

# Modélisation de la continuité écologique pour les poissons grands migrateurs

M.-L. Merg<sup>1</sup>, S. Wang<sup>2</sup>, A. Bordet<sup>3</sup>, N. Flipo<sup>3</sup>, C. Le Pichon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE, HYCAR, Antony

<sup>2</sup> UMR METIS

<sup>3</sup> Centre de Géosciences, Mines Paris - PSL, Fontainebleau

Portage & Coordination



Financement



Labélisation



Consortium scientifique



## Objectif de l'étude

### Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

### Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

### Perspectives

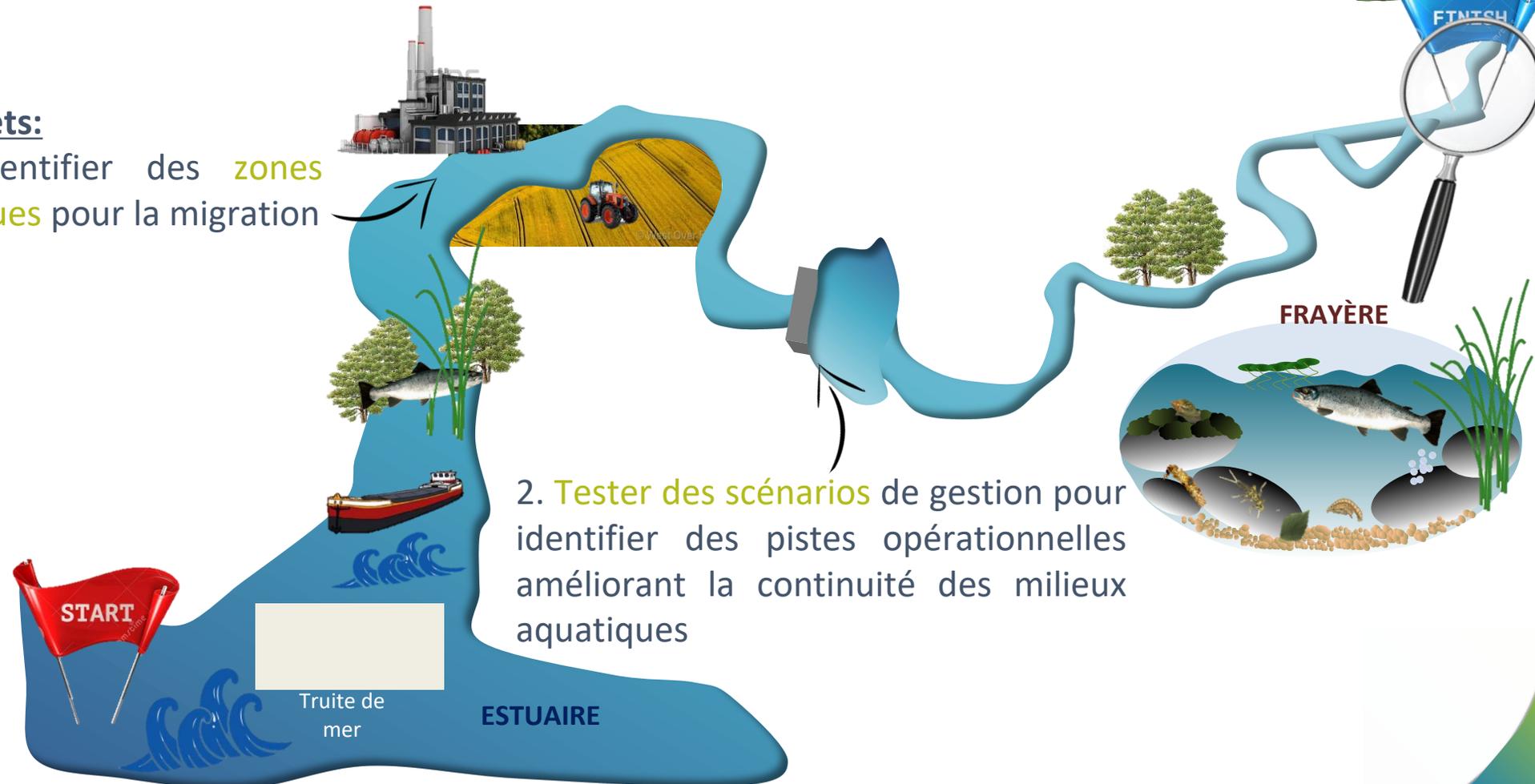
# Pourquoi modéliser la continuité écologique ?

**Objectif:** Evaluer l'**accessibilité aux frayères** pour plusieurs espèces de poissons grands migrateurs en montaison, **depuis l'estuaire** de la Seine **jusqu'aux frayères** (=habitat cible).

### Intérêts:

1. Identifier des **zones critiques** pour la migration

2. **Tester des scénarios** de gestion pour identifier des pistes opérationnelles améliorant la continuité des milieux aquatiques



# Quel secteur et quelles espèces étudier ?

## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

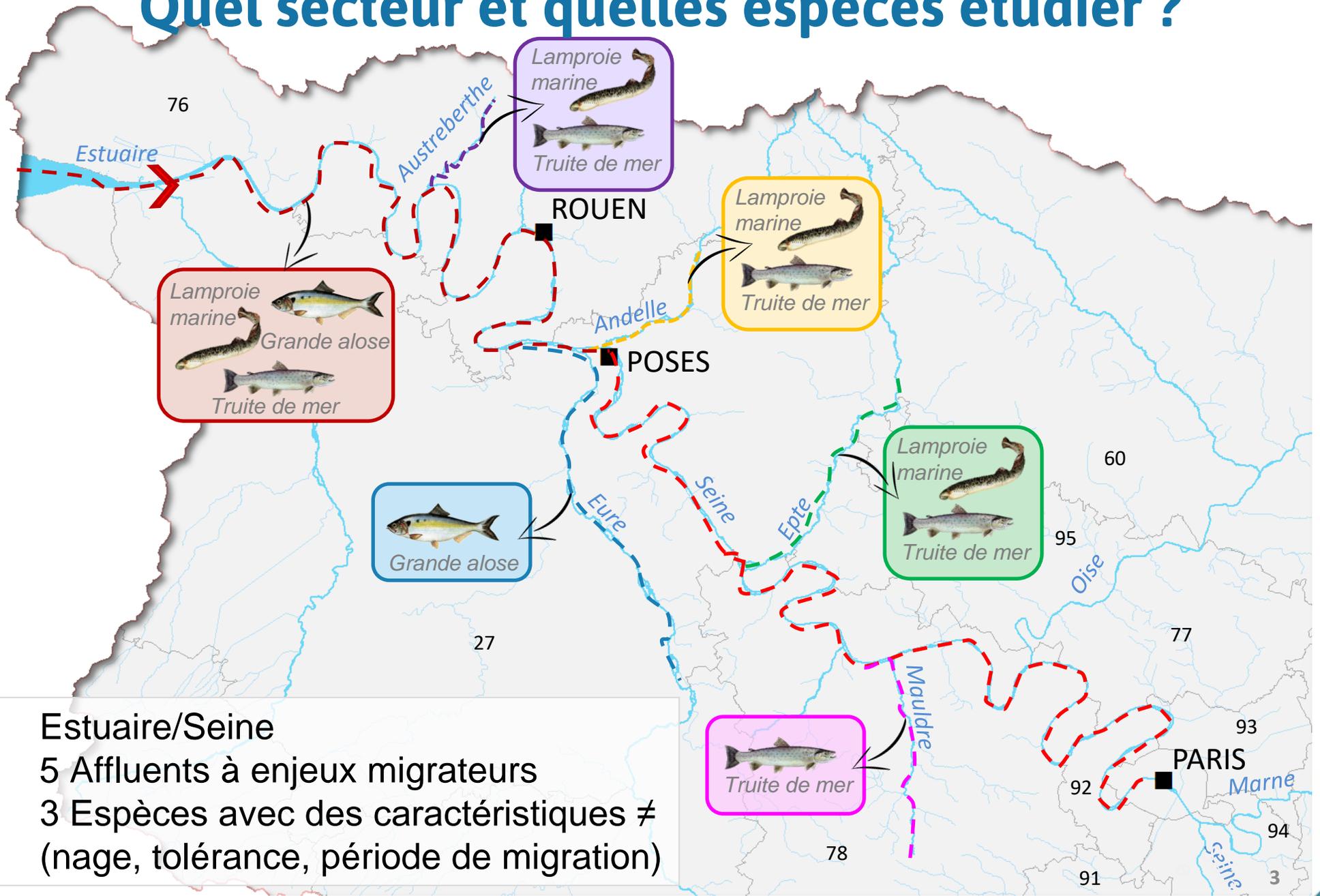
Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

## Perspectives



- Estuaire/Seine
- 5 Affluents à enjeux migrateurs
- 3 Espèces avec des caractéristiques ≠ (nage, tolérance, période de migration)

# Où sont situées les frayères potentielles sur les affluents?

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

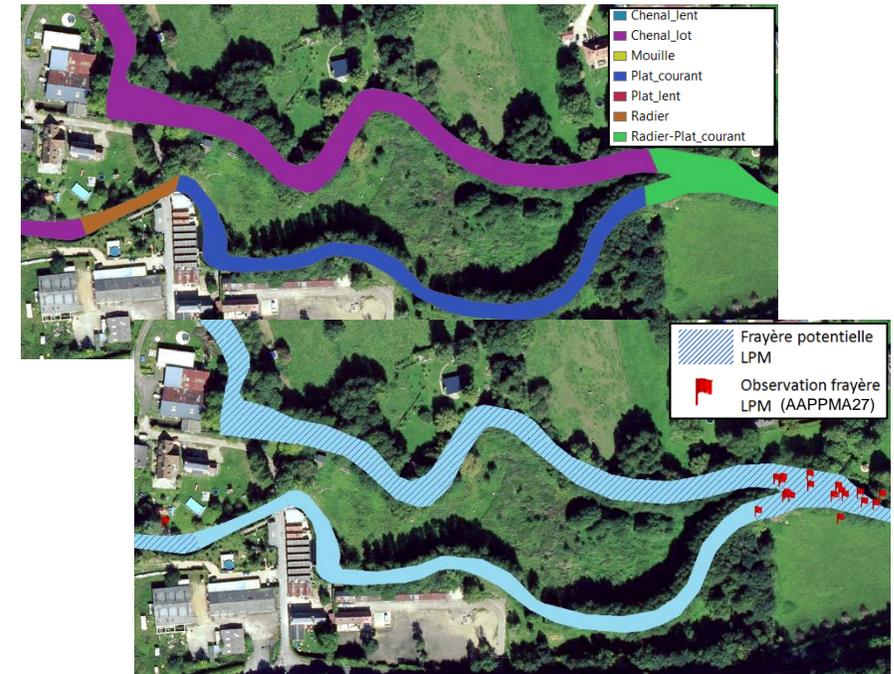
Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

