrological 3 principles



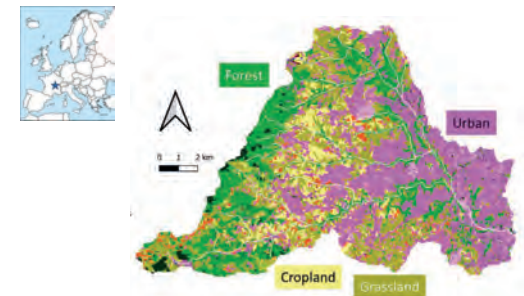
WBSR+CE+PL: Water, Biodiversity, Services for society, Resilience to climate change and anthropogenic impacts, the implementation of which has to be broadly supported by Culture and Education, Policy & Law.

## First principle : Hydrological / biochemical template



Main features : 150 km<sup>2</sup>; Av. Rainfall : 824 mm/y; av. air T : 11.4 °C  
Mother rock : granite, schist → sand  
Low flows from June to September

- Hydrological Key points :**
- Seasonal drying of 60% of the river network (R. Gnouma)
  - Permanent GW connection only in the downstream part



- Biochemical footprint:**
- UP-downstream land use gradient from natural to agricultural to urban...

INRAE Séminaire Scientifique OZCAR-OTHU 17 juin 2022 INRAE-ARA\_Lyon

p. 4

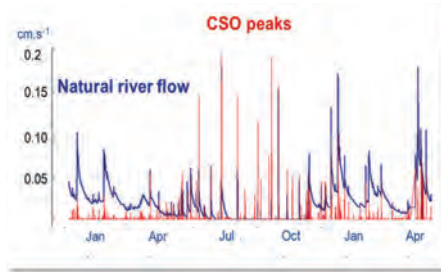


## ➤ First principle : .....threats identification



### Impact of urban runoff:

About 180 combined sewer outlets and direct connections of urban runoff to the river system. This has implications for geomorphology and water quality at the surface and in the sediment (L. Grosprêtre).

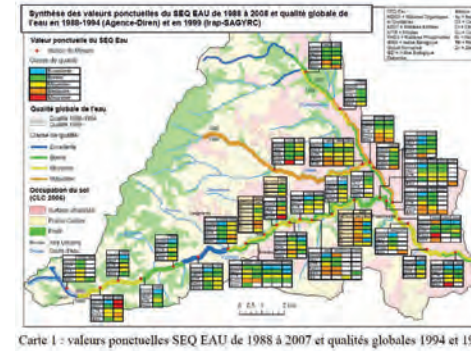


Periurban expansion → rapid land use change → More impervious areas → Saturation of existing sewer networks.  
OTHU monitoring site of Grézieu-la-Varenne

### Threats identification:

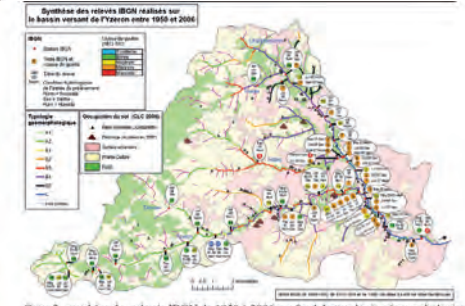
- Urban flood peaks during the low flow period (summer storms). No dilution.
- They bring various pollutant loads including biodegradable organic pollution.
- Low flows and urban flooding are expected to increase with CC.

## ➤ Second principle : biological processes...



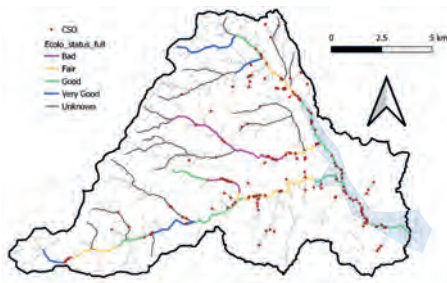
Carte 1 : valeurs ponctuelles SEQ EAU de 1988 à 2007 et qualités globales 1994 et 1995

(C. Jézéquel; A. Vivier)



Carte 2 : synthèse des relevés IBGN de 1950 à 2006 sur fond de typologie géomorphologique et position des points de rejets directe aux cours d'eau.

