



*LIFE Nature and Biodiversity*

# LIFE4FISH

## Downstream fish migration along the low Meuse River

**Luminus** : P. Theunissen, L. Leyssens, O. Machiels (Arcadis).

**Uliège** : S. Epicum, M. Piroton.

**Profish** : Sonny Damien, Lerquet, M.; Roy,R.; Colson, D.. & Beguin, J.

**Unamur** : P. Kestemont, I. Ben Amar, J. Lucas (University of Namur).

**EDF R&D** : Eric De Oliveira.

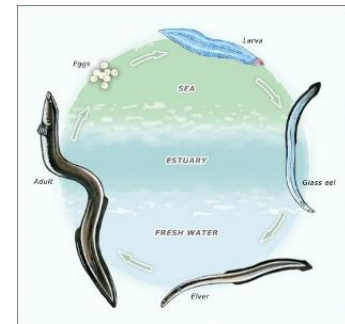
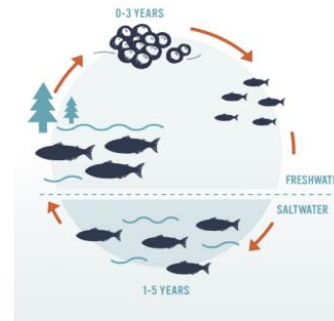
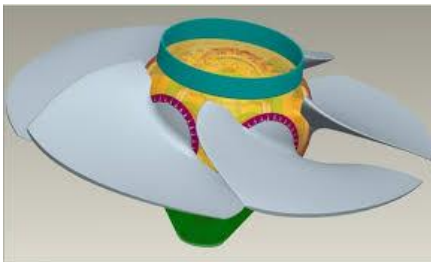
Journée MRM – Nov. 2021



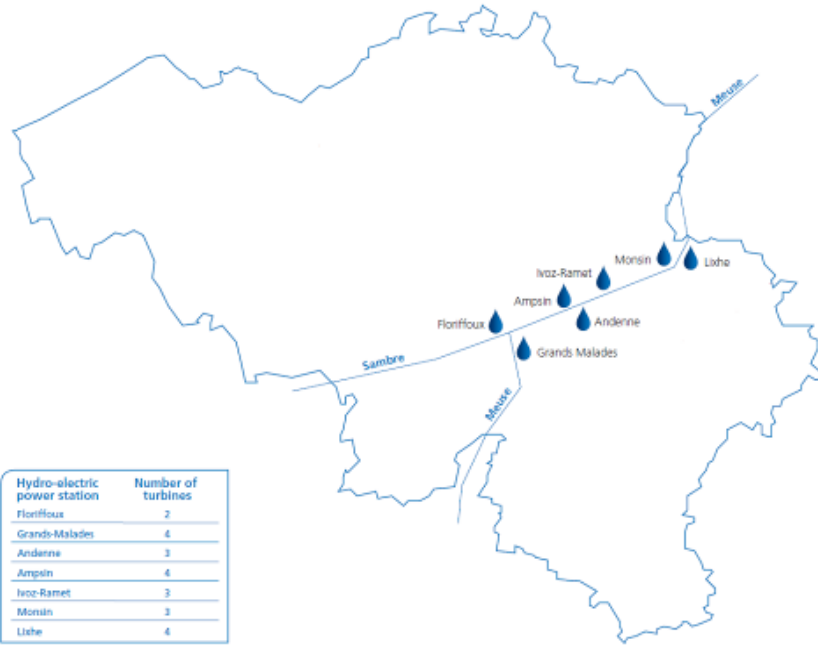
# CONTEXTE ET OBJECTIF

## Le projet Life4Fish traite de la continuité écologique

- ⇒ Assurer le succès de migration d'avalaison sur la Basse Meuse belge  
⇒ anguille > 80% et Smolt > 90%
- ⇒ Garantir la part maximale de GWh d'énergie verte sauvegardée. Il s'agira de parvenir au meilleur compromis possible entre ces deux objectifs.
- ⇒ Estimer les performances des dispositifs/mesures testés
- ⇒ Prendre en compte les procédés écologiques dans la gestion opérationnelle régulière de la production hydroélectrique  
⇒ le poisson devient une variable influençant les décisions de production.



# MEUSE - BELGE



83 km de Namur à Lixhe

6 usines (245 GWh) + 1 centrale Nuc.

**Smolt** : >90% de population franchissent les deux sites les plus à l'aval, Monsin and Lixhe.

**Anguilles** : Peu d'information sur la distribution des anguilles – population en déclin.



# TIMELINE DU PROJET

Phase I. Phase de diagnostique	2017-2018
Phase II. Etablissement de l'état de référence	2018-2019
Phase III. Développement des solutions	2018-2019
Phase IV. Tests des solutions	2019-2021
Phase V. Déploiement des solution retenues sur site	2021-2022
Phase VI. Estimation des taux de survie à l'échelle de la Meuse	2022-2023

LIFE4FISH

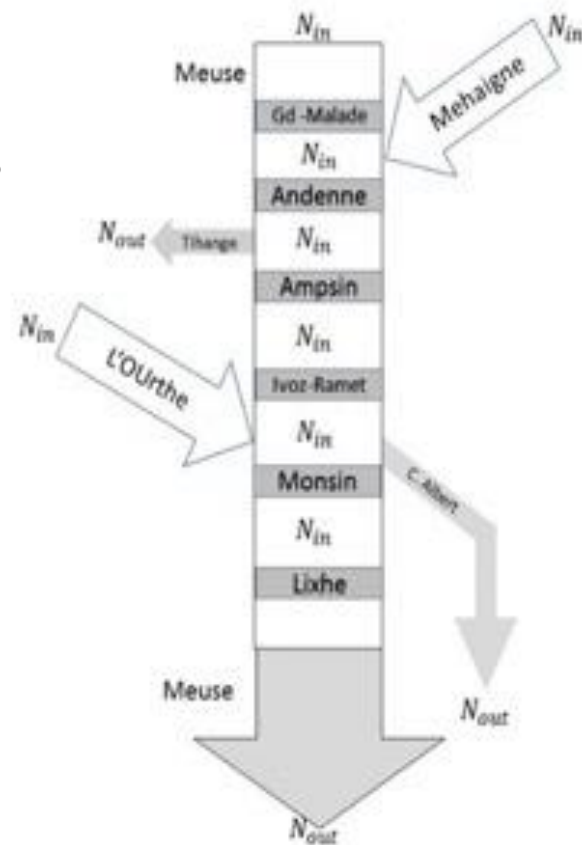
# PHASE I: PHASE DE DIAGNOSTIQUE

A partir de la distribution des voies de passage et des taux de survie, un diagnostique de référence a été établi:

1- Echelle du site : observée par télémétrie la répartition du passage des poissons entre turbine et évacuateur de crues dans différentes conditions hydrologiques pour chaque site

2- Echelle du bief : observée par télémétrie évaluer l'impact sur les poissons migrant entre 2 barrages (prédation, pêche, arrêt de la migration, ...)

3- Echelle du sous-bassin : impact global des 6 sites prenant en compte les entrées et sorties de population de poissons le long du tronçon des 6 sites et leurs conditions sanitaires avant et après passage des turbines





# ÉTAT DE RÉFÉRENCE

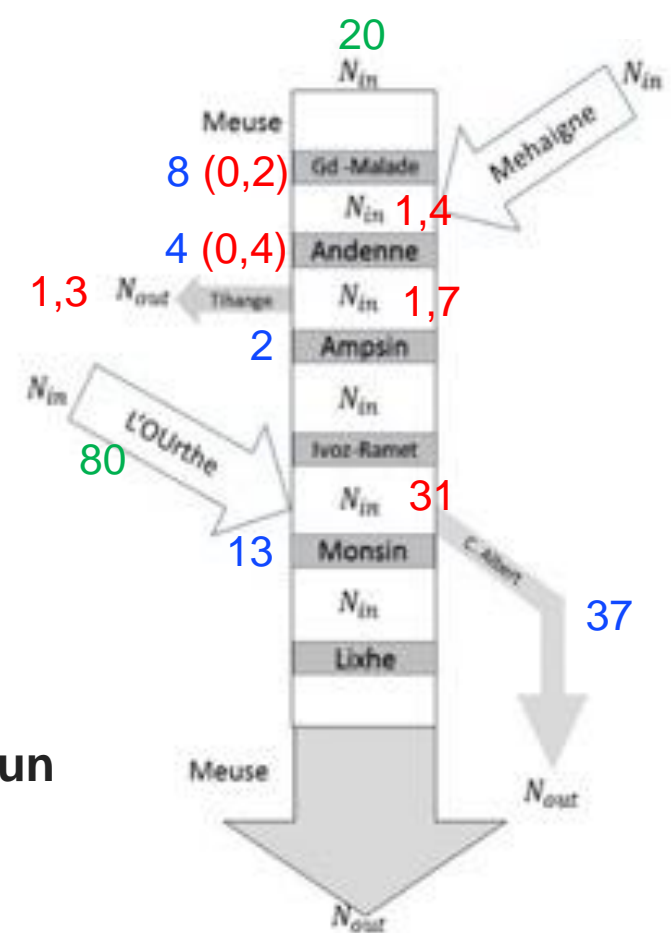
## 2017 (printemps sec): Télémétrie (extrapolation)