Perspectives



Inventaire des frayères potentielles par prospection en kayak et à pieds sur la Mauldre



Identification des frayères potentielles de LPM sur l'Andelle par croisement des couches substrat et faciès

	ALA	TRM/SAT	LPM
Austreberthe	20%	22%	26%
Andelle	9%	34%	39%
Eure	1%	10%	27%
Mauldre		22%	

Potentialité d'accueil de frayères sur les affluents (% surface du cours d'eau disponible)

Les frayères potentielles identifiées serviront d'habitat cible dans la modélisation

# Quels sont les éléments du paysage qui influencent la migration vers les frayères ?

Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

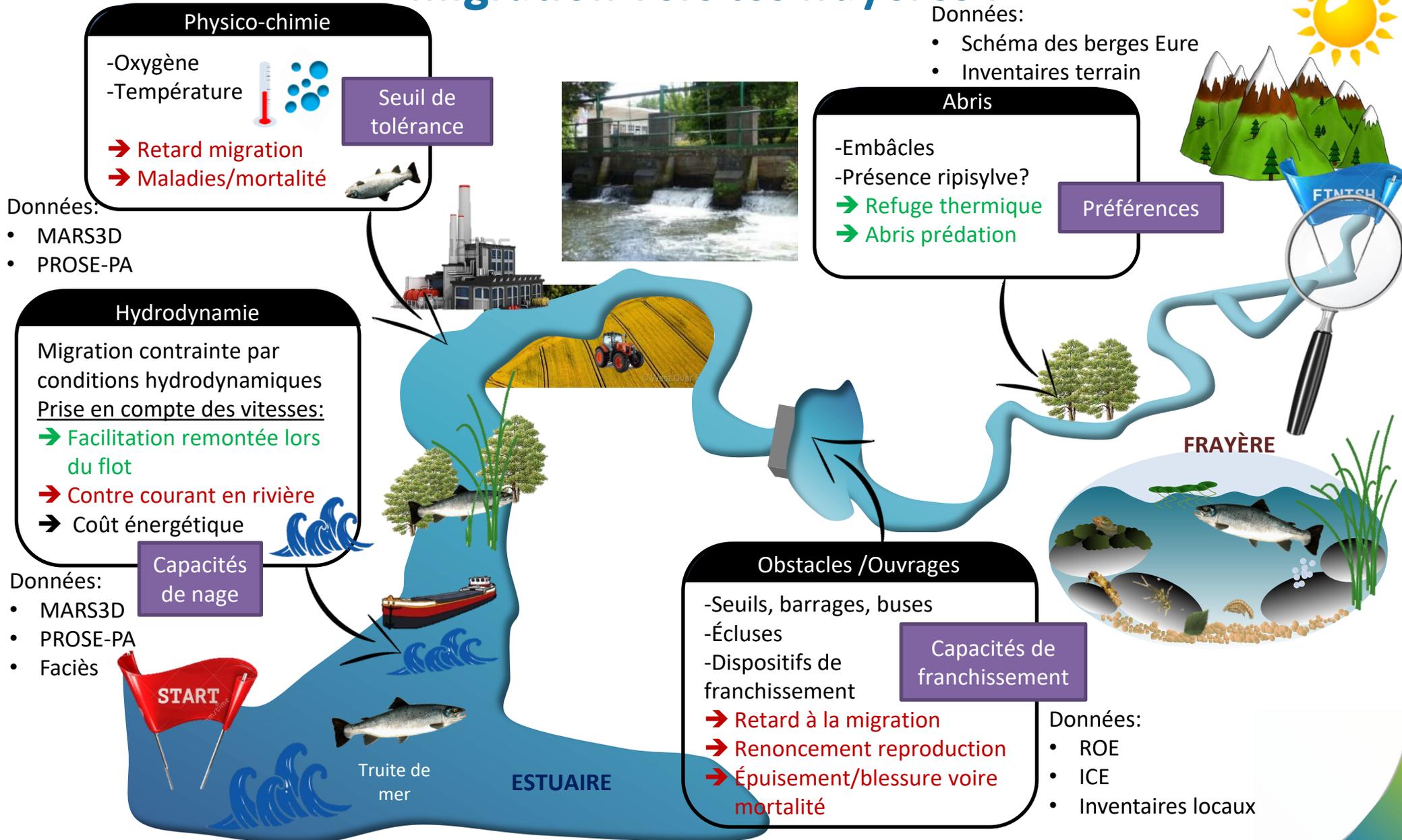
Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

Perspectives



# Comment évaluer la continuité écologique ?

Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

Perspectives

Calculer un **indicateur de continuité écologique**

→ Approche de chemin de moindre coût

Qui consiste à :

- **Attribuer un coût** à chaque élément du paysage
- Calculer une **distance fonctionnelle (DF)** qui intègre tous les coûts du paysage
- Fixer un seuil de distance au-delà duquel la migration n'est plus possible

Estuaire ● — DF —▶ Frayère

Avantages :

- DF peut être comparé à la distance hydrographique réelle
- DF peut donner une idée relative de la difficulté du parcours migratoire

Traverser un linéaire pollué

Migrer avec le flot

Franchir un barrage



Truite de mer

ESTUAIRE

FRAYÈRE

- ← Coût élevé = difficulté pour la migration
- ← Coût neutre = pas d'effet sur la migration
- ← Aide à la migration

## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

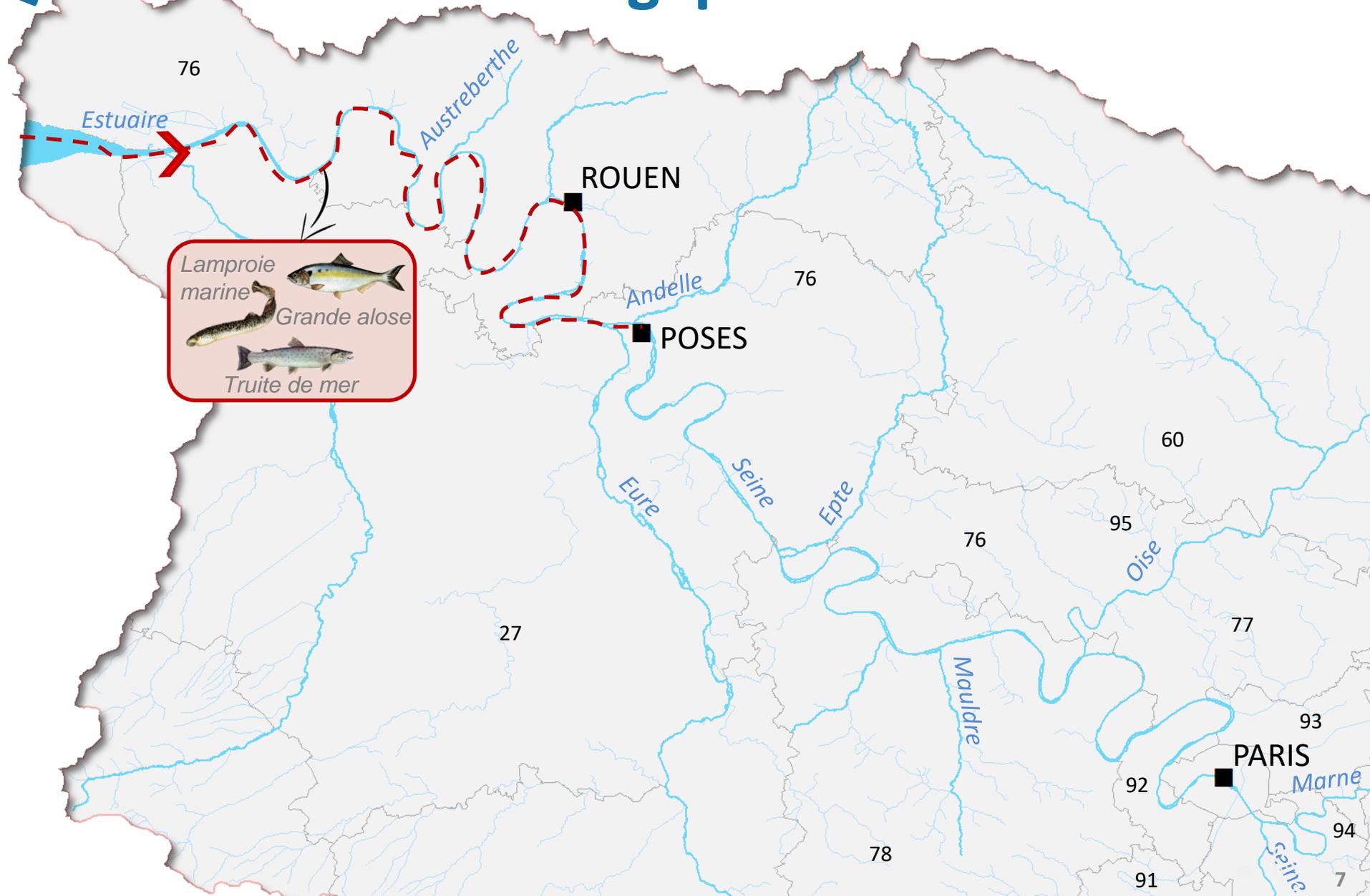
Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

