

# 1<sup>ères</sup> Rencontres de l'Observatoire des EnR et de la Biodiversité

*Vers une transition énergétique en harmonie avec la biodiversité, les sols et les paysages*

## Principaux impacts écologiques engendrés par les aménagements hydroélectriques et solutions pour les atténuer

*Pierre Sagnes, Dominique Courret, Olivier Mercier, Sylvain Richard & Sylvie Tomanova*  
*Office Français de la Biodiversité – Pôle R&D écohydraulique OFB-IMFT-Pprime*



Pôle de recherche et développement en écohydraulique



## Besoins écologiques

## Sommaire

## Impacts des aménagements

### Aval

Modifications hydromorphologiques  
Modifications physico-chimiques  
Déficit sédiments grossiers  
Colmatage lors des vidanges

### Ouvrage

Obstacle aux migrations

### Amont

Modifications habitats aquatiques  
Modifications physico-chimiques  
Evaporation  
Production de GES  
Piégeage des sédiments

Impacts + ou – importants en fonction de la taille de l'ouvrage, de sa gestion, de la présence d'un tronçon court-circuité, de sa longueur, ...

**Solutions**



# Habitats : besoins écologiques

Amont



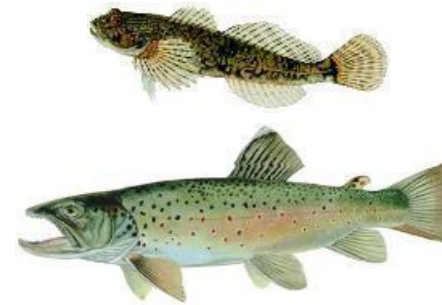
Aval

Faune et flore  
(ex : poissons)  
nécessitent

des habitats  
variés

et

inter-  
connectés

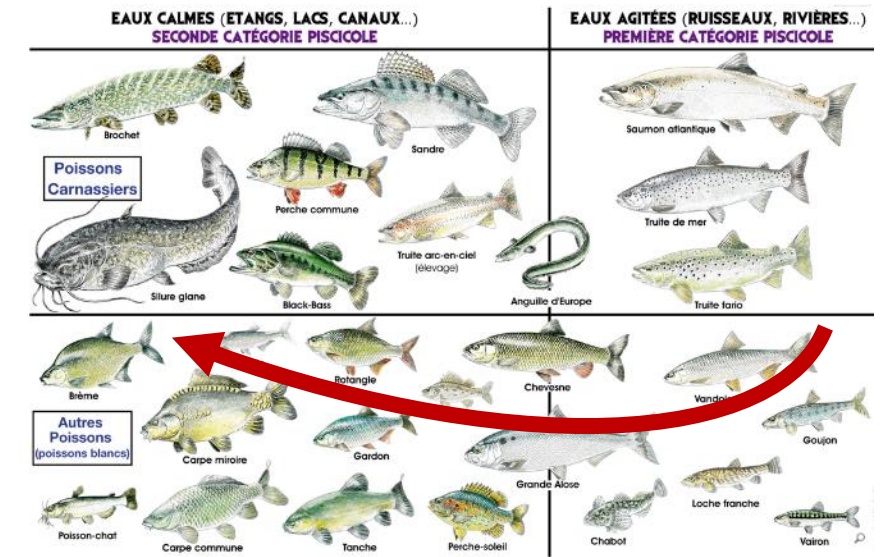




# Habitats : **impacts des aménagements**

## Habitats amont

Une retenue crée des **habitats plus lents et plus profonds, aux caractéristiques physico-chimiques différentes moins adaptées (voire inadaptées)** aux exigences des espèces locales, ce qui entraîne une modification des communautés faunistiques et floristiques



<https://morbihan.federationpeche.fr/769-decouvrir-les-poissons.htm>



*Petit affluent de la Drôme*



*Barrage de Serre-Ponçon (Durance)*



*Avant/après le dérasement du seuil Pasteur (commune d'Hirson)  
(©EPTB entente Oise-Aisne et Agence de l'Eau Seine Normandie)*

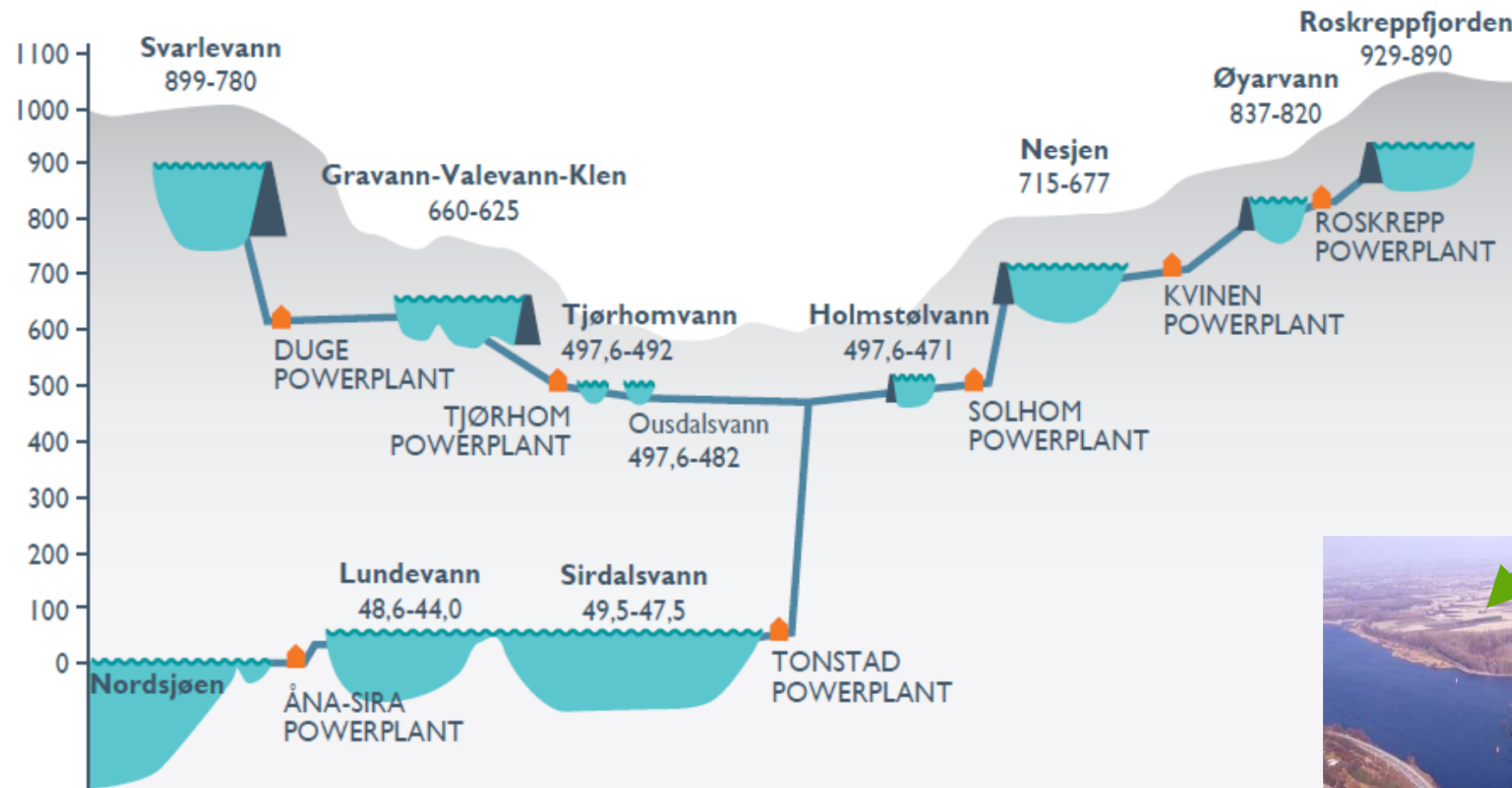


# Habitats : **impacts des aménagements**

## Habitats amont

Le **gradient longitudinal naturel** peut être **profondément modifié**

Gradient amont-aval naturel



Complexe hydroélectrique de Sira-Kvina en Norvège

(source: Handbook for environmental design in regulated salmon rivers, Forseth T. & Harby A. Eds., NINA Special Report 53, 2014)