- Canal Albert: 37,1%
- Perte dans les biefs: 33,8%
- Individus non passant: 27,2%
- Prise d'eau Tihange : 1,3%
- Impact des HPP: 0,6%

**=> Succès de migration à l'aval de Lixhe: 0% pour un objectif de 90% pour 2017**

**=> Pour des débits faibles, les non-passant sont plus impactant que les passage turbine**

**Concentration des efforts sur la partie aval: confluence Ourthe-Meuse et usine de Monsin et canal Albert**

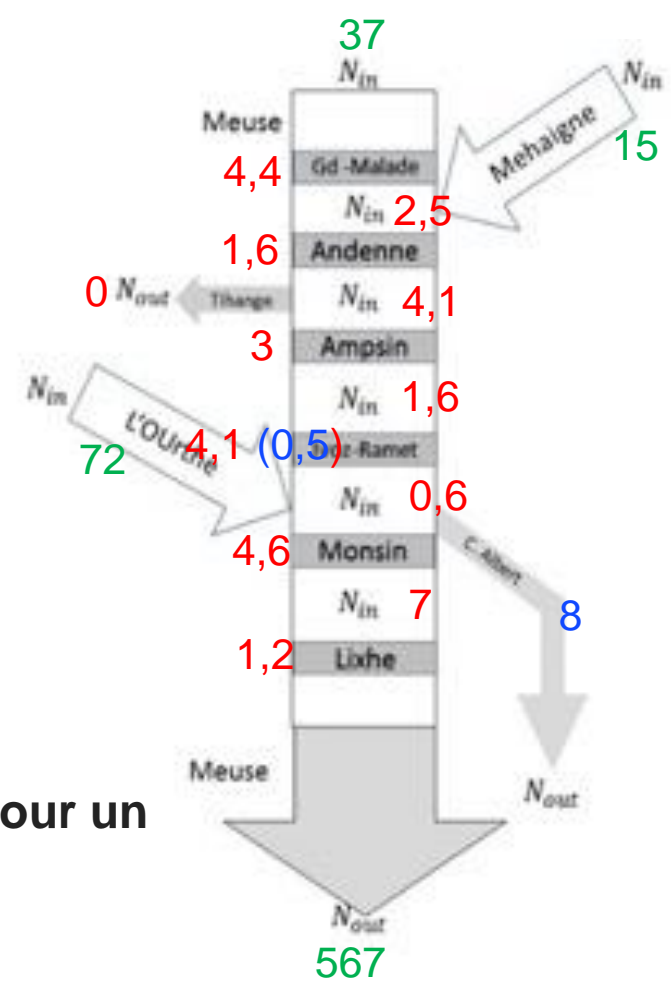


# ÉTAT DE RÉFÉRENCE

## 2017-2018: Télémétrie (extrapolation)

- Impact des HPP: 18,9 %
- Franchissement barrage et perte Bief: 15,8 %
- Individus non passant: 0,5 %
- Prise d'eau Tihange: 0 %

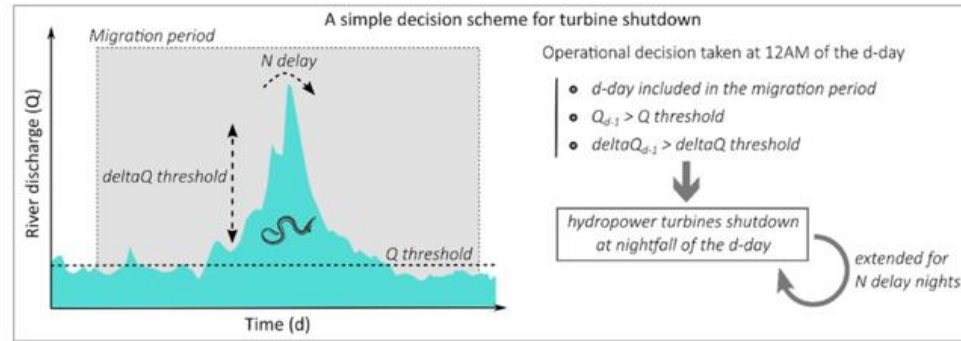
=> Succès de migration à l'aval de Lixhe: 64,7% pour un objectif de 80%



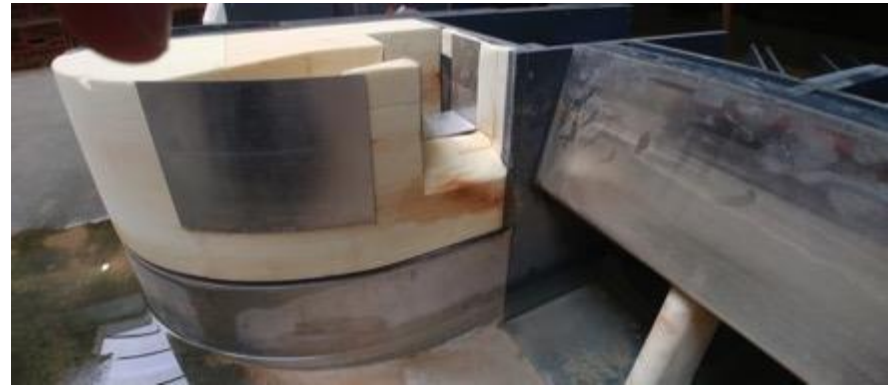
Concentration des efforts sur les usines de Grands-Malades, Ampsin, Ivoz-Ramet et Monsin.

# SOLUTIONS EXPLORÉES

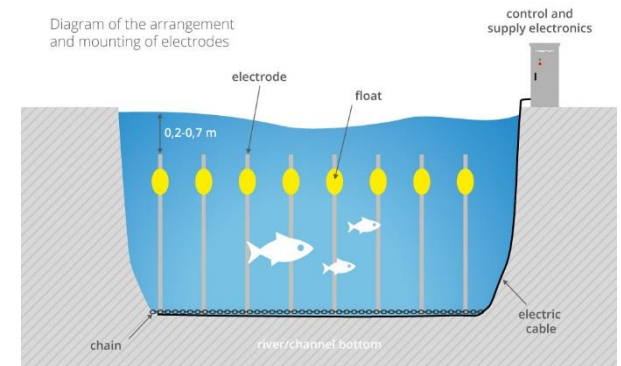
Dynamique de migration  
=> turbine management



Exutoire de dévalaison



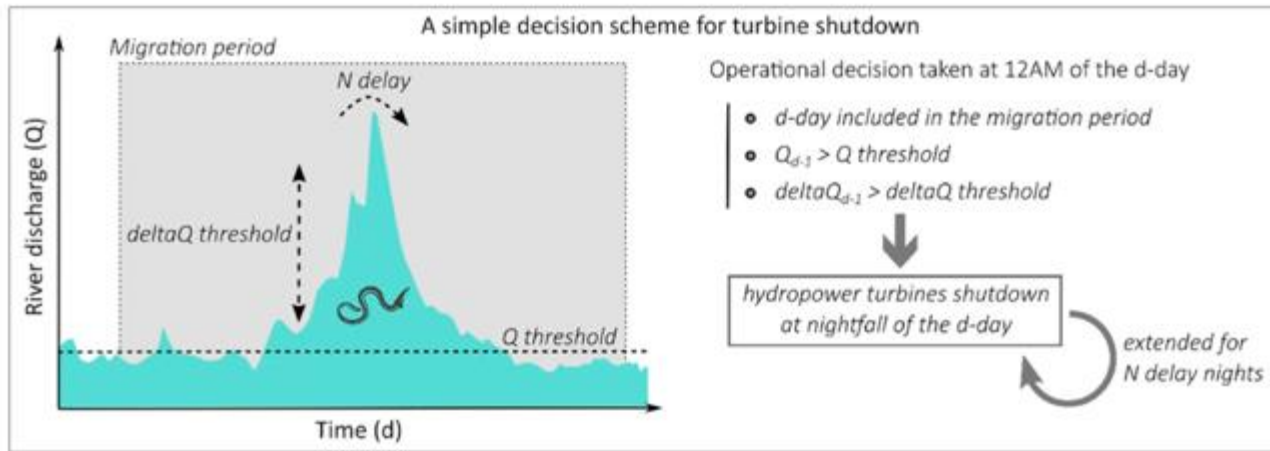
Guidage comportemental





# PHASE III: DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS

Prédiction des pics de dévalaison à l'aide d'une approche statistique (cf. Présentation de N. Teichert)



