

**JOURNÉE  
RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DU RHÔNE**

Mardi 23 novembre 2021 | LYON



# 20 ans de suivis scientifiques de la restauration du Rhône : résultats et enseignements

Anaëlle Bouloy, **Emmanuel Castella**, Maxence Forcellini, **Nicolas Lamouroux**, Camille Lebrun, Pierre Marle, Hélène Mayor, **Jean-Michel Olivier**, Hervé Piégay, Jérémie Riquier, Nicolas Tissot



AVEC LE SOUTIEN DE L'UNION EUROPÉENNE



# 20 ans de suivis scientifiques

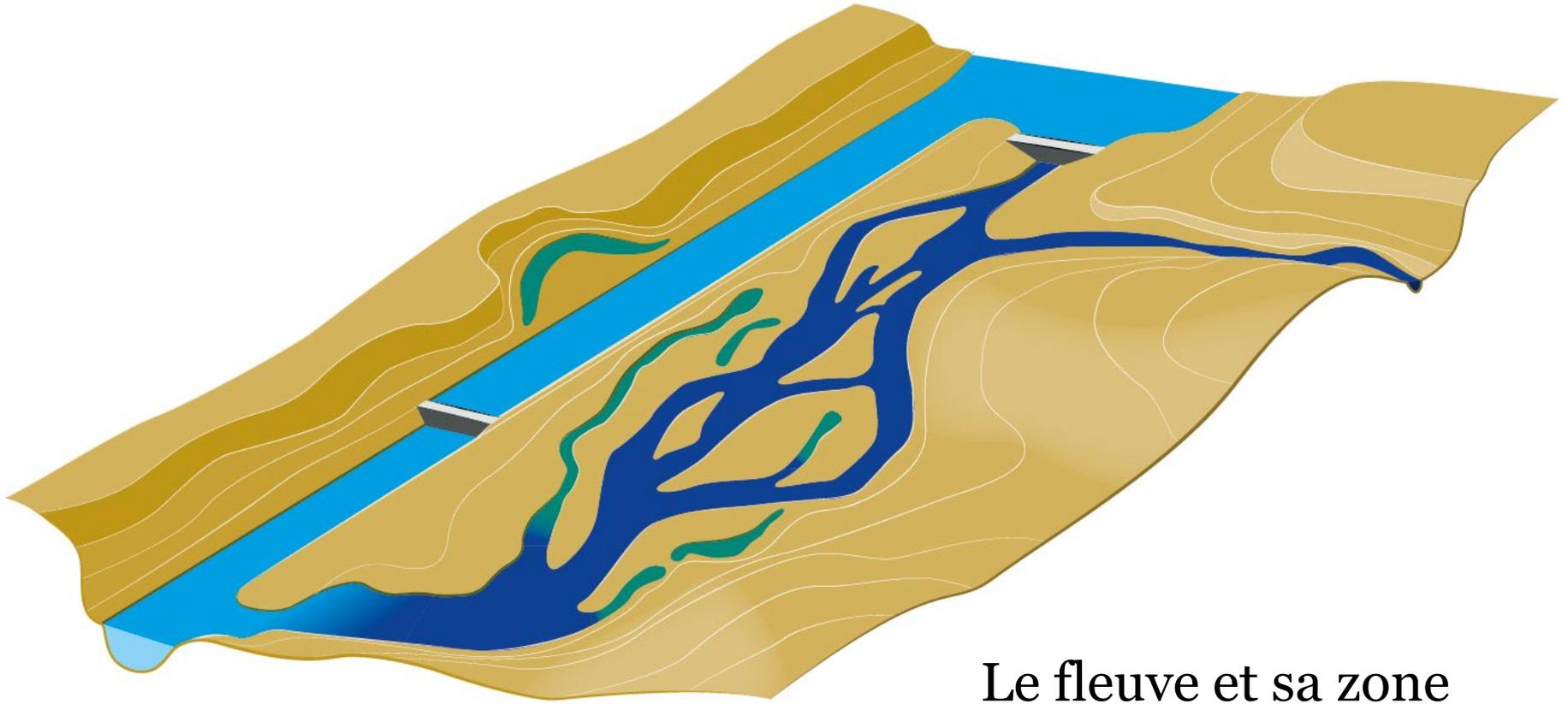
1. Approche et méthodes
2. Que s'est-il passé ?
3. Capacité de prédiction
4. Bilan et perspectives

# 20 ans de suivis scientifiques

1. Approche et méthodes
2. Que s'est-il passé ?
3. Capacité de prédiction
4. Bilan et perspectives

# 1. Approche et méthodes

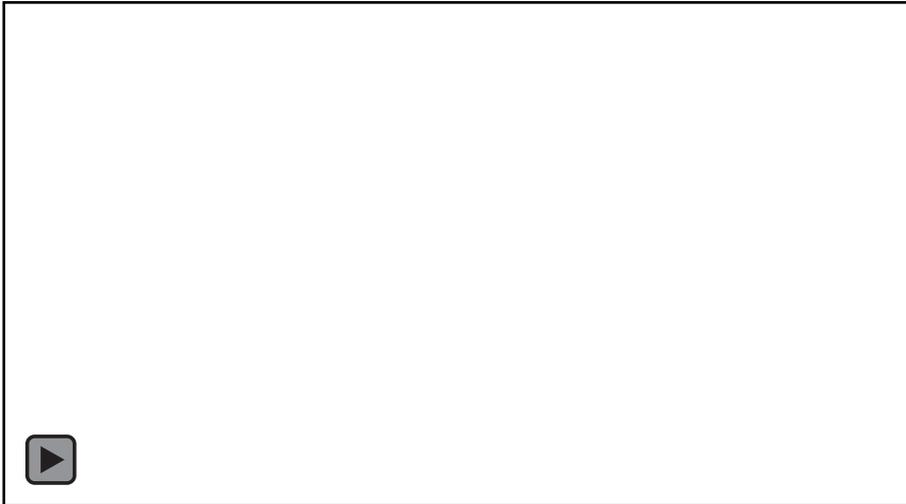
---



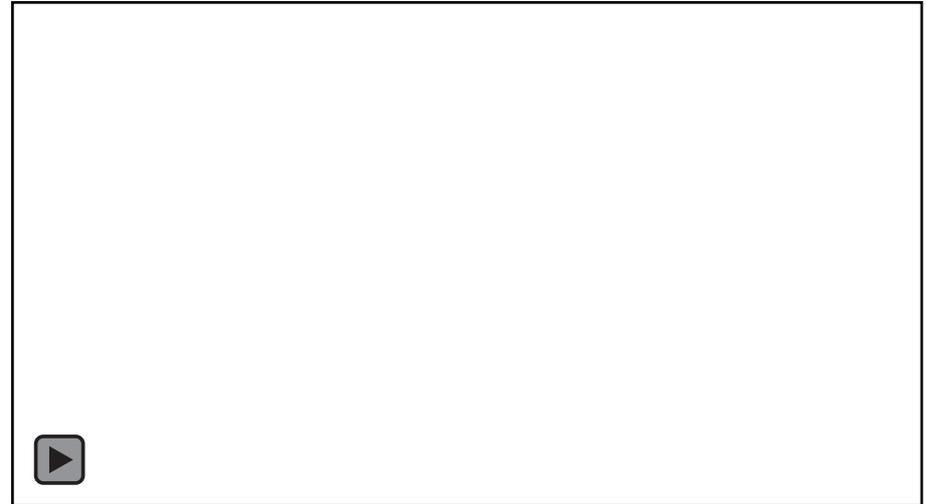
Le fleuve et sa zone  
alluviale comme **entité**  
(l'hydrosystème)

# 1. Approche et méthodes

---



La Platière (Péage de Roussillon)



Luisettes (Belley)

Une **restauration de processus** dont les effets sont mesurés par le suivi de variables clefs sur le “long” terme

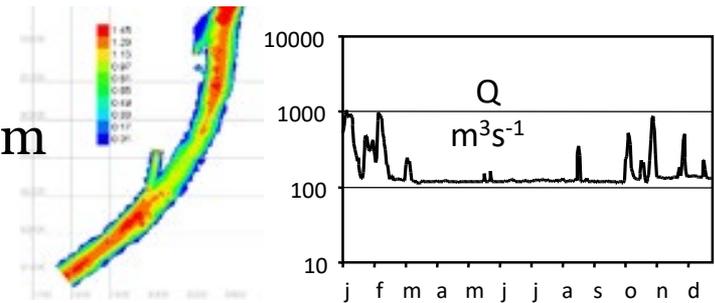
# 1. Approche et méthodes

## Les variables clefs:

- contrôlent les **réponses biologiques**
- sont modifiées par les **actions de restauration**
- sont utilisées pour construire des **modèles prédictifs**

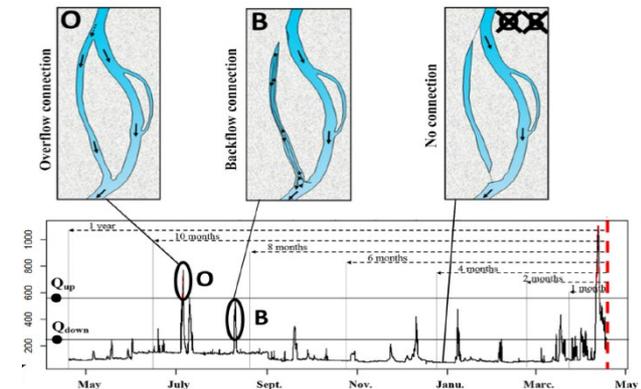
## Dans le chenal:

- **contraintes hydrauliques** au débit minimum



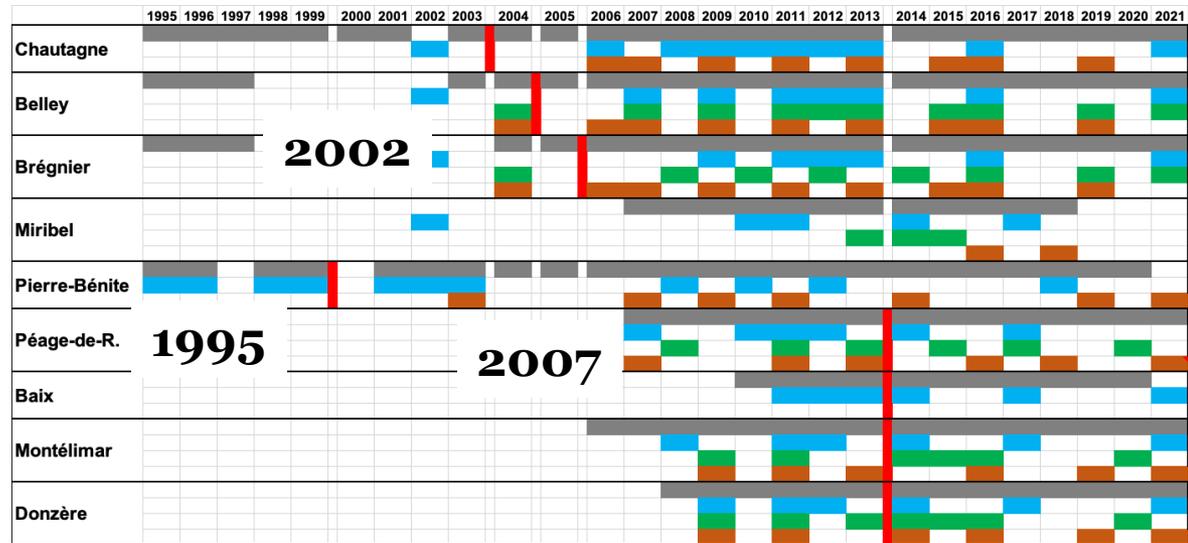
## Dans la plaine alluviale:

- composantes de la **connectivité hydrologique**:
- **fréquences et durées** de connexion (amont / aval)
- **contraintes hydrauliques** lors des connexions
- vitesses de **sédimentation**



# 1. Approche et méthodes

2021



## Un programme unique

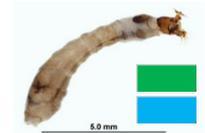
- Multi-sites (9 secteurs, > 40 lômes)
- Long-terme, avant + après

## Un suivi interdisciplinaire

- Protocoles définis dès 1998
- Cohérent avec les données préexistantes

## Une approche prédictive

Pour tester des modèles de restauration  
Pour optimiser les mesures futures



# 1. Approche et méthodes

## Les poissons

### Dans le cours principal (Vieux Rhône - VR)

100 à 200 échantillons (E.P.A.)

Pêche électrique

9 VR



### Dans les lônes

25 à 50 échantillons (E.P.A.)