## Perspectives

# Quelle continuité écologique actuelle sur l'estuaire?



# Coût modélisé de migration dans l'estuaire

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

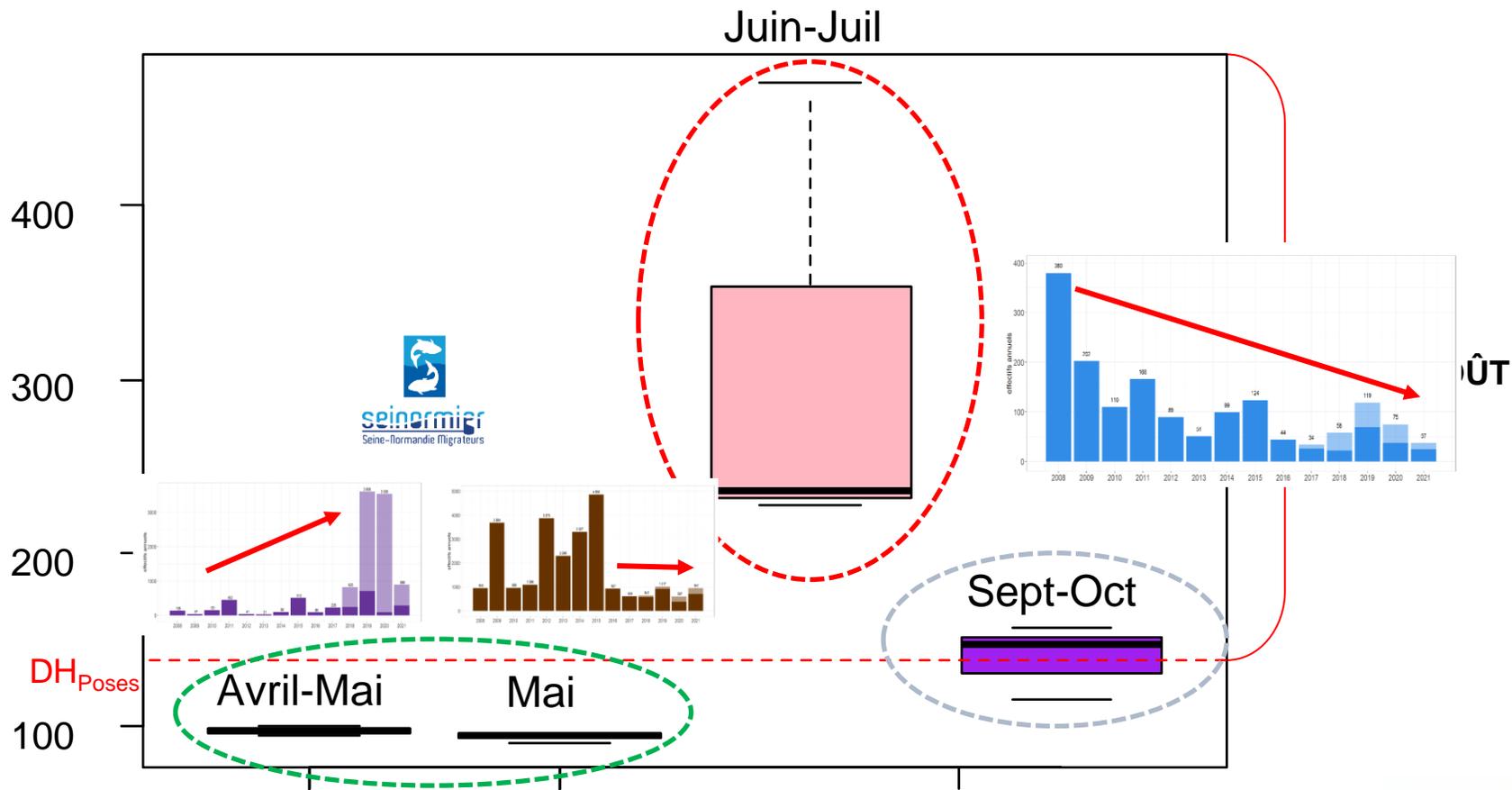
Perspectives

- *Y a-t-il des différences de coût de migration entre les espèces pour traverser l'estuaire?*

Coût de la migration



Distance fonctionnelle (kmF)  
D'Honfleur à Poses



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

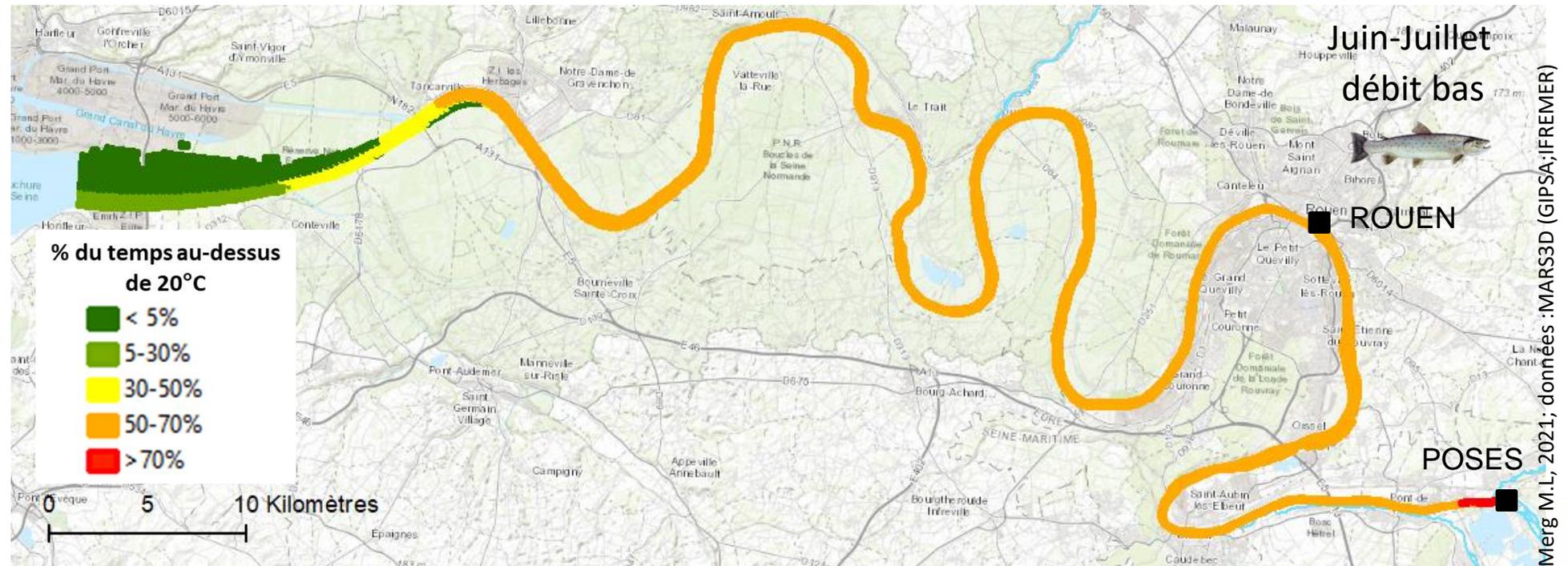
## Perspectives

# Coût modélisé de migration dans l'estuaire

- *Quels sont les éléments du paysage qui expliquent les coûts de migration sur l'estuaire?*

O2	Température	MES	Ouvrages	Autres?
✓	≈	✓	✓	✓

**% du temps où la température de l'eau dépasse 20°C dans l'estuaire**



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

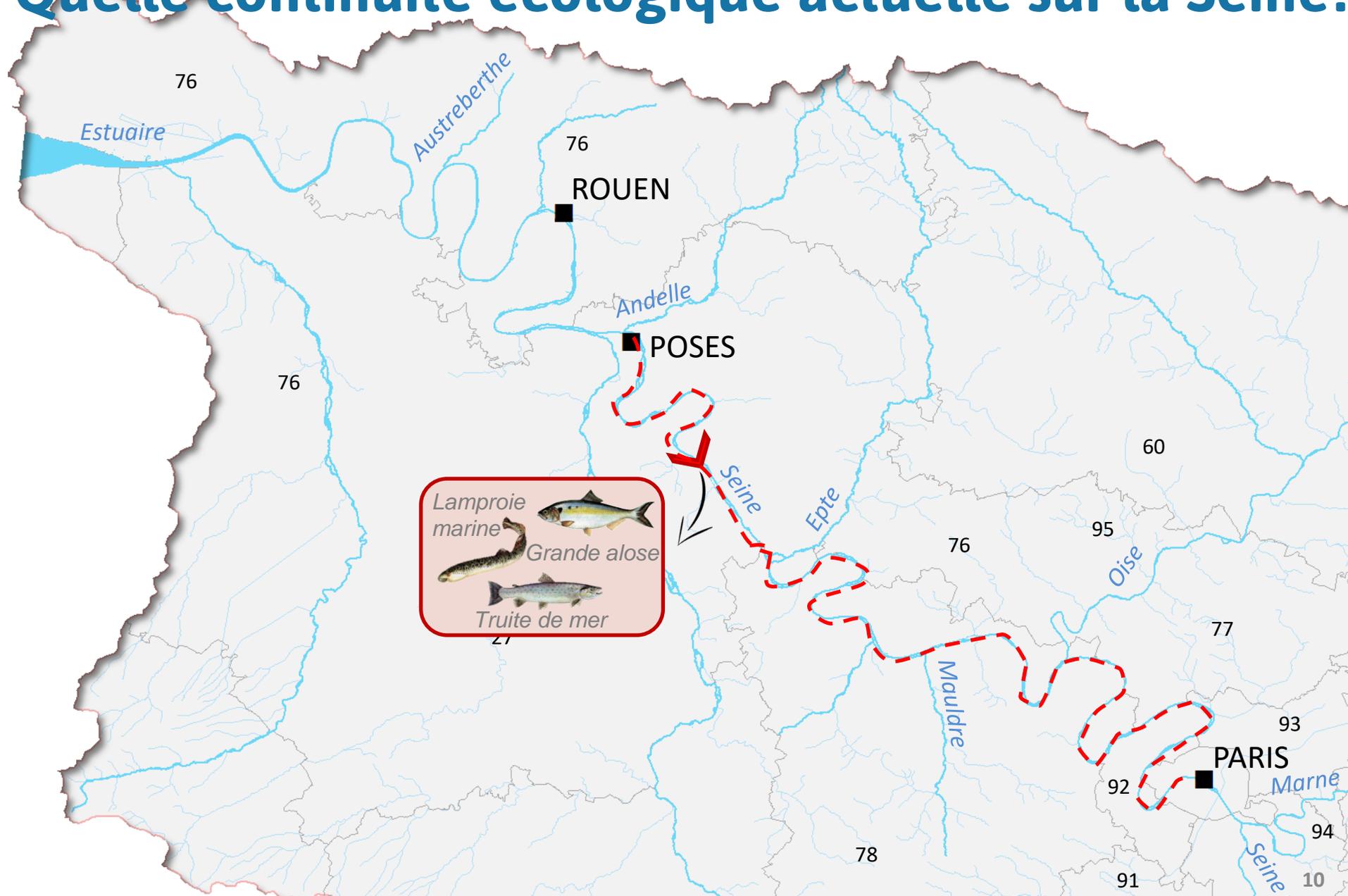
Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