Journal of Environmental Management 261 (2020) 110212

Contents lists available at ScienceDirect

**Journal of Environmental Management**

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/jenvman>

Research article

Resolving the trade-off between silver eel escapement and hydropower generation with simple decision rules for turbine shutdown

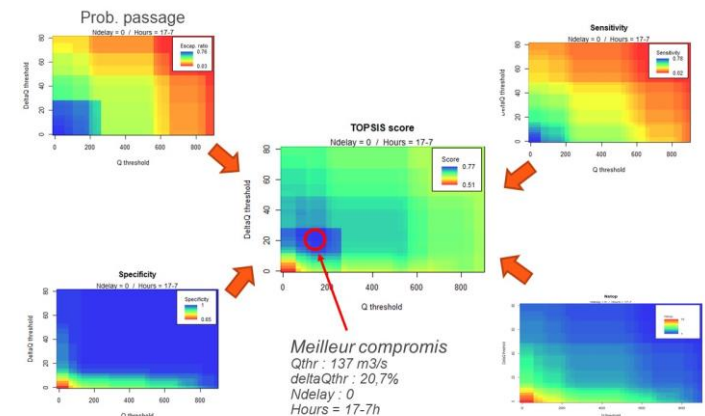
Nils Teichert<sup>a,\*</sup>, Stéphane Tétard<sup>b</sup>, Thomas Trancart<sup>c</sup>, Eric Feunteun<sup>e</sup>, Anthony Acou<sup>c,d</sup>, Eric de Oliveira<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BORSEA) MENON, CNRS, IRD, SU, UCN, UVA, Station Maritime de Dinard - CERSIC, 38 rue du Port Blanc, 35000 Dinard, France

<sup>b</sup> IFREMER LARDE - Laboratoire National d'Hydrologie et Environnement, 6 Quai Watier, 79401, Champs, Cedex, France

<sup>c</sup> Agence Française pour le Biodiversité, UMS 478-CNRS-MENON, Station Maritime de Dinard, France

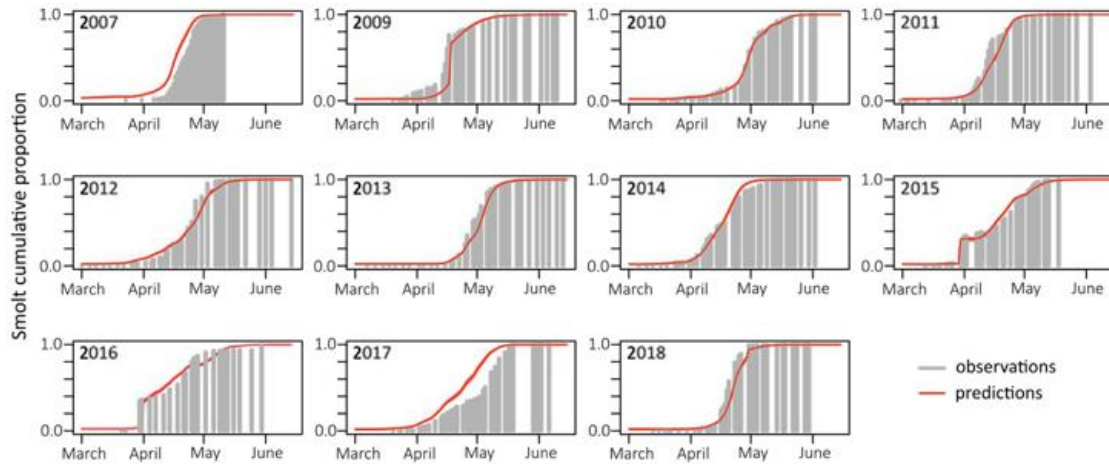
<sup>d</sup> Pôle S4D APB-DERA Agrosystème Chantier CFPA pour la Gestion des Migrateurs Amphiploides Dans Leur Environnement, Rennes, France



# PHASE III: DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS



## Prédiction des pics de dévalaison à l'aide d'une approche statistique



M. Ovidio (LDPH)



$$\text{Logit}(\text{prop\_cum}) \sim \text{Int} + PTU_{7^{\circ}\text{C}} + Q_{\text{peak}} + PTU_{7^{\circ}\text{C}} : Q_{\text{peak}}$$

- Photoperiod: durée du temps de jour
- Degrés jours (solstice d'hiver comme date de début)
- Degrés-jours cumulés depuis le solstice hiver et capture
- Débit (Ourthe)

# PHASE III: DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS



WILEY

RESEARCH ARTICLE

## Development of an accurate model to predict the phenology of Atlantic salmon smolt spring migration

Nils Teichert<sup>1</sup> | Jean-Philippe Benitez<sup>2</sup> | Arnaud Dierckx<sup>2</sup> | Stéphane Tétard<sup>3</sup> | Eric de Oliveira<sup>3</sup> | Thomas Trancart<sup>1</sup> | Eric Feunteun<sup>1</sup> | Michaël Ovidio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) MNHN, CNRS, IRD, SU, UCN, UA, Station Marine de Dinard, Dinard, France  
<sup>2</sup>UR-FOCUS, Biology of Behaviour Unit, Laboratory of Fish Demography and Hydroecology, University of Liège, Liège, Belgium  
<sup>3</sup>EDF R&D LNIIE - Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, Chateau, France

**Correspondence:** Nils Teichert, Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) MNHN, CNRS, IRD, SU, UCN, UA, Station Marine de Dinard, Dinard, France. Email: nils.teichert@univ-liege.fr

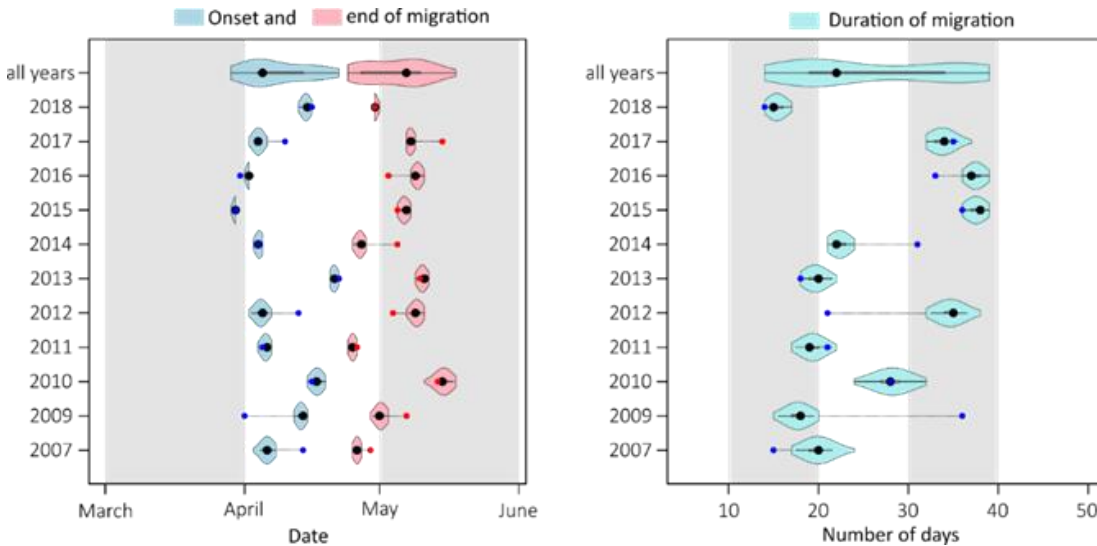
**Funding Information:** European Union; Public Service of Wallonia, General Operational Direction of Agriculture, Natural Resources and Environment, Nature and Forest Department

### Abstract

- Changes in migration timing, resulting from the alteration in river continuity or the effect of climate change, can have major consequences on the population dynamics of diadromous fish. Forecasting the phenology of fish migration is thus critically important to implement management actions aimed at protecting fish during their migration.
- In this study, an 11-year monitoring survey of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar*) from the Ourthe River, Belgium, was analysed within a European Special Area of Conservation to improve the understanding of environment-induced spring migration. A logistic model was fitted to forecast smolt migration and to calculate phenological indicators for management, i.e. the onset, end, and duration of migration, while accounting for the influence of photoperiod, water temperature, and hydrological conditions.
- The results indicated that the photo-thermal units accumulated by smolts above a 7°C temperature threshold was a relevant proxy to reflect the synergistic effect between temperature and photoperiod on smolt migration. After integrating the effect of river flow pulses, the model accurately explained the inter-annual changes in migration timing ( $R^2 = 0.95$ ). The model predictors provide decisive management information to identify sensitive periods during which mitigation measures (e.g. hydropower turbine shutdown, river discharge management) should be conducted to promote smolt survival.
- The model was used to predict phenological characteristics under future scenarios of climate change. The results suggest a joint effect of hydrological alterations and water warming. Temperature increases of 1–4°C were associated with earlier initiation of migration, 6–51 days earlier, and spring flood events greatly influenced the duration of the migration period. Accordingly, the combined effects of human-induced modifications of the hydrological regimes and increasing temperatures could result in a mismatch between the smolt and favourable survival conditions in the marine environment.

