

**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



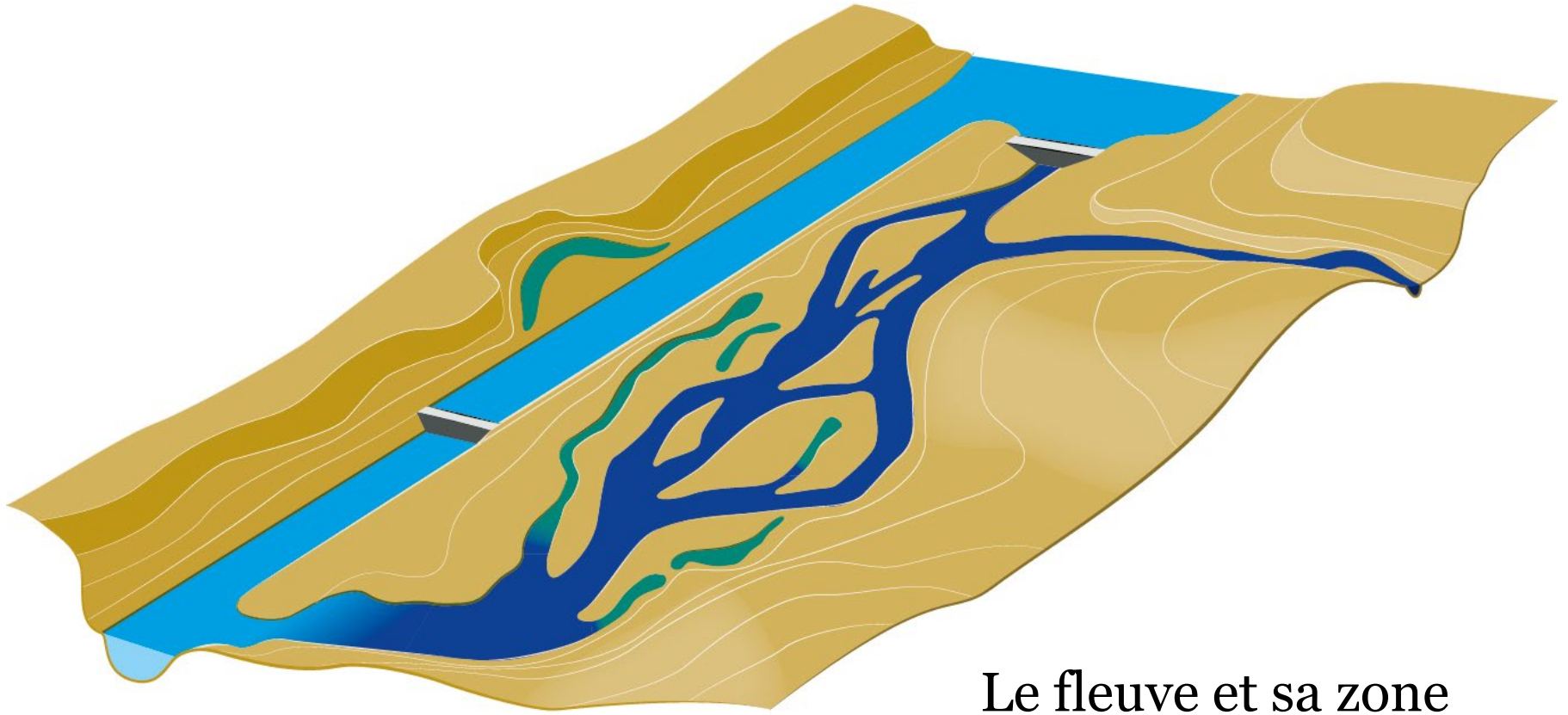
20 ans de suivis scientifiques

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

20 ans de suivis scientifiques

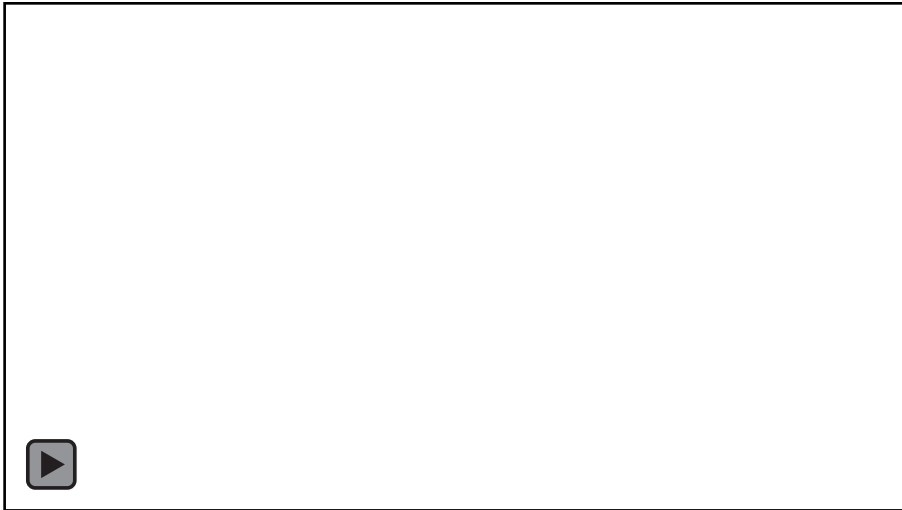
1. Approche et méthodes
2. Que s'est-il passé ?
3. Capacité de prédiction
4. Bilan et perspectives

1. Approche et méthodes

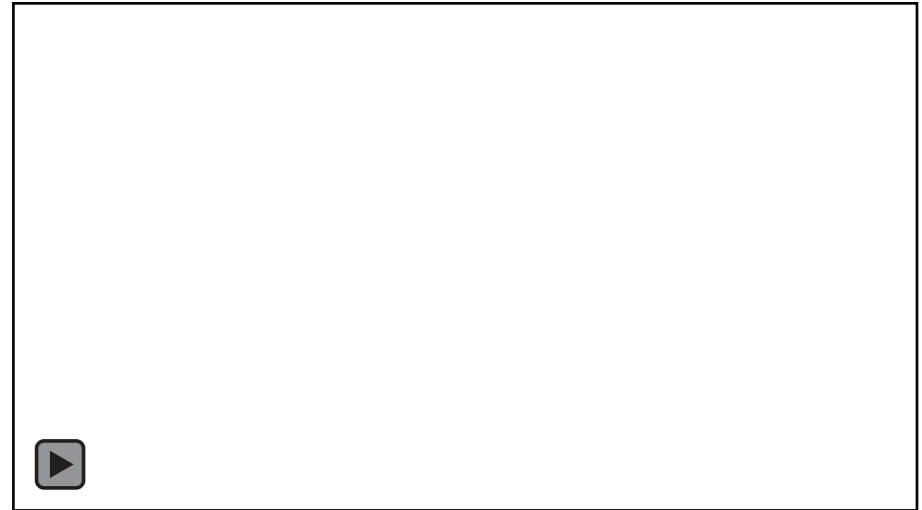


Le fleuve et sa zone
alluviale comme **entité**
(l'hydrosystème)

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 clés sur le “long” terme

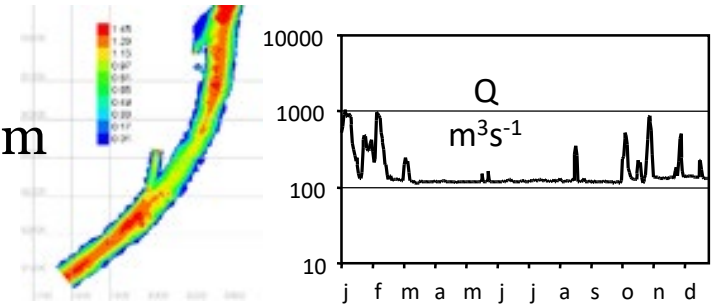
1. Approche et méthodes

Les variables clefs:

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

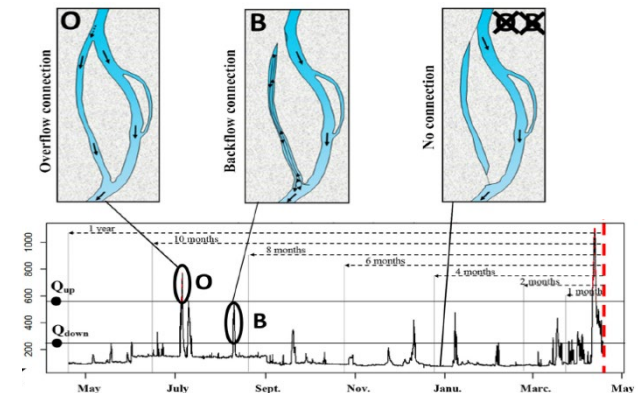
Dans le chenal:

- contraintes hydrauliques au débit minimum



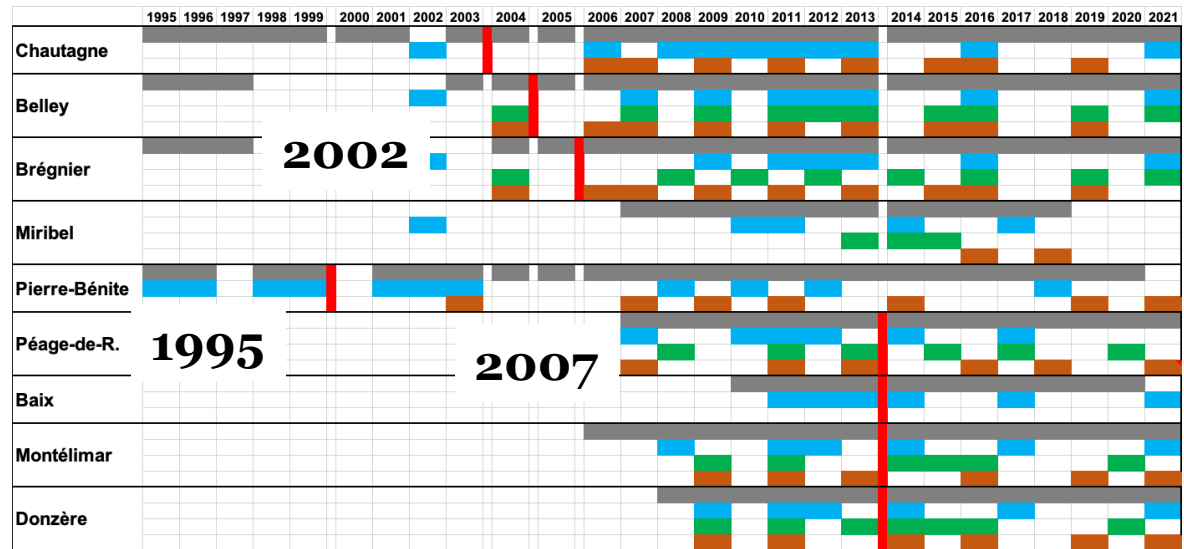
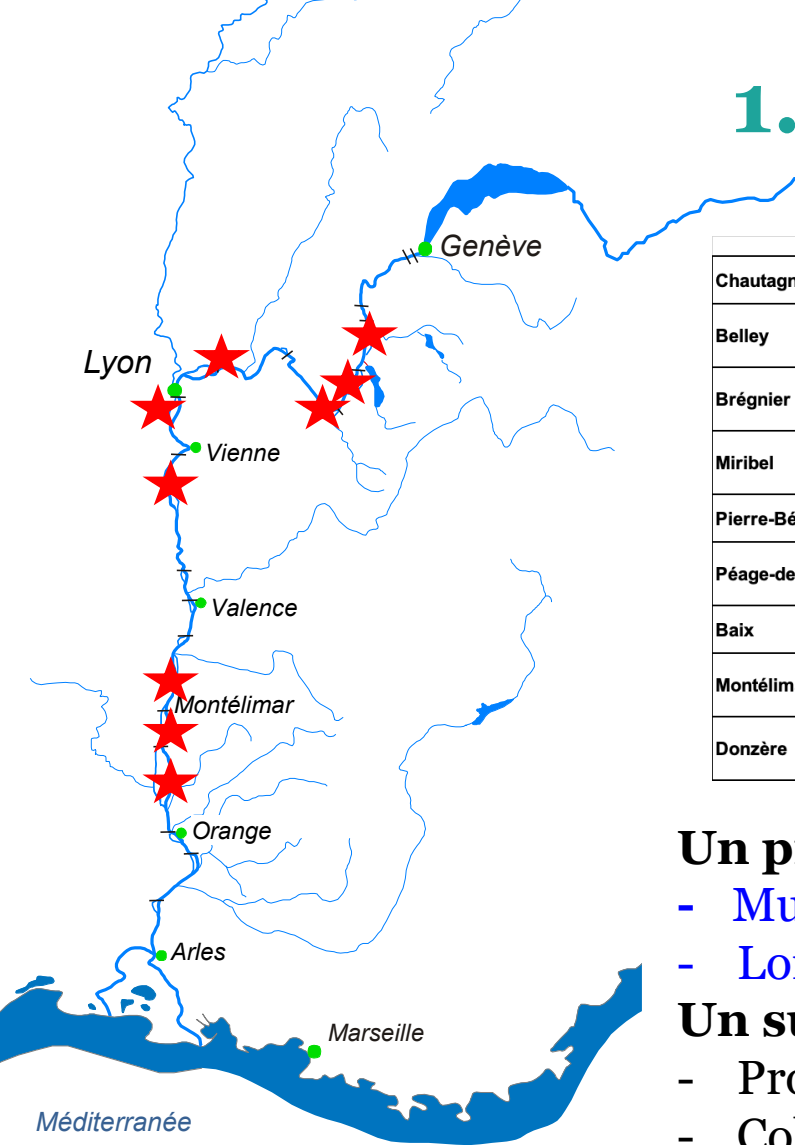
Dans la plaine alluviale:

- 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.)