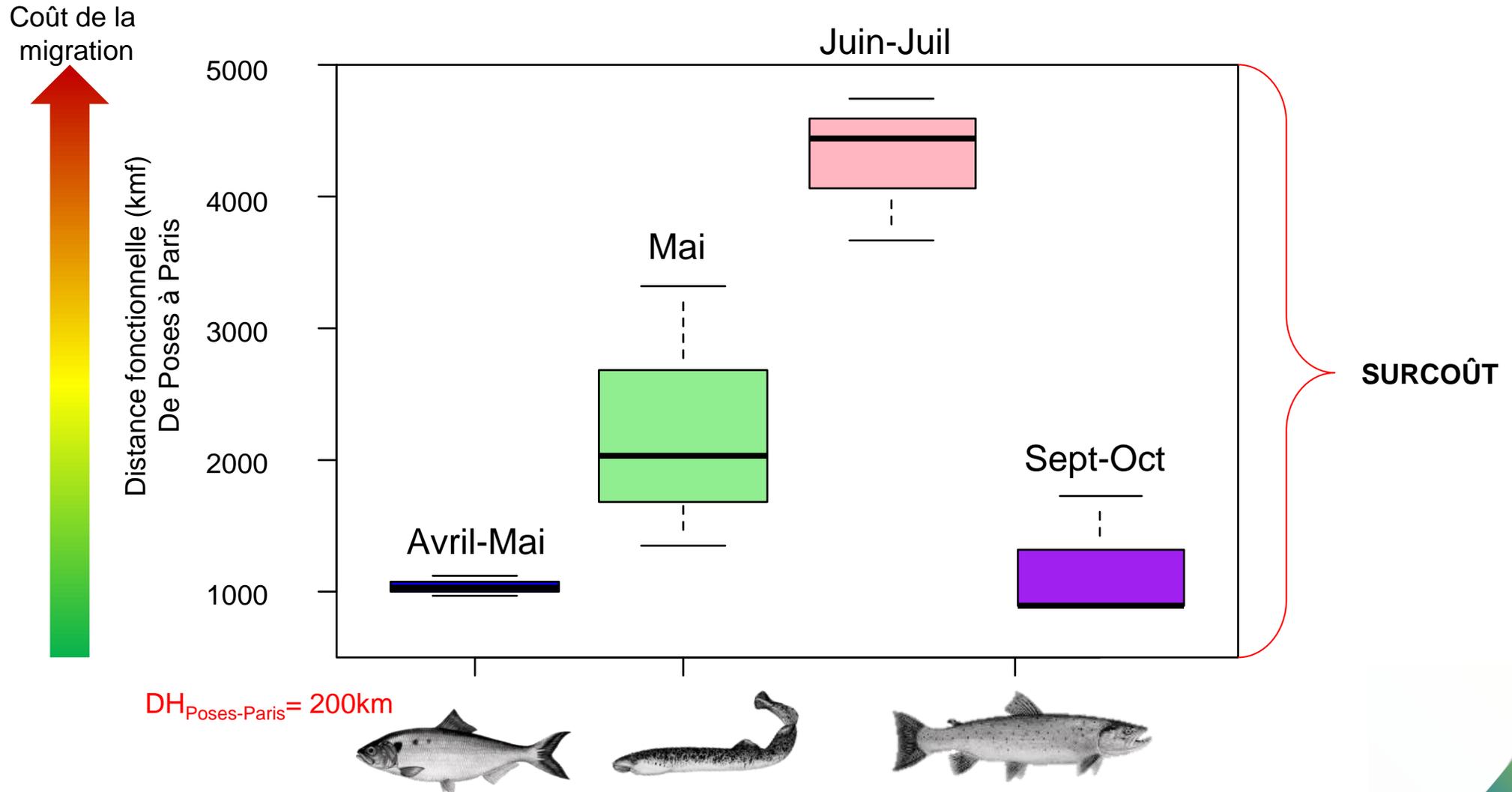
## Perspectives

# Quelle continuité écologique actuelle sur la Seine?



# Coût modélisé de migration dans la Seine

- Y a-t-il des différences de coût de migration entre les espèces pour traverser la Seine?



Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

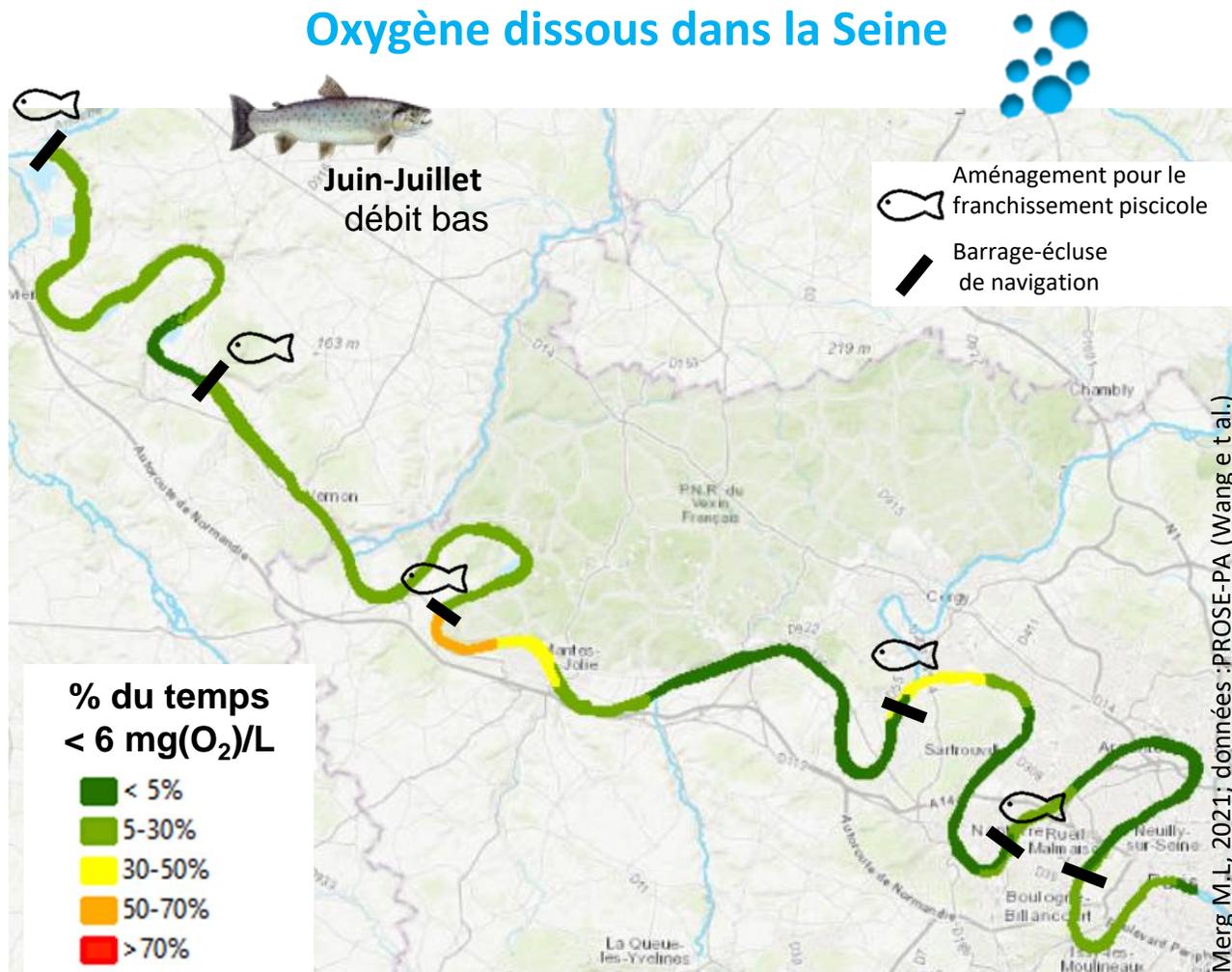
Continuité sous scénarios

Perspectives

# Coût modélisé de migration dans la Seine

- Quels sont les éléments du paysage qui expliquent les coûts de migration sur la Seine?

## Oxygène dissous dans la Seine



O2	Température	Ouvrages
≈	≈	≈

... des valeurs d'oxygène ponctuellement sous le seuil de tolérance des salmonidés

... des conditions contraignantes qui s'ajoutent à la difficulté de franchissement des ouvrages de navigation

Pourcentage du temps sous le seuil de 6 mg(O<sub>2</sub>)/L (sans microcentrales)