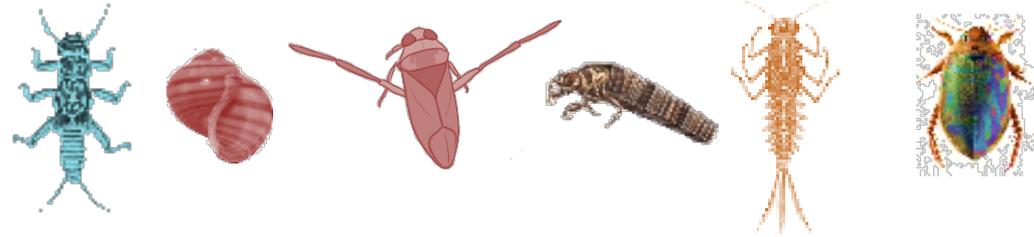
Pêche électrique

~ 20 lônes



# 1. Approche et méthodes

## Les macroinvertébrés



### Dans le cours principal (VR)

~ 2 500 échantillons; 2002 – 2021; 9 VR

- Caractéristiques du microhabitat (vitesse, profondeur, contraintes au fond, substrat)



### Dans les lônes

~ 4 000 échantillons; 2002 – 2021; 48 lônes

- Caractéristiques du microhabitat (substrat, végétation)



# 1. Approche et méthodes

## L'hydromorphologie des lônes

- Suivis pour caractériser l'évolution hydromorphologique des chenaux latéraux : hauteurs d'eau, épaisseur des sédiments fins et granularité des dépôts de fines



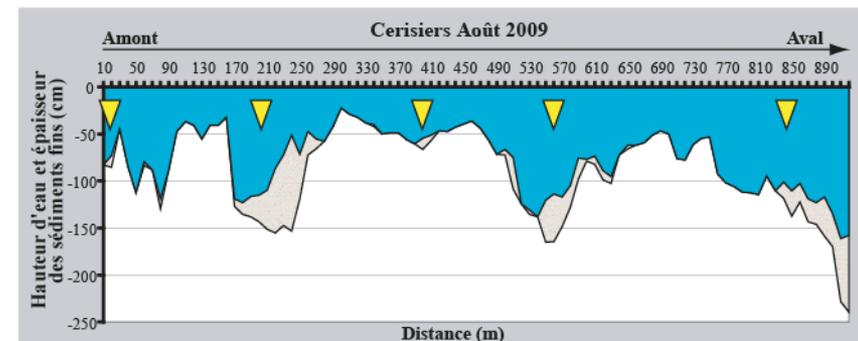
Avant



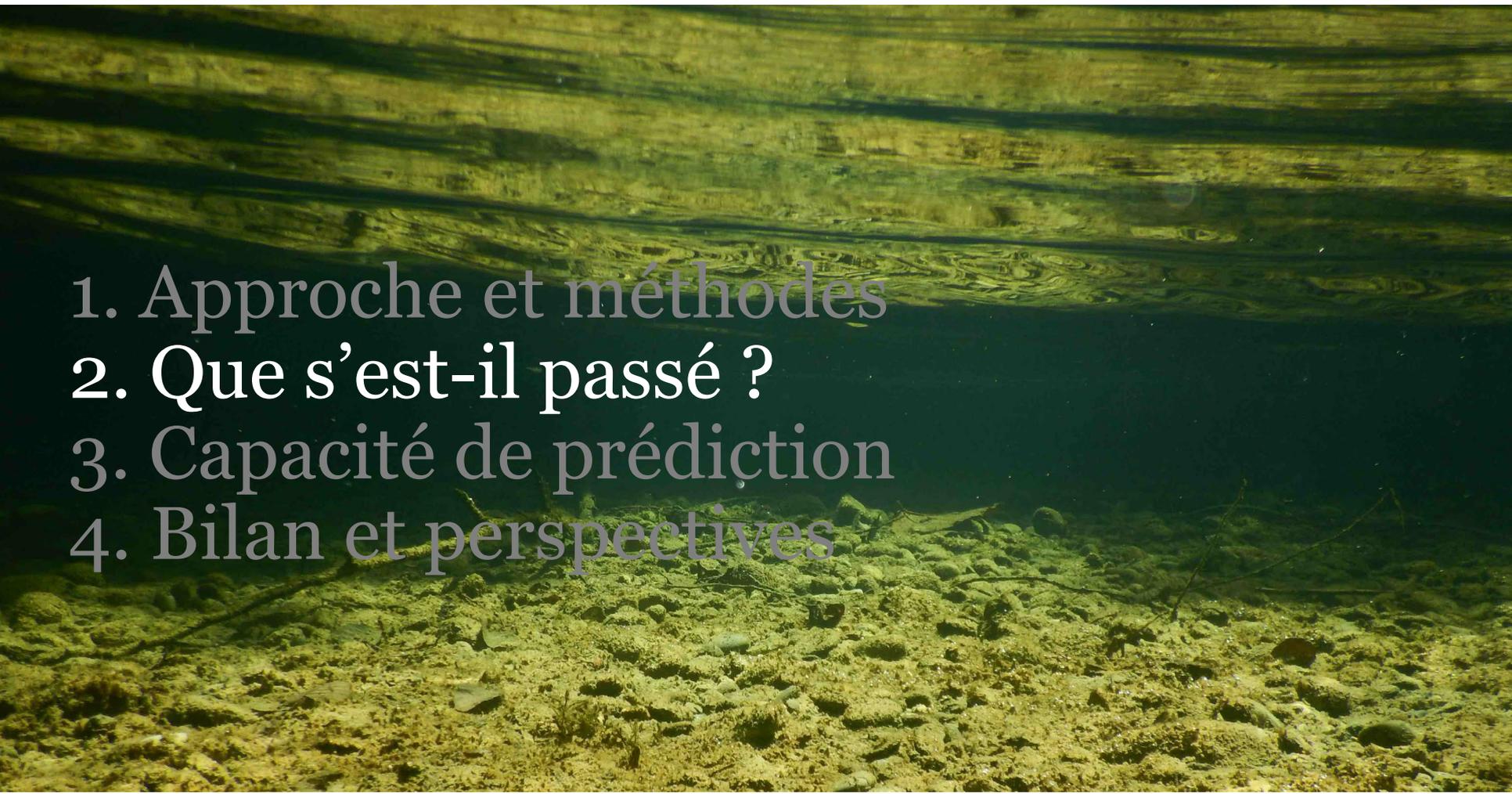
Après



- > 20 000 points de sondage et ~700 échantillons granulométriques; 2003 – 2021 ; 31 lônes
- Conditions d'habitat et durée de vie



# 20 ans de suivis scientifiques

- 
1. Approche et méthodes
  2. Que s'est-il passé ?
  3. Capacité de prédiction
  4. Bilan et perspectives

# 2. Que s'est-il passé ?

## Pierre-Bénite

Hauteur d'eau moyenne 1.2 m ➔ 2.1 m  
Vitesse du courant 0.07 m/s 0.35 m/s

Des changements  
physiques importants des  
« variables clefs » dans  
certains Vieux Rhône

## Chautagne

Hauteur d'eau moyenne 0.5 m ➔ 0.7 m  
Vitesse du courant 0.35 m/s 0.70 m/s

AVANT



APRES



## 2. Que s'est-il passé ?

### Une diversité de changements dans les lônes

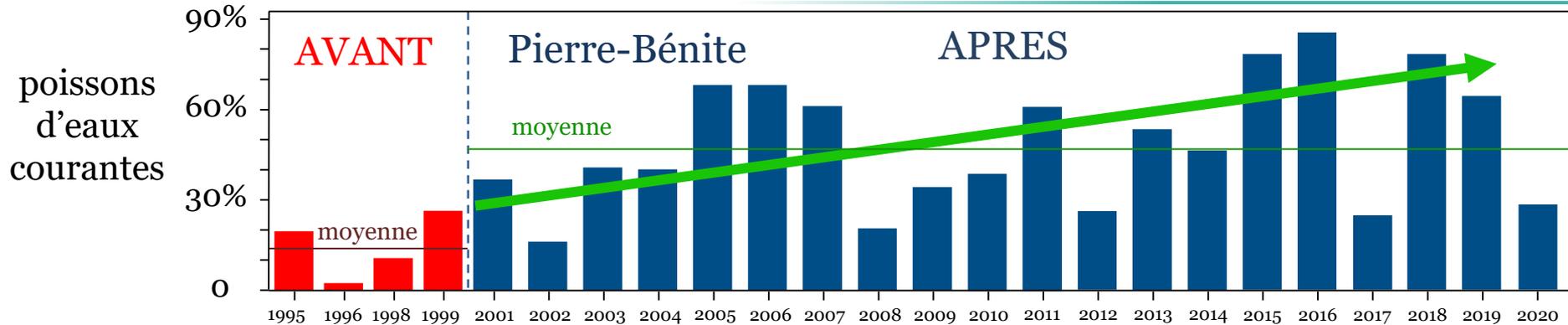
Mathan:  
reconnexion  
totale



Béard: initiation d'une succession "rapide"

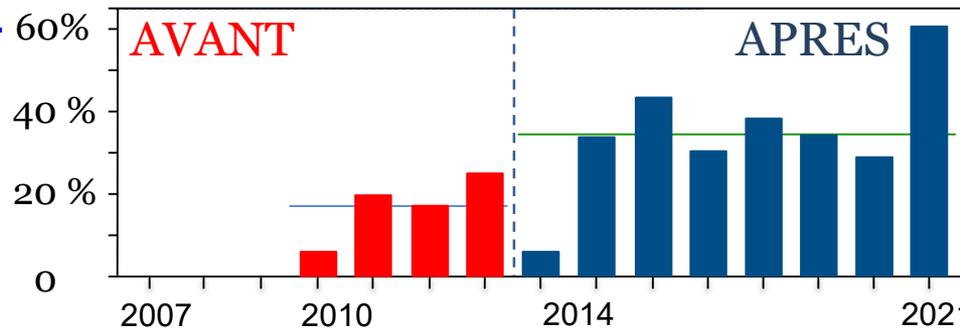
# 2. Que s'est-il passé ?

Pierre-Bénite

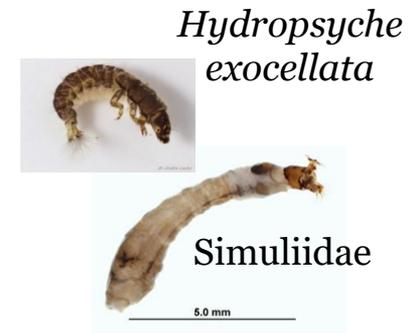
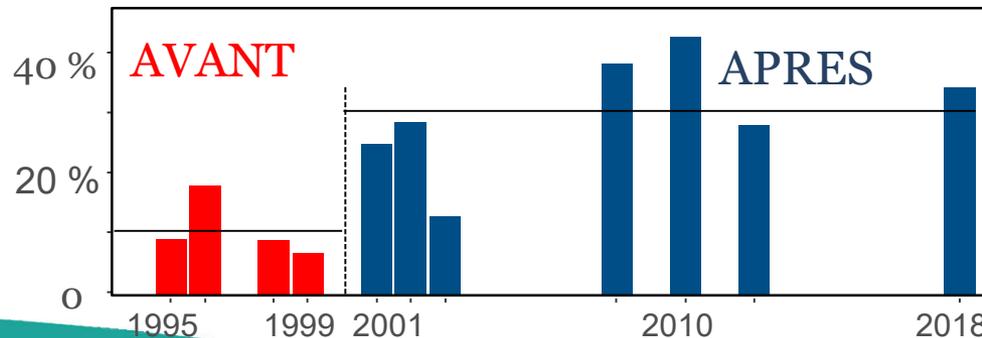


Vieux Rhône – « ça marche »

Logis-Neuf  
poissons d'eaux courantes

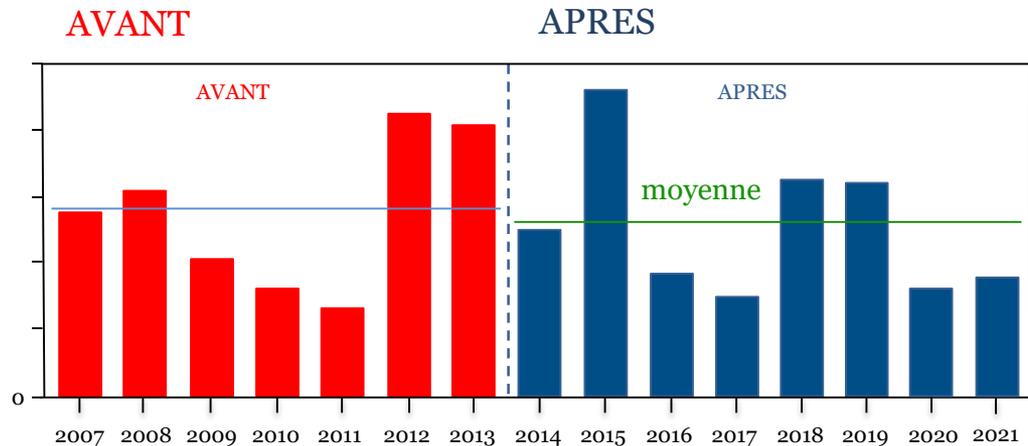


Pierre-Bénite  
invertébrés rhéophiles



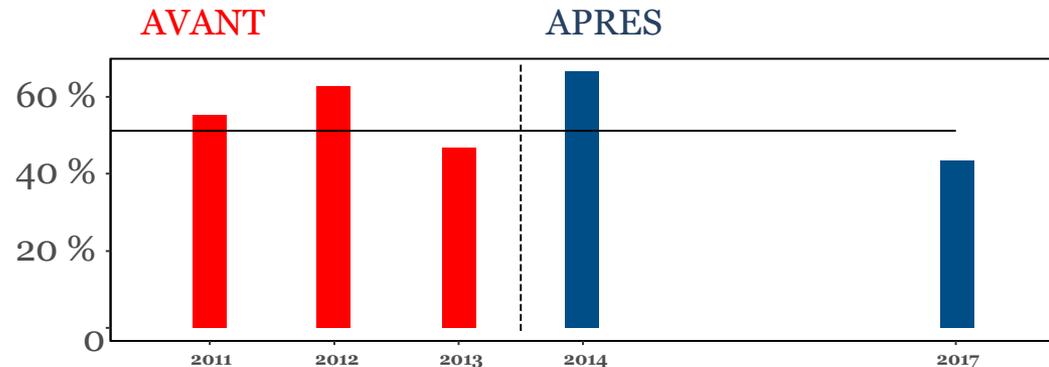
## 2. Que s'est-il passé ?