# Impacts sur les habitats : solutions

## Habitats amont

**Problème important** car seules solutions = **arasement partiel ou destruction** de l'ouvrage



Ancien barrage de Poutès  
(Allier) : 18 m



Etude sur modèle réduit (© EDF)



Nouveau barrage de Poutès : 7 m  
(clapets ouverts)



- Ancienne retenue (L = 3,5 km)
- Nouvelle retenue (L = 1,0 km)

→ Reconquête d'habitats courants



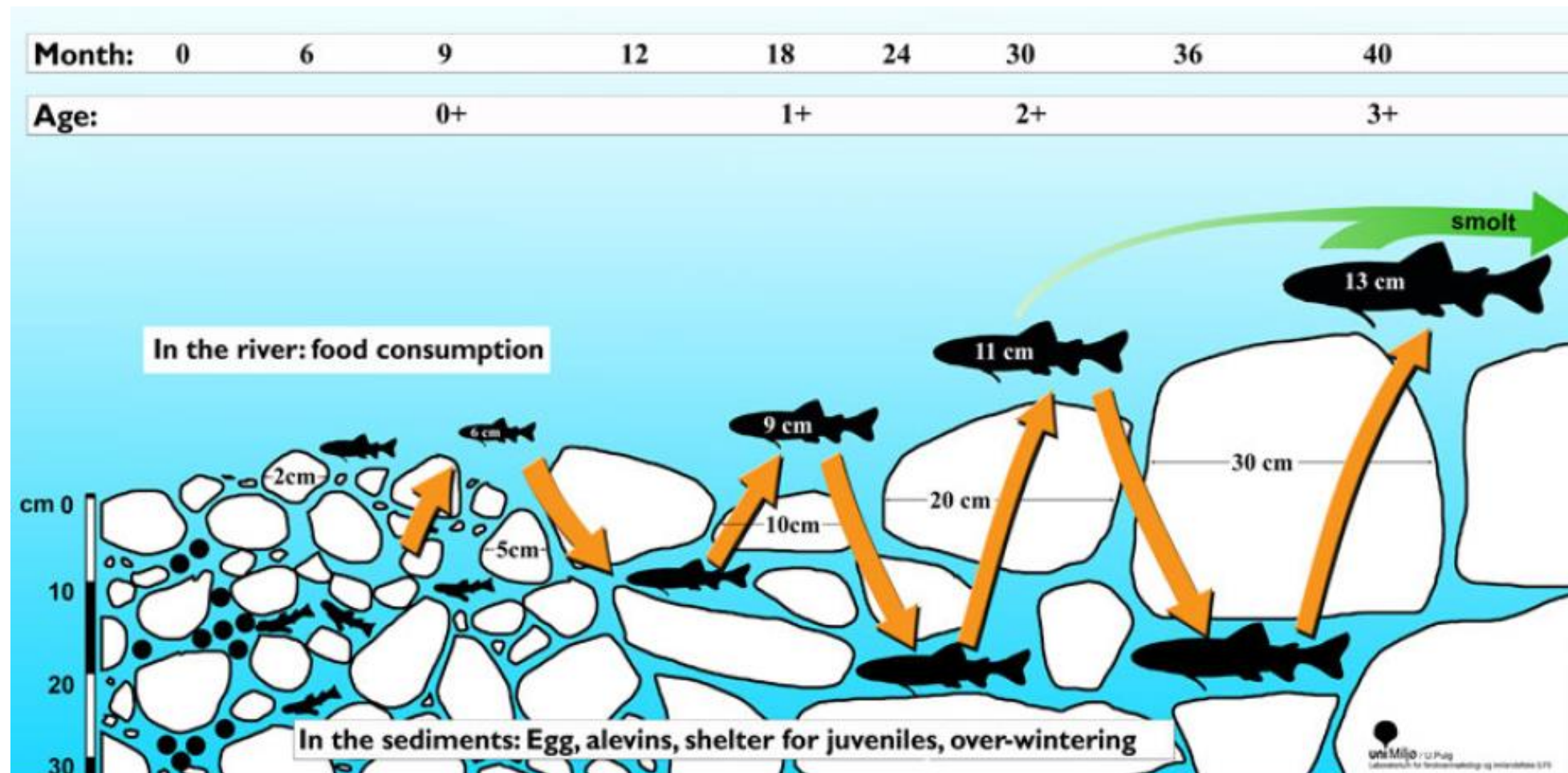
# Transit sédimentaire : besoins écologiques

Faune et flore nécessitent une mosaïque d'habitats et notamment **différents types de sédiments**



<http://flickrhivemind.net/Tags/barbel/Timeline>

Reproduction du  
barbeau fluviatile

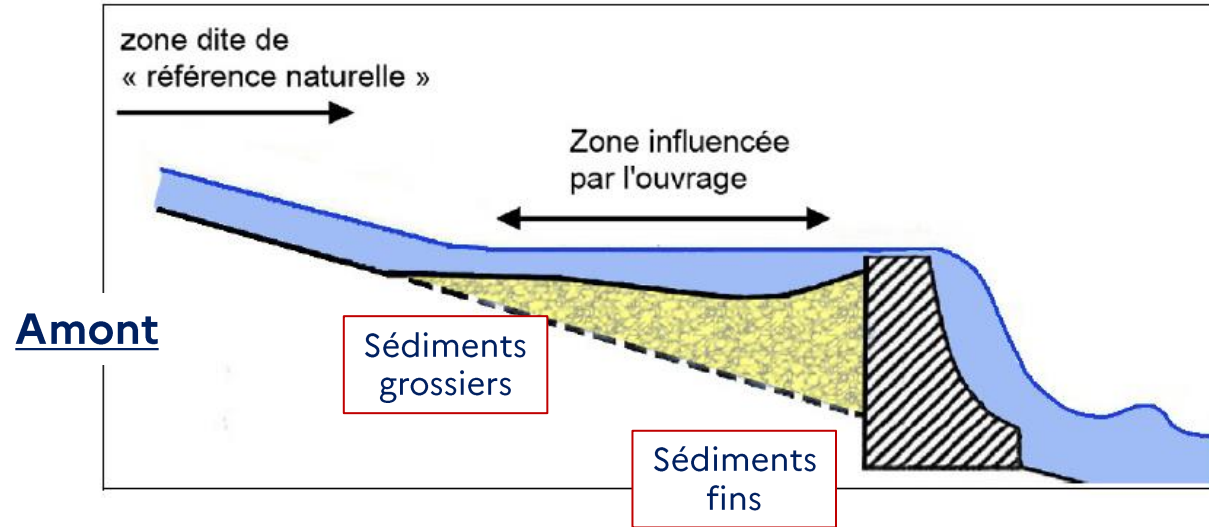


Exploitation des sédiments par les saumons juvéniles au cours de leur développement

(source : Handbook for environmental design in regulated salmon rivers, Forseth T. & Harby A. Eds., NINA Special Report 53, 2014)

# Transit sédimentaire : **impacts des aménagements**

Les **sédiments** sont **piégés et triés**  
à l'amont des plus grands ouvrages,



Amont

Aval

des **ajustements géomorphologiques**  
peuvent être observés à l'aval



© Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale (Liège, Belgium)

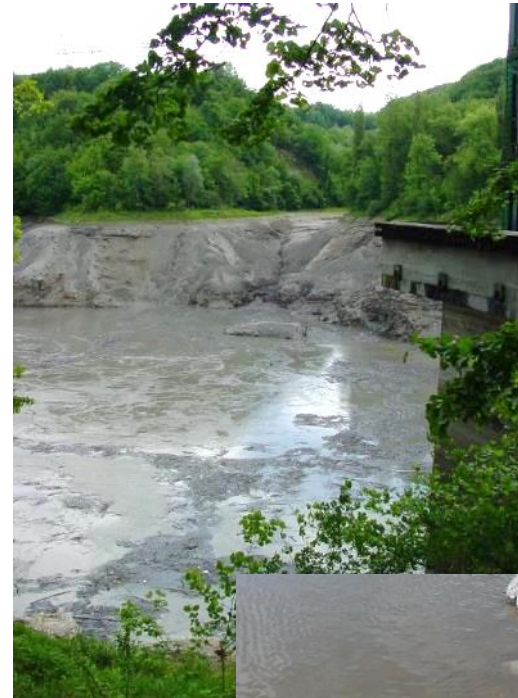


# Transit sédimentaire : **impacts des aménagements**

A l'aval, les **habitats** peuvent être **colmatés** lors des opérations d'évacuation des sédiments