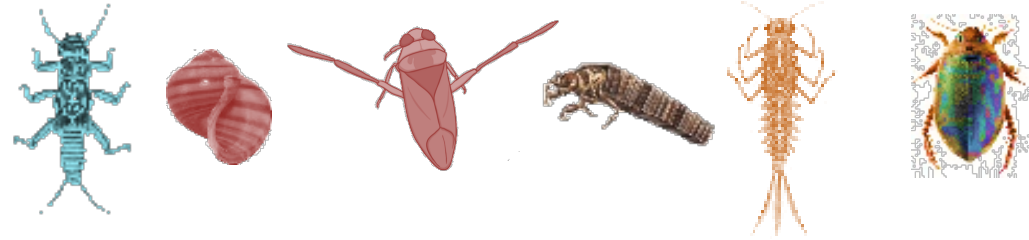
Pêche électrique

~ 20 lônes



1. Approche et méthodes

Les macroinvertébrés



Dans le cours principal (VR)

~ 2 500 échantillons; 2002 – 2021; 9 VR

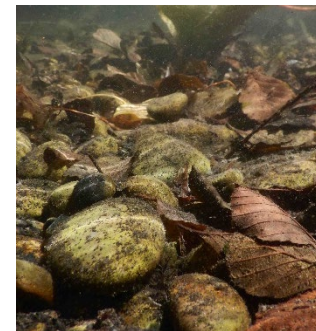
- Caractéristiques du microhabitat (vitesse, profondeur, contraintes au fond, substrat)



Dans les lônes

~ 4 000 échantillons; 2002 – 2021; 48 lônes

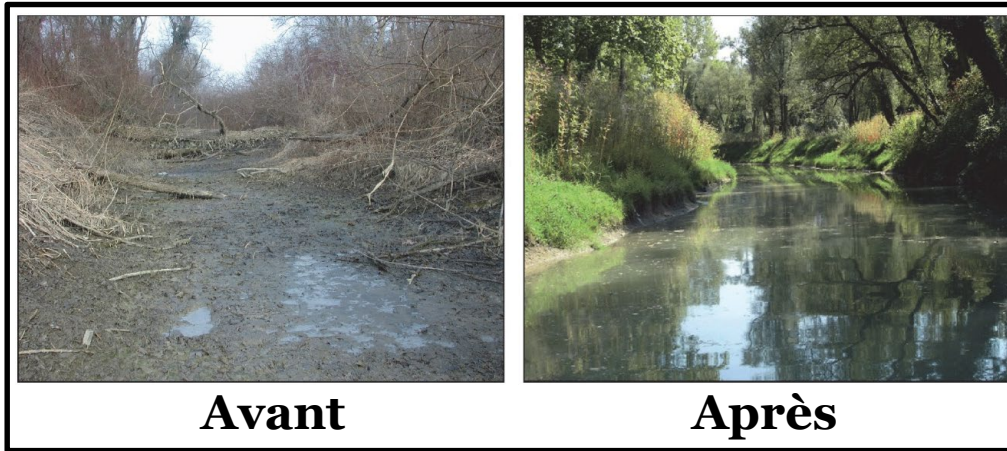
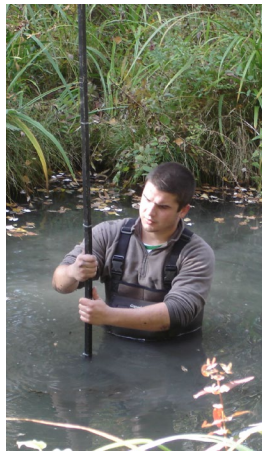
- Caractéristiques du microhabitat (substrat, végétation)



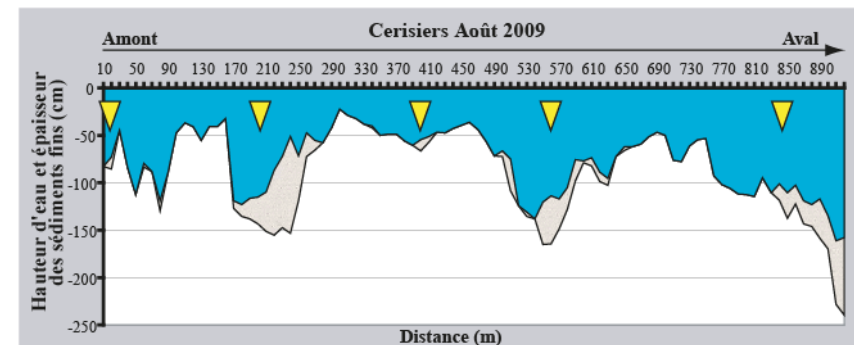
1. Approche et méthodes

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



- > 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

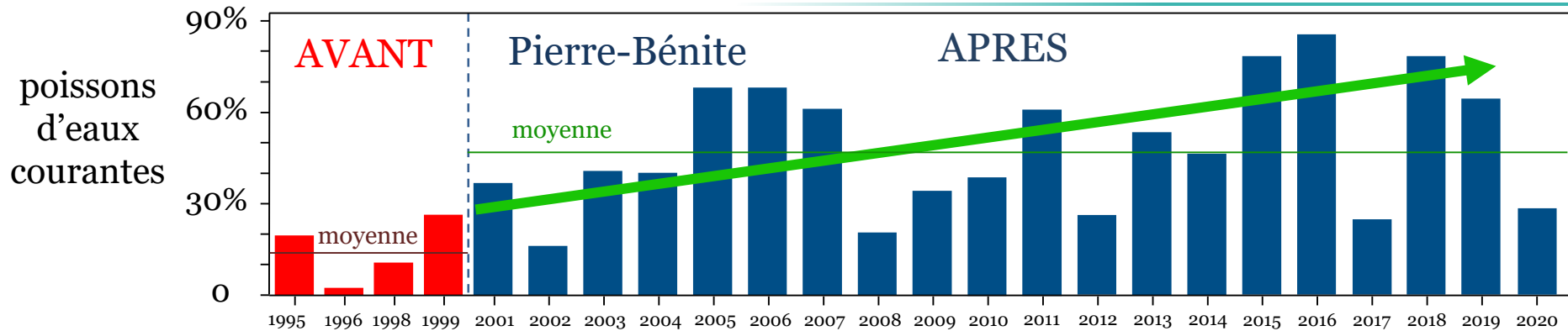
Mathan:
reconnexion
totale



Béard: initiation d'une succession "rapide"

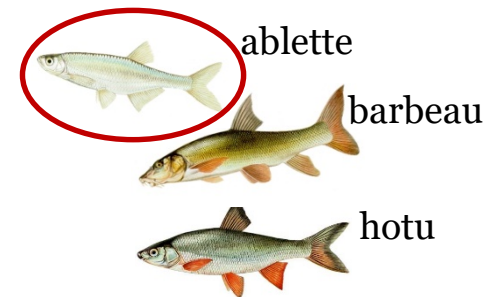
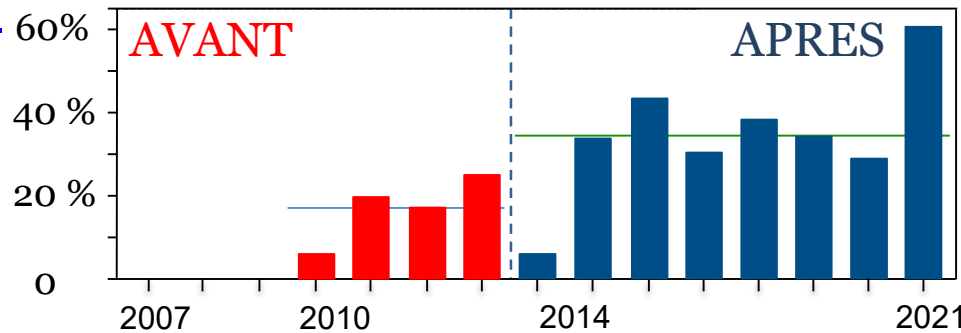
2. Que s'est-il passé ?

Pierre-Bénite

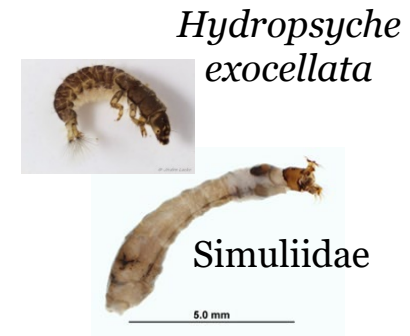
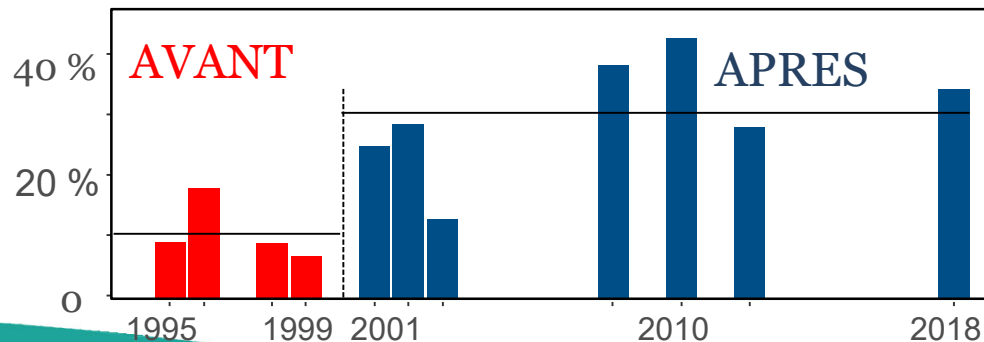


Vieux Rhône – « ça marche »

Logis-Neuf
poissons d'eaux courantes

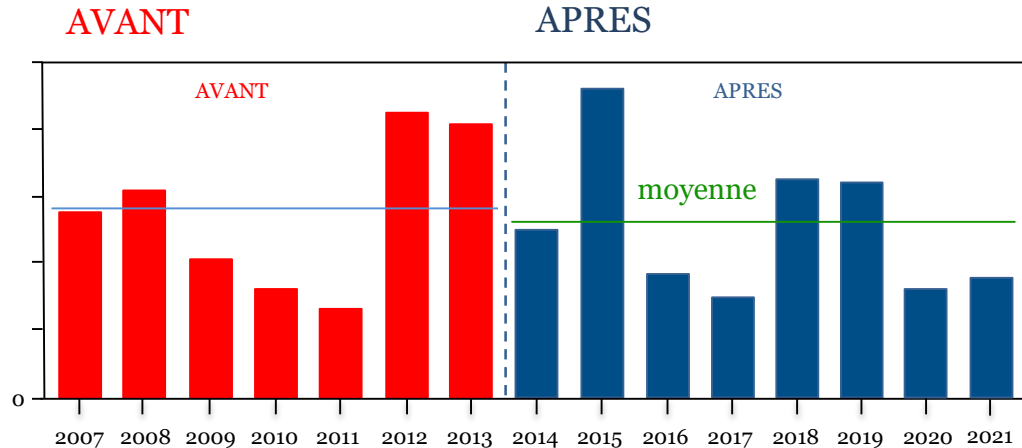


Pierre-Bénite
invertébrés rhéophiles



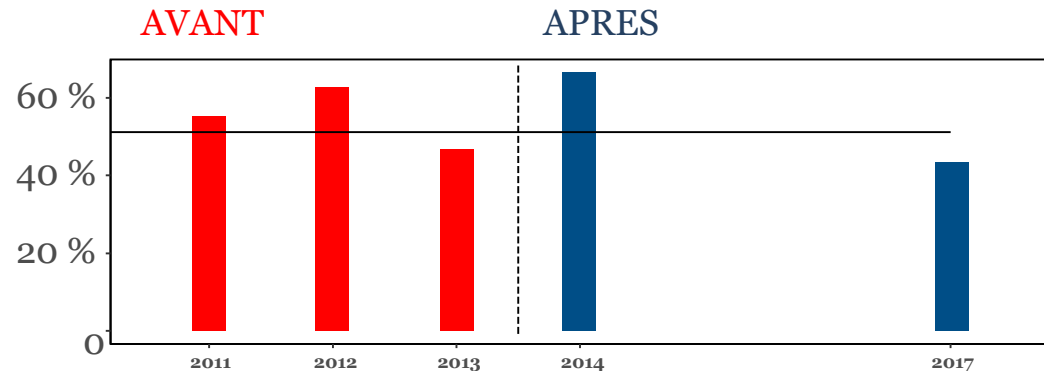
2. Que s'est-il passé ?