Péage-de-Roussillon  
% poissons  
d'eaux courantes



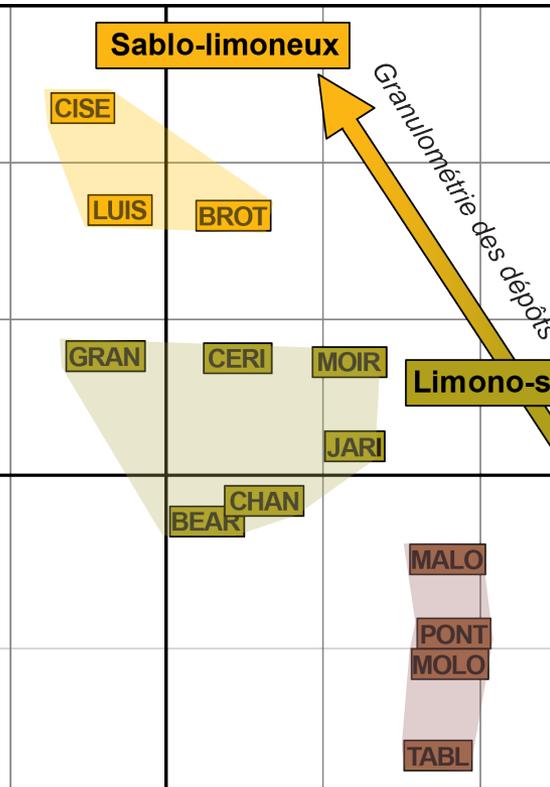
**Vieux Rhône –  
« ça ne marche  
pas »**

Logis-Neuf  
% invertébrés  
rhéophiles



# 2. Que s'est-il passé ?

Lônes - Comme envisagé, une diversité de fonctionnements hydrosédimentaires ...



Typologie des conditions sédimentaires post-restauration

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4



Totalement graveleux

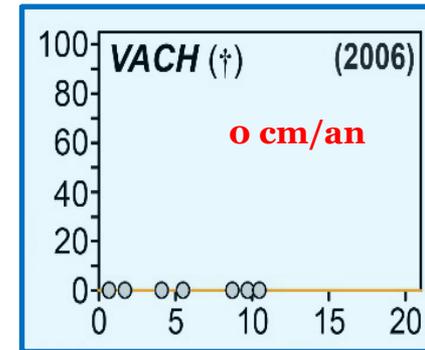
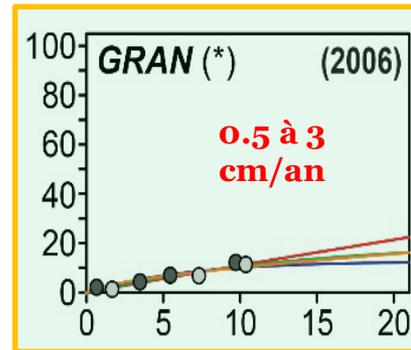
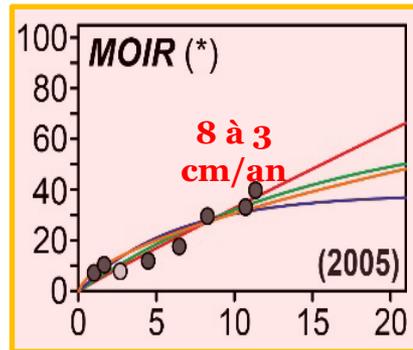
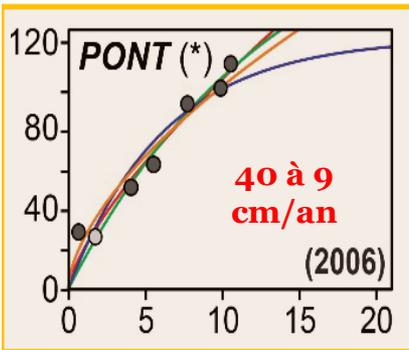
Totalement recouvert

*Recouvrement du fond des bras par les sédiments fins*

## 2. Que s'est-il passé ?

### Lônes ... et une diversité de trajectoires évolutives et de durées de vie

Épaisseur moyenne des sédiments fins (cm)



Temps post-restauration (années)



Durée de vie estimée en tant qu'habitats aquatiques :

2 à 3 décennies  
contraintes  
hydrauliques très  
faibles, reflux très  
fort

3 à 8 décennies  
contraintes  
hydrauliques  
variables à faibles,  
reflux variable à fort

>100 ans  
contraintes  
hydrauliques  
variables à fortes,  
reflux variable

Auto-entretien  
sur le long terme  
?  
contraintes  
hydrauliques fortes  
et fréquentes, reflux  
très faible à nul

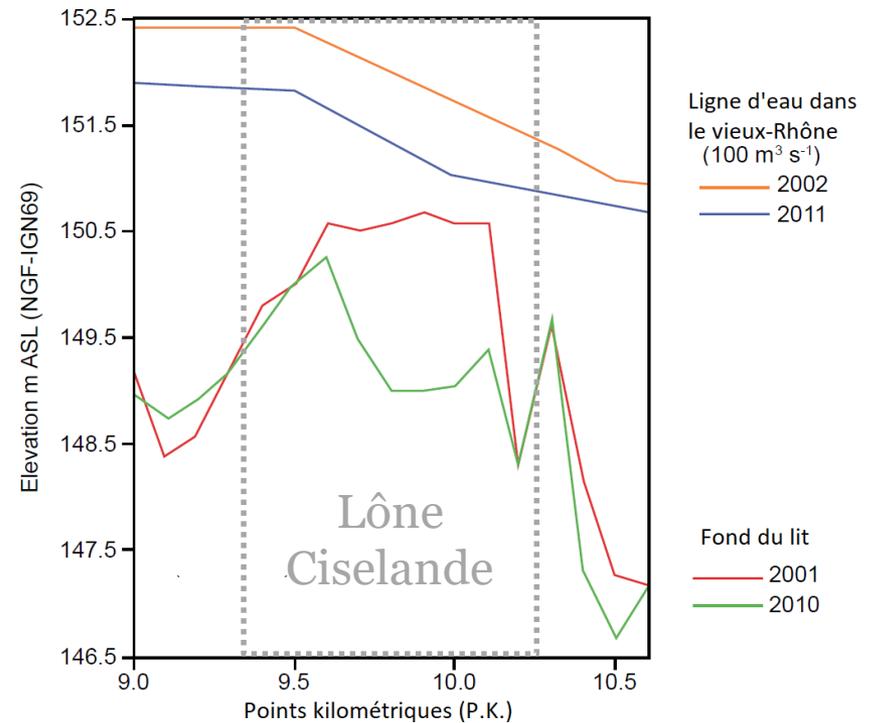
## 2. Que s'est-il passé ?

Lônes – Mais également des effets non anticipés.

2011

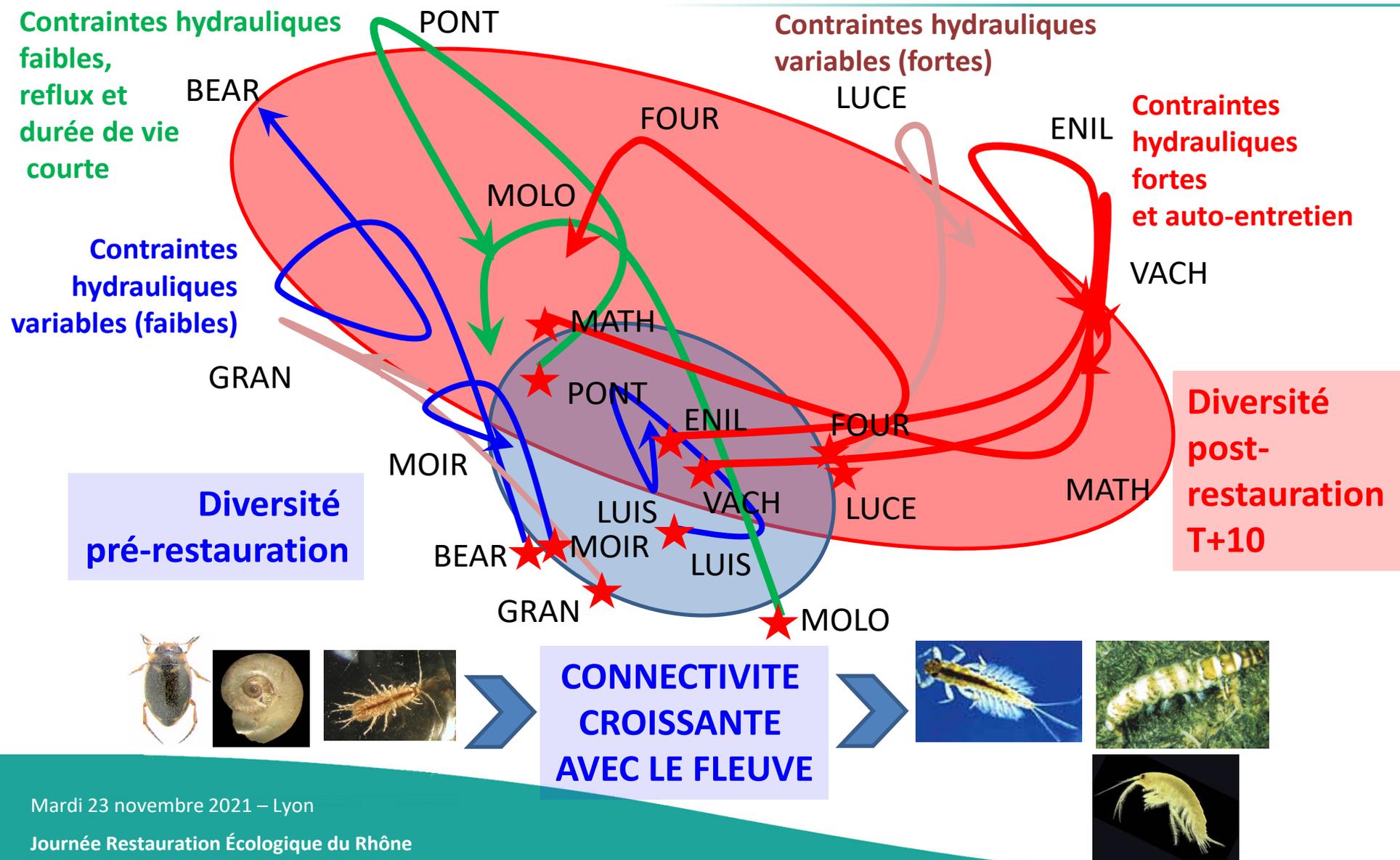


2015



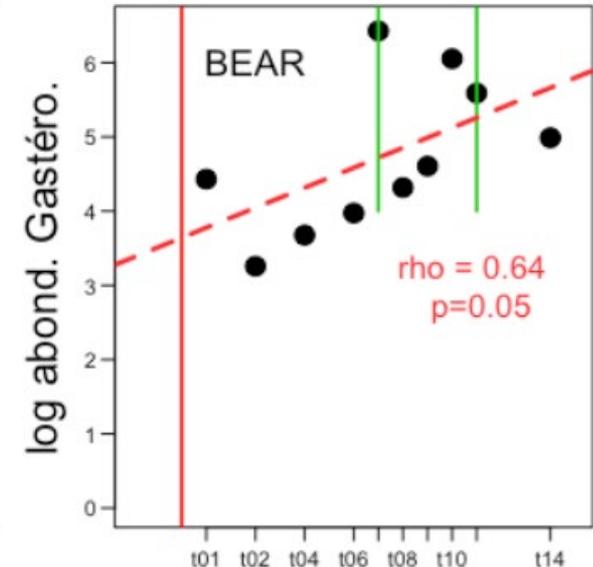
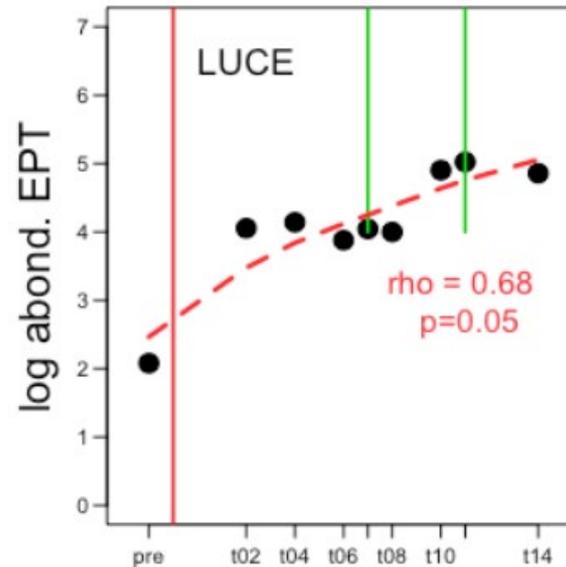
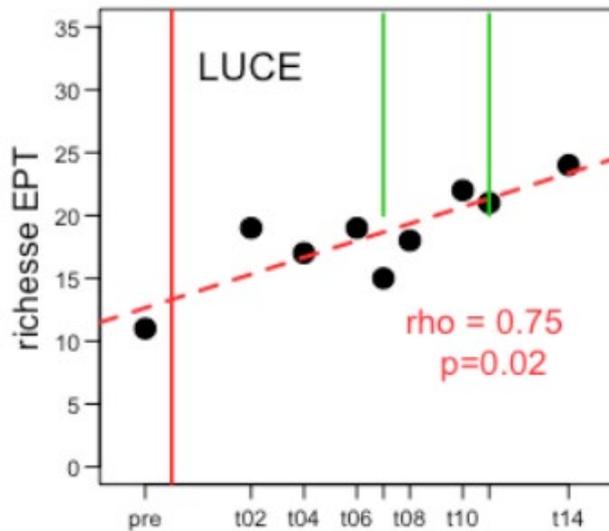
- Atterrissement indépendant du comblement par les sédiments
  - Baisse du niveau d'eau en lien avec l'incision d'un radier qui tenait la ligne d'eau