*Amont du barrage de Génissiat lors d'une opération de chasse sédimentaire (Rhône, 2000)*



*Habitats à l'aval après une vidange du barrage de Poutès (Allier, 2019)*



# Impacts sur le transit sédimentaire : solutions

Pour éviter/minimiser cet impact,  
les barrages peuvent être ouverts avant/pendant les épisodes de crues



*Ouverture des vannes du barrage de Villerest (Loire, 2024, © Le Progrès)*



# Impacts sur le transit sédimentaire : solutions

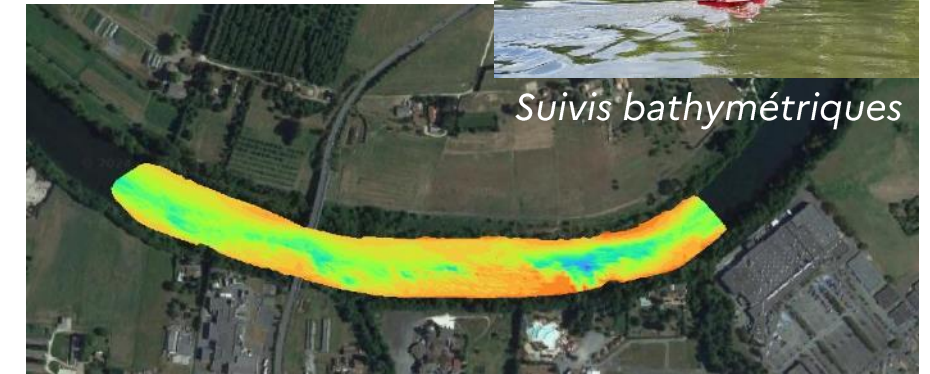
Dans les secteurs en déficit, des **sédiments** peuvent être **réinjectés**, notamment pour restaurer certains habitats



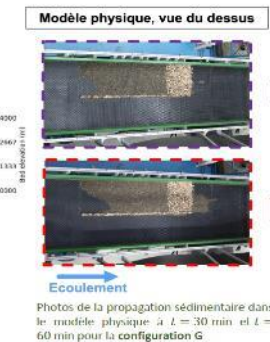
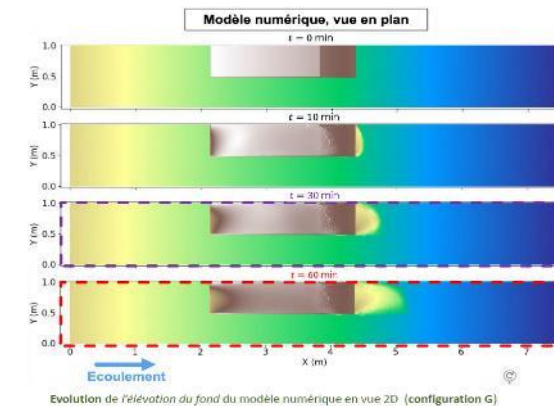
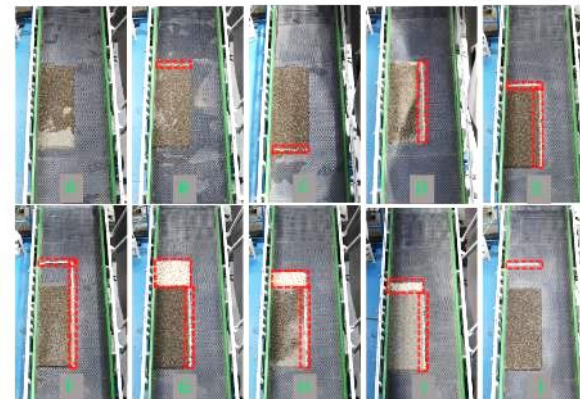
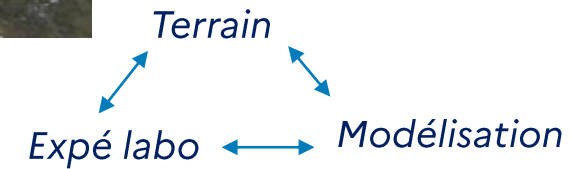
Frayères à Salmonidés sur un site aménagé sur la Dordogne



Dépôt de sédiments



Suivis bathymétriques





Les espèces aquatiques ont... **besoin d'eau !... au bon moment...**



*Tronçon court-circuité de Pierre Bénite (Rhône) avant (gauche, 1996) et après (droite, 2002) augmentation du débit réservé*



*Variation de débit à l'aval d'un aménagement fonctionnant par éclusées (Autriche)*

Cf. présentations  
de S. Richard & de V. Gouraud

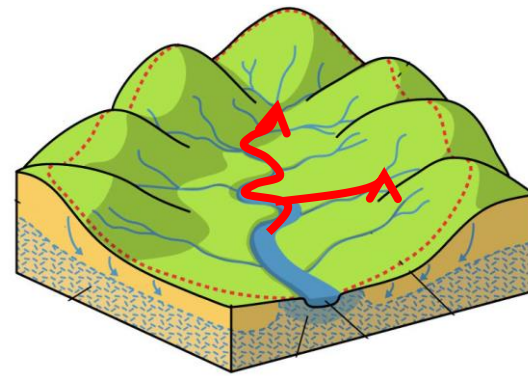


# Continuité biologique : **besoins**

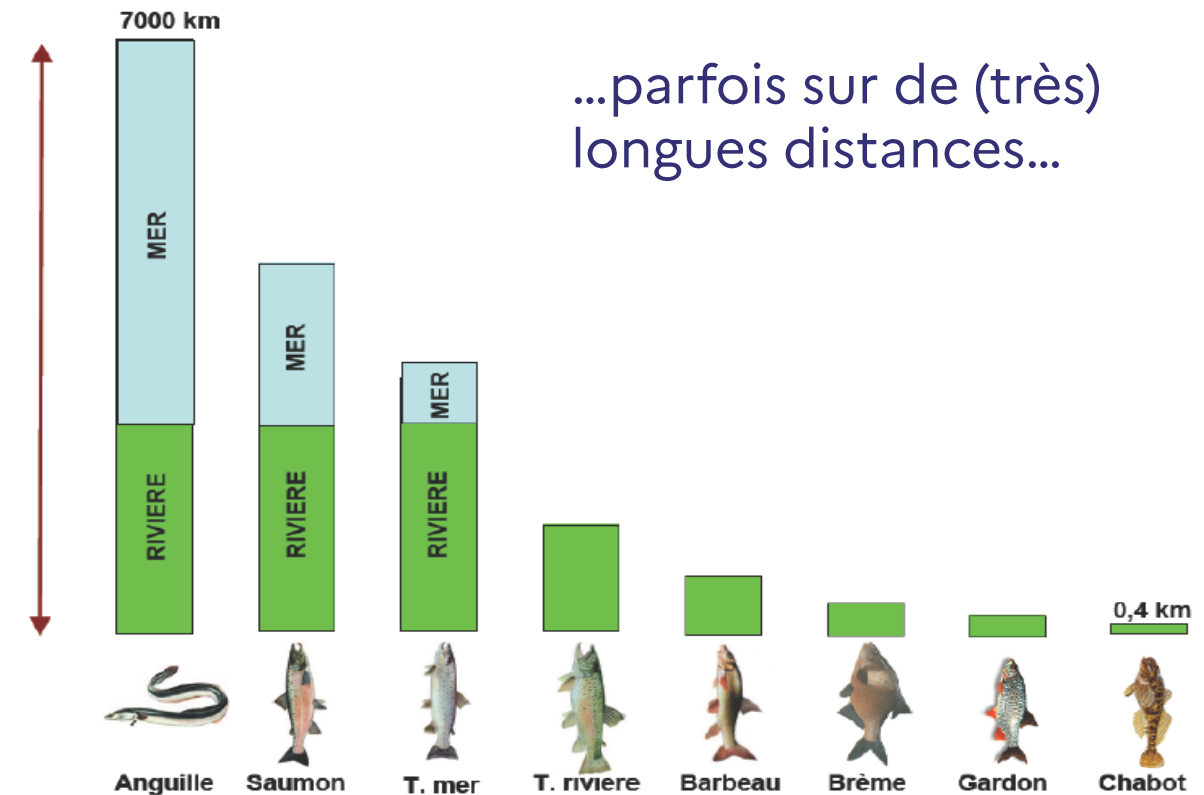
Les poissons doivent **se déplacer pour assurer leurs besoins vitaux**, entre des habitats de nutrition, de repos, de reproduction, de refuges...