Péage-de-Roussillon
% poissons
d'eaux courantes



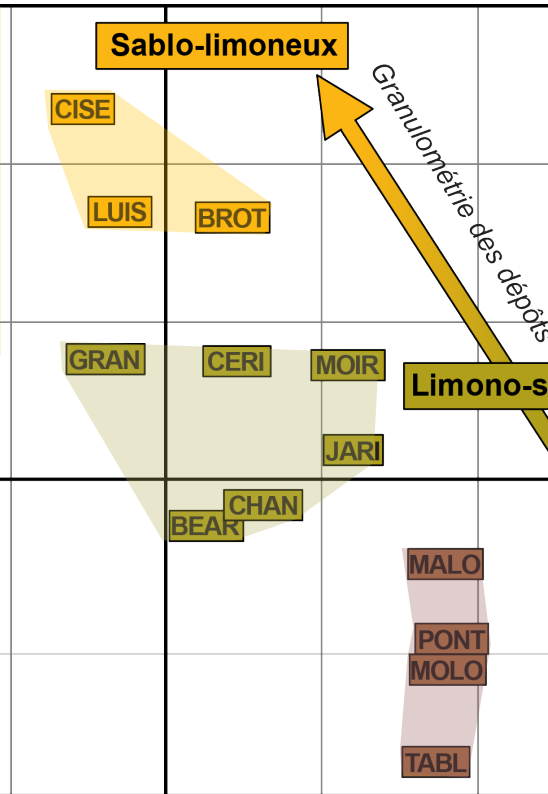
**Vieux Rhône –
« ça ne marche
pas »**

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

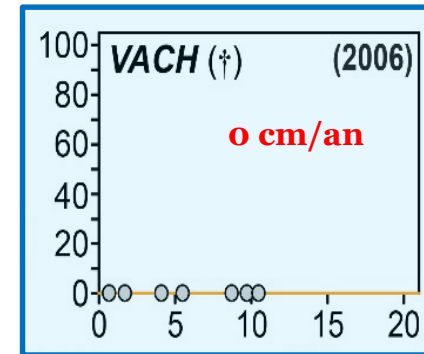
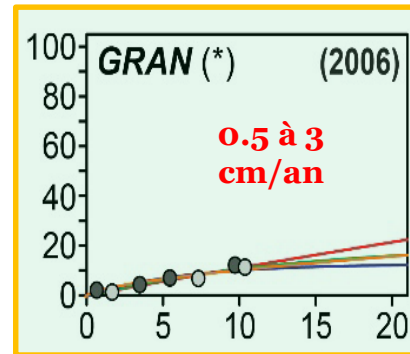
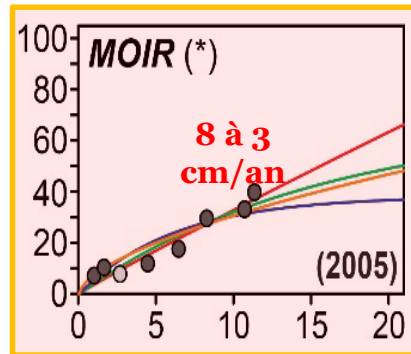
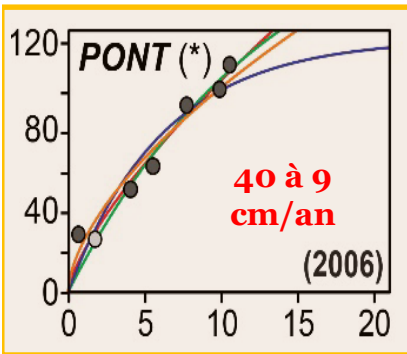
Recouvrement du fond des bras par les sédiments fins

Totalement recouvert

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

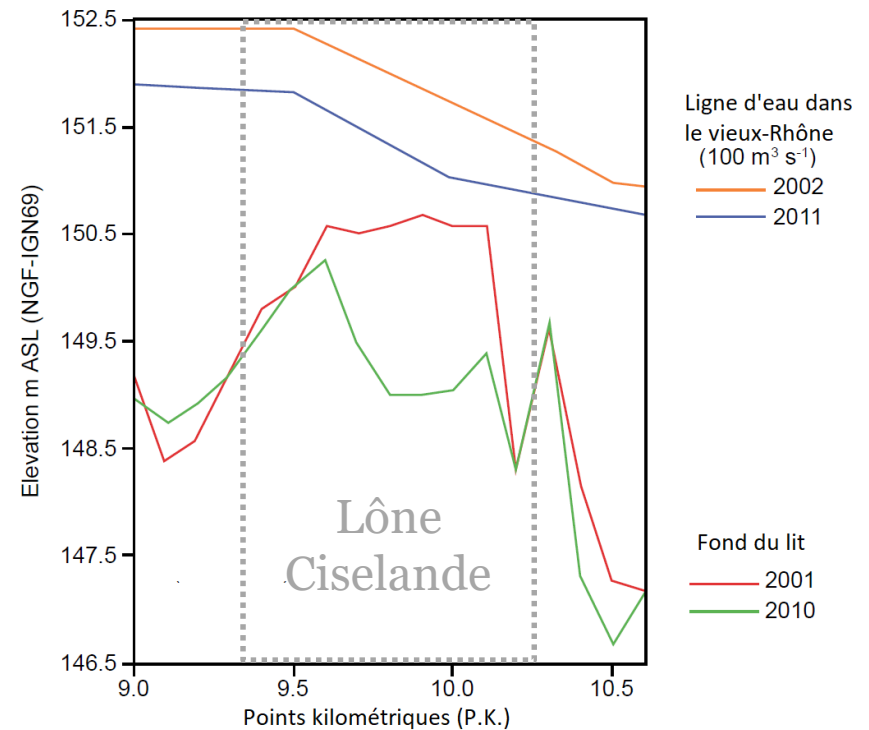
2. Que s'est-il passé ?

Lônes – Mais également des effets non anticipés.

2011

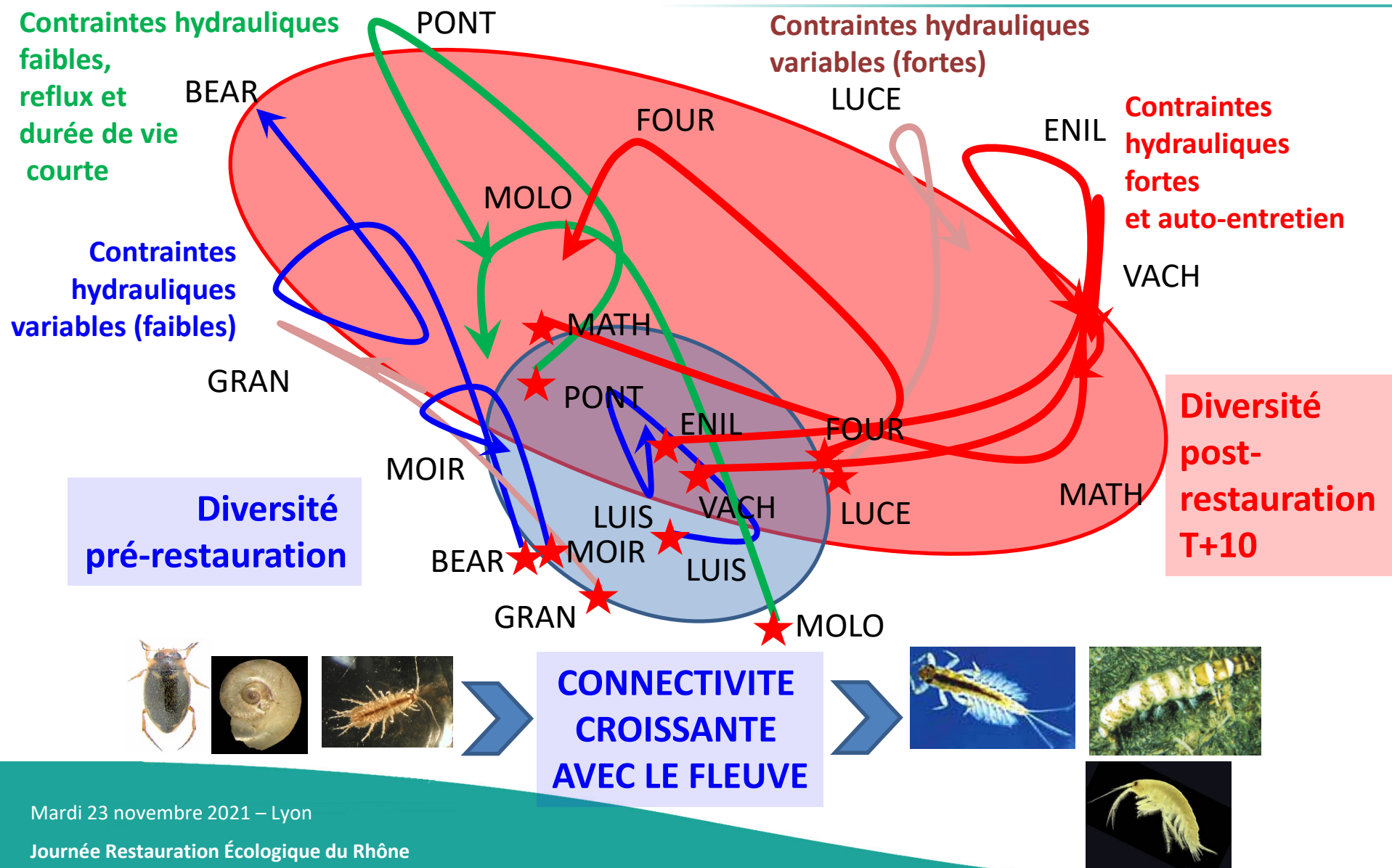


2015



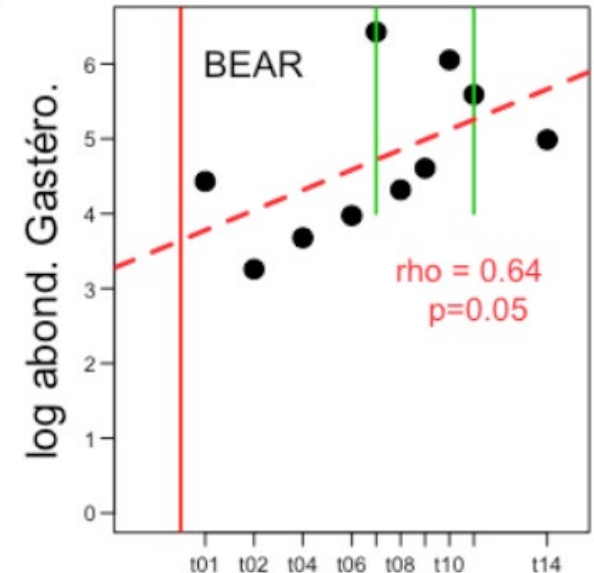
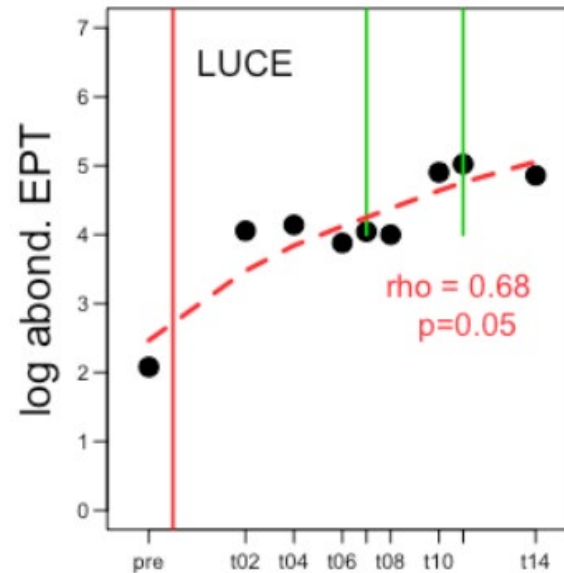
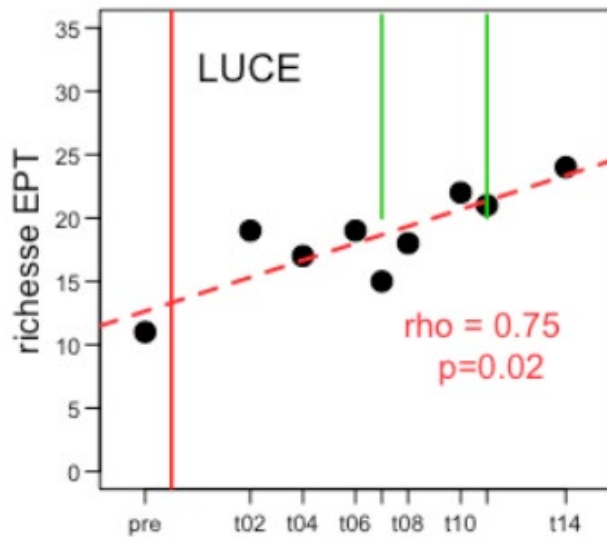
- Atterrissement indépendant du comblement par les sédiments
 - Baisse du niveau d'eau en lien avec l'incision d'un radier qui tenait la ligne d'eau