# 2. Que s'est-il passé ?



## 2. Que s'est-il passé ?

Des tendances "positives" de groupes indicateurs de la qualité en milieu courant (Lucey), mais aussi en milieu stagnant (Béard)

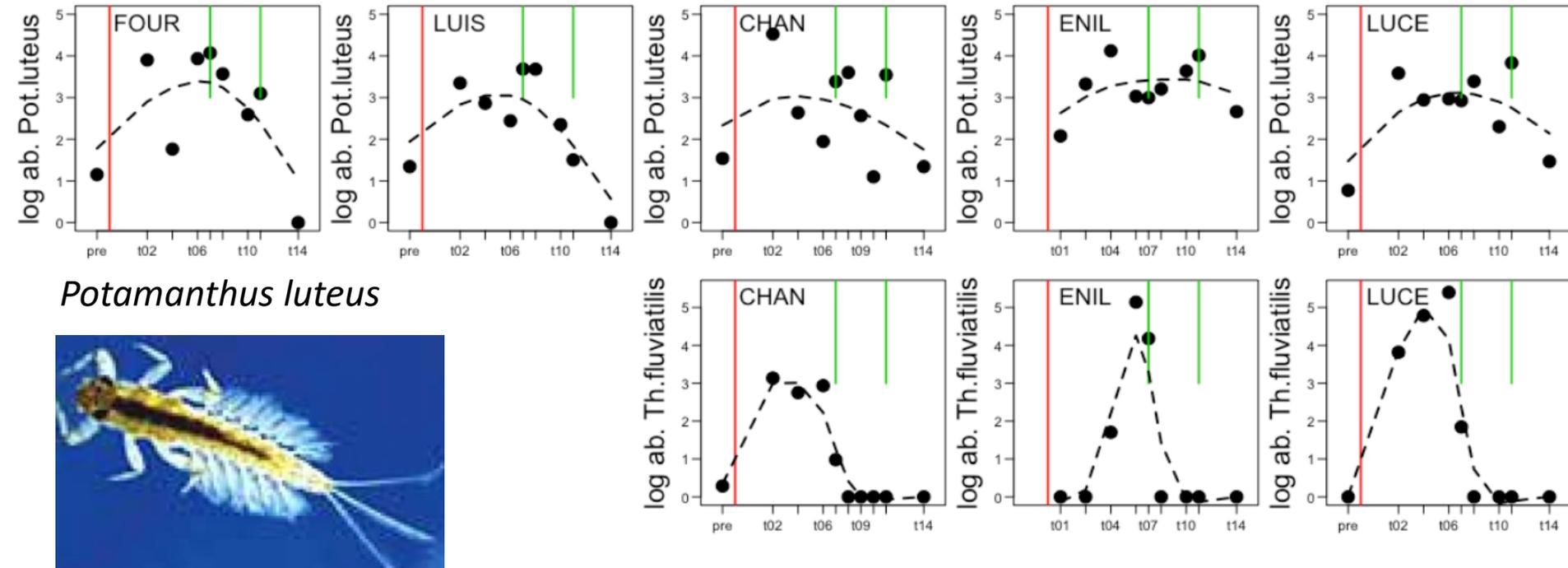


Insectes  
EPT

Mollusques  
gastéropodes



## 2. Que s'est-il passé ?



**Des tendances "négatives" d'espèces témoinnant d'un succès initial de la restauration**

*Theodoxus fluviatilis*



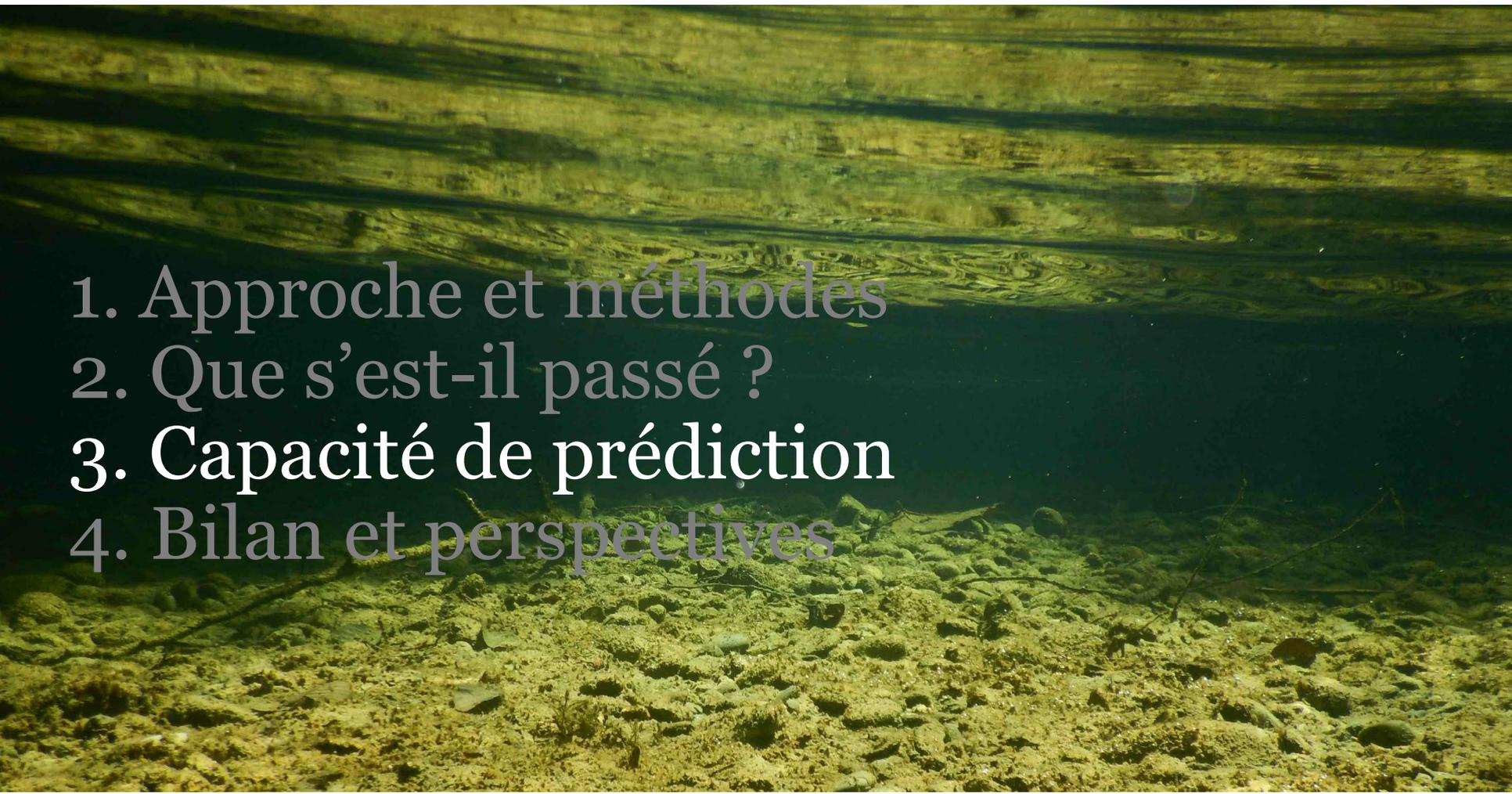
## 2. Que s'est-il passé ?

---

### En quelques mots...

1. Des changements majeurs de conditions hydrauliques et d'habitats (successions dans les bras isolés).
2. Des réponses biologiques "qui marchent", ou non, en fonction de l'état antécédent ou de conditions externes.
3. Des trajectoires hydro-sédimentaires variées qui soutiennent une diversification des communautés à l'échelle des secteurs alluviaux.
4. Des évolutions préoccupantes pour certaines espèces à analyser en relation avec l'évolution des températures et des événements hydro-sédimentaires (étiages, APAVER).

# 20 ans de suivis scientifiques

- 
- An underwater photograph of a riverbed, showing a rocky and sandy bottom with some aquatic plants and debris. The water is clear, and the lighting is natural, coming from above. The text is overlaid on the left side of the image.
1. Approche et méthodes
  2. Que s'est-il passé ?
  3. Capacité de prédiction
  4. Bilan et perspectives

# 3. Capacité de prédiction

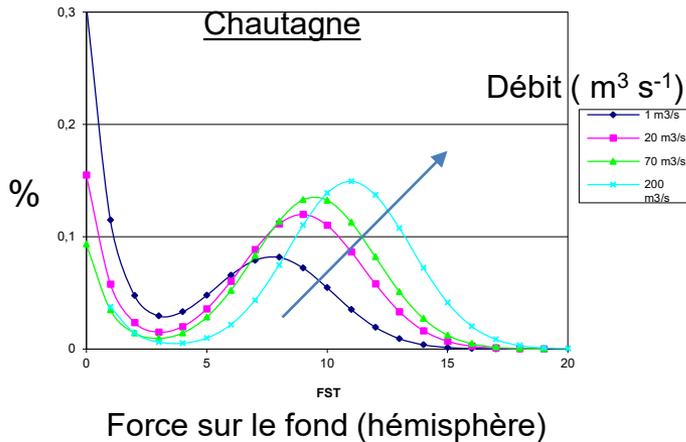
## Approche prédictive : exemple du chenal

modèles hydrauliques

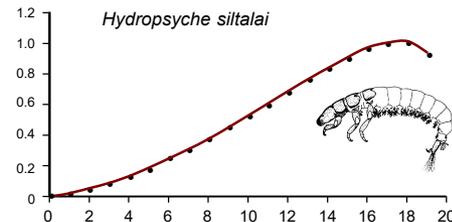


préférences des espèces pour les variables d'habitat « clefs »