*Mouvements journaliers d'une truite*  
(source : Ovidio et al., 2007)



*Mouvements saisonniers à plus large échelle (reproduction, refuge thermique...)*



# Continuité biologique : **impacts des aménagements**

Les poissons sont **arrêtés ou perdent du temps** à franchir les ouvrages.  
A la montaison :

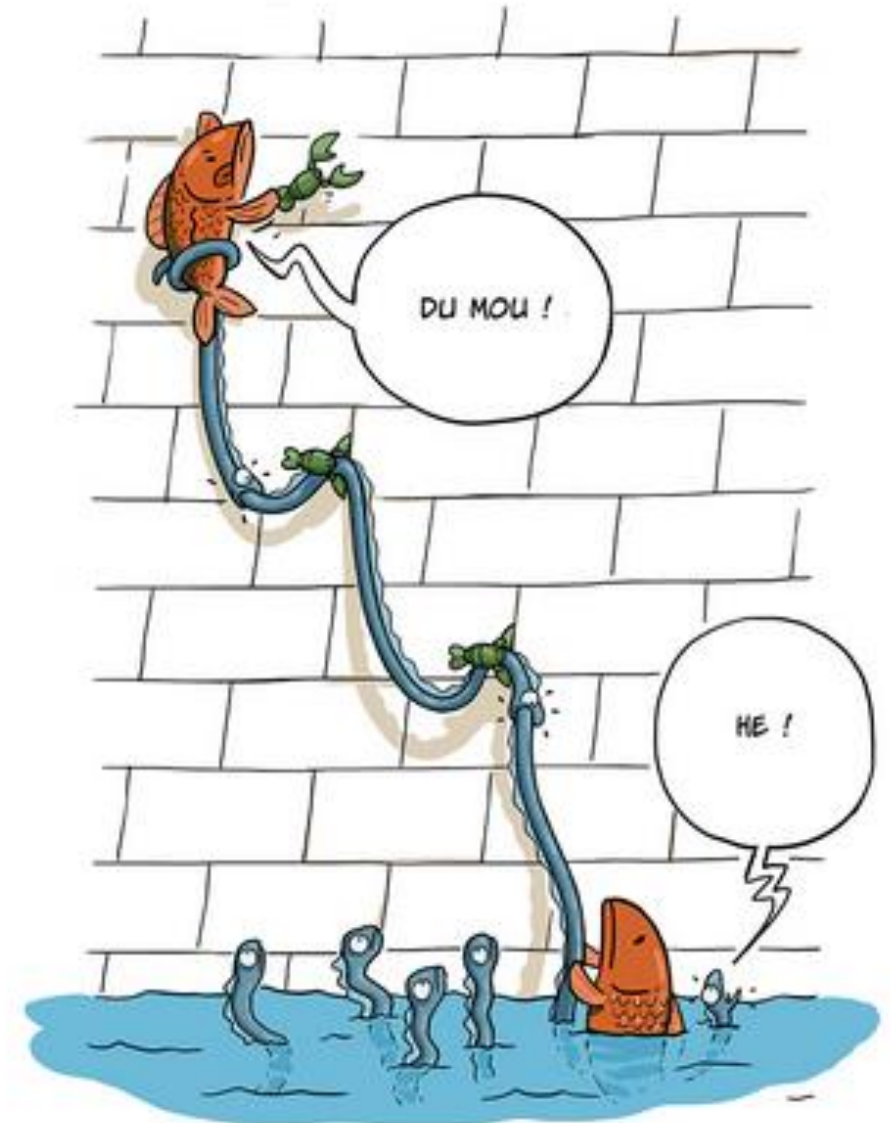


*Salmonidé essayant de rejoindre des habitats à l'amont  
(Maronne, Hauteffage, Corrèze)*

*Encore plus difficile, voire impossible,  
pour les espèces qui ne savent pas sauter...*



[//sue-tornai4kids.blogspot.fr](http://sue-tornai4kids.blogspot.fr)



<http://www.graie.org/eaumelimelo/Meli-Melo/Questions/La-continuite-ecologique>

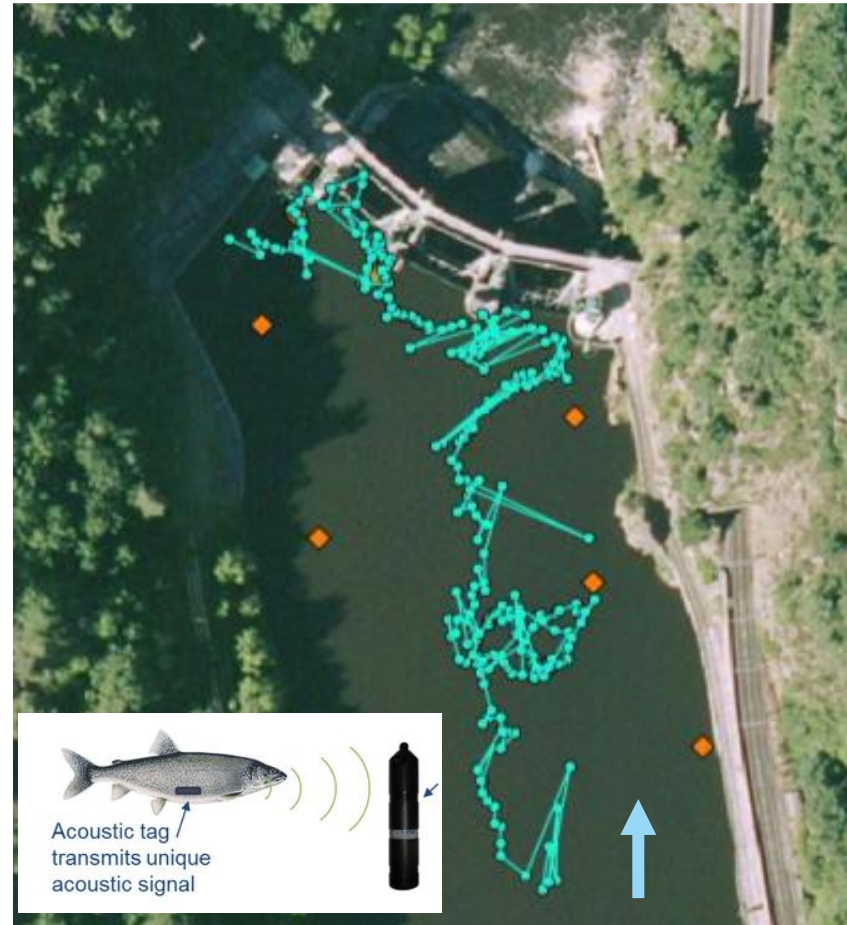


# Continuité biologique : **impacts des aménagements**

Les poissons sont **arrêtés ou perdent du temps** à franchir les ouvrages.  
Exemple à la dévalaison :



Ancien barrage de Poutès  
(18 m)



Trajectoire d'un smolt dévalant dans l'ancienne retenue du barrage de Poutès (Allier) (source : EDF)

**Temps médian (min-max) passé dans la retenue**

**9,3 jours (19 h - 45 j)<sup>1</sup>**  
+ de 23 jours pour 25% des individus  
(N=91)

<sup>1</sup> Tétard et al. (2016)

# Continuité biologique : **impacts des aménagements**

Les **poissons** peuvent être **tués, blessés ou désorientés** lors de leur passage dans les turbines



*Poissons morts dans une turbine Francis*

*(Source: Hydropower generation in the context of the EU WFD. EC DG Environment, Arcadis, 2011, 168 p.)*