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)

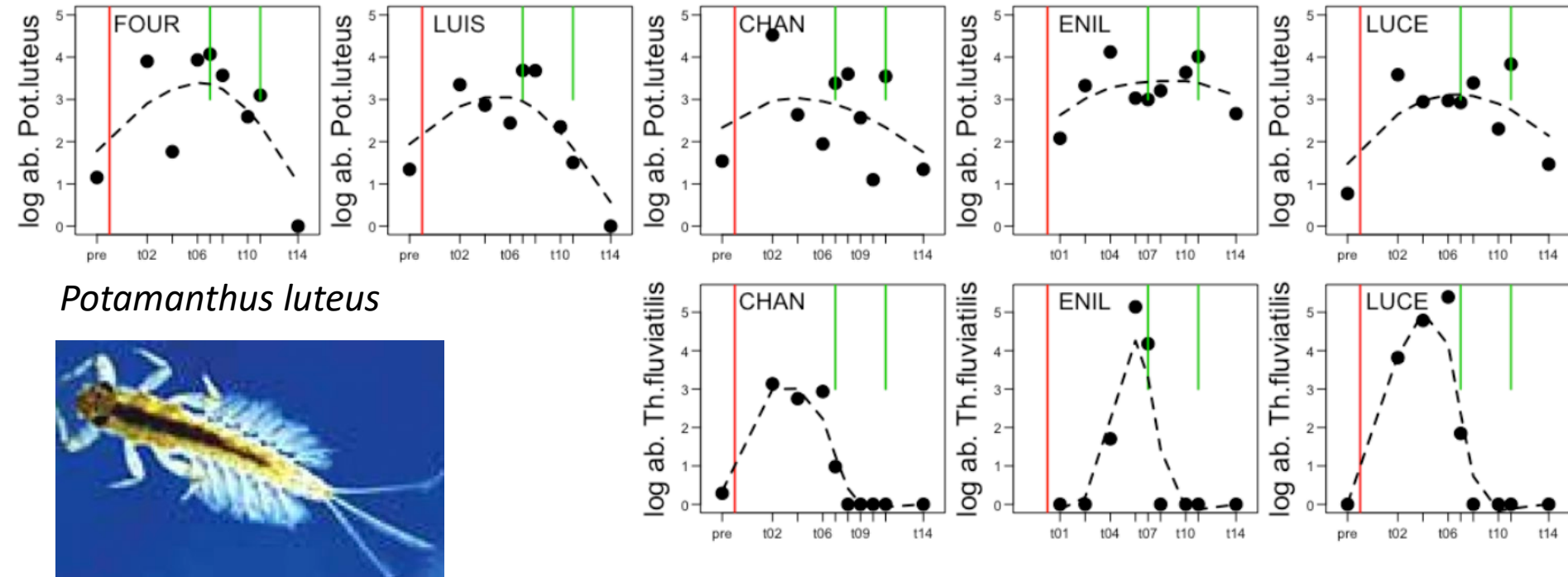


Insectes
EPT

Mollusques
gastéropodes



2. Que s'est-il passé ?



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

Theodoxus fluviatilis

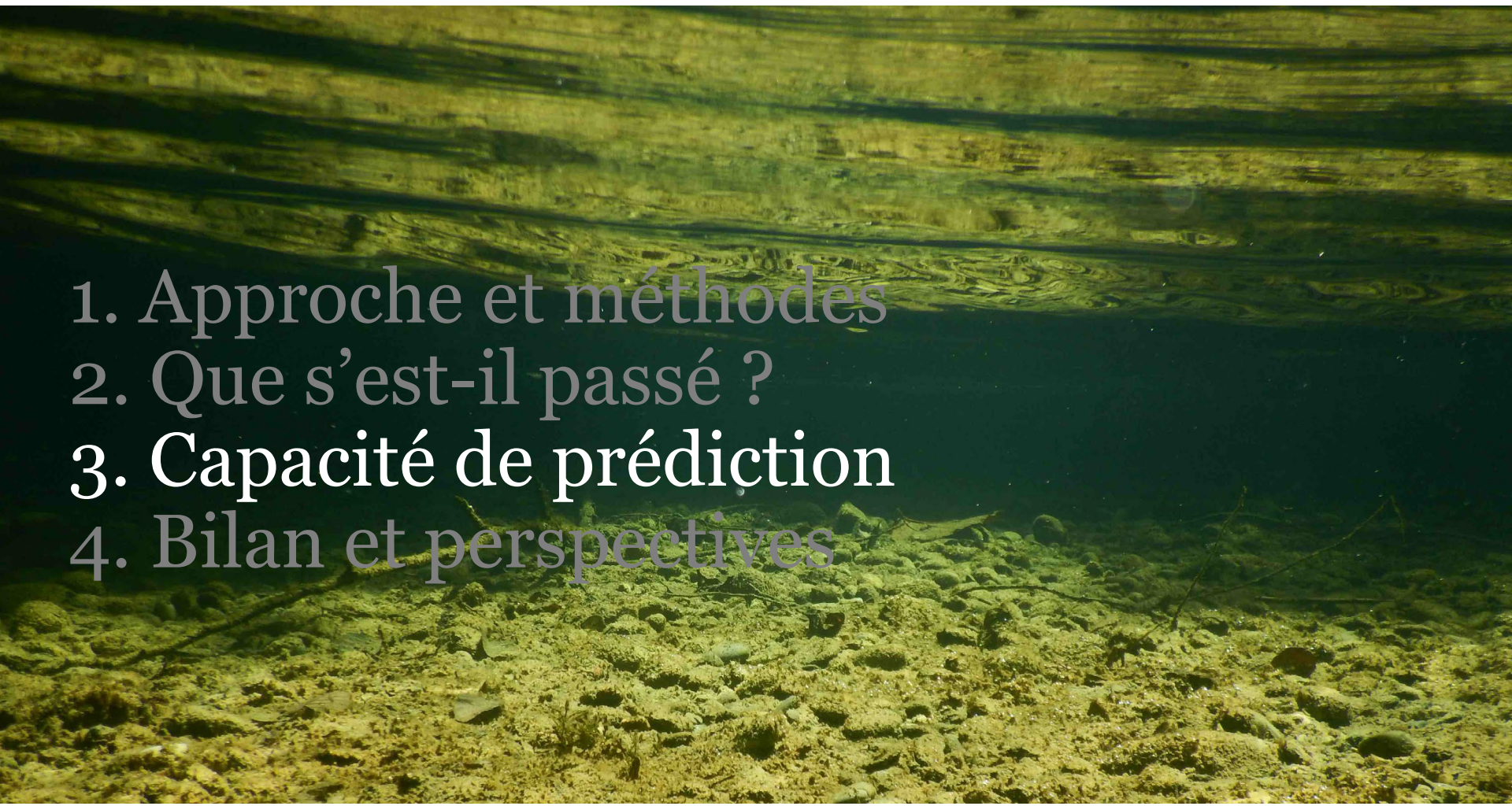


2. Que s'est-il passé ?

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, creating a greenish-yellow hue. Overlaid on the left side of the image is a list of four topics in a light gray font.
1. Approche et méthodes
 2. Que s'est-il passé ?
 3. Capacité de prédiction
 4. Bilan et perspectives

3. Capacité de prédiction

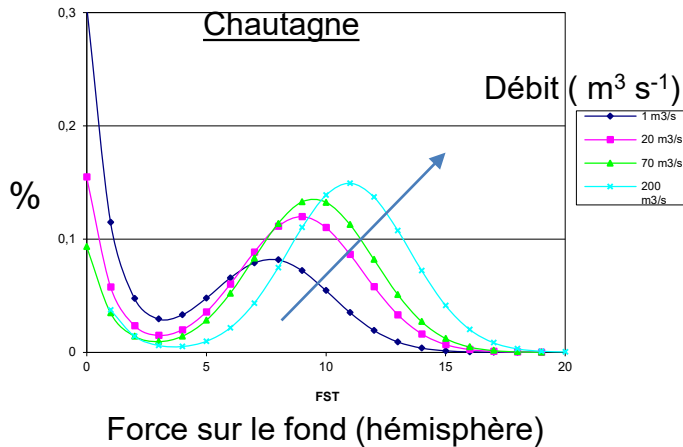
Approche prédictive : exemple du chenal

modèles hydrauliques

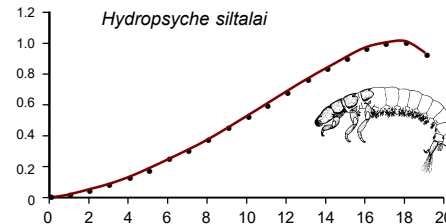


préférences des espèces pour les variables d'habitat « clefs »

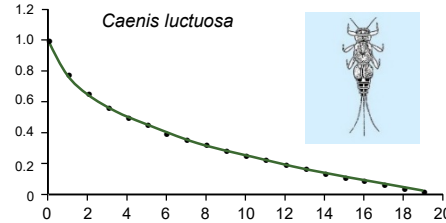
Prédiction des changements



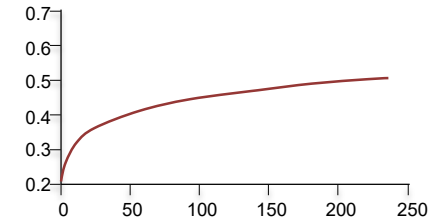
densité



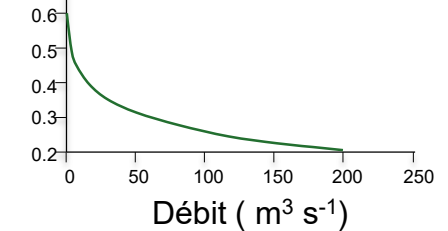
densité



densité



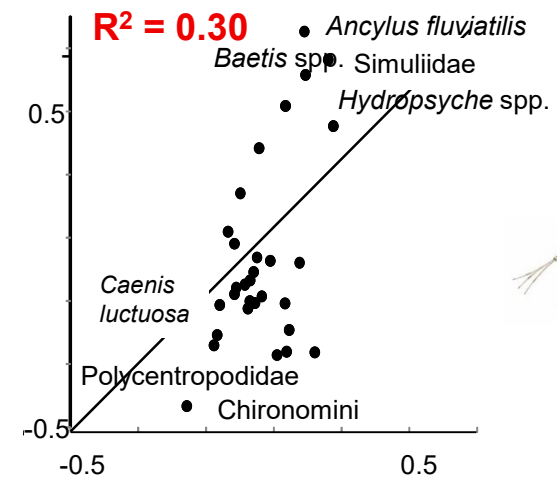
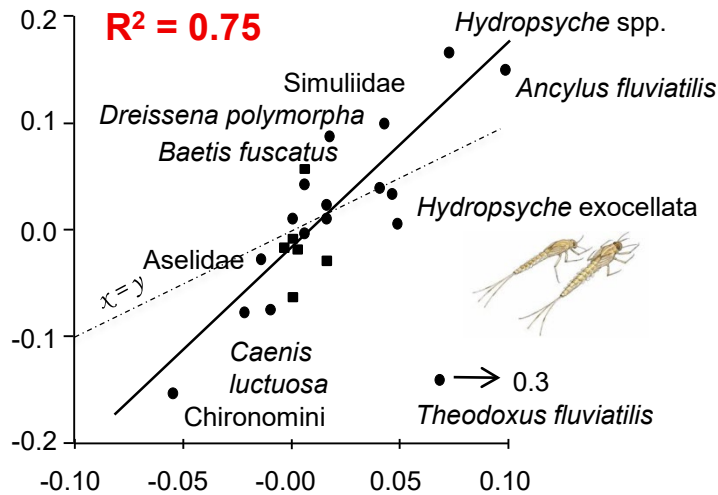
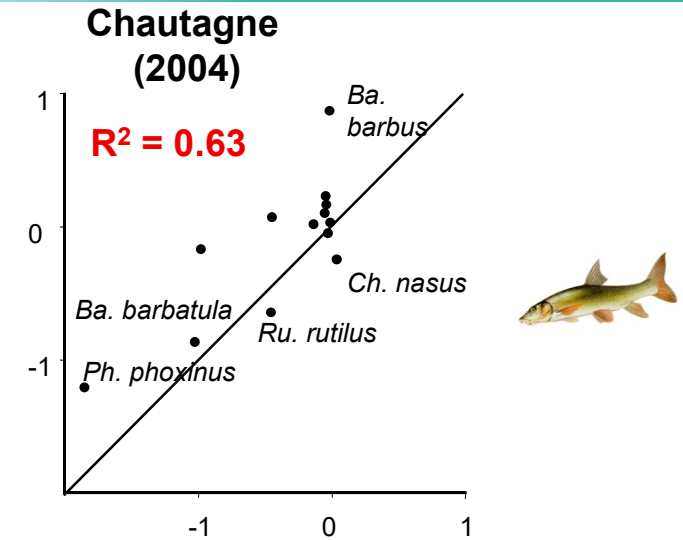
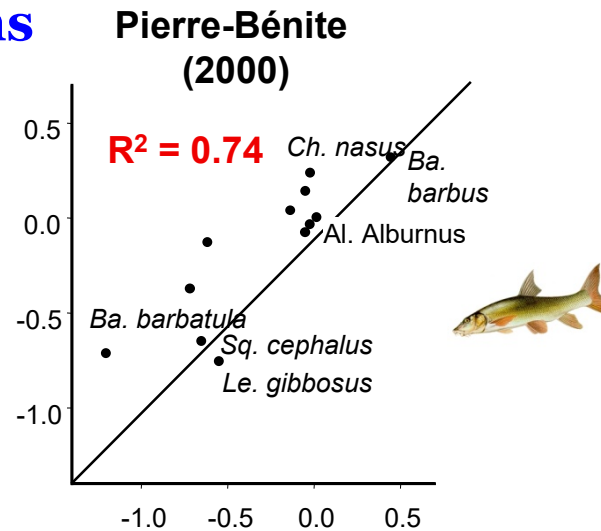
Débit ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)