### KEYWORDS

climate change, disturbance, engineering, fish, hydroecology, hydropower, migration, river



Prévoir le début et la fin de la période dévalaison

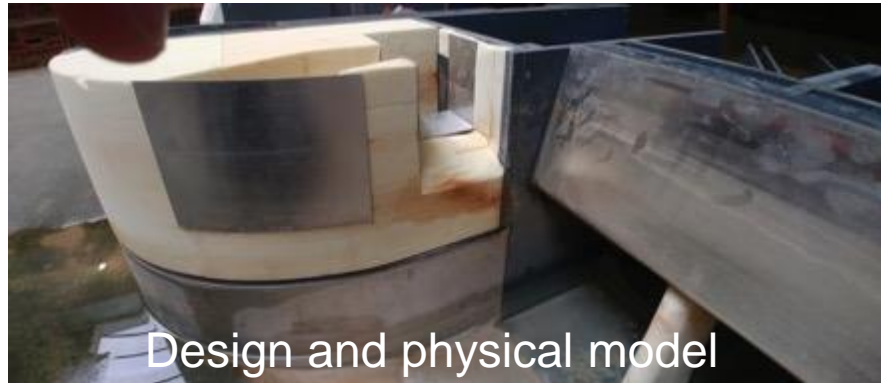
=> Ouverture de vanne barrage



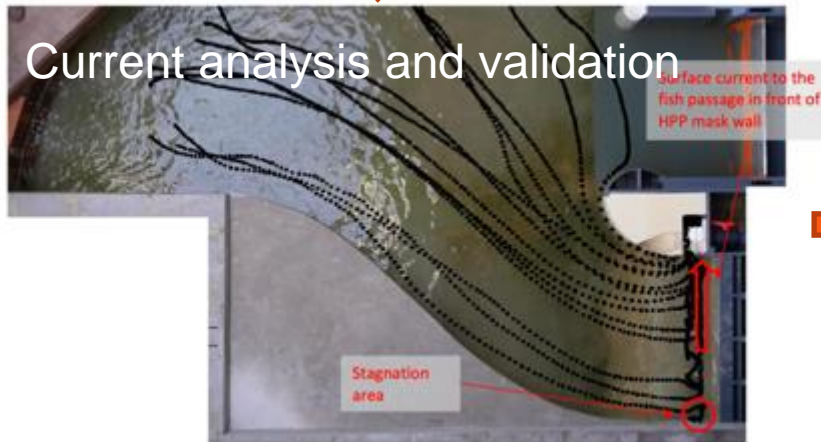
# PHASE III: DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS



Design des bypass à partir de modélisations numériques et physiques



Design and physical model



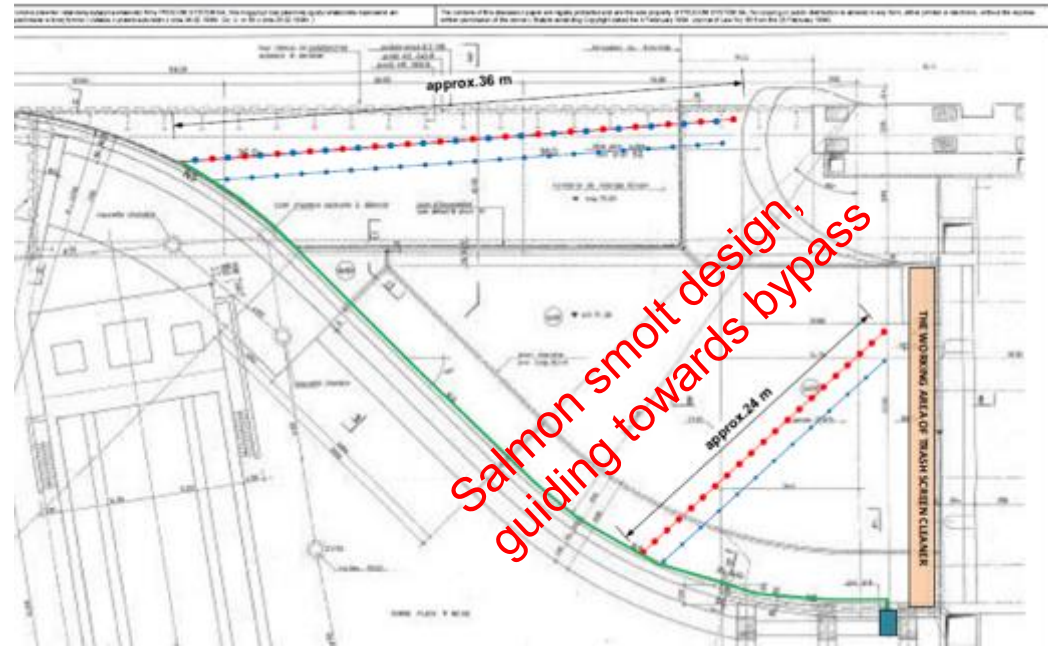
Tests on smolts at small scale

# PHASE III: DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS



 Barrière comportementale / étude de marché des différents dispositifs

1) Electrical barrier : Neptun system, by Procom Systems (PL), tested on HPP1



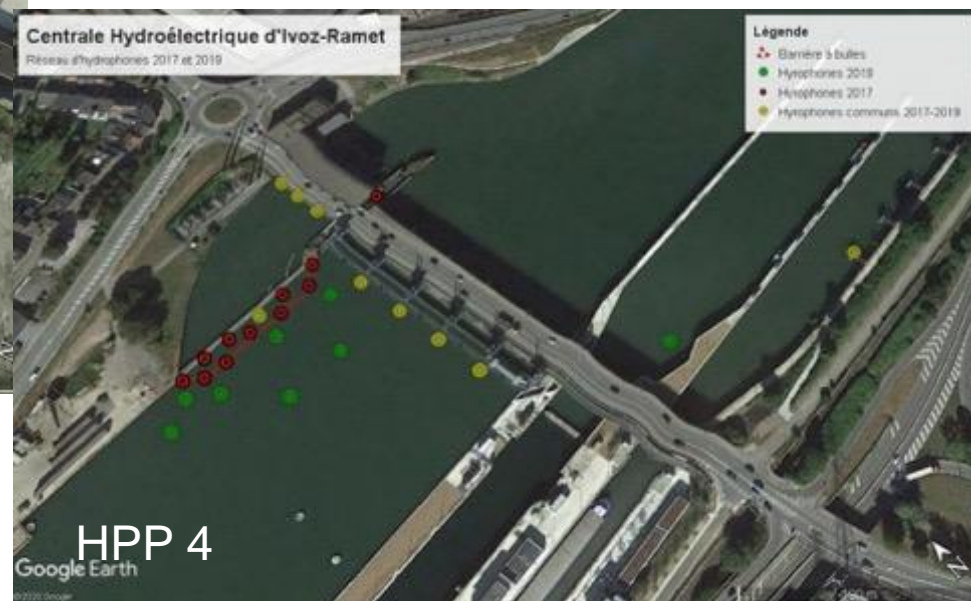
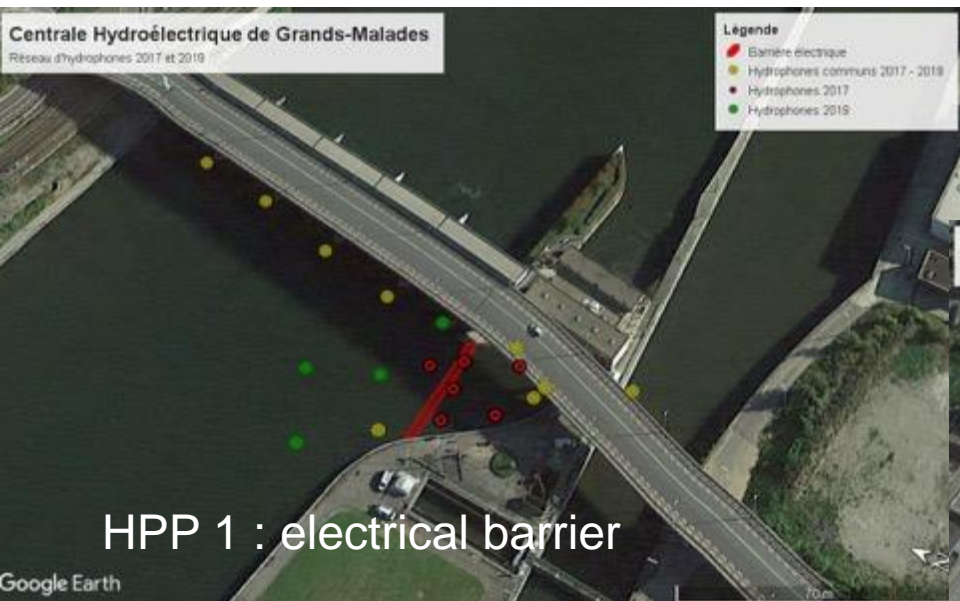