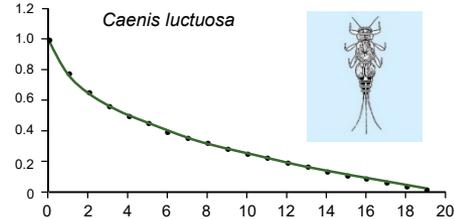
Prédiction des changements



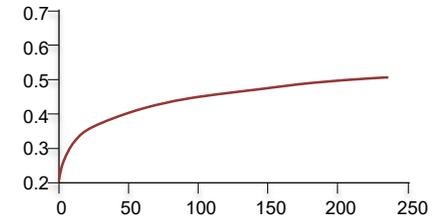
densité



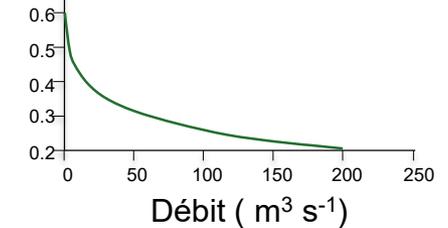
densité



densité



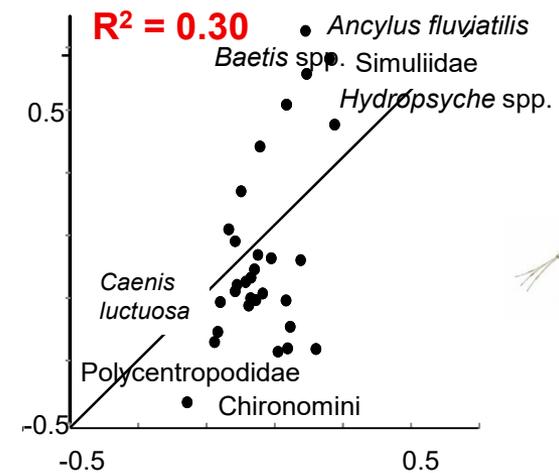
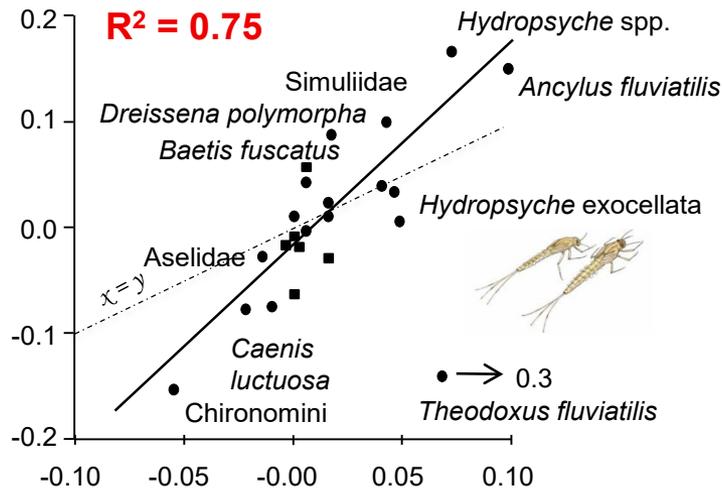
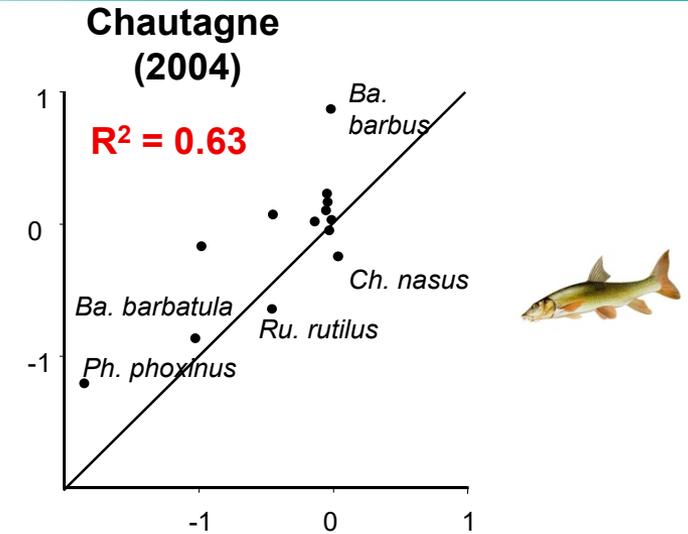
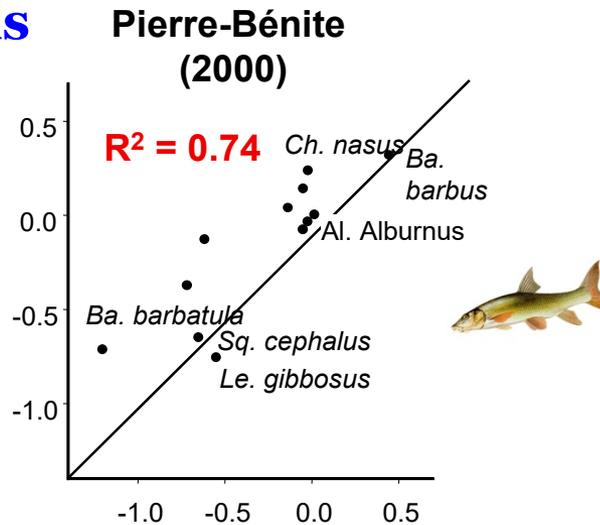
Débit ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ )



# 3. Capacité de prédiction

Des prédictions validées : exemple du chenal

Observations  $\Delta$  densités (log)



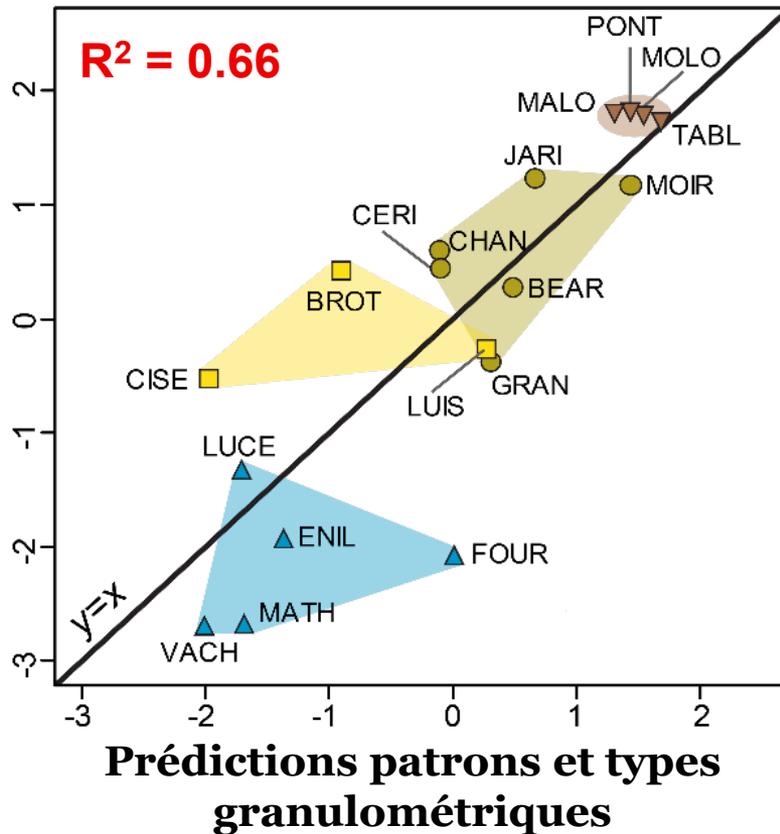
Prédictions  $\Delta$  densités (log)  
(modèles d'habitat)

# 3. Capacité de prédiction

Typologie des conditions granulométriques de surface

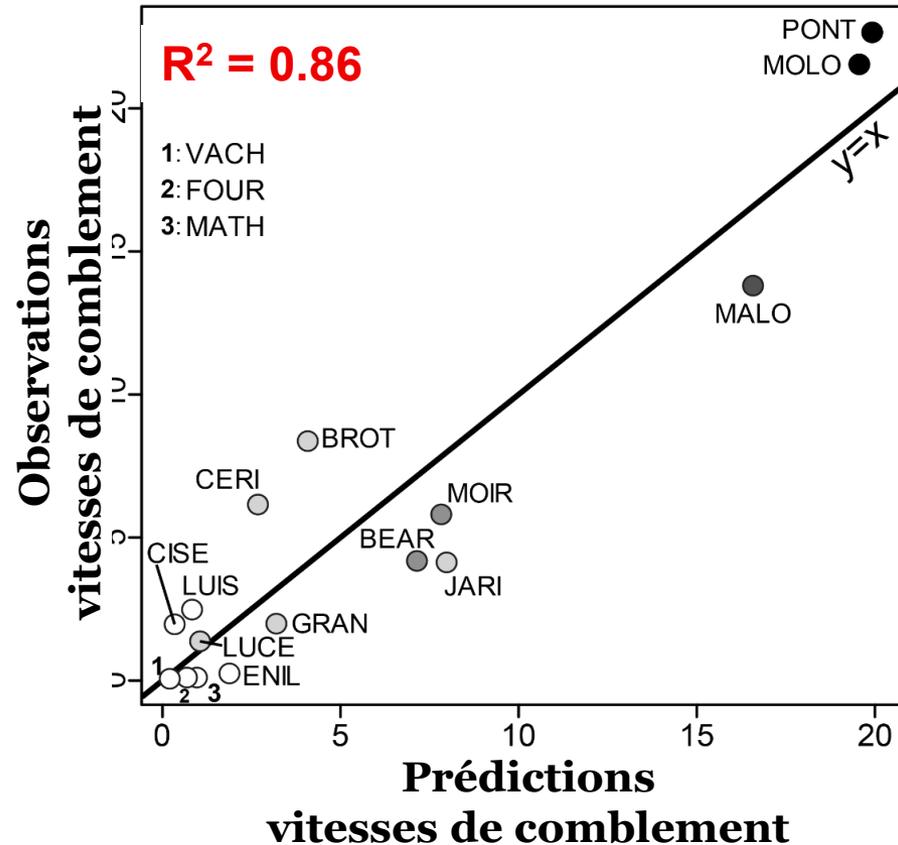
- ▲ Type 1
- Type 2
- Type 3
- ▼ Type 4

Observations patrons et types granulométriques



Durée de vie potentielle

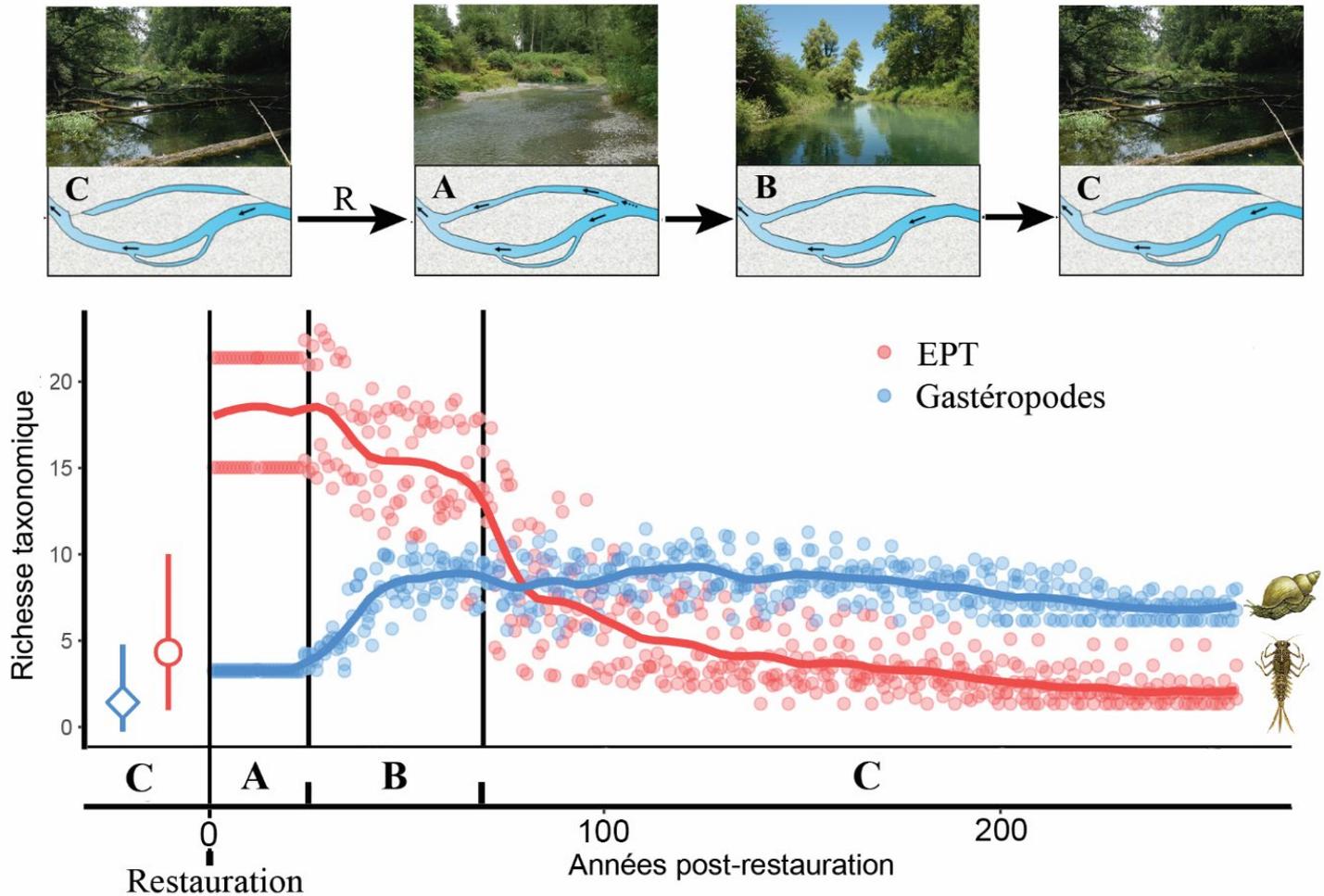
- Infinie
- > 100 ans
- ca. 3 à 8 décennies
- ca. 4 à 6 décennies
- ca. 2 à 3 décennies



**Des prédictions validées :  
exemple des bras**

# 3. Capacité de prédiction

**Modélisation  
des  
changements  
temporels de  
diversité  
dans une  
lône  
restaurée**



# 3. Capacité de prédiction

---

## En quelques mots...

1. Les effets physiques et biologiques de la restauration sont en partie prévisibles
2. Ces validations (rares !) confortent l'utilisation de modèles d'habitat lors des études d'impact environnemental
3. Les modèles alimentent la réflexion sur les actions futures

# 20 ans de suivis scientifiques

1. Approche et méthodes
2. Que s'est-il passé ?
3. Capacité de prédiction
4. Bilan et perspectives

# 4. Bilan et perspectives

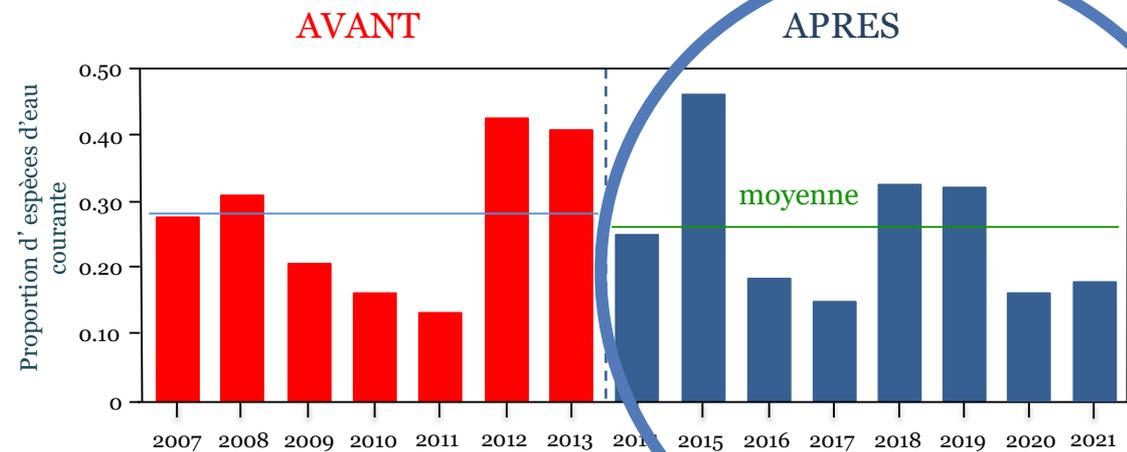
---

- 1) Mieux comprendre pourquoi les réponses sont très modérées ou inexistantes dans certains cas
- 2) Intérêt des suivis long terme : vérifier pérennité des tendances observées et comprendre les effets des facteurs « confondants »
- 3) Nécessité de comprendre les effets des procédures de restauration à l'échelle des plaines alluviales
- 4) Développer une analyse fonctionnelle dans les plaines alluviales : analyse des processus physiques, biologiques et écologiques
- 5) Importance de la dimension « observatoire du suivi »