3. Capacité de prédiction

Des prédictions validées : exemple du chenal

Observations Δ densités (log)



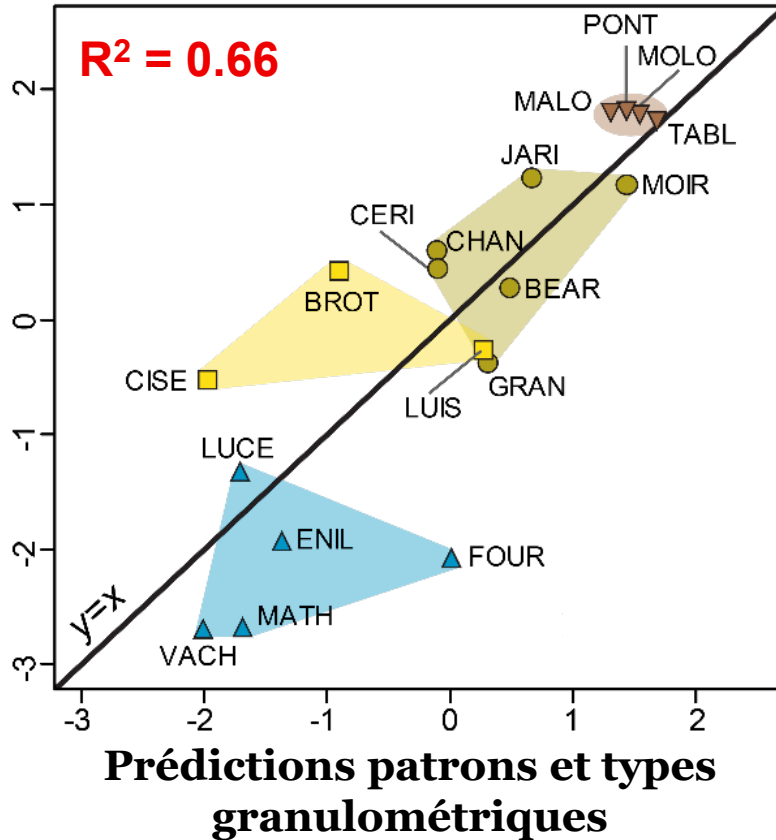
Prédictions Δ densités (log)
(modèles d'habitat)

3. Capacité de prédiction

Typologie des conditions granulométriques de surface

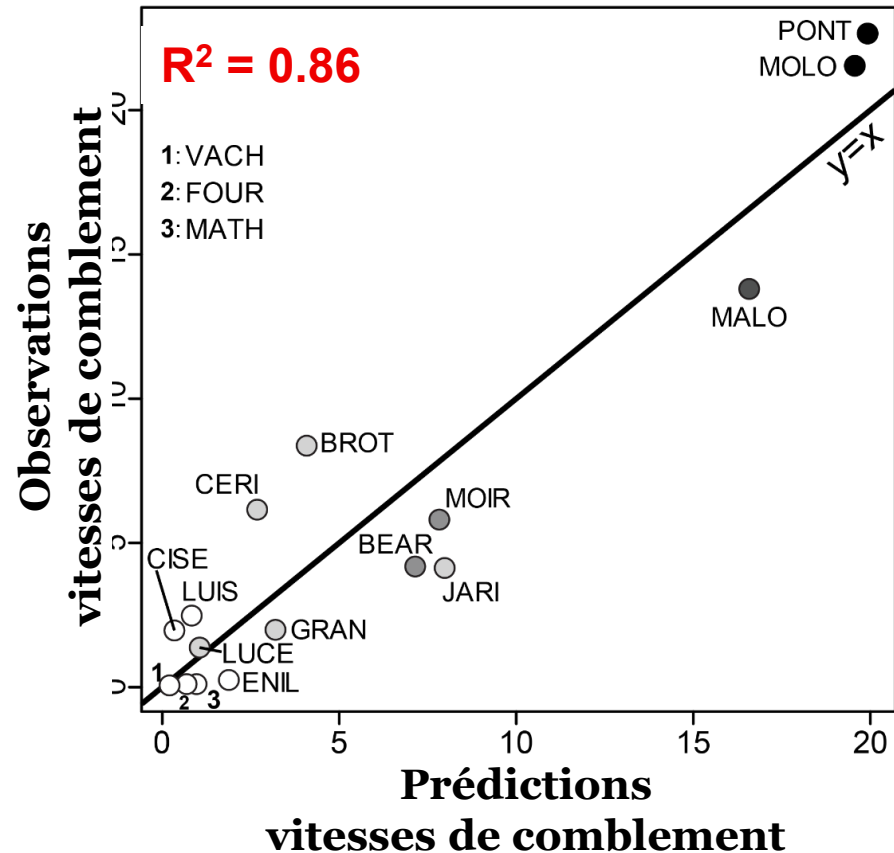
- ▲ Type 1
- Type 2
- Type 3
- ▼ Type 4

Observations patrons et types granulométriques



Durée de vie potentielle

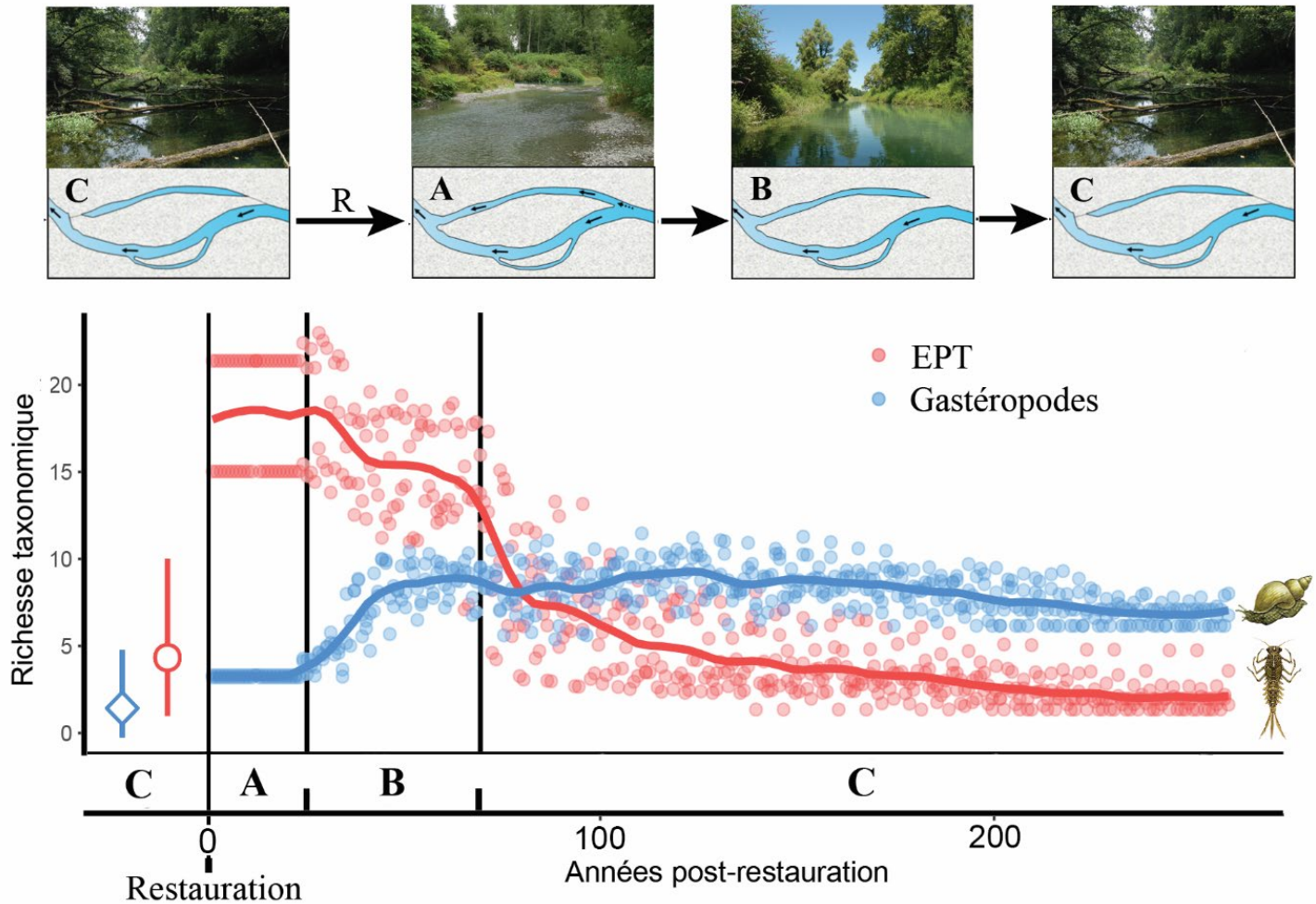
- Infinie
- > 100 ans
- ca. 3 à 8 décennies
- ca. 4 à 6 décennies
- ca. 2 à 3 décennies



**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

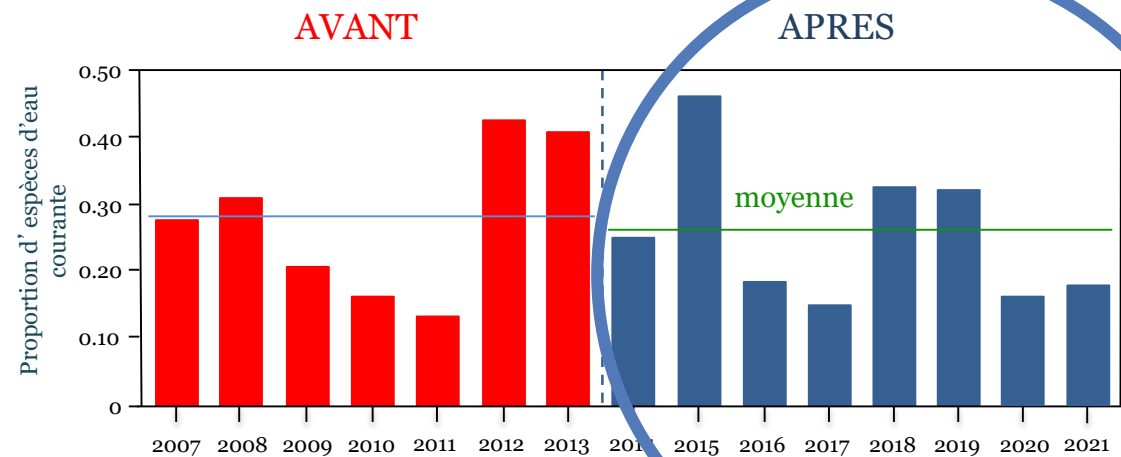
4. Bilan et perspectives

- 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** »