# PHASE IV: TEST IN SITU



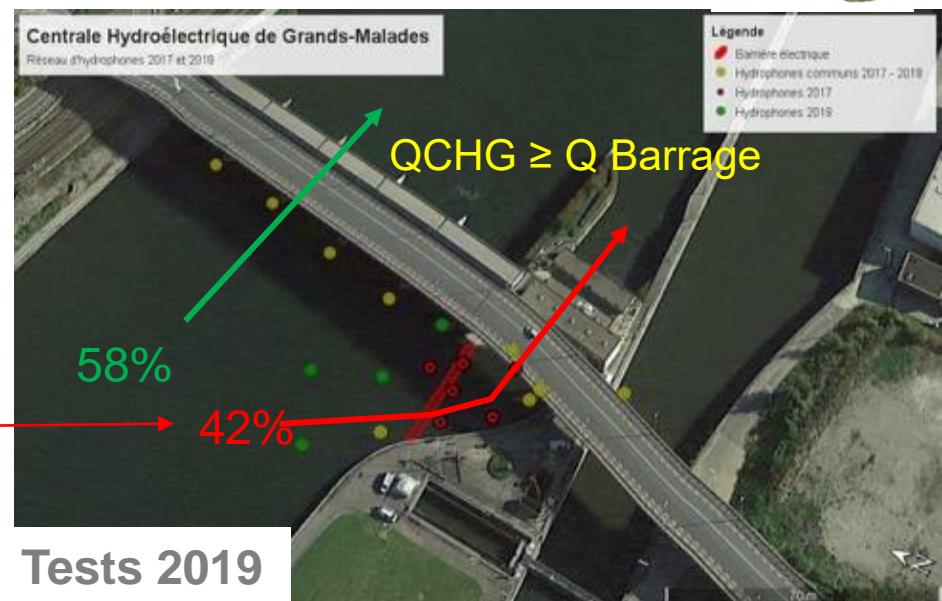
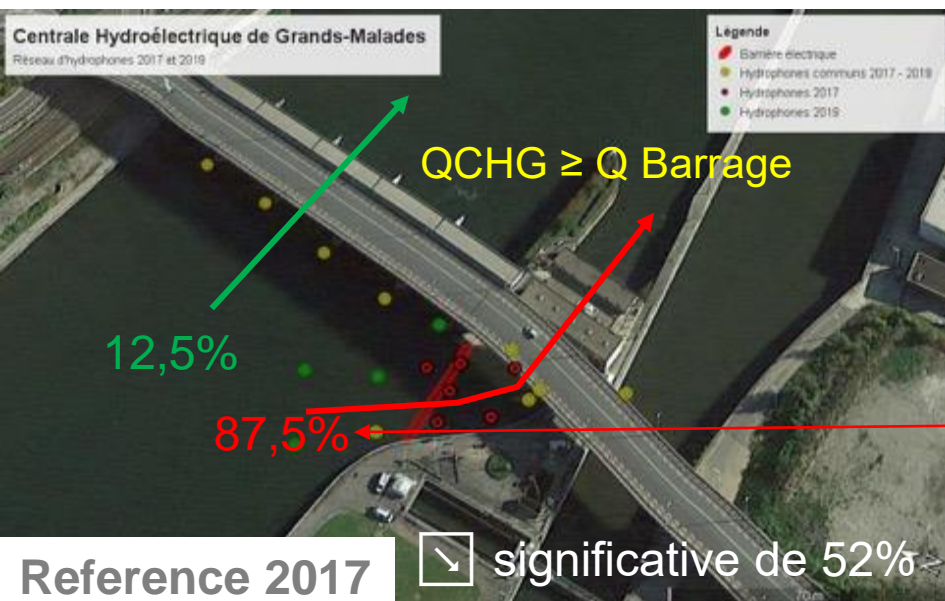
La dynamique de dévalaison et la distribution des voies de passages ont été évalué par télémétrie acoustique (Anguille en 2019 et smolts en 2021)

Sites pilotes: HPP Grands-Malades, Andenne, Ivoz-Ramet



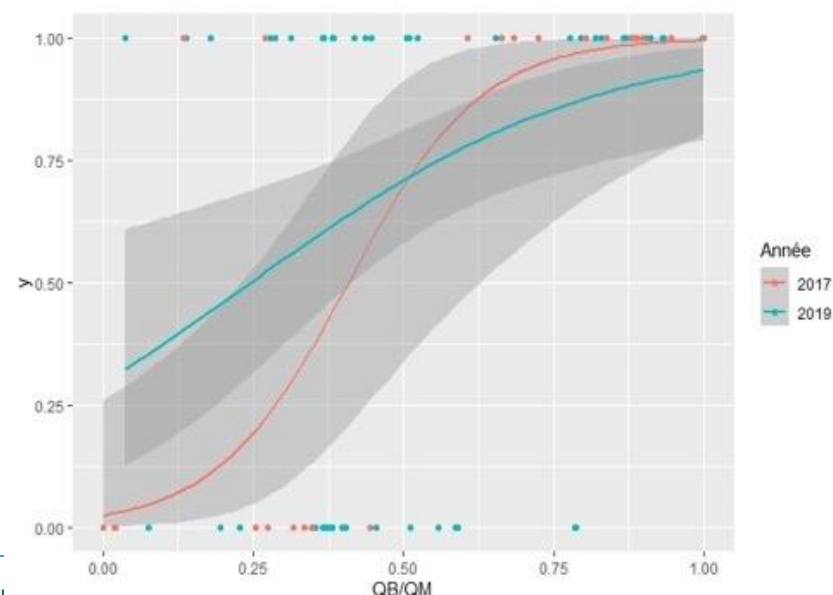


# PHASE IV: TEST IN SITU



→  $Q_{Meuse} < 300 \text{ m}^3/\text{s}$  : taux entrainement turbine passe de 87% (2017) à 42 % (2019)