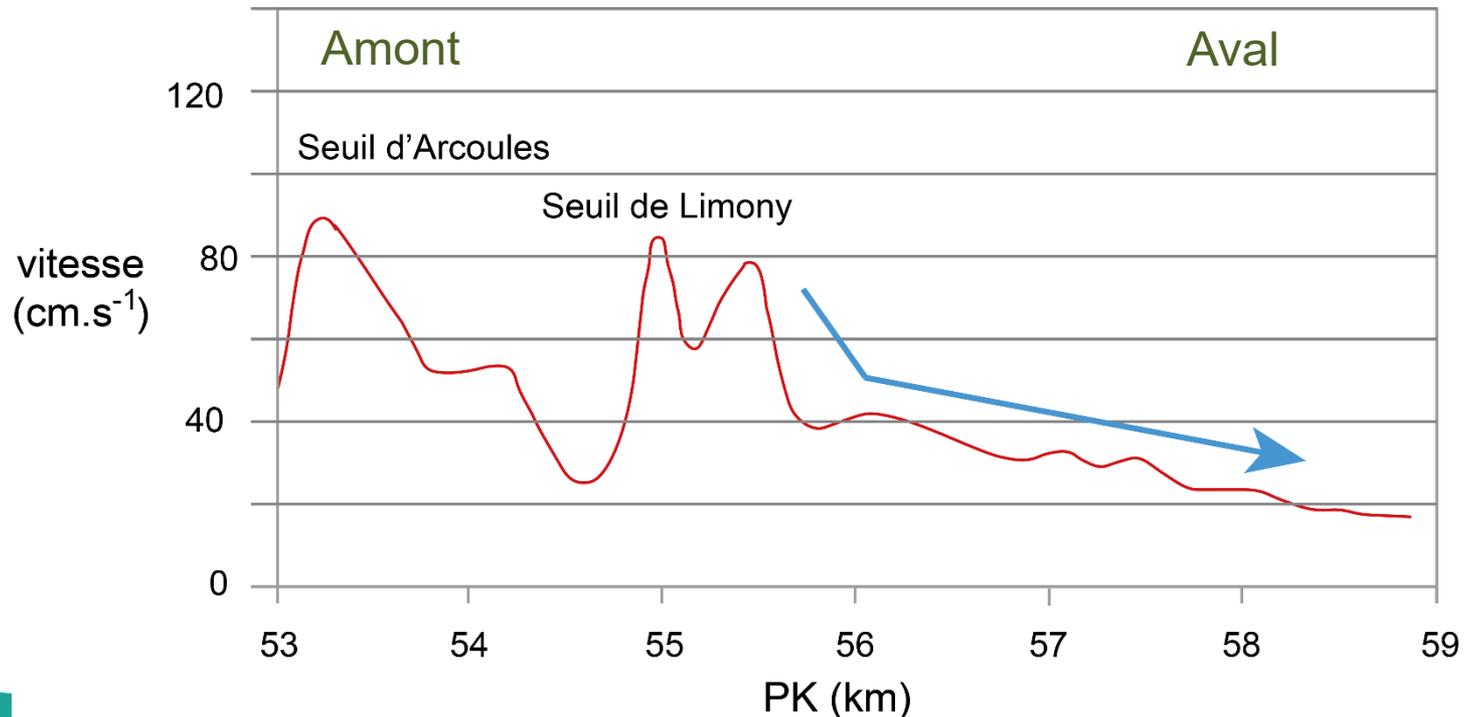
# 4. Bilan et perspectives

## 1) Réponses modérées ou inexistantes...

Péage-de-Roussillon  
% poissons  
d'eaux courantes



# Influence du seuil de Peyraud - Ralentissement des vitesses d'écoulement

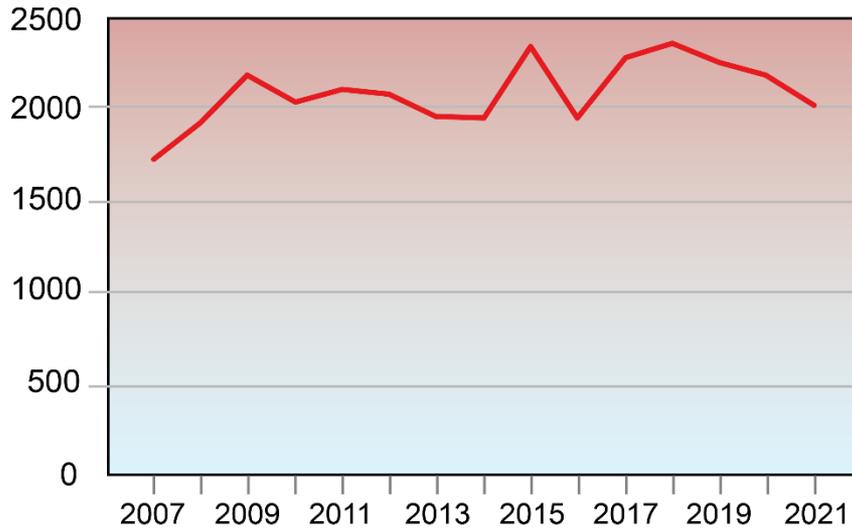


Répartition longitudinale de la vitesse moyenne de l'écoulement dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon au débit de 100 m<sup>3</sup>/s

# Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon

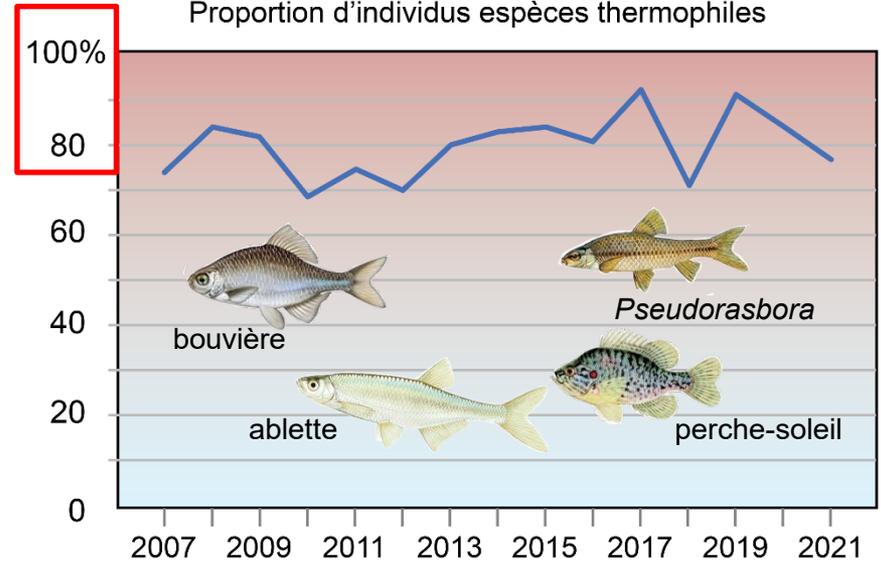
## Température

Somme des degrés-jours  $T \geq 18^\circ\text{C}$

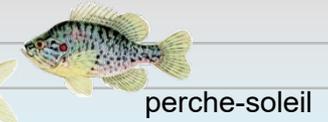


## Peuplement de poissons

Proportion d'individus espèces thermophiles



Thermie



Forte proportion d'espèces thermophiles\*

\* Daufresne, 2008

# 4. Bilan et perspectives

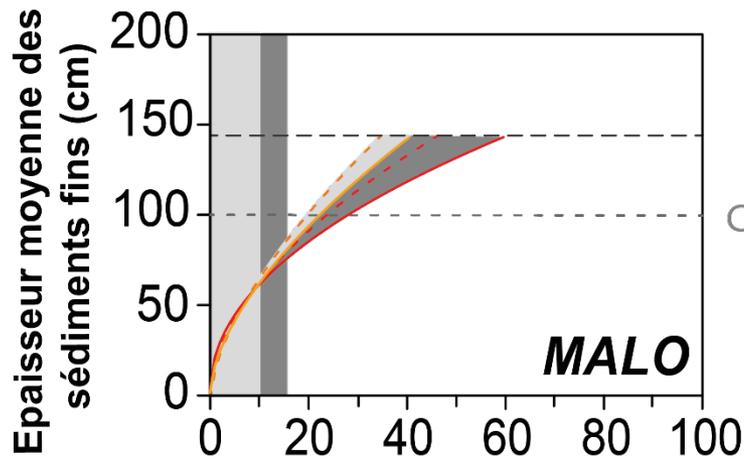
---

## 2) Intérêt des suivis long terme :

- changements physiques dans les bras restaurés
- évolution des communautés aquatiques, exemple des peuplements de poissons

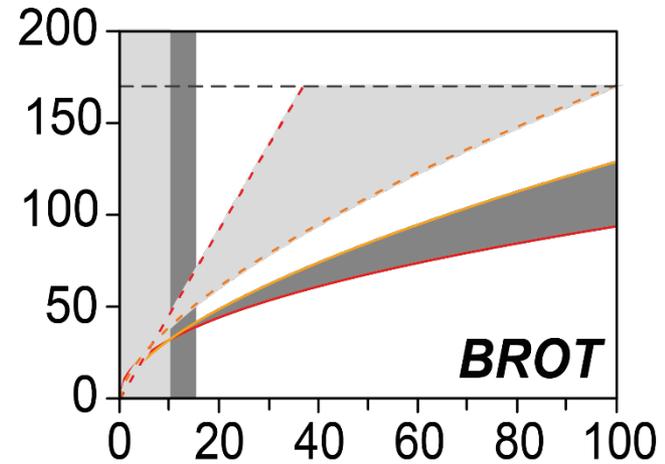
# Changements physiques dans les bras restaurés

Amélioration des modèles d'estimation de la durée de vie des bras sensibles au comblement par les sédiments fins



- Intégrer les changements de niveau de base

He ref T0  
↓  
Changement  
du niveau  
de base

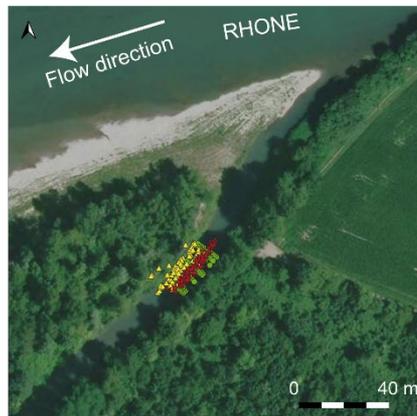


- Intégration des processus érosifs

- Prise en compte de la **variabilité longitudinale des vitesses de comblement** et des **hauteurs d'eau**, pour les bras les plus sensibles au comblement.
- **Intégration progressive des bras du Rhône médian et du Bas-Rhône**

# Changements physiques dans les bras restaurés

## Analyse des processus « d'érosion-transport-dépôt » dans les bras secondaires restaurés

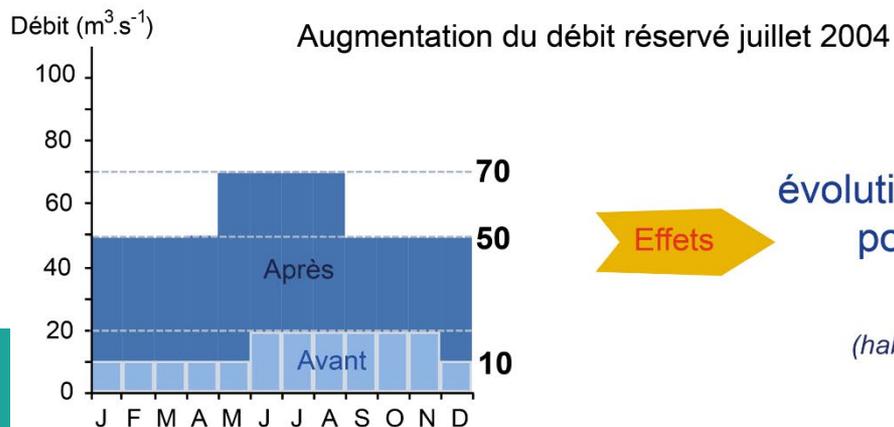


- mise en place de galets équipés de transpondeurs RFID (Radio Frequency IDentification) passifs
- mesure des distances de déplacement des galets
- estimation des débits seuils de cette mise en mouvement
- caractérisation des trajectoires évolutives et de l'évolution des conditions d'habitat de ces bras.