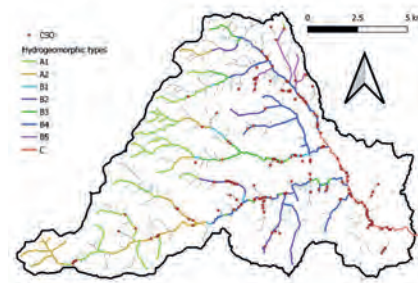
## ➤ Second principle : biological processes...and their drivers



**Ecological indicator :** A combination of standardised indices for biology and water quality.

### Key points:

Evidence of self-purification capacity from upstream to downstream.

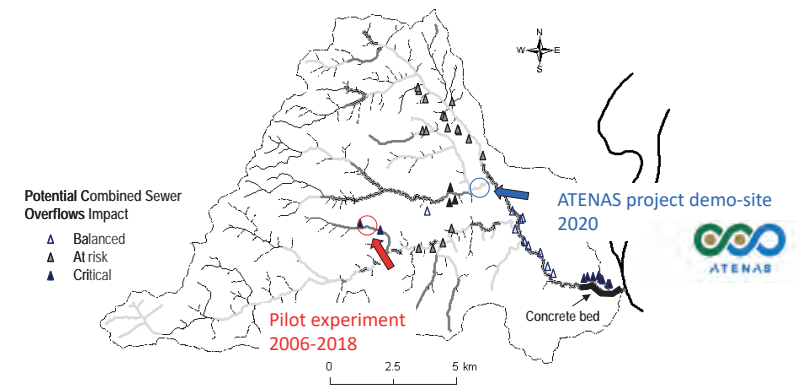


**Hydrogeomorphology of river sections & GW are potential drivers :**

Poor ecological status persists in geomorphological types B2 to B5 except where groundwater is present.

(L. Schmitt; L. Grosprêtre ; M. Lafont)

## ➤ Second principle : .... where to enhance ecosystem carrying capacity ?



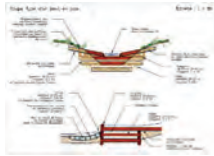
<https://www.riviere-yzeron.fr/epurer-leau-in-situ-experimentations-en-cours/>

### ➤ Third principle : dual regulation to naturally process threats...

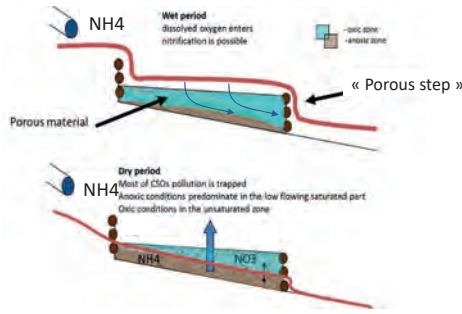
The pilot Experiment ...to reach the proof of concept (OTHU experimental site of Grézieu-la-Varenne)



Longitudinal view



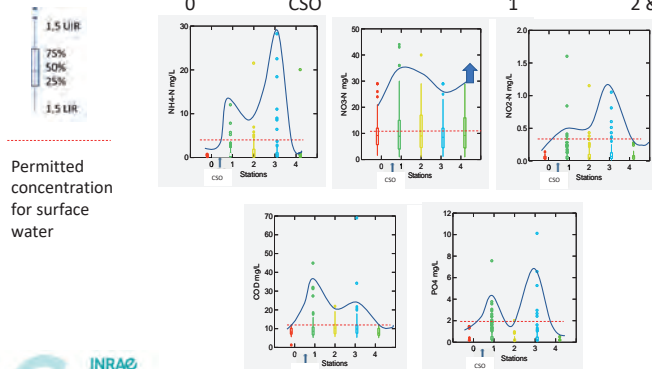
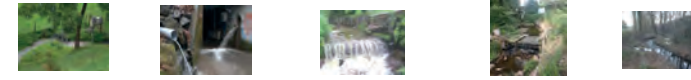
“ Porous step ”



A dual regulation sequence with flow variability:

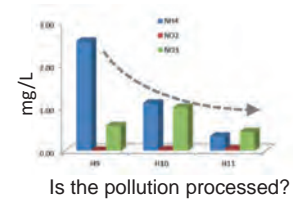
- low flow with pollution trapping and anoxic processes dominating;
- medium flow with hydraulic forcing of dissolved oxygen in the sand bed;
- High flows with scouring of the sand bed, dilution of remaining pollution; regeneration of the sand bed.