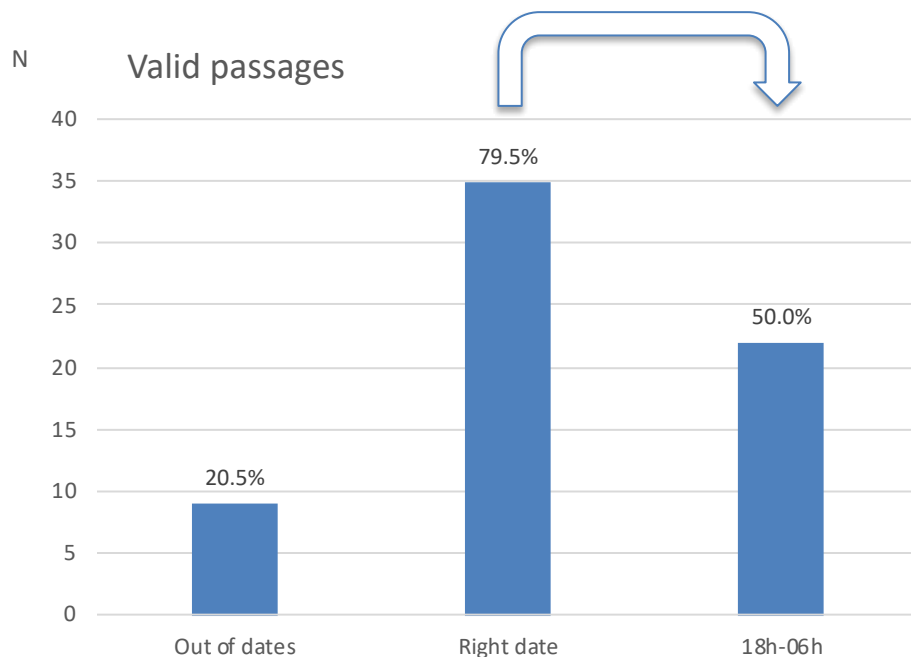
**⇒ Efficacité de la barrière 46%**



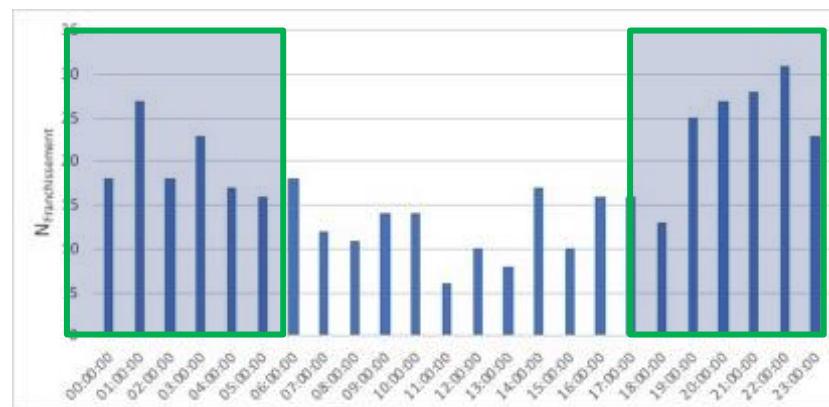
# PHASE IV: TEST IN SITU



## B) Optimisation des turbinages pour la dévalaison anguille (HPP2)



Time repartition of all eel passages at all sites in 2019



Les détections dans les 7 jours qui suivent le lâcher n'ont pas été utilisées

- 79.5% de bonne prédiction (date)
- 50.0% de bonne prédiction sur la plage 18h-06h (passage barrage)

*En conditions opérationnelles, les arrêts n'ont pu être totalement réalisés suite à des pb techniques (sonde de refoulement, coordination avec l'exploitant barrage, ...)*

# PHASE IV: TEST IN SITU



A) Barrière électrique: efficacité de l'ordre de 50%

B) Modèle de dévalaison: efficacité de cette première année de l'ordre de 50% mais nécessite des ajustements opérationnel

C) Rideau à bulles: dispositif non adapté aux conditions en Meuse (pas de mesure d'efficacité)

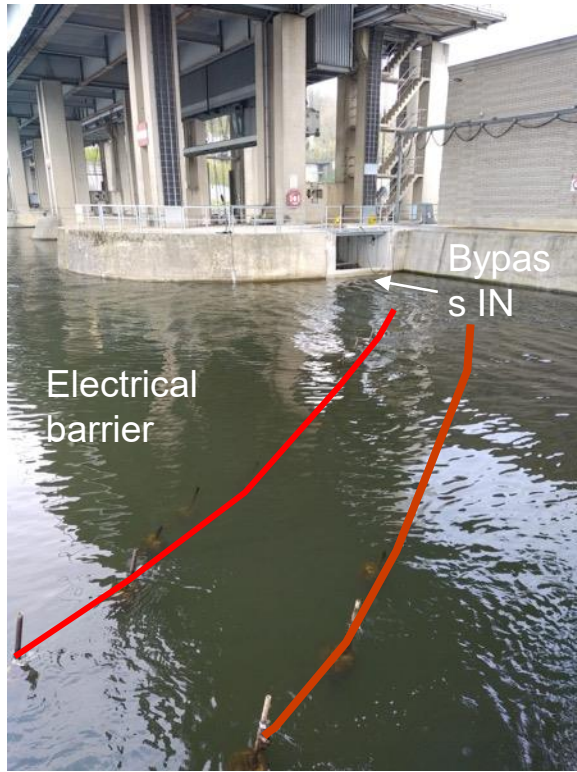


# PHASE IV: TEST IN SITU



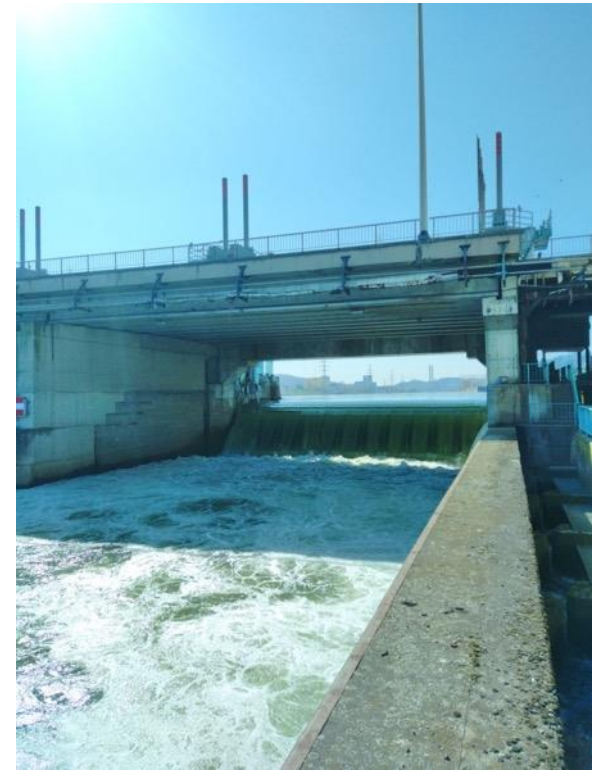
## B) Smolts (télémetrie acoustique)

Grands-Malades (HPP 1) :  
Bypass + Neptun electrical barrier



Ouverture vanne barrage

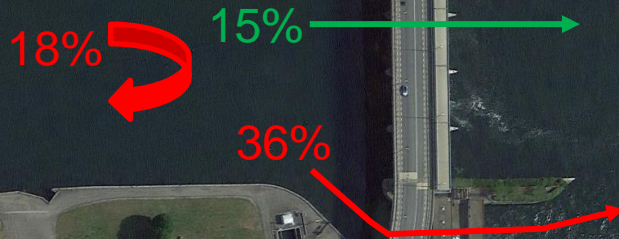
Ivoz-Ramet (HPP 4): lame d'eau de 50 cm et 90 cm  
Lixhe (HPP 6) : 20 cm