# Continuité biologique : contexte réglementaire

## Article L214-17 du Code de l'Environnement

Listes de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux

### LISTE 1

#### **PRESERVER**

Des cours d'eau ou tronçons de cours d'eau :

- en très bon état écologique;
- « réservoirs biologiques », dotés d'une riche biodiversité jouant le rôle de pépinière ;
- nécessitant une protection complète des poissons migrateurs amphihalins

**Interdiction de construire**  
tout nouvel obstacle à la continuité écologique, quel que soit l'usage<sup>11</sup>.

### LISTE 2

#### **RESTAURER**

Des cours d'eau pour lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs

**Obligation de mise en conformité**  
des ouvrages au plus tard dans les 5 ans après publication de la liste.



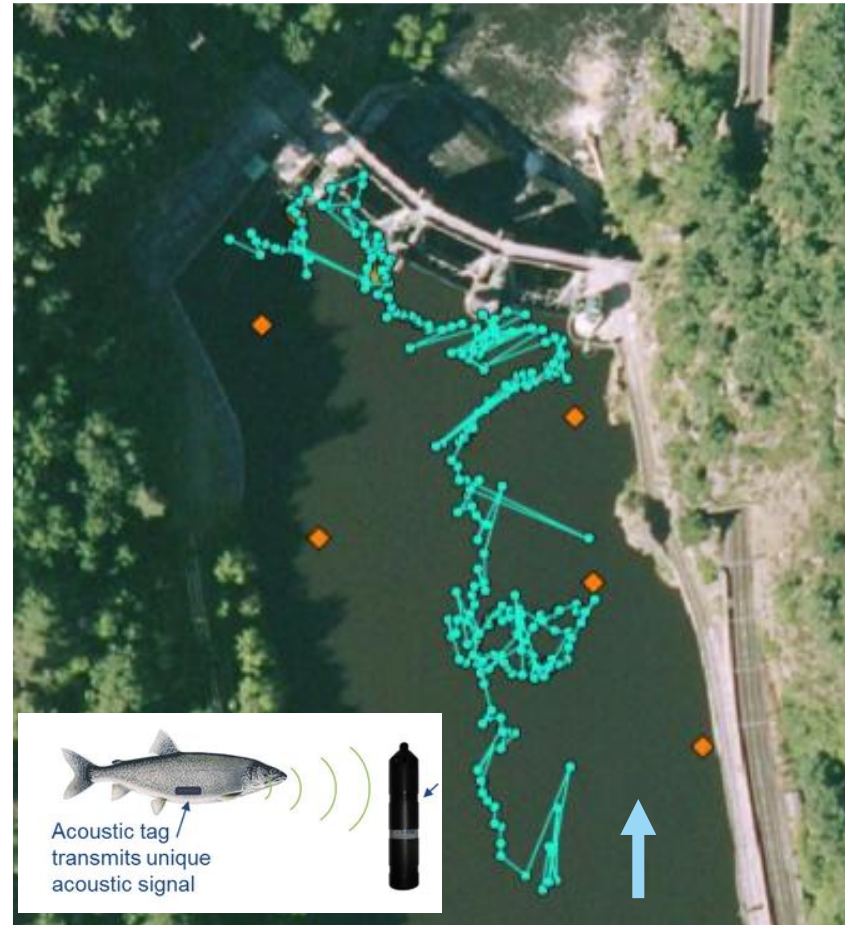
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Les obstacles peuvent être arasés

Exemple à la dévalaison :



Ancien barrage de Poutès  
(18 m)



Trajectoire d'un smolt dévalant dans l'ancienne retenue du barrage de Poutès (Allier) (source : EDF)



Nouveau barrage de Poutès  
(7 m)

Temps médian (min-max) passé dans la retenue

**9,3 jours (19 h - 45 j)<sup>1</sup>**  
+ de 23 jours pour 25% des individus  
(N=91)

<sup>1</sup> Tétard et al. (2016)

Temps médian (min-max) passé dans la retenue

**5,5 heures (1 h - 4,9 j)<sup>2</sup>**  
(N=16 et faible hydrologie, résultats à confirmer)

<sup>2</sup> Roy et al. (2023)



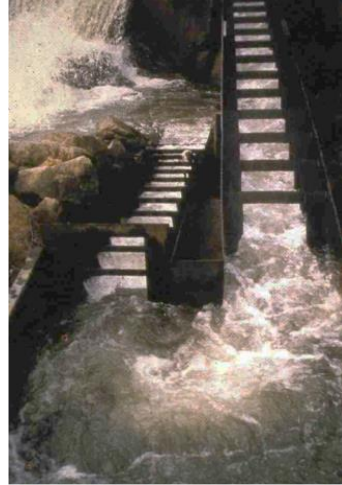
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Des **dispositifs de franchissement** permettent de réduire l'effet "barrière"

Passé à bassins successifs



Passé à ralentisseurs



Rampe à macro-rugosités



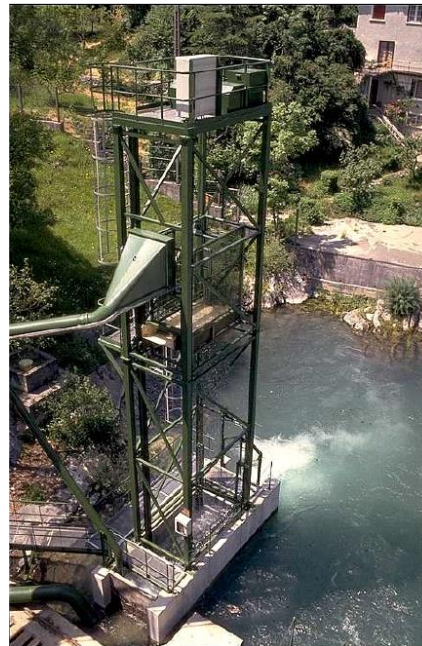
Rivière de contournement



Rampes pour anguilles



Ascenseur à poissons



Prise d'eau ichtyocompatible  
(dévalaison)



# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Ces **dispositifs** doivent être précisément dimensionnés afin que les poissons :

- rapidement {
- en **trouvent** l'entrée
  - y **entrent**
  - les **franchissent** sans dommages



Truite dans une passe à ralentisseurs



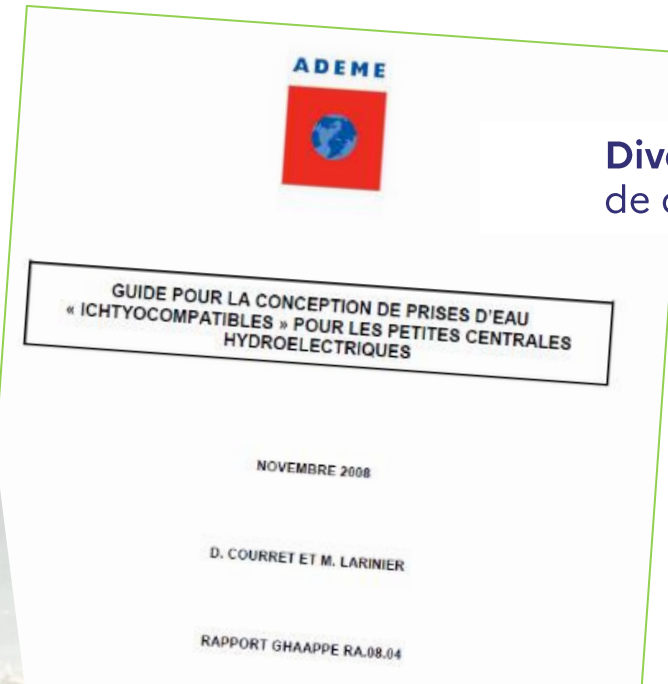
- Dimensionnement notamment basé sur :
- espèces cibles (capacités de nage...)
  - conditions hydrologiques en période de migration
  - localisation du dispositif
  - débit que l'on veut y faire transiter
  - ...