# Évolution des communautés aquatiques

## Vieux Rhône de Chautagne (mise en service du barrage 1980)



évolution de la proportion de  
poissons d'espèces  
d'eau courante

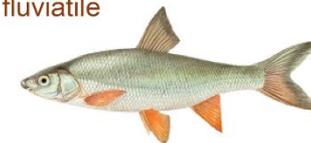
(habitats profonds et courants)



barbeau fluviatile



Ablette



Hotu



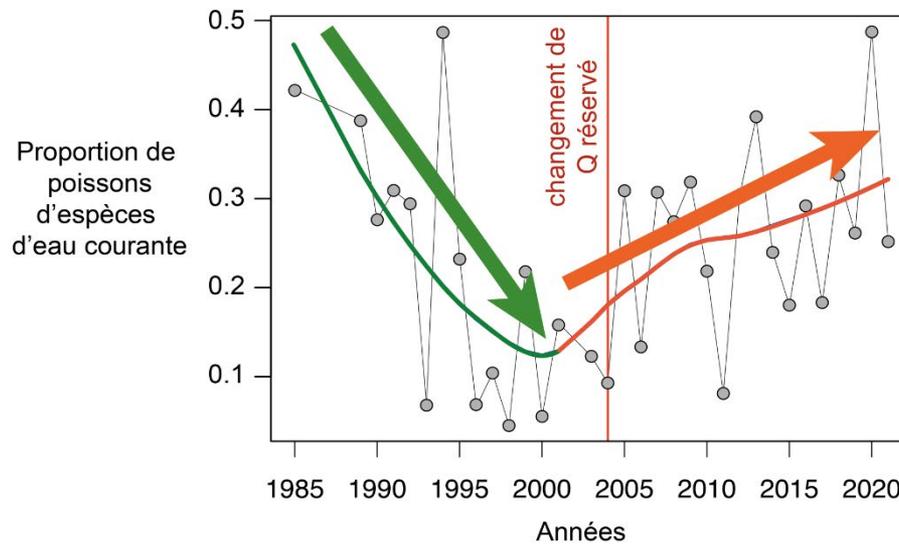
Vandoise

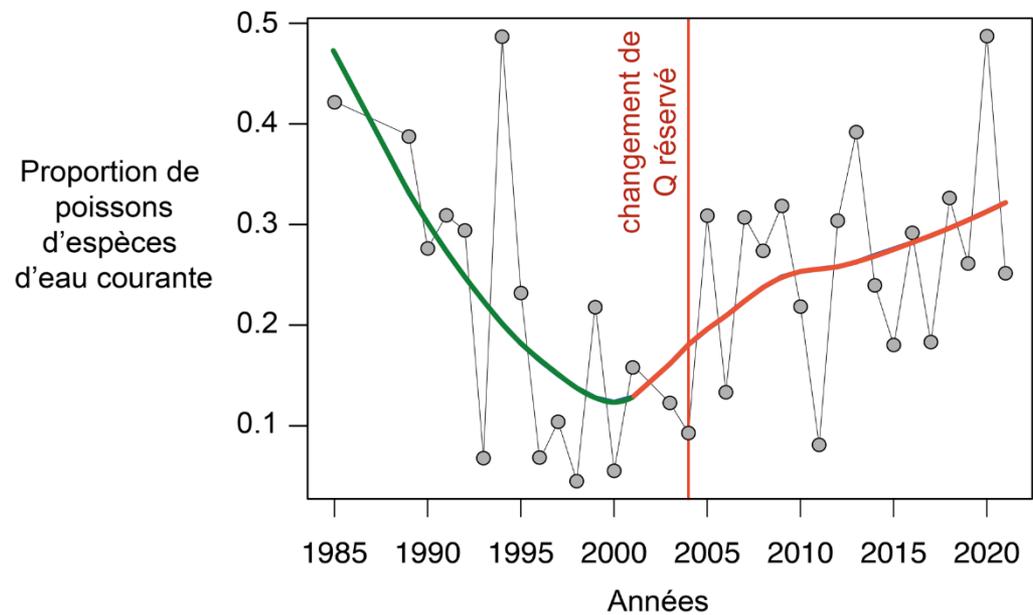
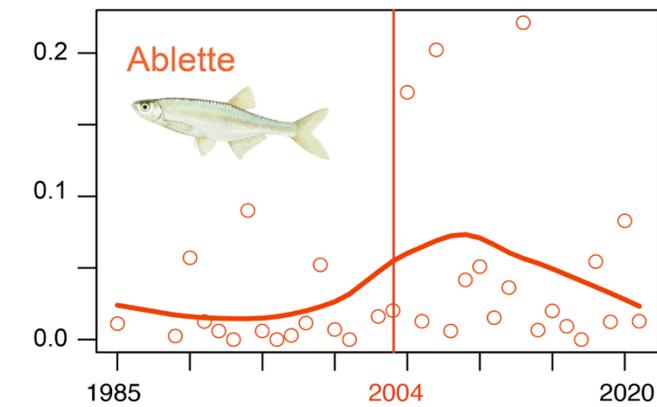
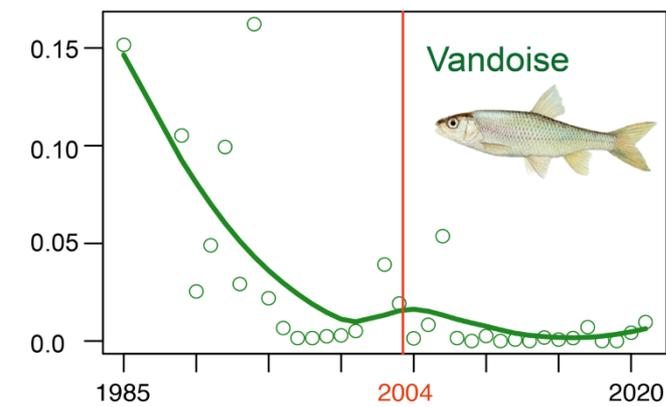
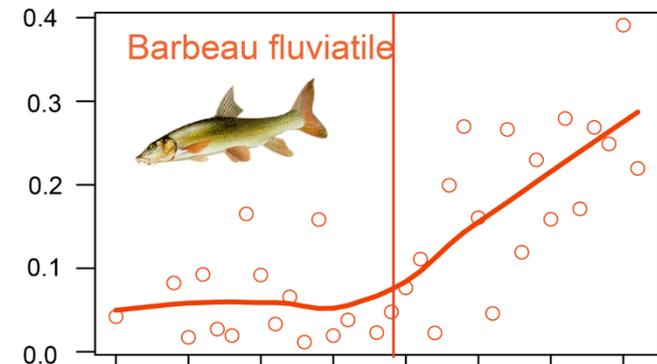
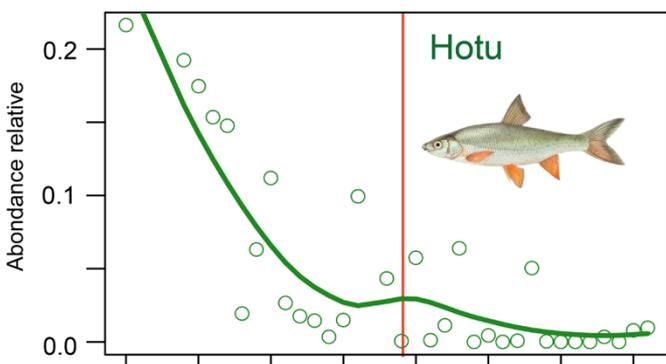


Ombre commun

# Évolution des communautés aquatiques

Vieux Rhône de Chautagne  
(mise en service du barrage 1980)



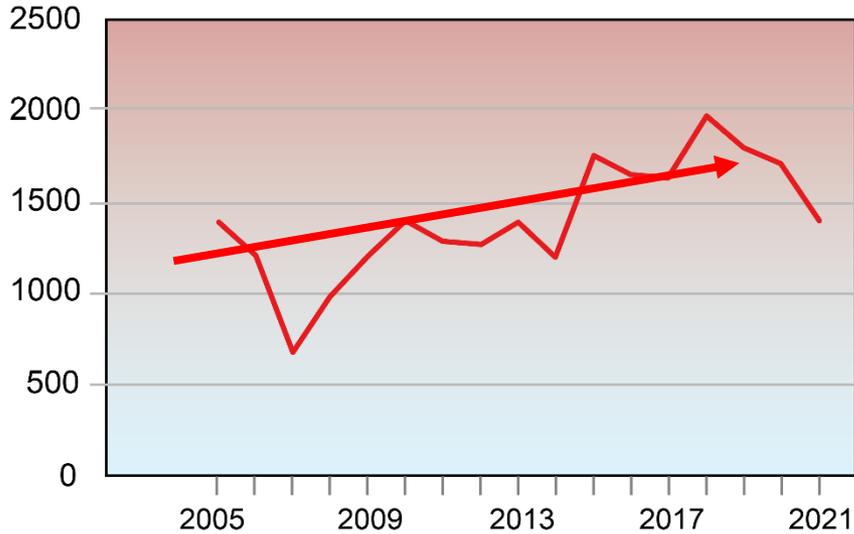


# Evolution en lien avec le changement climatique

## Vieux-Rhône de Belley

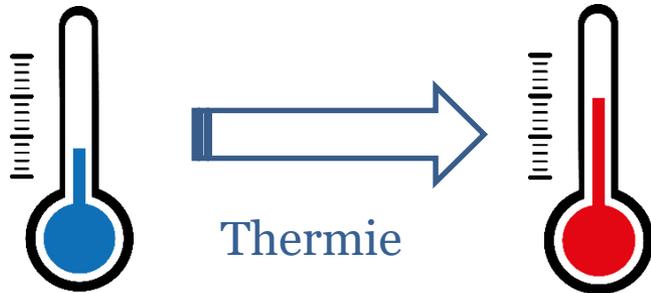
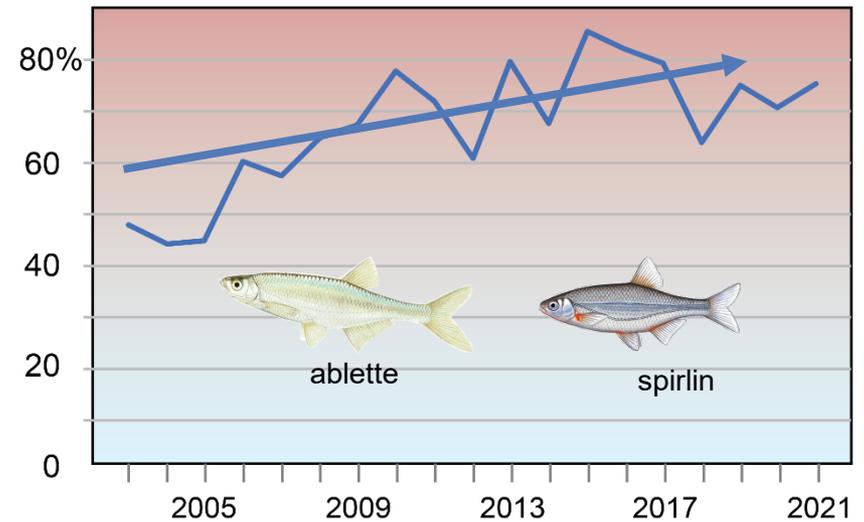
### Température