### ➤ The pilot Experiment ...make the proof of concept



Permitted concentration for surface water

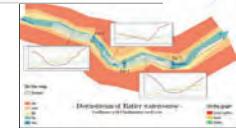
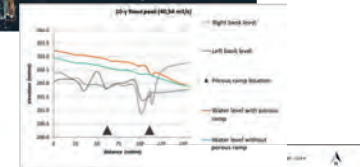
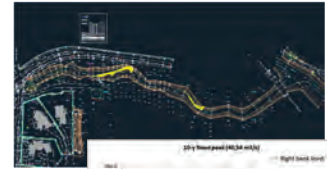
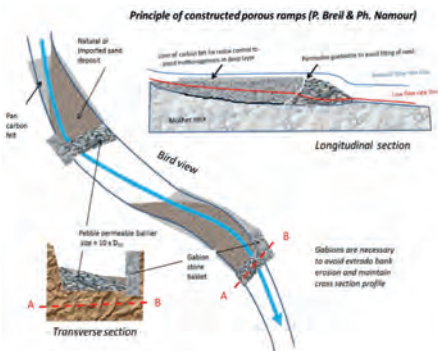
- NO3 fertilizers
- CSOs pollution is trapped
  - Organic N, Organic C, P



Is the pollution processed?

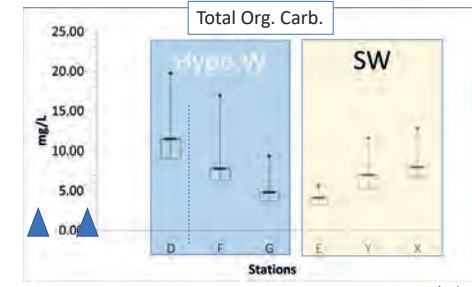
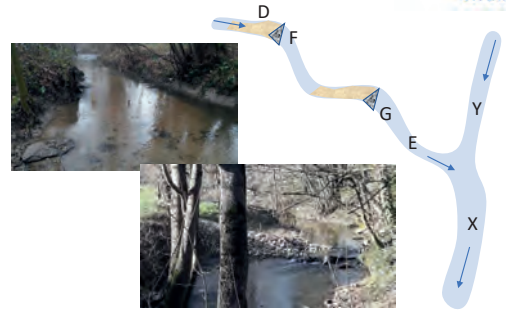
### ➤ Scaling up the EH solution...towards an operational application

(L. Amara; A. Paquier)



Larger stream -> New design : Porous sloping ramps to block sand but allow continuous flow at the bottom for fish mobility.

### ➤ Upscaling of the EH solution...first results



- TOC is stored in sandy beds, biodegraded or bioassimilated
- The surface water downstream of the porous ramps contains less TOC than the major river...this is an improvement.

sample size : 30 weekly samples for each station

## ➤ Co-construction, Communication & Education ...Transfer...Law



Key actors :

River Syndicate  
Sanitation syndicate  
Fishing association  
Water police  
Riparian owners



INRAE

Séminaire Scientifique OZCAR-OTHU 17 juin 2022 INRAE-ARA\_Lyon

p. 13

## ➤ Un cadre d'action de partenariat recherche – transfert en terme de la gestion des eaux pluviales....

« Garder nos eaux sur le territoire »



En guise de perspectives ...

Le CC va renforcer le déséquilibre entre les RUTP et l'assèchement des petits cours d'eaux.

Dans l'esprit du PGRE, les actions possibles sont :

- La gestion des EP « à la source »..soutien étiage?;
- Le traitement des EU sur place pour usages variés;
- La restauration ou renforcement de la capacité d'autoépuration des cours d'eau saisonniers;
- La définition d'un zonage pluvial innovant (zones de production et d'infiltration; retenues collinaires;..), à inclure dans le PLUi.
- ...

INRAE

Séminaire Scientifique OZCAR-OTHU 17 juin 2022 INRAE-ARA\_Lyon

p. 14