→ Besoin d'un diagnostic précis pour proposer la meilleure solution



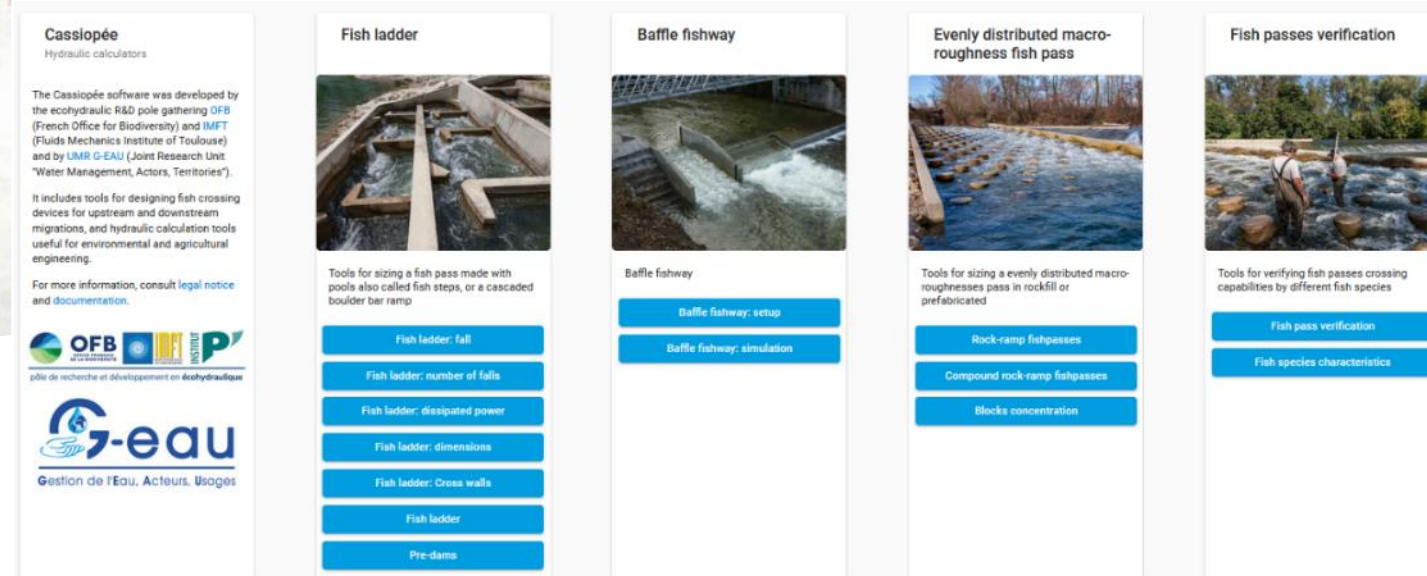
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

## Exemples d'outils d'aide au dimensionnement des dispositifs



Divers guides  
de dimensionnement

Logiciel Cassiopée  
→ <https://cassiopee.g-eau.fr>



# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Les **critères de dimensionnement** proposés découlent d'expérimentations en labo et sur le terrain

Les études cherchent à **maximiser l'efficacité biologique** de ces solutions (passage d'un maximum de poissons sans dommages et en un minimum de temps),

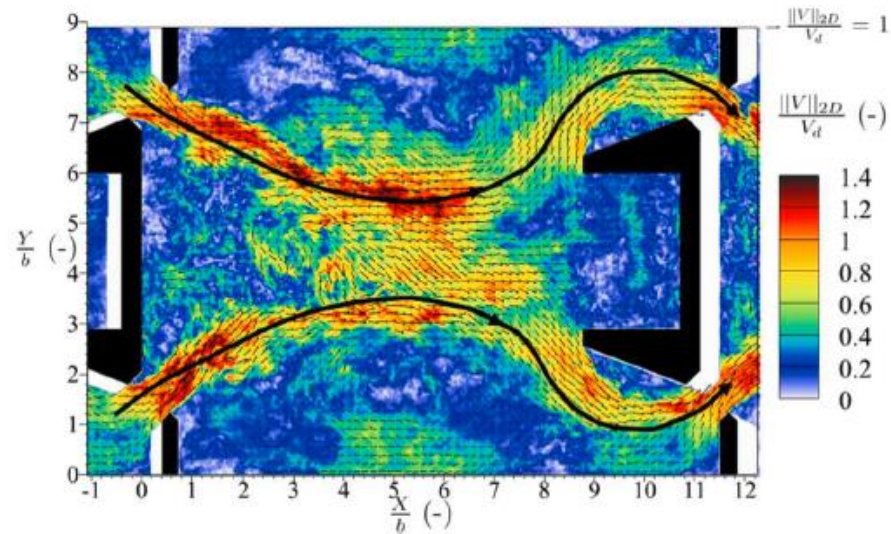
tout en visant à **minimiser les contraintes pour le producteur d'énergie** (débit alloué au passage des poissons, pertes de charge liées au resserrement et à la forme des barreaux, forme et position des structures porteuses de grilles,...)



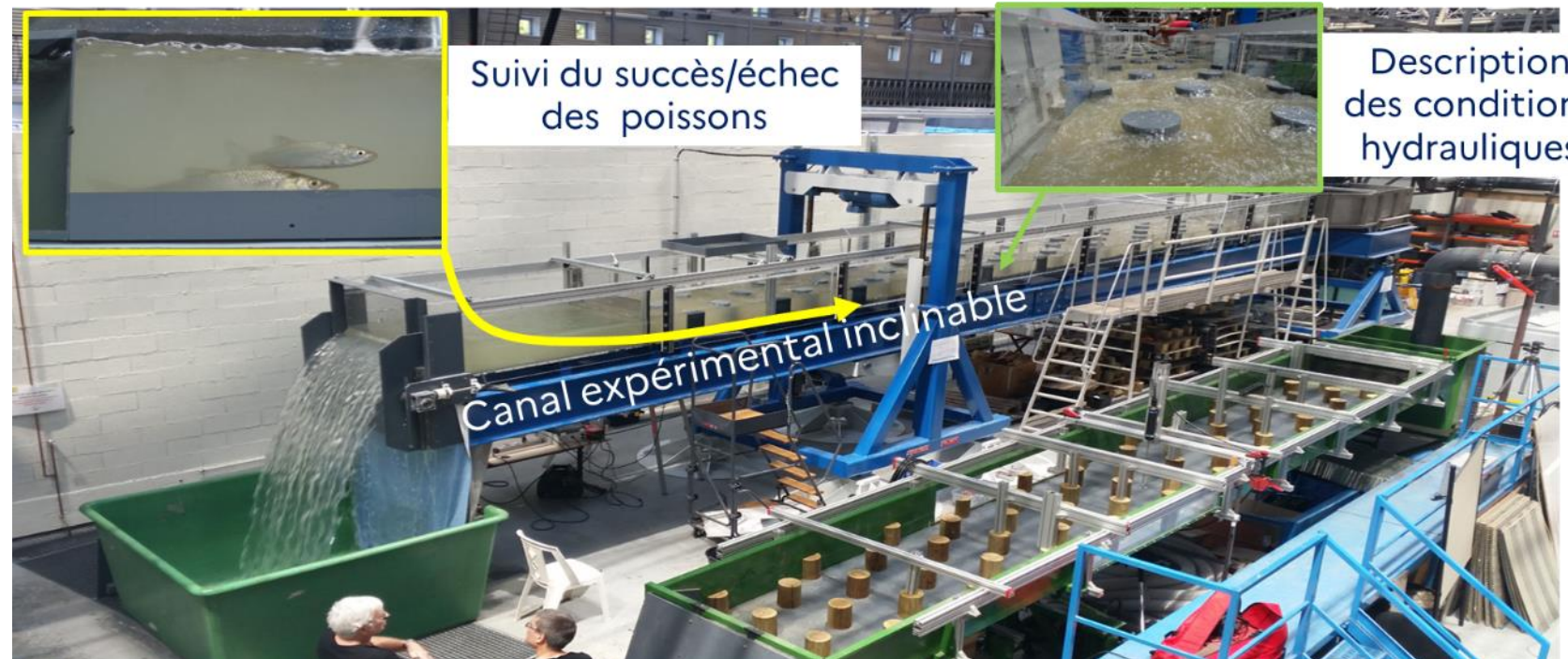
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Les **critères de dimensionnement** proposés découlent d'expérimentations en labo et sur le terrain

## Exemples pour la montaison



Description des écoulements dans une passe à double fente verticale  
(source : thèse Anne-Fleur Lejeune)