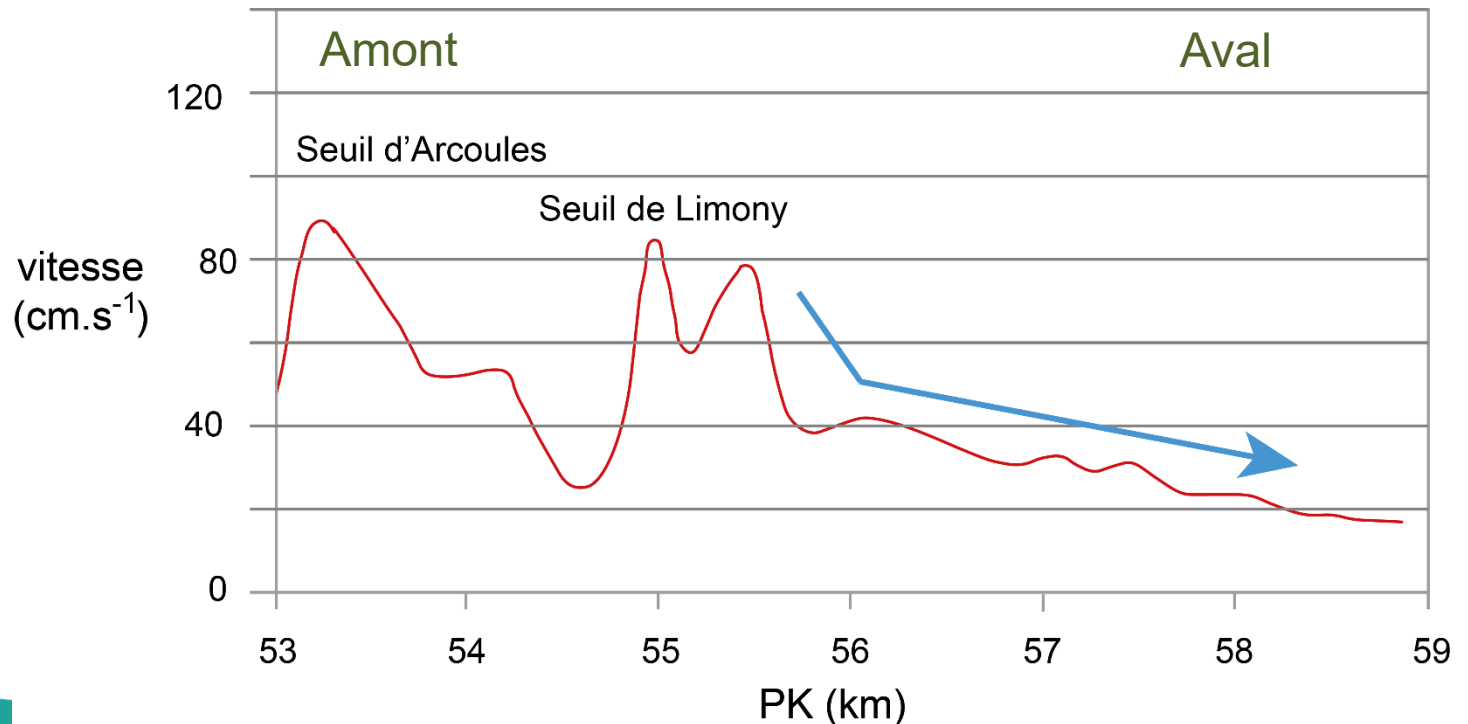
4. Bilan et perspectives

1) Réponses modérées ou inexistantes...

Péage-de-Roussillon
% poissons
d'eaux courantes



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

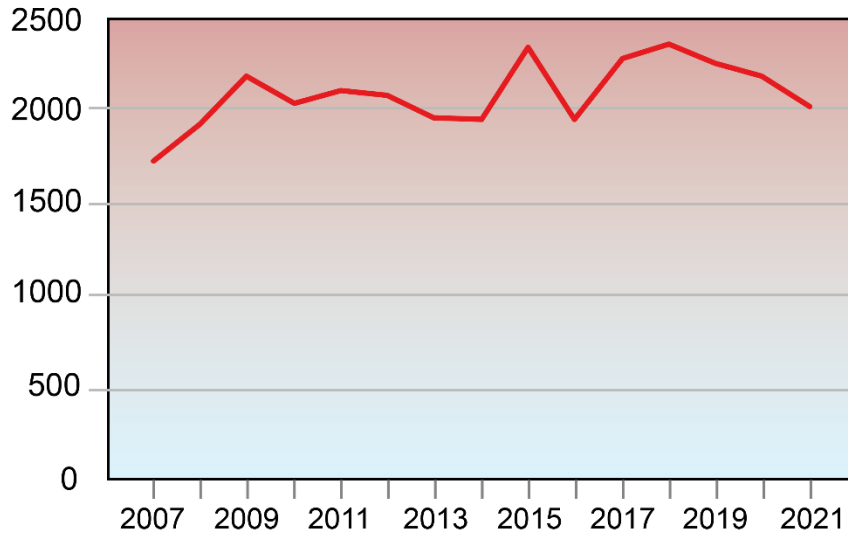


Répartition longitudinale de la vitesse moyenne de l'écoulement dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon au débit de 100 m³/s

Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon

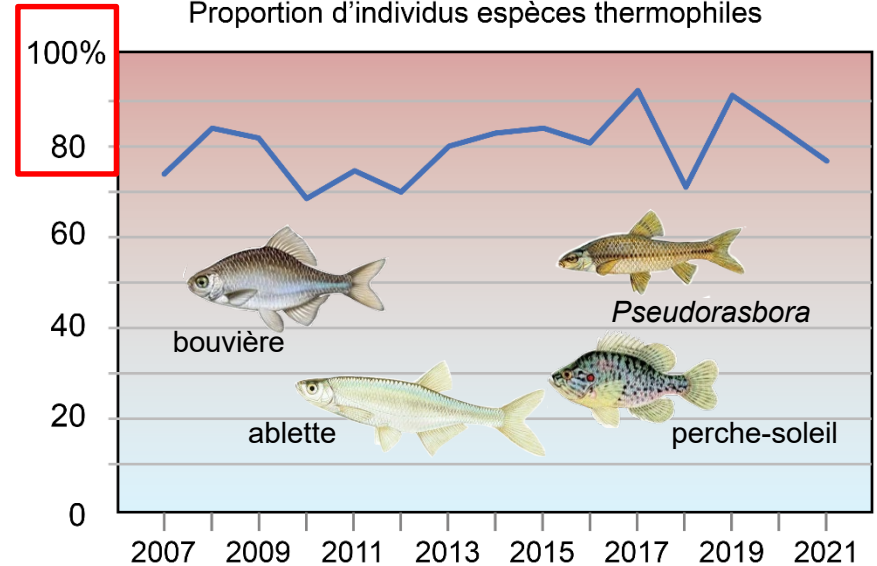
Température

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

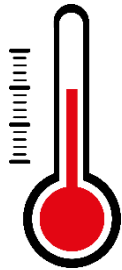


Peuplement de poissons

Proportion d'individus espèces thermophiles



Thermie



silure

Forte proportion d'espèces thermophiles*

* Daufresne, 2008

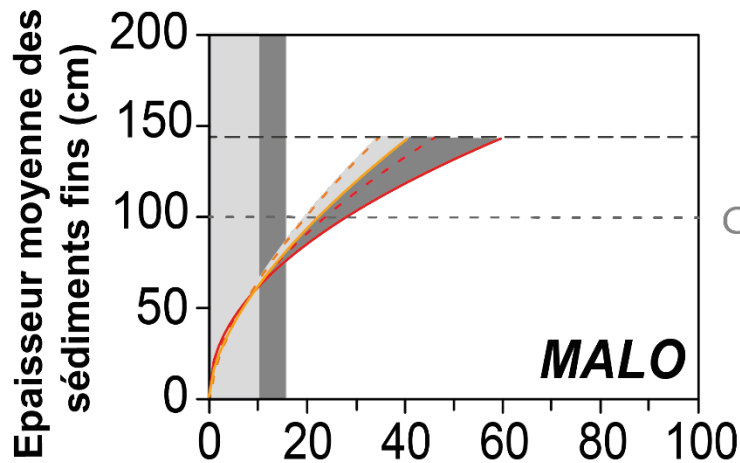
4. Bilan et perspectives

2) Intérêt des suivis long terme :

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

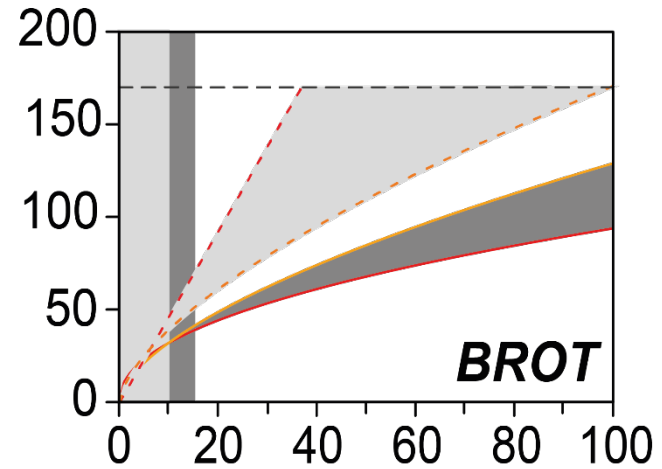
Changements physiques dans les bras restaurés

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

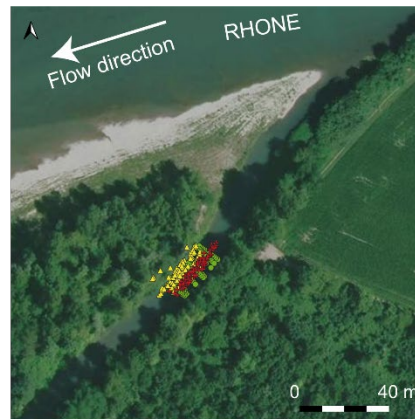
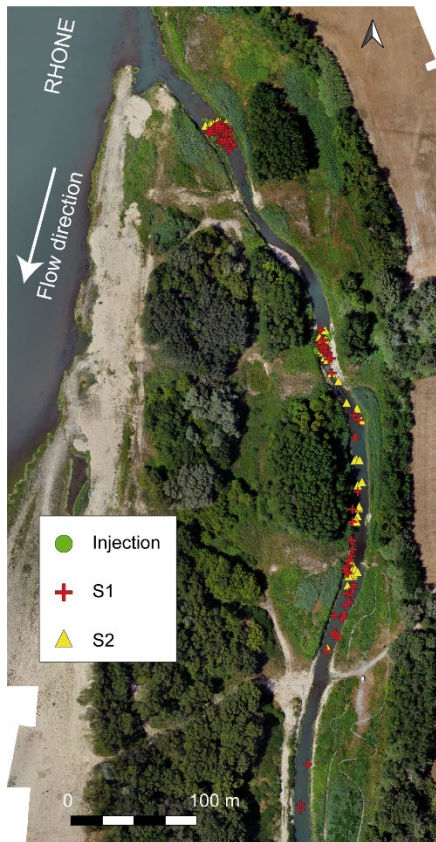


- Intégration des processus érosifs

- 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

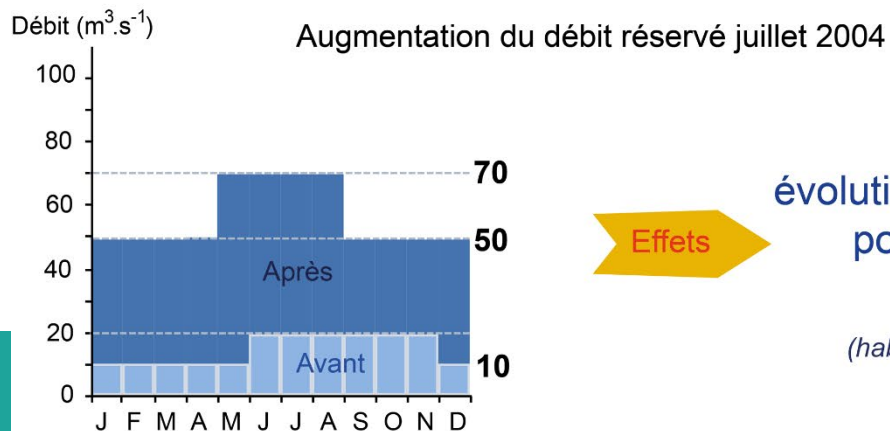


- mise en place de galets équipés de transpondeurs RFID (Radio Frequency Identification) passifs
- mesure des distances de déplacement des galets
- estimation des débits seuils de cette mise en mouvement
- caractérisation des trajectoires évolutives et de l'évolution des conditions d'habitat de ces bras.