Somme des degrés-jours  $T \geq 18^\circ\text{C}$



### Peuplement de poissons

Proportion d'individus espèces thermophiles

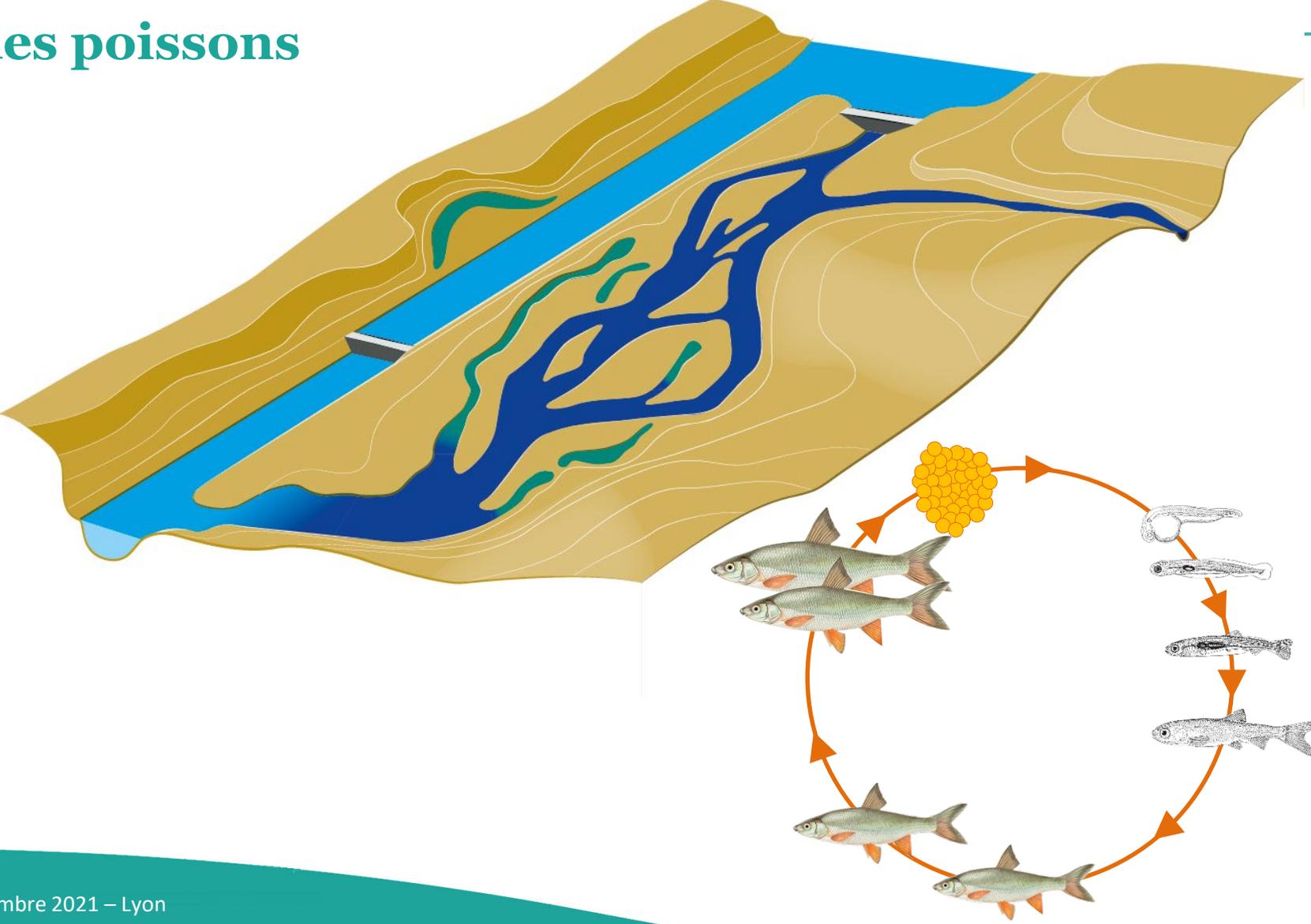


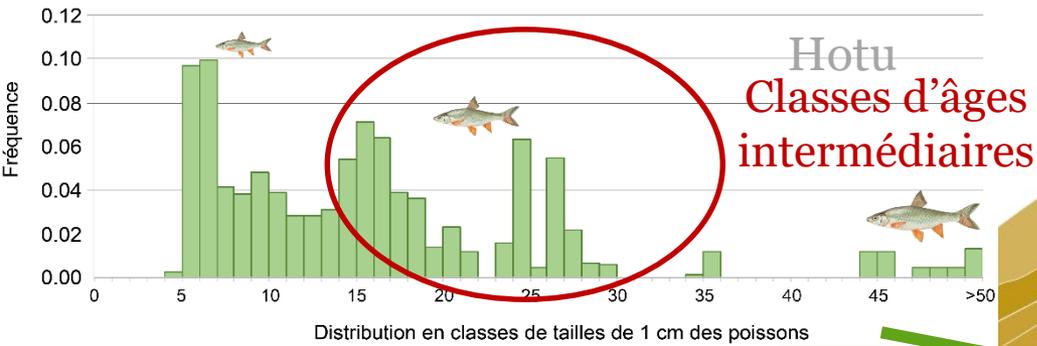
# 4. Bilan et perspectives

---

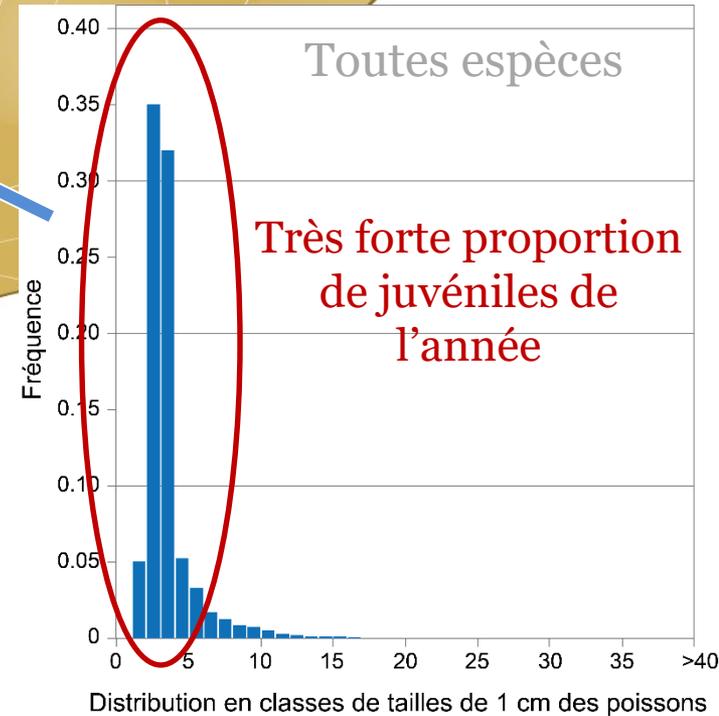
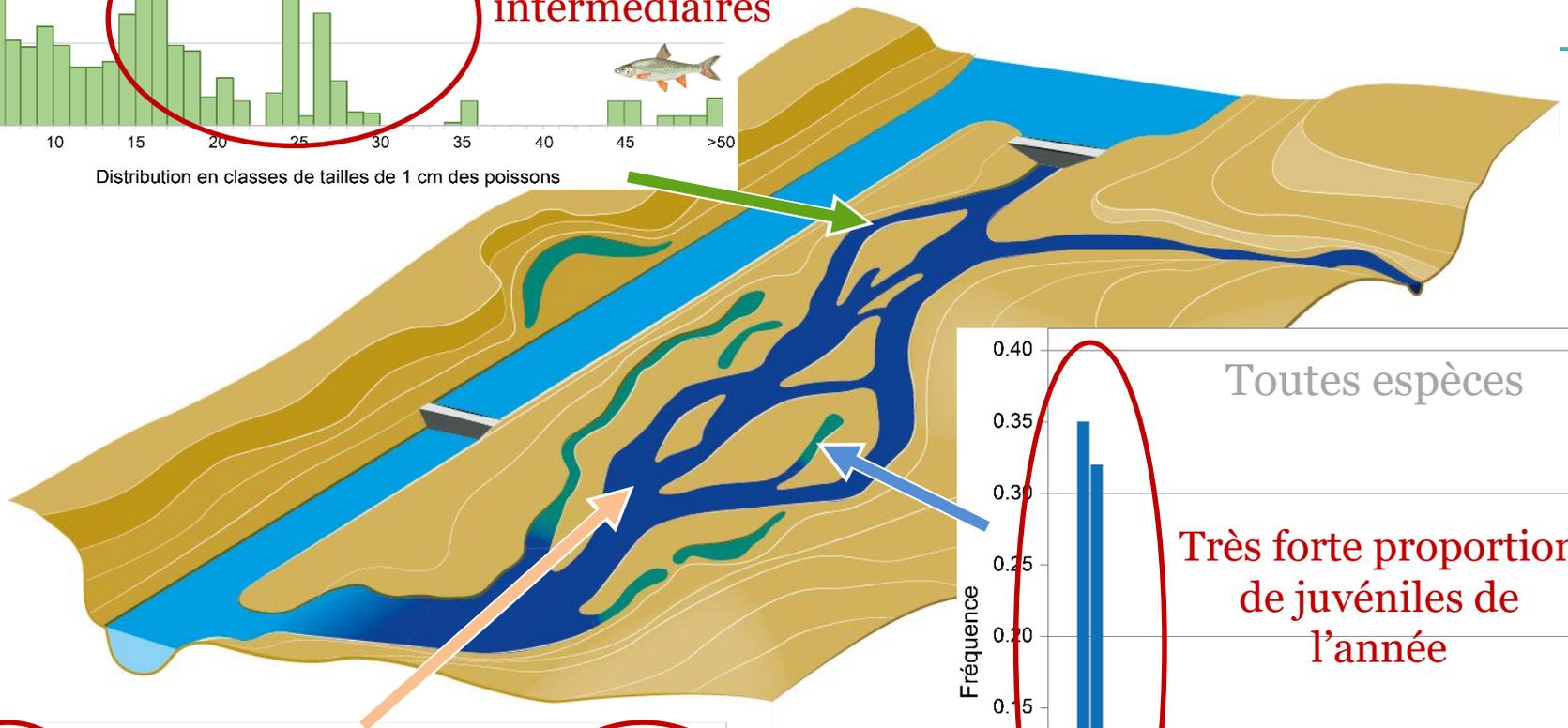
## **3) Nécessité de comprendre les effets des procédures de restauration à l'échelle des plaines alluviales**

# Occupation des habitats dans la plaine alluviale restaurée Cas des poissons





## Chenal principal, bras secondaires et lônes



# 4. Bilan et perspectives

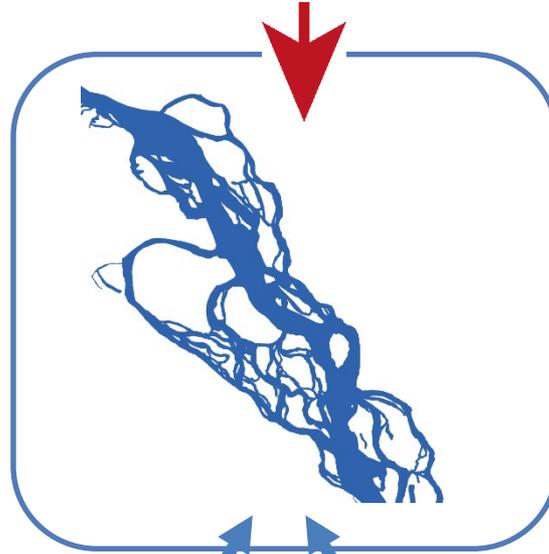
---

**4) Développer une analyse fonctionnelle dans les plaines alluviales : analyse des processus physiques, biologiques et écologiques**

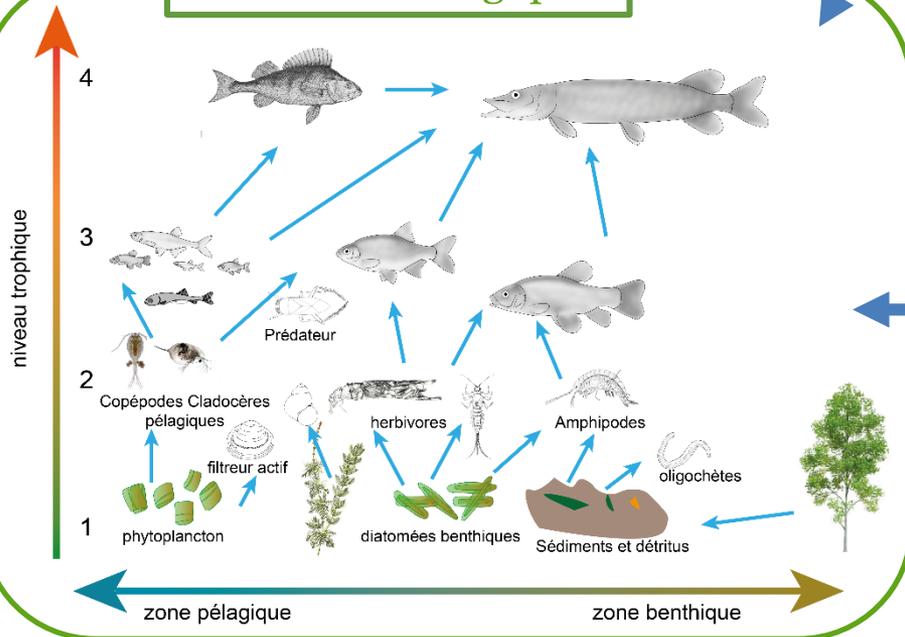
# Étude fonctionnelle de l'hydrosystème restauré

Flux d'eau et de sédiments

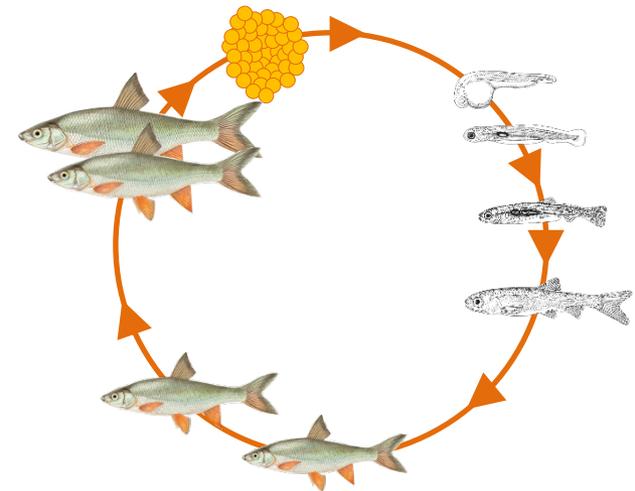
Structure de l'écosystème



Processus écologiques



Dynamique des populations  
Structuration des communautés



# 4. Bilan et perspectives

---

## 5) Importance de la dimension « observatoire du suivi »

- **meilleure compréhension des processus, du rôle des différents facteurs** (hydrologie, thermie, structure physique des habitats) et **des différentes actions de restauration** : Q réservés, démantèlement des marges, recharges sédimentaires
- Possibilité de **préciser les mécanismes** à l'origine **des évolutions constatées** pour mieux hiérarchiser les actions :
  - **liens évolutions morpho-sédimentaires des bras <=> gestion** (réouverture ou non, surveillance des connexions amont des bras courants)
  - **leviers à mobiliser dans les secteurs déjà restaurés** pour améliorer l'état écologique : actions sur la morphologie, sur les sédiments, liens avec la gestion des seuils
  - **anticiper l'impact de nouveaux aménagements** : projet de barrage de Saint-Romain de Jalionas par exemple



# Merci de votre attention



AVEC LE SOUTIEN DE L'UNION EUROPÉENNE