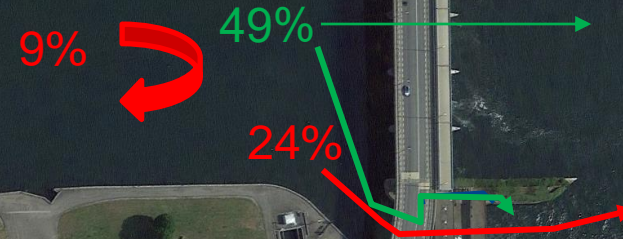
# PHASE IV: TEST IN SITU



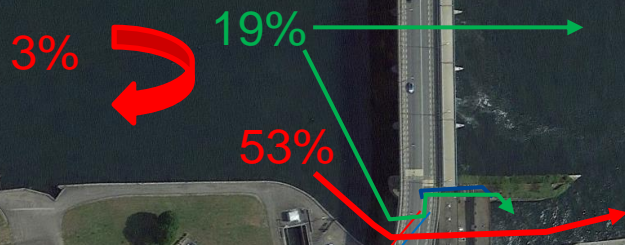
2017 smolts reference



2021 smolts bypass



2021 smolts bypass + barriere elec

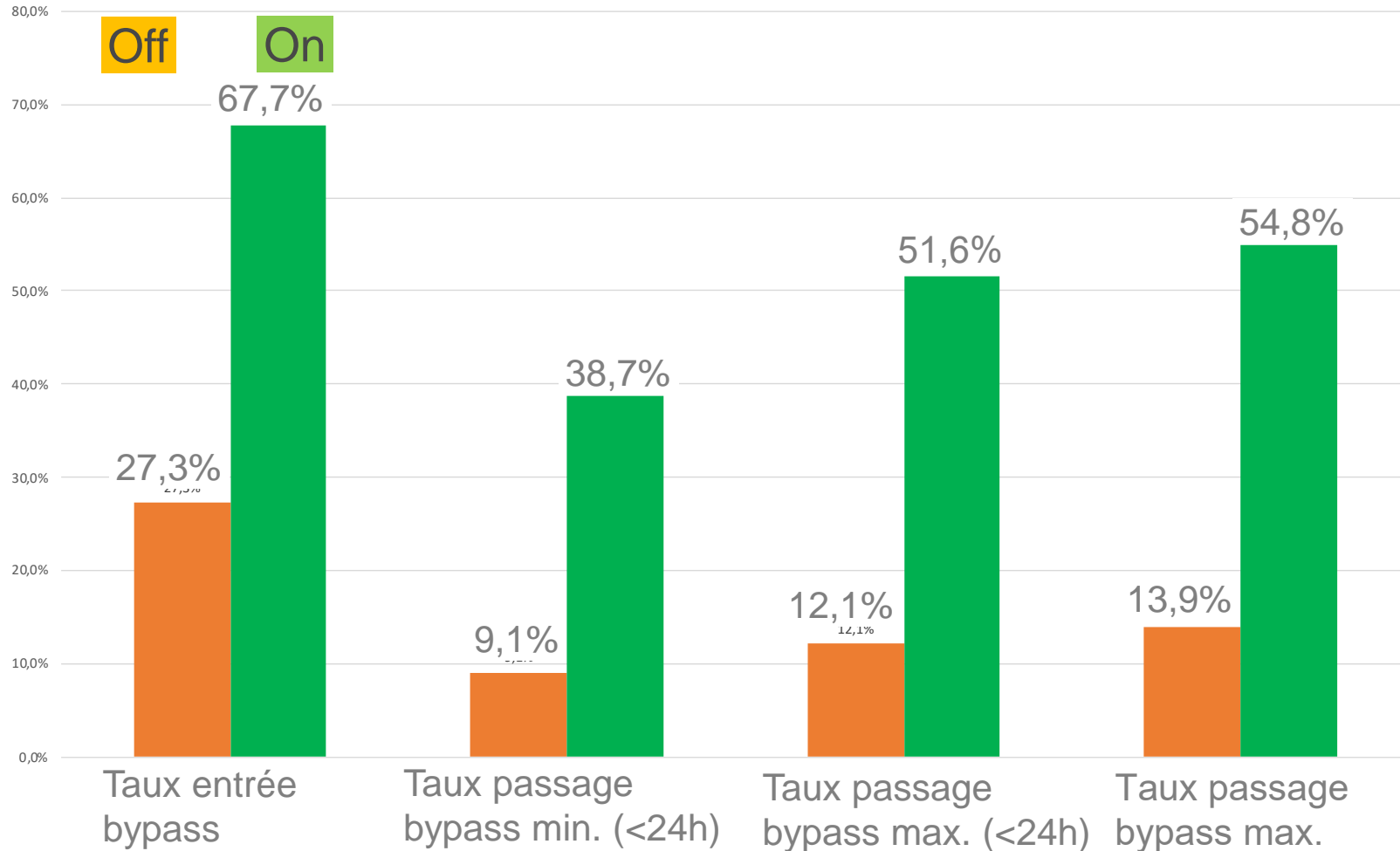


- Effet négatif de la barrière: voltage trop élevé (répulsion/attraction) ?
  - Etude comportementale en cours pour déterminer l'effet de la barrière
- => aujourd'hui pas de conclusion sur l'effet de la barrière

# PHASE IV: TEST IN SITU



Un taux important d'individus se présentent au bypass sans le franchir  
→ Présence de corps flottant devant le bypass