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

Perspectives

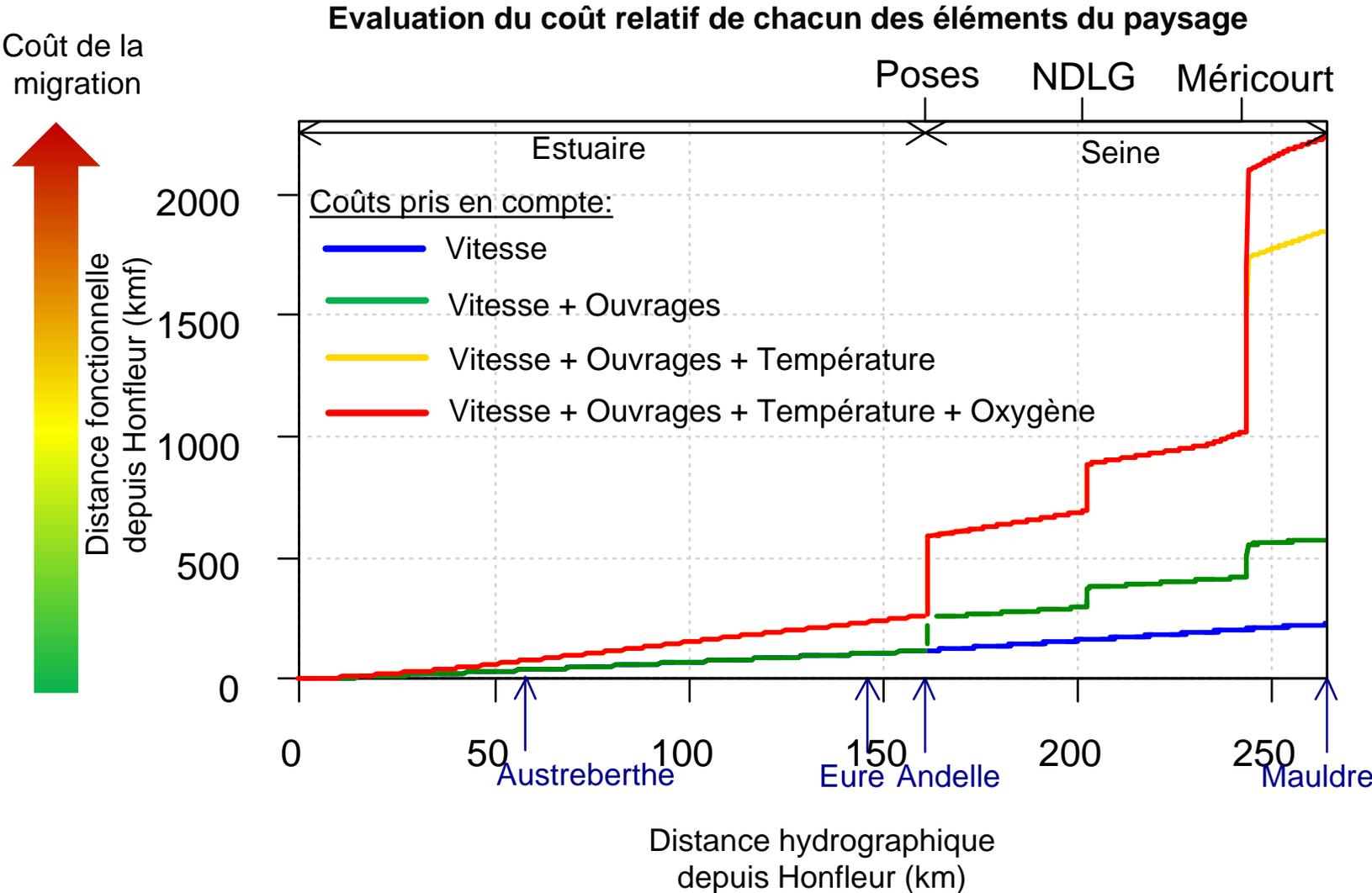
# Bilan du coût actuel estuaire-Seine



Truite de mer

- Comment évolue le coût de migration le long de la Seine?

Cas hydrologique: moyen  
Période de migration: Juin-Juillet



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

## Perspectives

## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

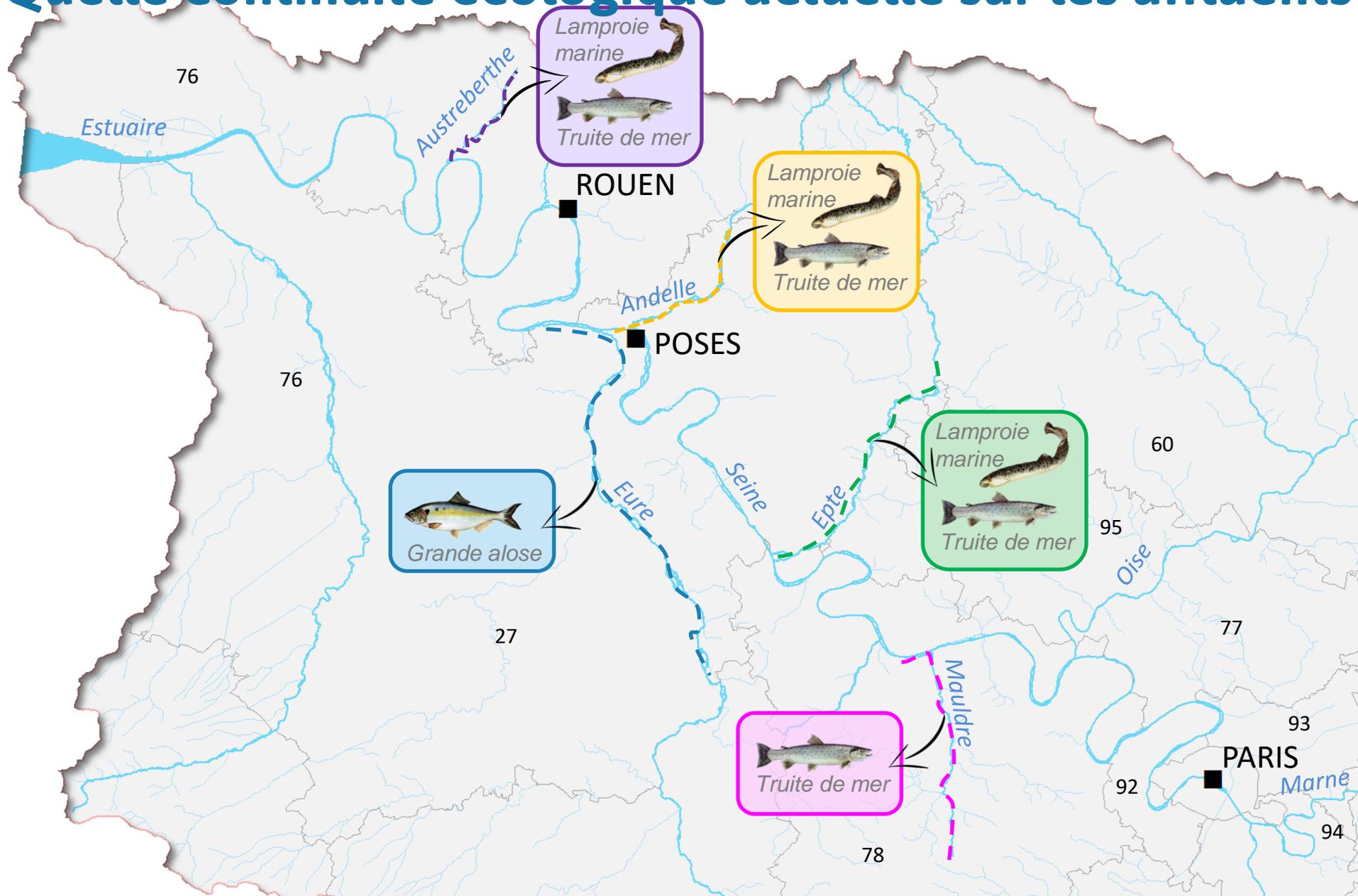
Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

## Perspectives

# Quelle continuité écologique actuelle sur les affluents?



# Coût modélisé de migration dans les affluents

## Objectif de l'étude

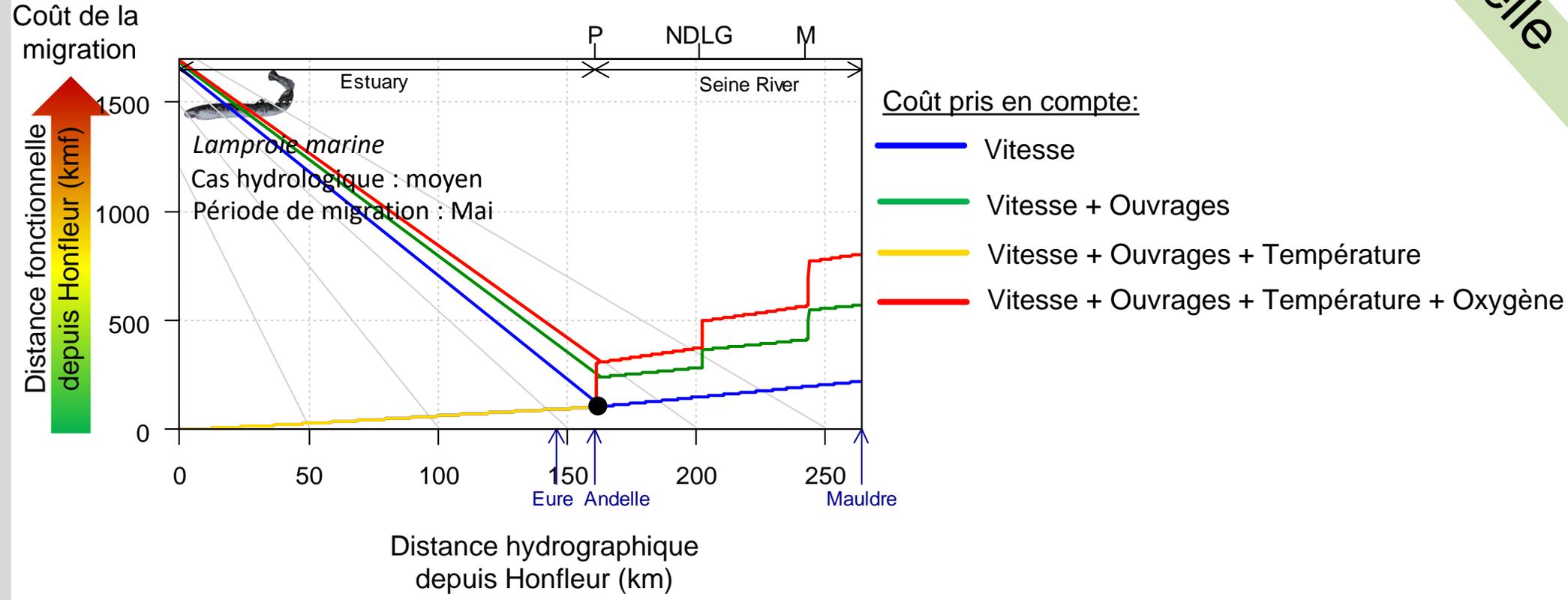
## Méthodologie

- Zone d'étude
- Les frayères
- Les éléments du paysage
- Les coûts de migration

## Résultats

- Continuité actuelle
  - Estuaire
  - Seine
  - Affluents
- Continuité sous scénarios