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



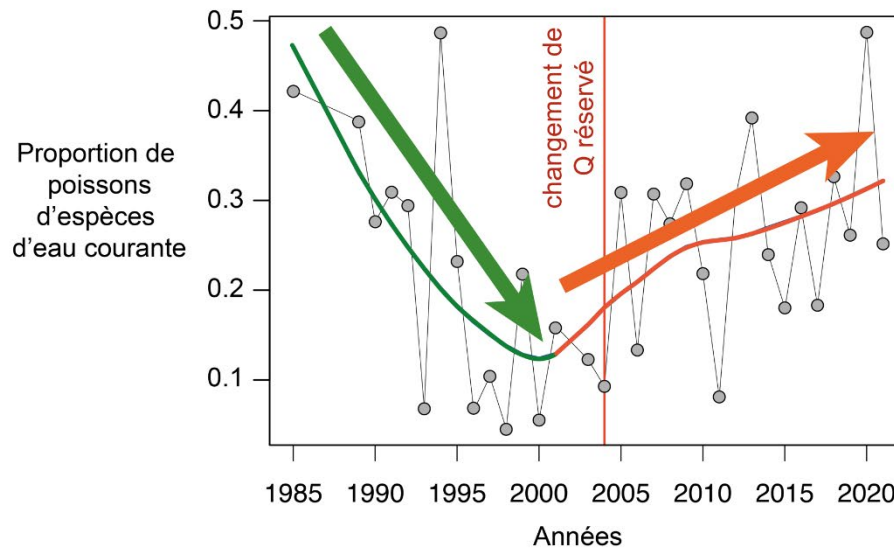
Vandoise

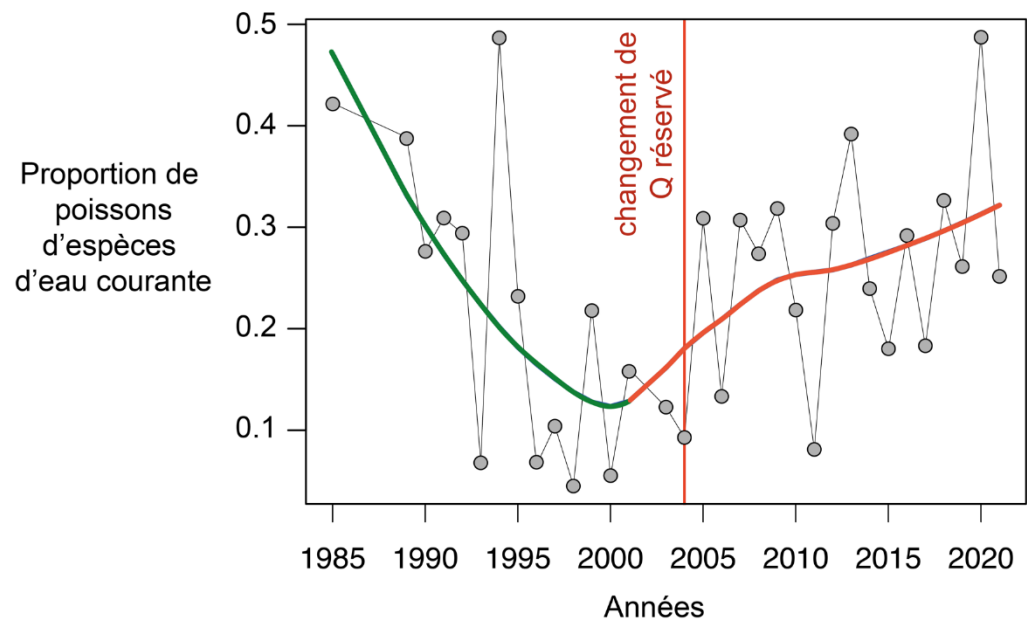
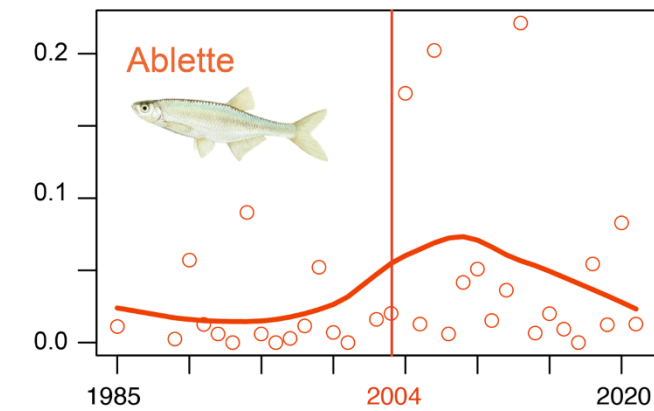
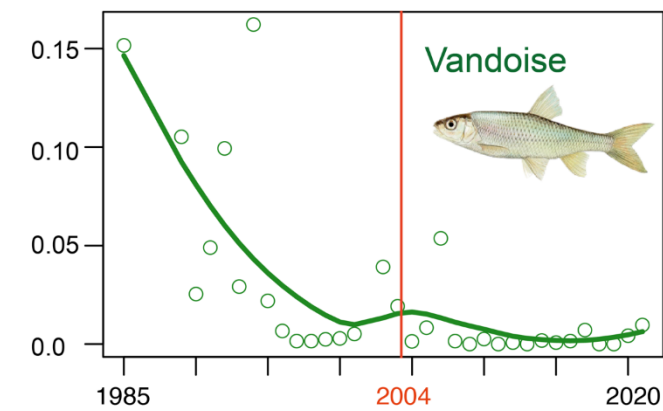
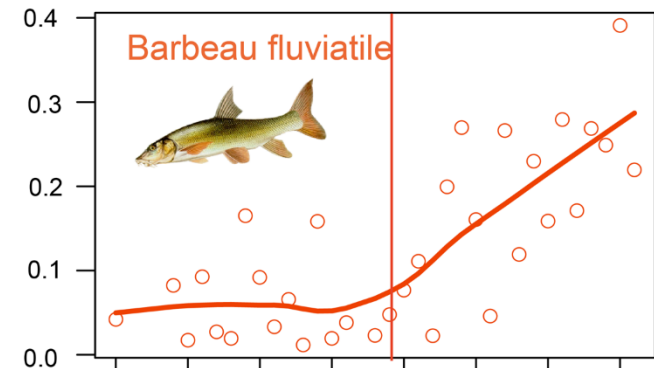
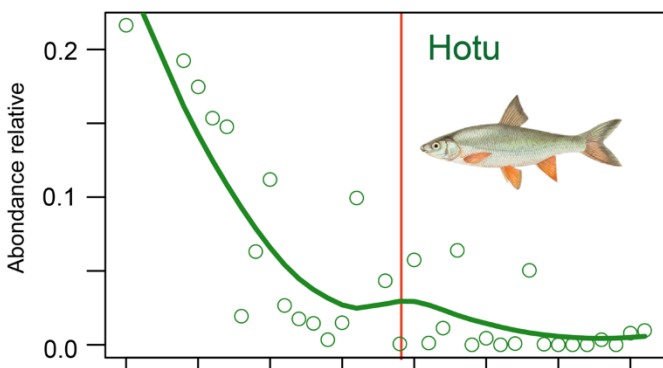


Ombre commun

Évolution des communautés aquatiques

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



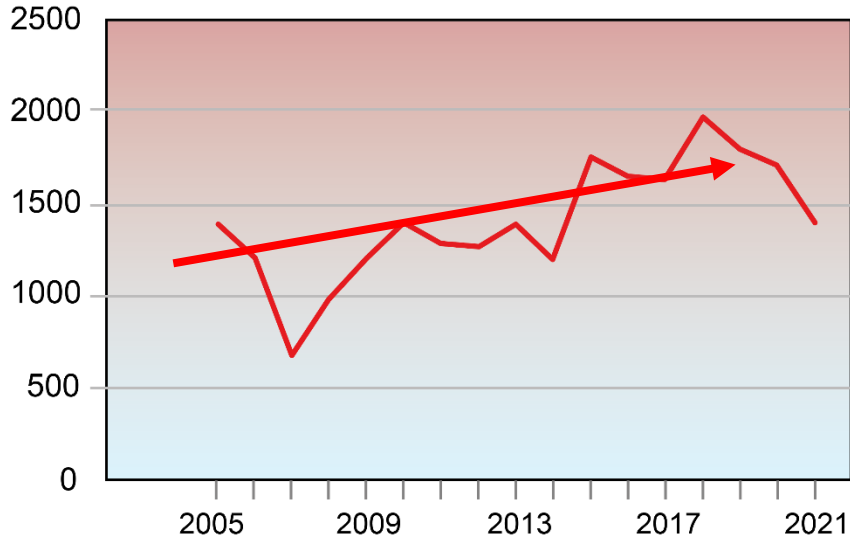


Evolution en lien avec le changement climatique

Vieux-Rhône de Belley

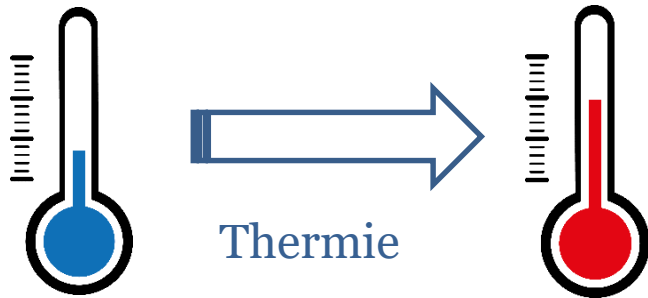
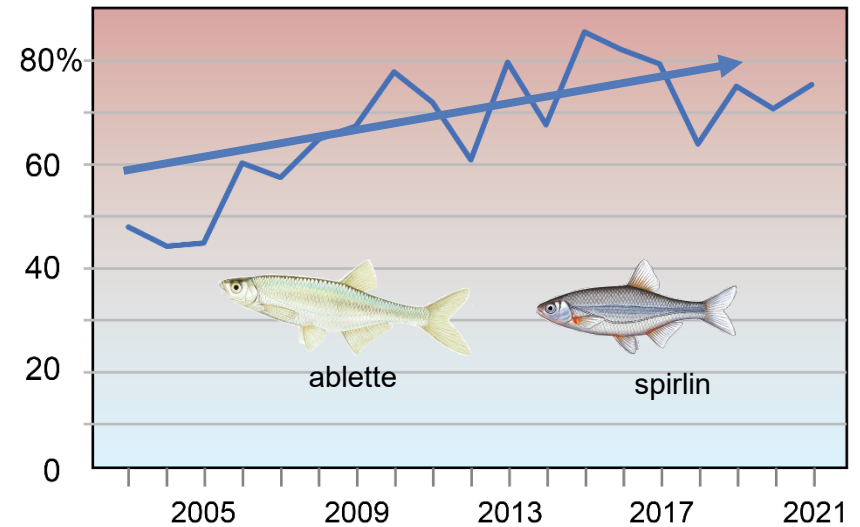
Température

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



Peuplement de poissons

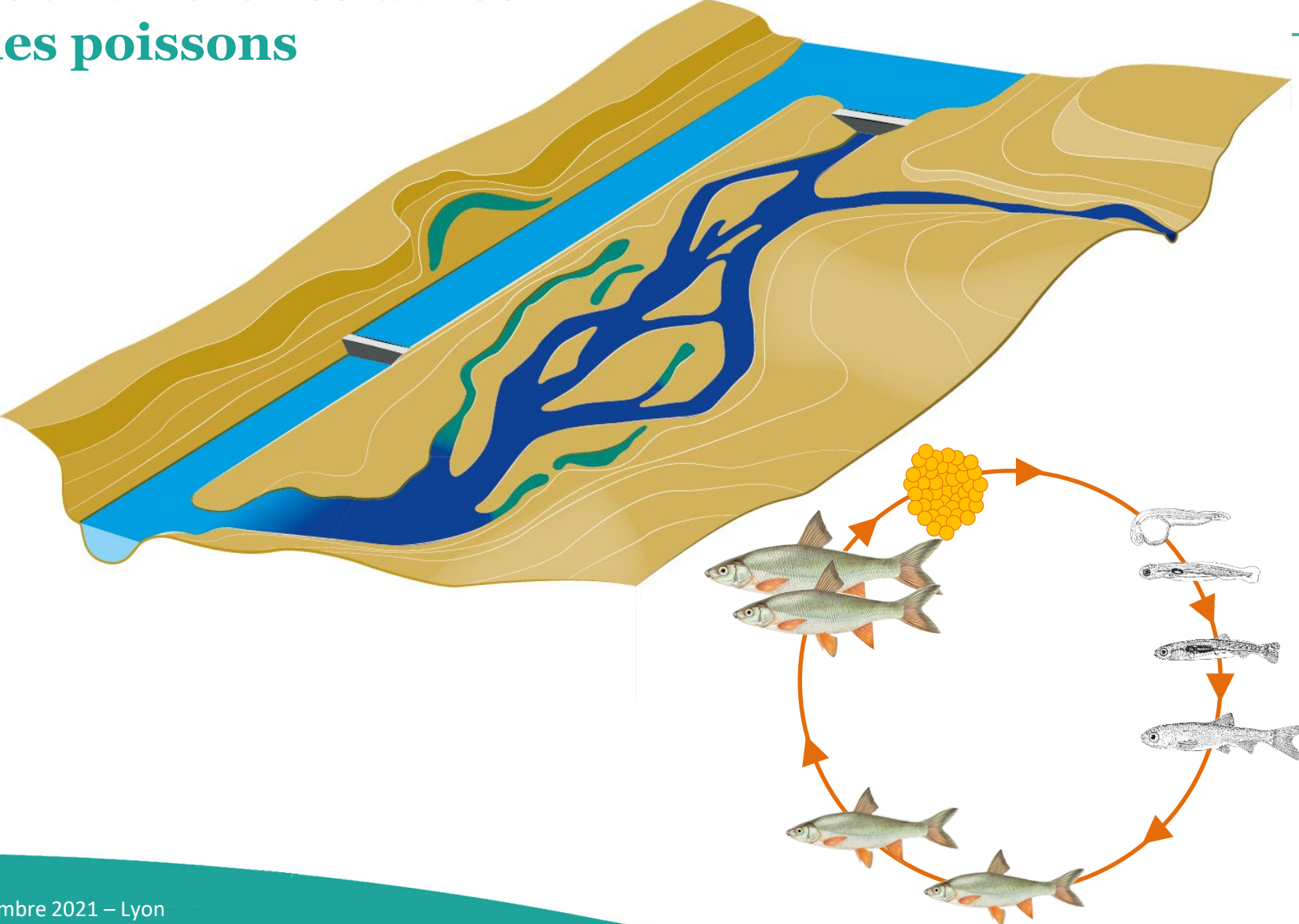
Proportion d'individus espèces thermophiles