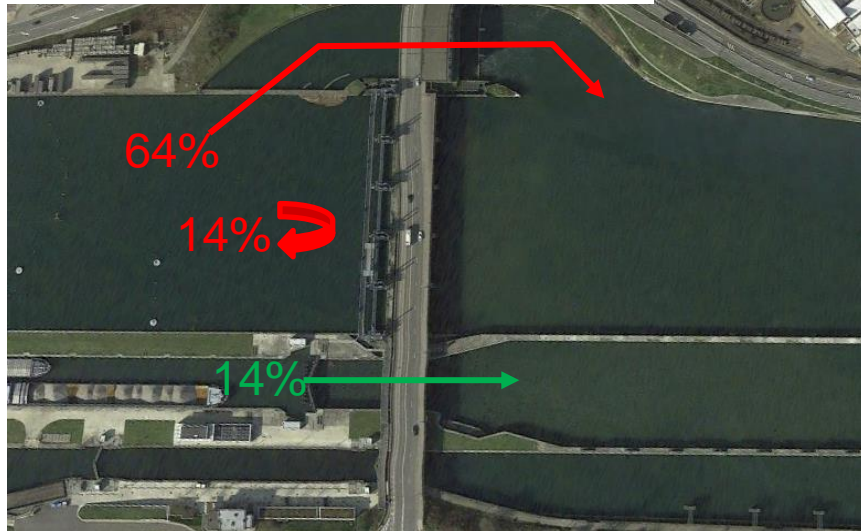




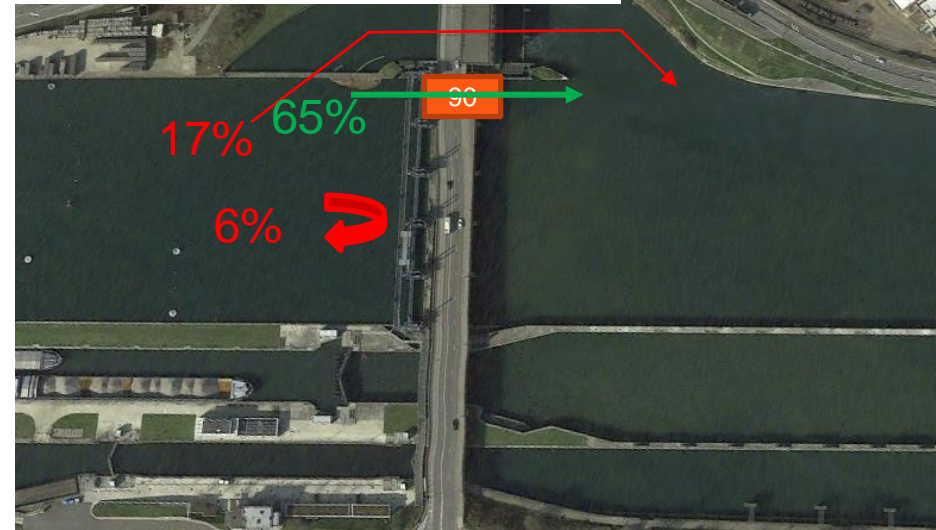
# PHASE IV: TEST IN SITU



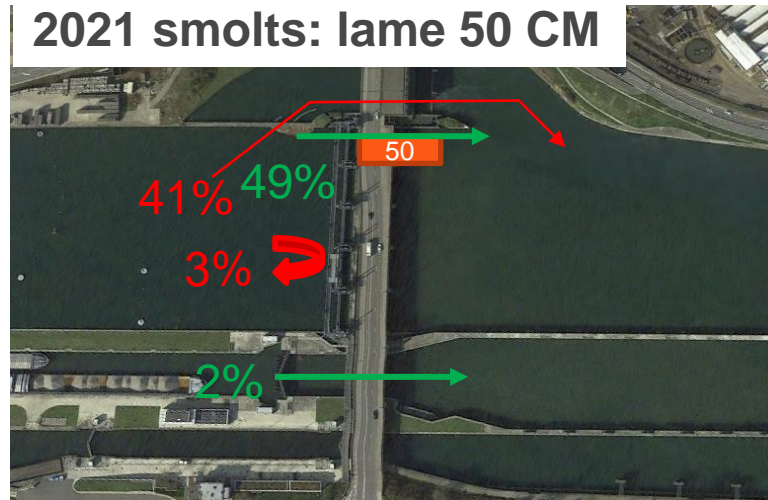
## 2017 reference smolts



## 2021 smolts: lame 90 CM



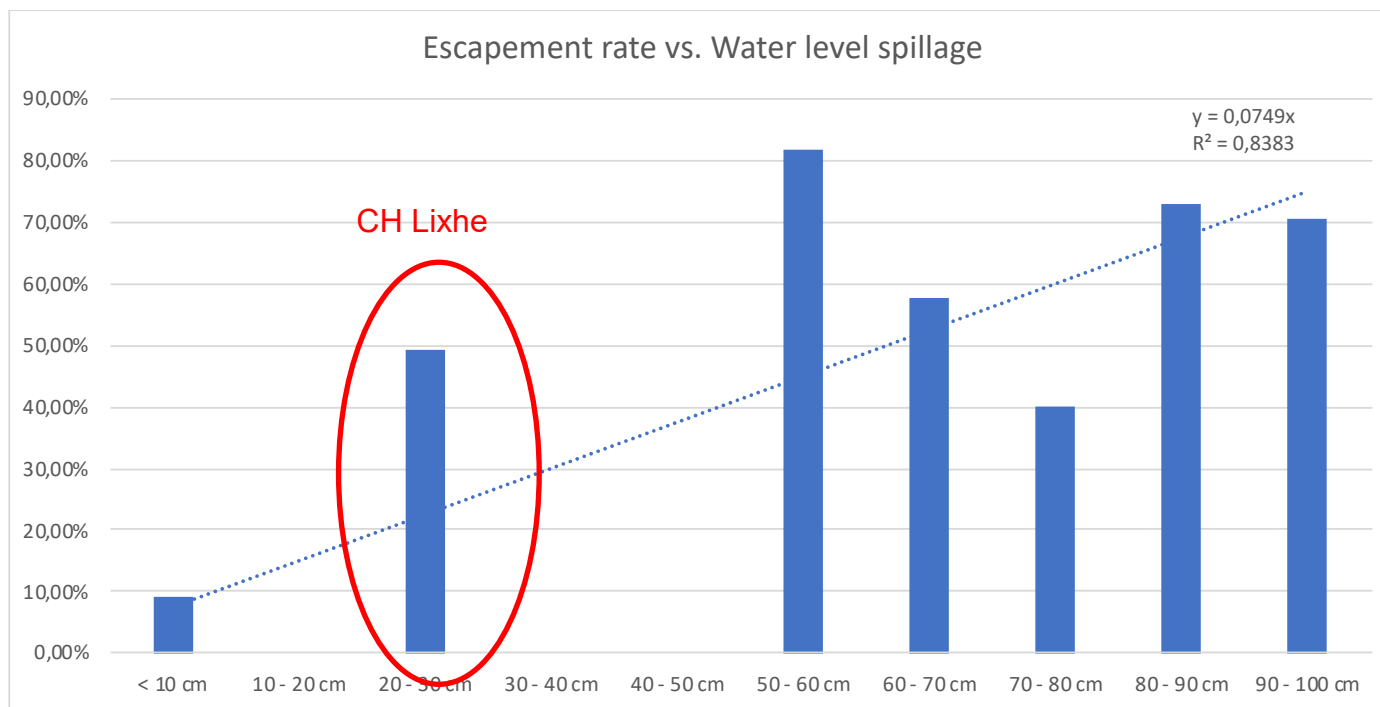
## 2021 smolts: lame 50 CM



# PHASE V: ECHELLE 1



## Déversement au barrage



Le taux de passage par le barrage varie entre 40 et 80%

Une lame déversante de 20-30cm à Lixhe permet le même taux d'échappement que le bypass de Namur.

L'analyse comportementale des smolts est en cours

# PHASE VI:

A) Implémentation des dispositifs et mesures à l'été 2022

**Options sont encore en discussion:**

Site	Anguilles	Smolts
HPP1 (GM)	Barrière électrique	Bypass (pilote)
HPP2 (And)	Tx ech. > 90% => 0	Pas de besoin écologique (peut évoluer ?)
HPP3 (Amp)	Barrière électrique + turbine management	
HPP4 (IR)	Turbine management	
HPP5 (Mon)	Turbine management (nelle turbine)	Déversement barrage
HPP6 (Lix)	Tx ech. > 90% => 0	Bypass ou déversement barrage ?

B) Suivi des solutions déployées à échelle 1 pour les anguilles (2022-2023) et les smolts (printemps 2023)

C) Fin du projet : Septembre 2023.

# PROCHAINES ÉTAPES

## Après le LIFE:

- Impact significatif lors du franchissement barrage par les anguilles  
⇒ 5 à 10% de perte => Fish-friendly Dam
- le projet permet/a permis de tester à échelle 1 des mesures et dispositifs pour protéger les anguilles et les smolts en dévalaison sur une section de rivière équipée de plusieurs ouvrages de grandes dimensions.
- Le « mix » des solutions devraient permettre de respecter les objectifs de survie
- Cette expérience est destinée à être partagée

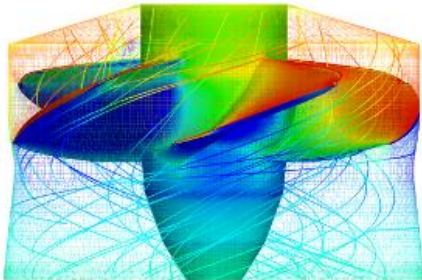
<https://www.life4fish.be/>

# EN PARALLÈLE

Modification d'une turbine type Kaplan pour réduire l'impact sur les poissons (smolt et anguilles) passant au travers



- Modification des pales et du nombre de pales d'un des 3 groupes
- Test des survie sur un groupe existant et sur nouveau groupe « eco-durable »



Balloon tag (estim. Survie)





# PROJET FEDER PACA: ACOU-EAU



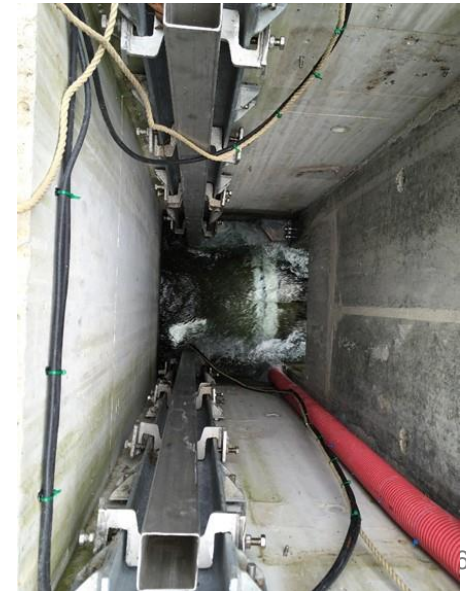
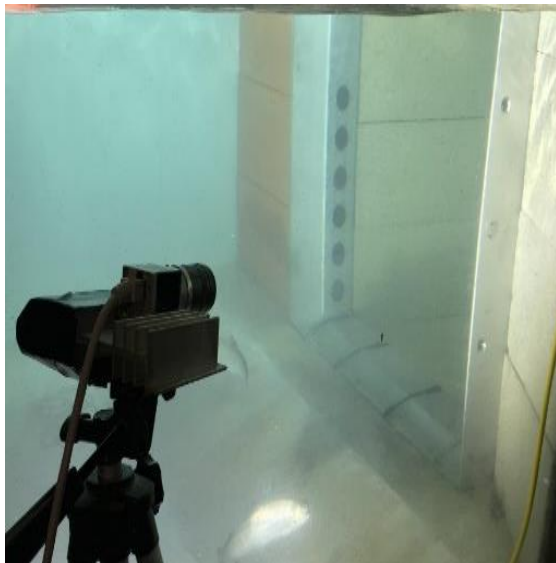
Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



## PROTOTYPE DE COMPTEUR ACOUSTIQUE DE POISSONS POUR LE SUIVI DE BON FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES DE RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Antenne acoustique (émissions/réception) + vidéo (IR) qui permet de détecter et de comptabiliser les poissons en dévalaison dans un exutoire de dévalaison pour des hautes vitesses de franchissement.

Le dispositif a été testé (install. 4 j. avant la crue de 2019) sur le site de Breil-sur-Roya





Exemple de vidé (5 s. pour chaque détection)



Tableau 3 : Matrice de confusion sur l'échantillon de validation pour N=50

		Prédiction	
		Fausse-alarmer	Poisson
Vérité-terrain	Fausse-alarmer	7714	407
	Poisson	46	341

Tableau 4 : Rappel de la validation par classe pour N=50

Classe	Rappel
Fausse-alarmer	0,95
Poisson	0,88

Taux de détection de 88%

- Compteur robuste et peu d'entretien (caméra ?)
- Comptage automatique
- Comptage pour des vitesses élevées jusqu'à 4 m/s
- Pas de différenciation d'espèce mais taille possible
- Non impacté par la turbidité ou la lumière
- Très sensible aux bulles

# Merci à l'ensemble des partenaires