Expérimentation en laboratoire de l'efficacité des rampes à macro-rugosités



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ



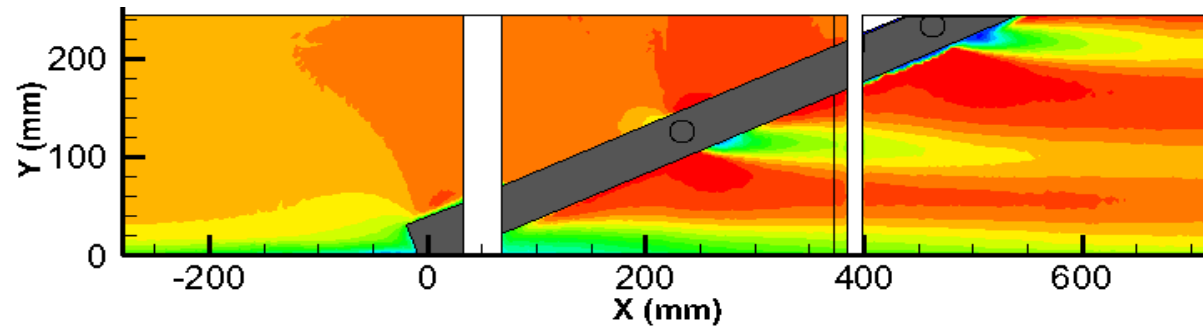
**IMFT**  
INSTITUT DE MÉCANIQUE  
DES FLUIDES SUIVANTS

**P'**  
Institut  
Pprime  
Recherche en physique  
et ingénierie

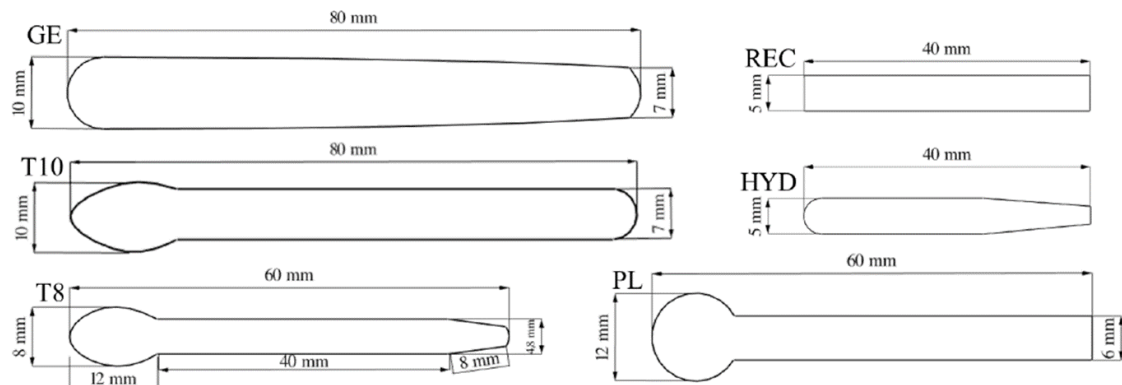
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Les **critères de dimensionnement** proposés découlent d'expérimentations en labo et sur le terrain

## Exemples pour la dévalaison



Champs de vitesse d'écoulement devant un plan de grille incliné (vue latérale)



Différentes formes de barreaux testées



Mesures de pression *in situ*, dans la zone de restitution des poissons (aval d'une prise d'eau ichtyocompatible)

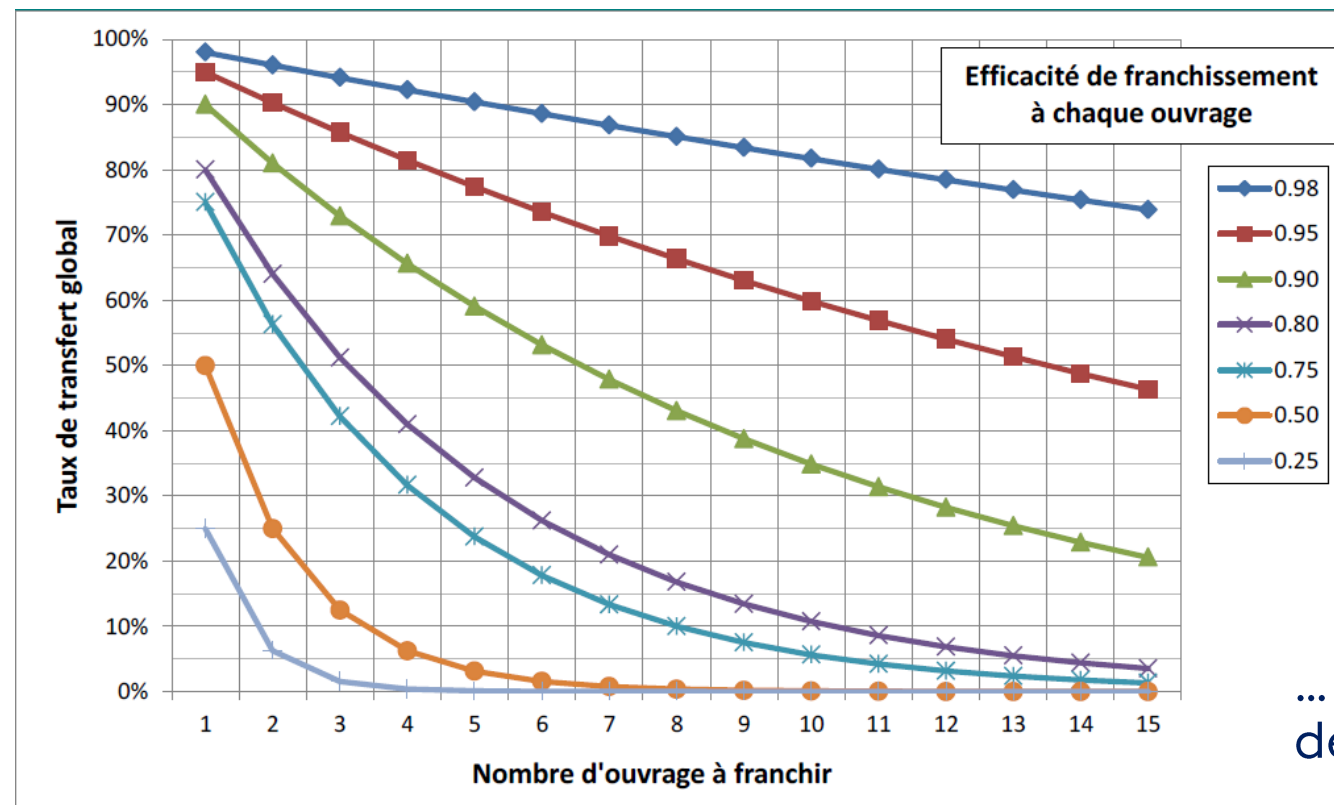


# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Les **dispositifs de franchissement piscicole** ne permettent que de réduire certains impacts

- Ils sont **sélectifs** (espèces, taille des individus...)
- Ils ne présentent **quasiment jamais 100% d'efficacité** et entraînent toujours un délai de franchissement
- Ils **n'améliorent pas le transit sédimentaire**
- Ils **ne règlent pas les problèmes d'altération des habitats**

- Les **impacts résiduels cumulés** peuvent être importants...



... également en termes de **retard**, de **fatigue** ...