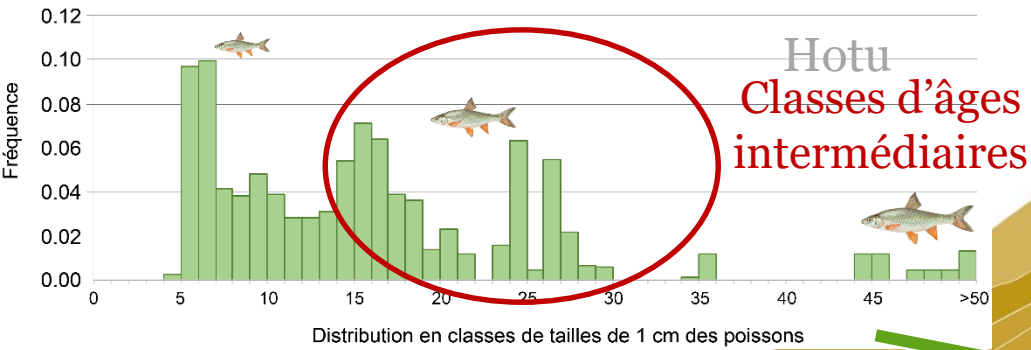


4. Bilan et perspectives

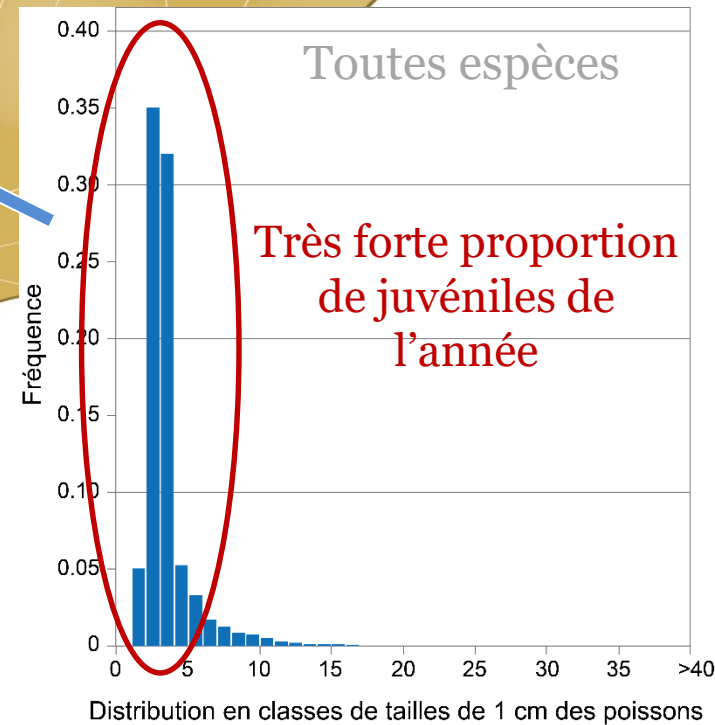
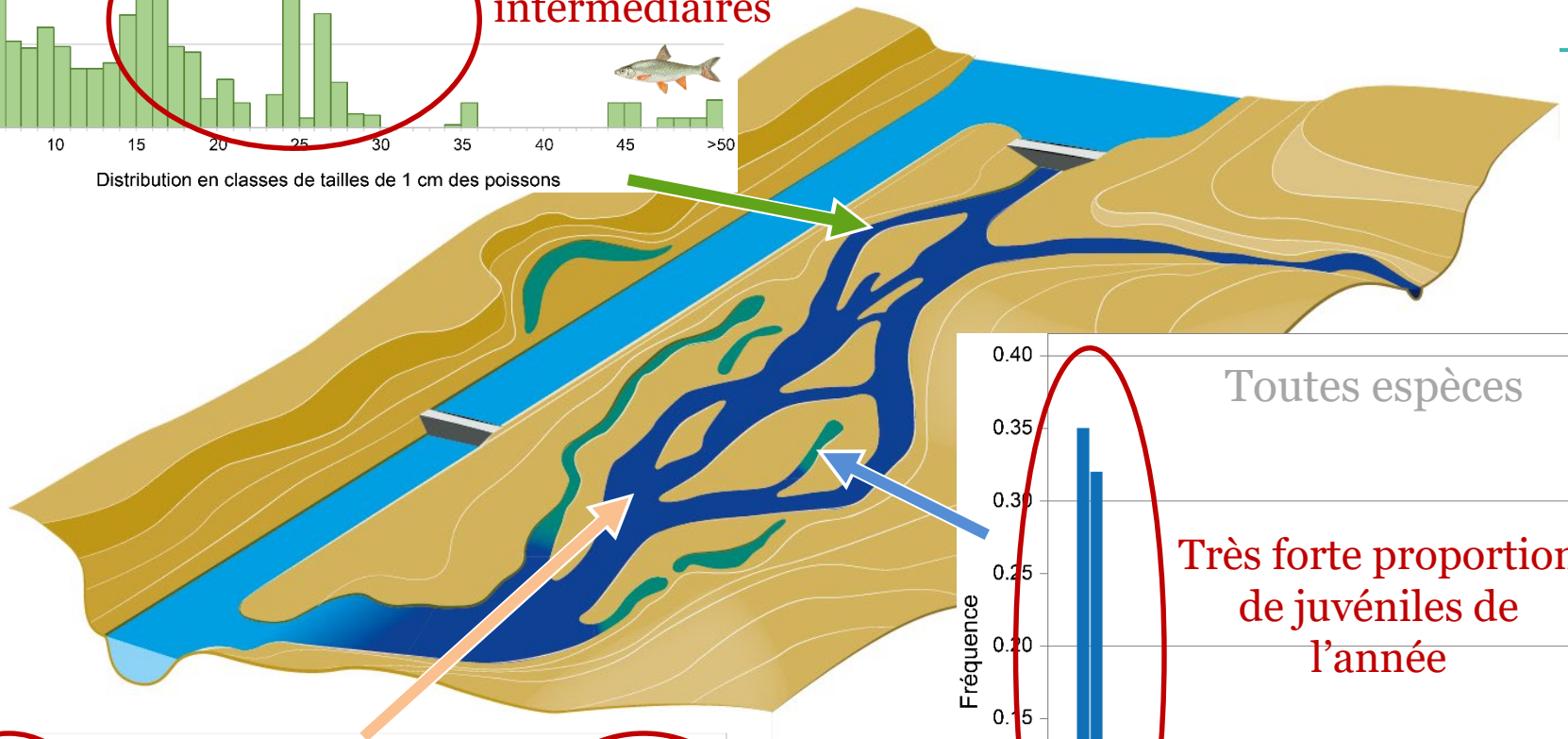
3) Nécessité de comprendre les effets des procédures de restauration à l'échelle des plaines alluviales

Occupation des habitats dans la plaine alluviale restaurée Cas des poissons





Chenal principal, bras secondaires et lônes



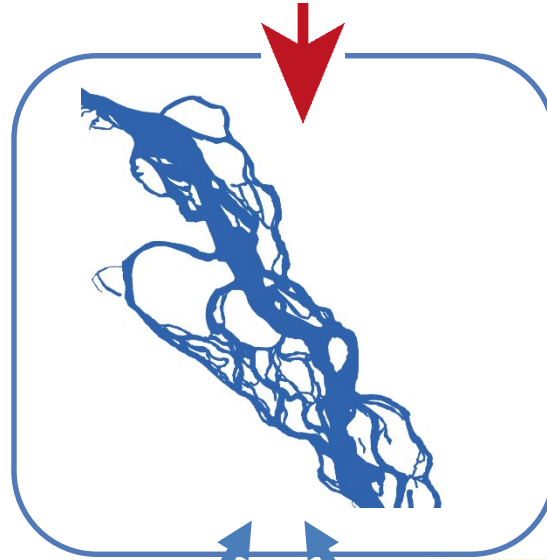
4. Bilan et perspectives

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

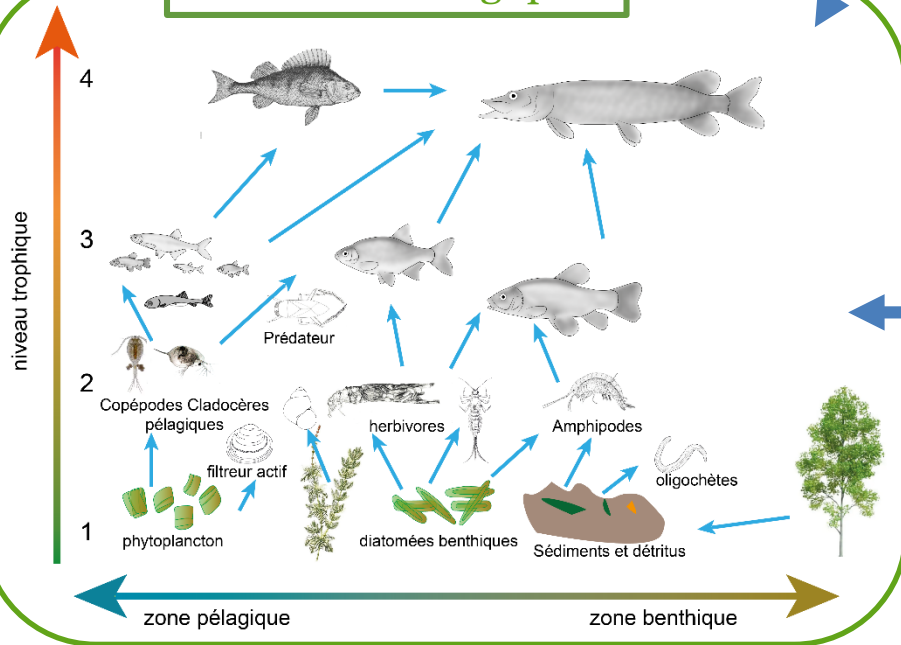
Étude fonctionnelle de l'hydrosystème restauré

Flux d'eau et de sédiments

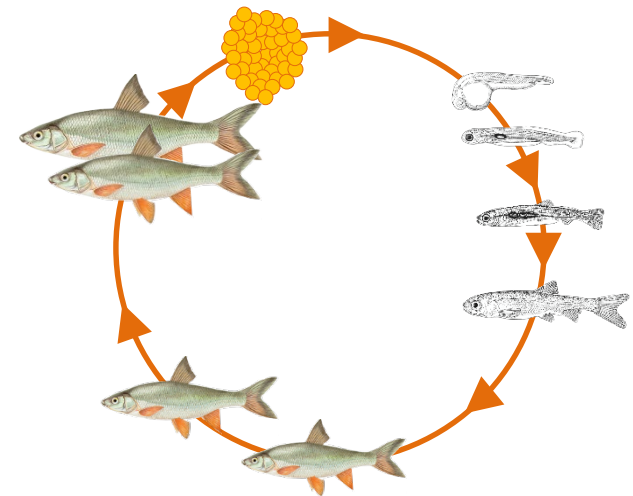
Structure de l'écosystème



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