## Perspectives



# Coût modélisé de migration dans les affluents

## Objectif de l'étude

## Méthodologie

- Zone d'étude
- Les frayères
- Les éléments du paysage
- Les coûts de migration

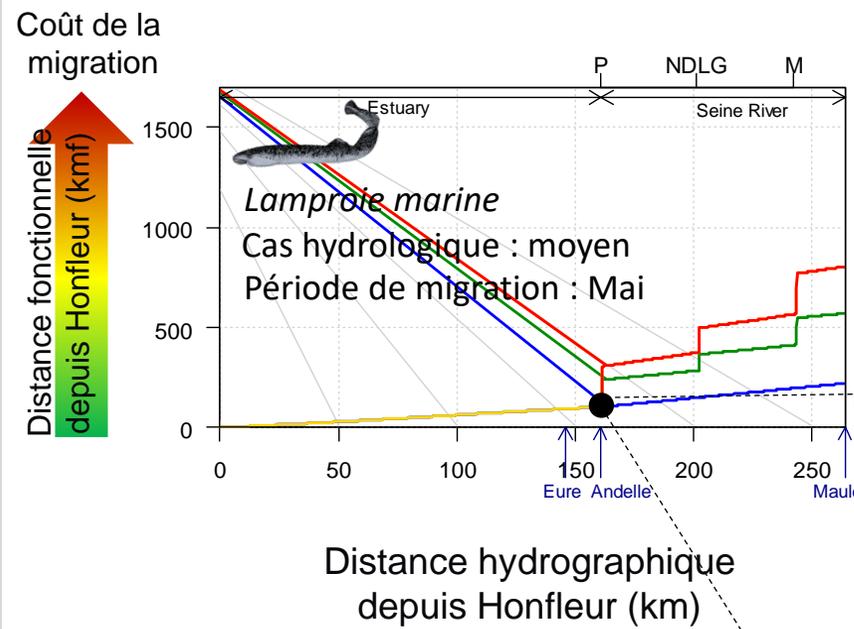
## Résultats

### Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

### Continuité sous scénarios

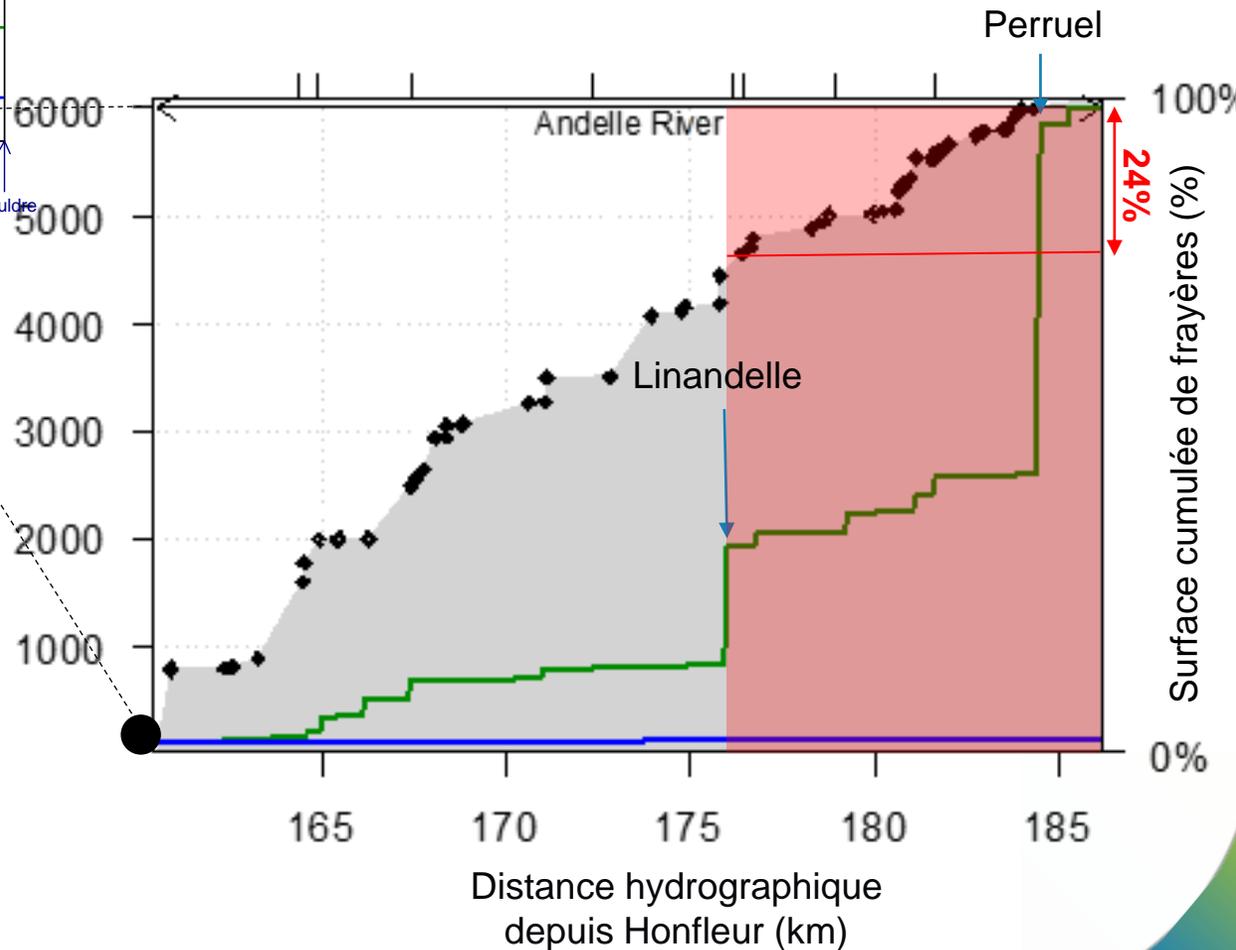
## Perspectives



• *Quels sont les ouvrages les plus coûteux pour la migration aux frayères ?*

Coûts pris en compte:

- Vitesse
- Vitesse + Ouvrages



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

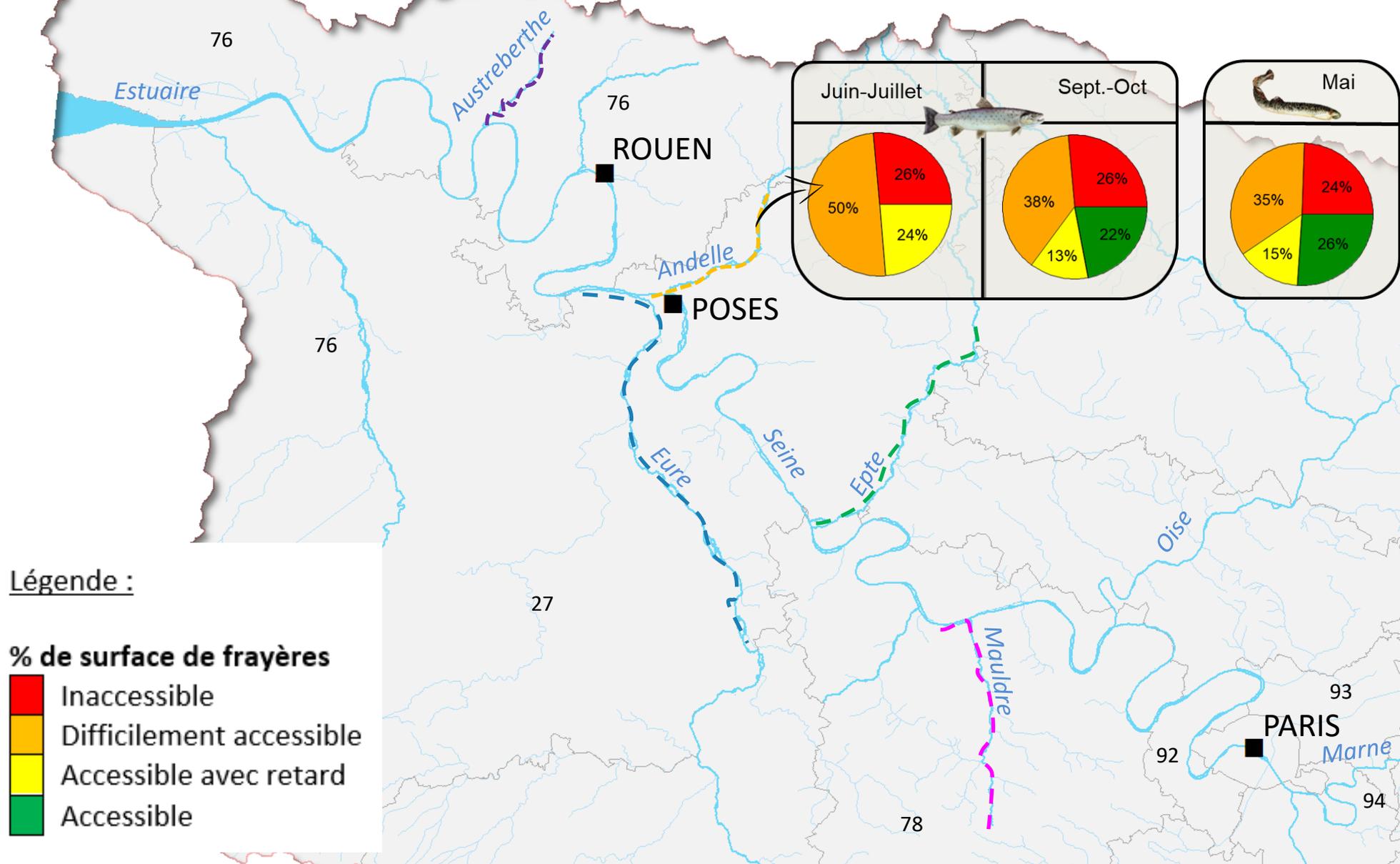
Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