# Impacts sur la continuité biologique : solutions

## Focus sur la dévalaison

Pour éviter le passage des poissons dans les turbines, 4 types de solutions :

### Arrêt/bridage des turbines

Envisageable si pas de  
solution plus efficace

Besoin de modèles pour  
anticiper et cibler les  
événements de  
migration afin de ne  
pas perdre trop  
d'énergie

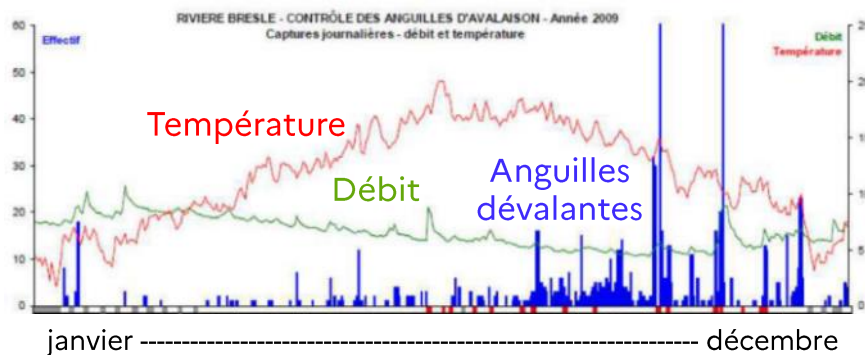


Figure 3 : Suivi de la Migration de dévalaison de l'anguille au niveau de la station de contrôle de Eu sur la Bresle – Année 2009



# Impacts sur la continuité biologique : solutions

## Focus sur la dévalaison

Pour éviter le passage des poissons dans les turbines, 4 types de solutions :

### Arrêt/bridage des turbines

Envisageable si pas de  
solution plus efficace

Besoin de modèles pour  
anticiper et cibler les  
événements de  
migration afin de ne  
pas perdre trop  
d'énergie

### Turbines "ichtyocompatibles"



Turbine VLH



Vis hydrodynamique

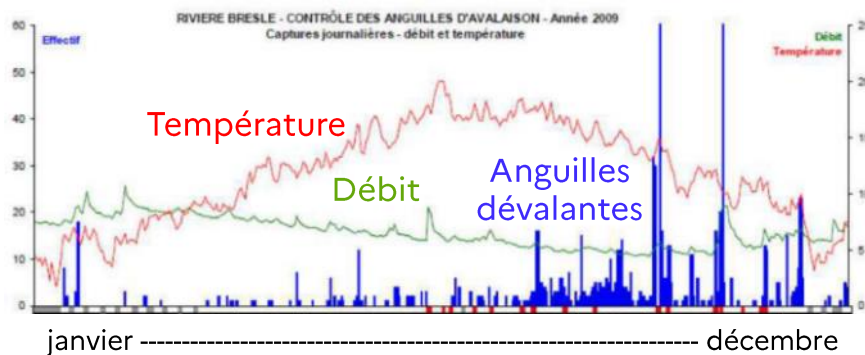


Figure 3 : Suivi de la Migration de dévalaison de l'anguille au niveau de la station de contrôle de Eu sur la Bresle – Année 2009

# Impacts sur la continuité biologique : solutions

## Focus sur la dévalaison

Pour éviter le passage des poissons dans les turbines, 4 types de solutions :

### Arrêt/bridage des turbines

Envisageable si pas de  
solution plus efficace

Besoin de modèles pour  
anticiper et cibler les  
événements de  
migration afin de ne  
pas perdre trop  
d'énergie

### Turbines "ichthyocompatibles"



Turbine VLH



Vis hydrodynamique

### Barrières comportementales

Sons, lumière,  
électricité, bulles,  
chaines...

Solutions inefficaces  
*in situ* à ce jour

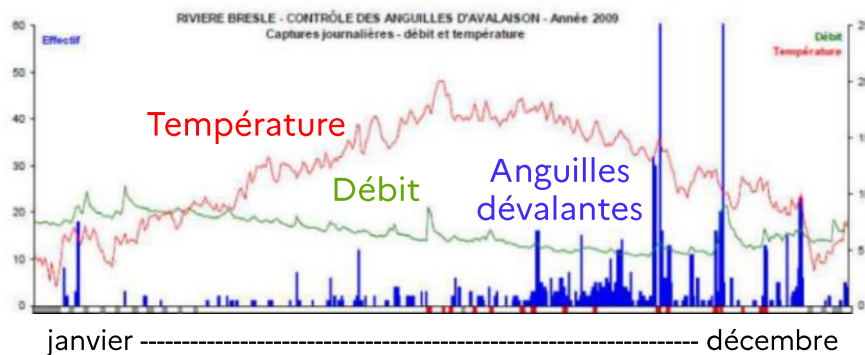


Figure 3 : Suivi de la Migration de dévalaison de l'anguille au niveau de la station de contrôle de Eu sur la Bresle – Année 2009



Barrière lumineuse



Barrière à infra-sons



# Impacts sur la continuité biologique : solutions

## Focus sur la dévalaison

Pour éviter le passage des poissons dans les turbines, 4 types de solutions :

### Arrêt/bridage des turbines

Envisageable si pas de  
solution plus efficace

Besoin de modèles pour  
anticiper et cibler les  
événements de  
migration afin de ne  
pas perdre trop  
d'énergie

### Turbines "ichtyocompatibles"



Turbine VLH



Vis hydrodynamique

### Barrières physiques

Masques de surface,  
Prises d'eau  
"ichtyocompatibles"



Masque de surface

### Barrières comportementales

Sons, lumière,  
électricité, bulles,  
chaines...

Solutions inefficaces  
*in situ* à ce jour



Barrière lumineuse



Barrière à infra-sons

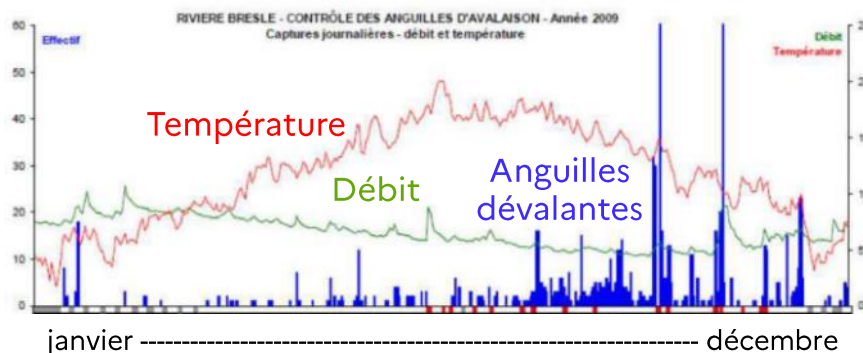
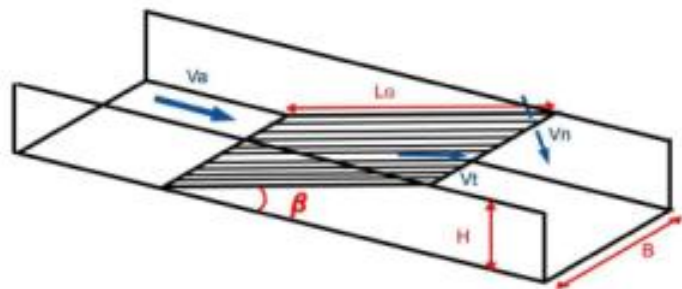


Figure 3 : Suivi de la Migration de dévalaison de l'anguille au niveau de la station de contrôle de Eu sur la Bresle – Année 2009

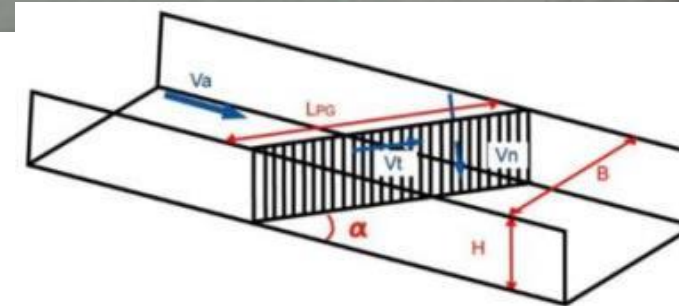
# Impacts sur la continuité biologique : solutions

Barrières physiques : exemples de prises d'eau ichtyocompatibles

Plan de grille  
incliné



Plan de grille  
orienté



Efficacité biologique ?  
Cf. présentation de S.  
Tomanova.



# Principaux impacts écologiques engendrés par les aménagements hydroélectriques et solutions pour les atténuer

*Pierre Sagnes, Dominique Courret, Olivier Mercier, Sylvain Richard & Sylvie Tomanova*  
Office Français de la Biodiversité – Pôle R&D écohydraulique OFB-IMFT-Pprime

## Pour approfondir la question :

<https://enr-pprod.ofb.fr/actualites-biblios/evaluation-et-restauration-de-la-continuite-ecologique-au-niveau-des-ouvrages-hydrauliques-transversaux-bilan-guides-techniques-et-formations>

# Merci de votre attention