## Perspectives

# Bilan actuel modélisé d'accès aux frayères?



# Bilan actuel modélisé d'accès aux frayères?

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

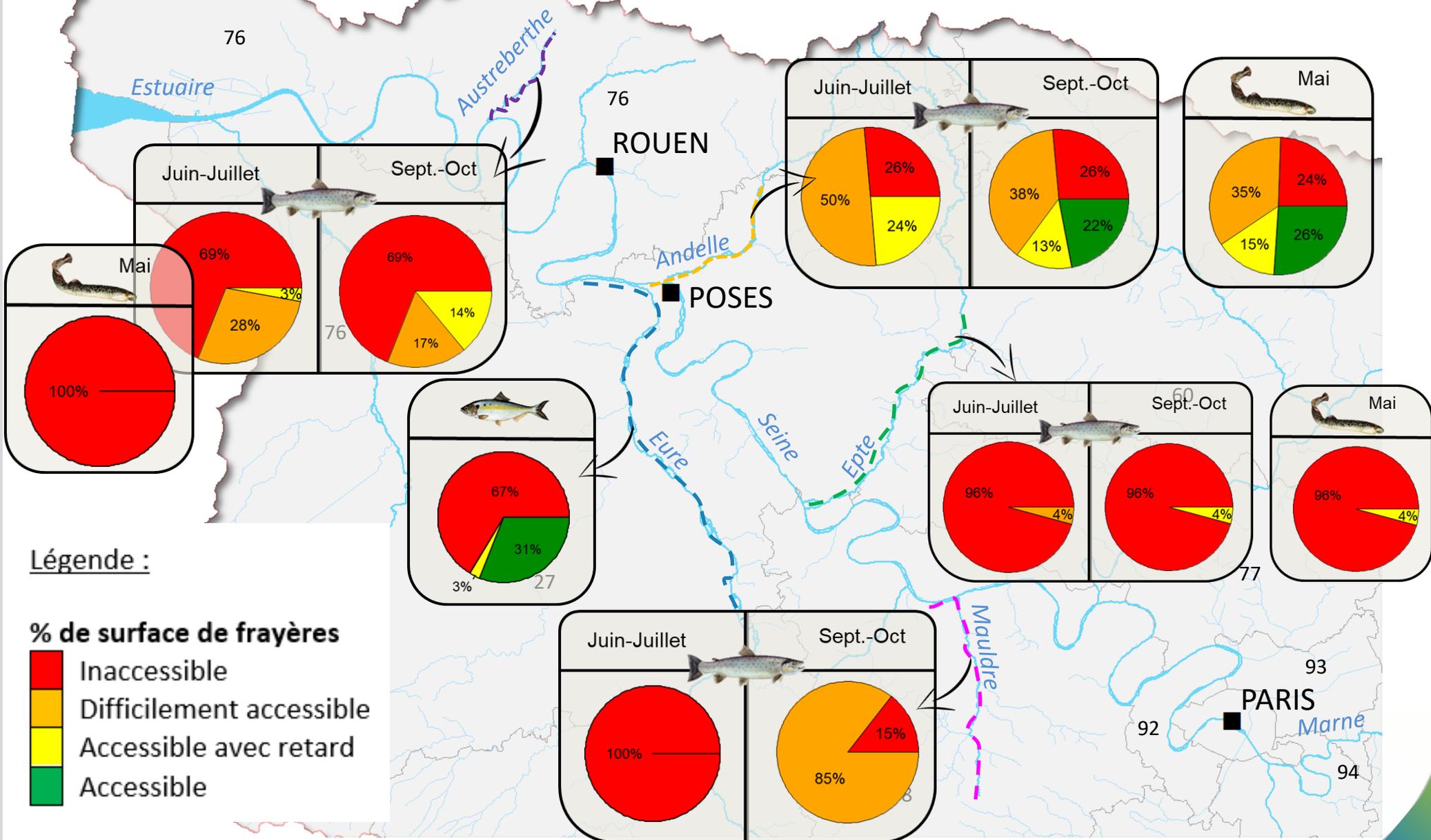
Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

Perspectives



# Utilisation des données de télémétrie pour définir un scénario sur les PAP de la Seine

## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

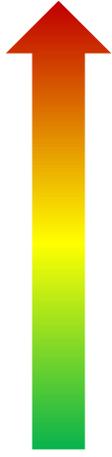
Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

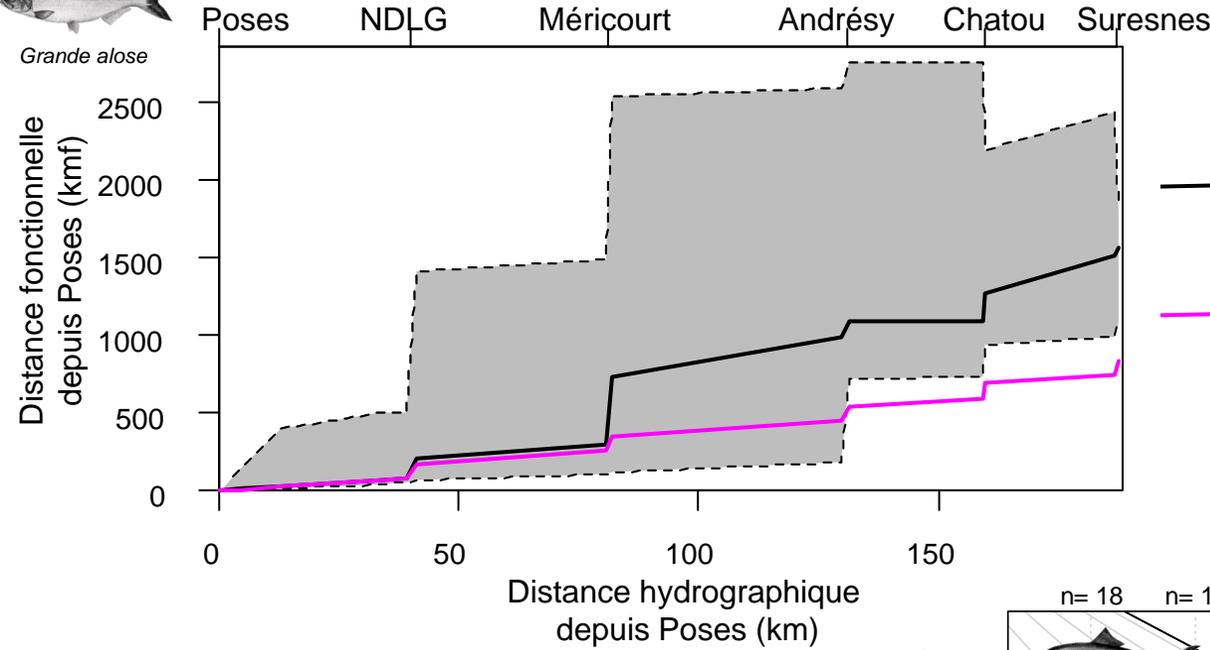
- Ouvrages Seine
- Ouvrages Andelle
- Ouvrages Affluents

## Perspectives

Coût de la migration

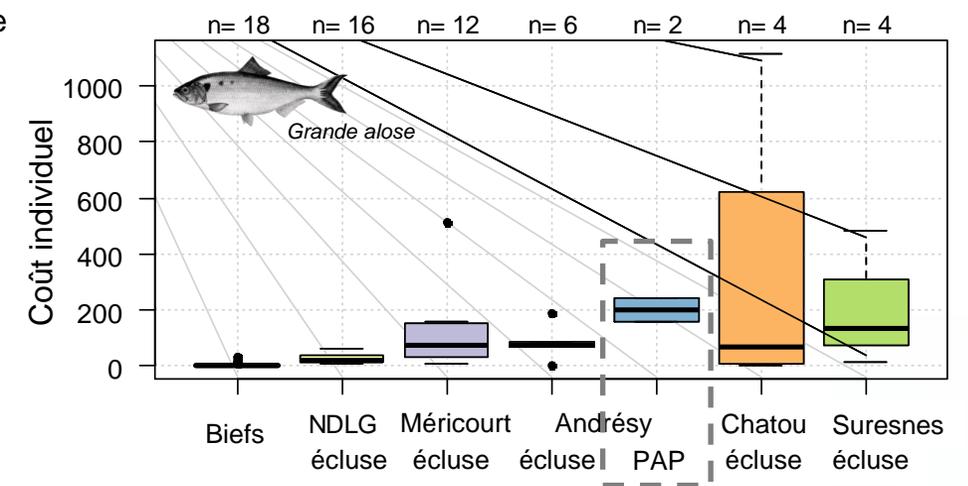


Grande alose



— Distance fonctionnelle médiane calculée à partir des données de télémétrie et entourée de l'enveloppe max et min

— Distance fonctionnelle avec scénario de coût minimum par passe



# Quel état d'accès aux frayères sous scénarios d'aménagement d'ouvrages?

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

- Ouvrages Seine
- Ouvrages Andelle
- Ouvrages Affluents

Perspectives

- *Quels sont les ouvrages prioritaires à intégrer dans les scénarios de restauration?*

Identification des ouvrages prioritaires et définition des scénarios sur 8 ouvrages dont :



Bacqueville Arasement



St Paul Arasement

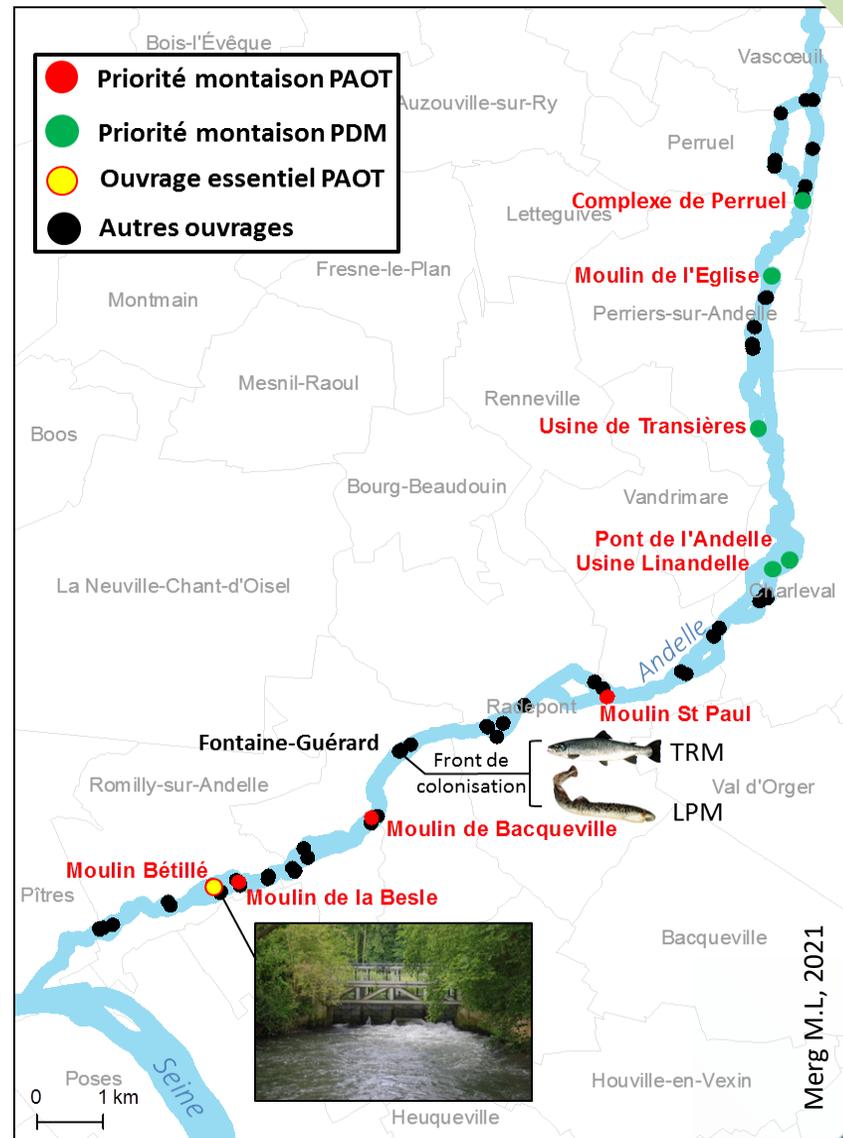


Linandelle Rivière de contournement



Transière Passe à poissons

Scénarios intégrés dans le modèle de continuité écologique pour réévaluer les conditions d'accès aux frayères



# Quel état d'accès aux frayères sous scénarios d'aménagement d'ouvrages?

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

Résultats

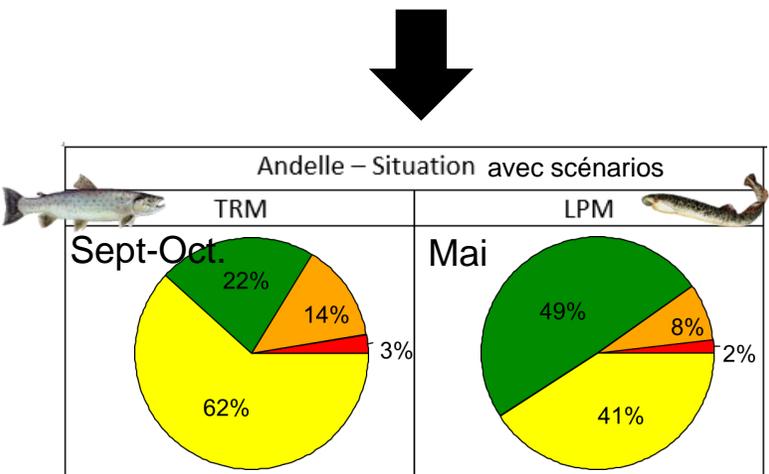
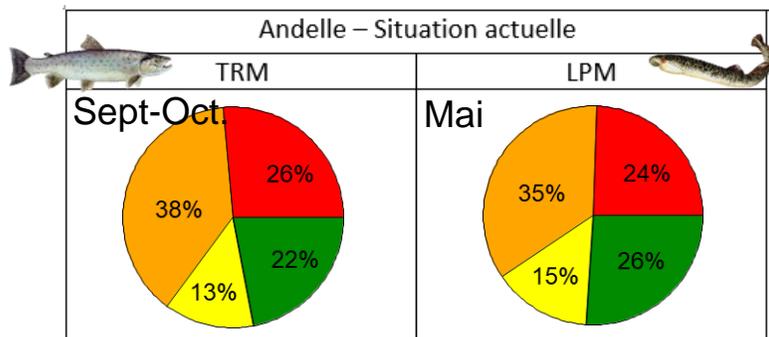
Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

- Ouvrages Seine
- Ouvrages Andelle
- Ouvrages Affluents

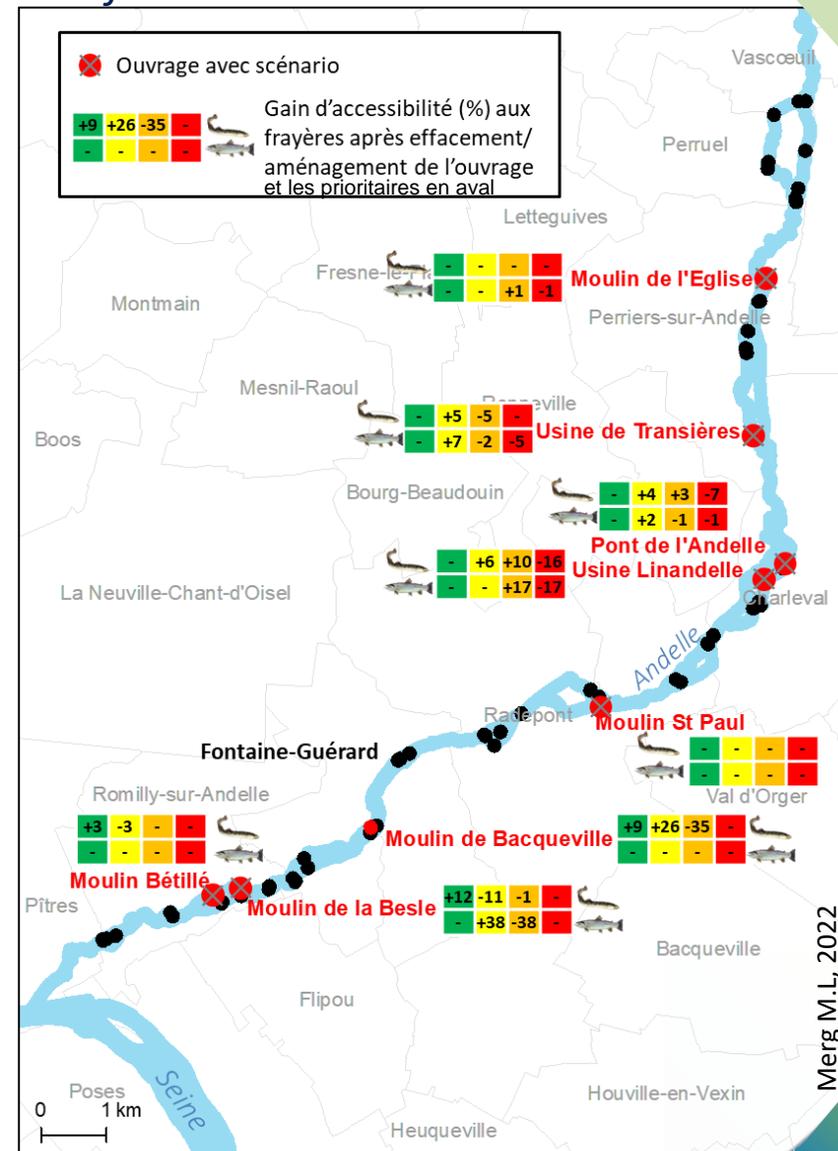
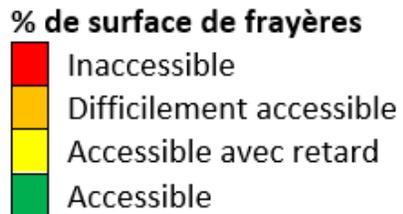
Perspectives

- *Quel est le gain de surface de frayères accessibles en fonction des scénarios d'aménagement/d'effacement d'ouvrages ?*



Situation d'accès aux frayères potentielles issue du modèle avec scénarios

Légende :



# Bilan sous scénarios\* d'accès aux frayères?

\* modélisé

Objectif de l'étude

Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

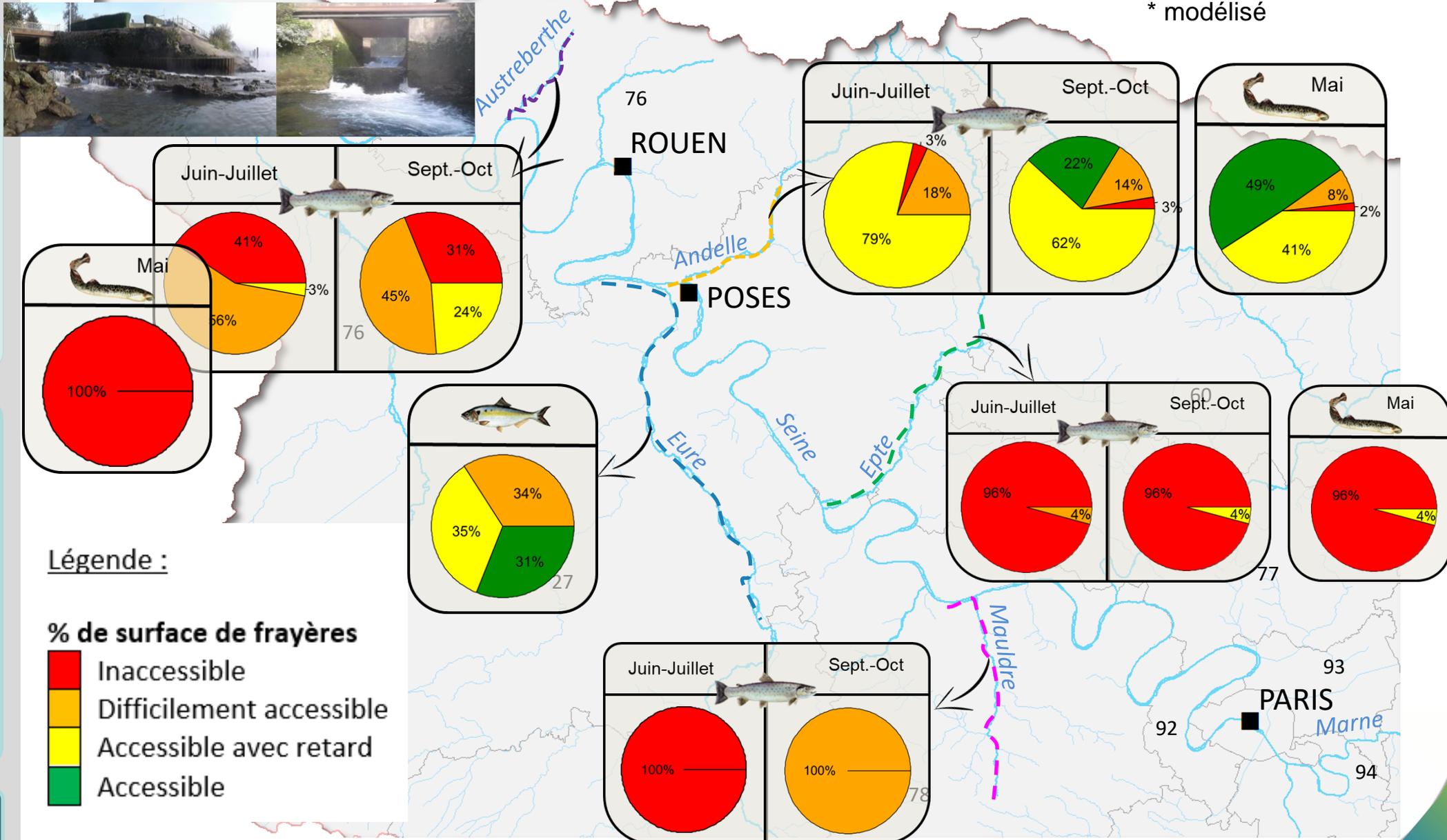
Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

- Ouvrages Seine
- Ouvrages Andelle
- Ouvrages Affluents

Conclusion



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

Continuité sous scénarios

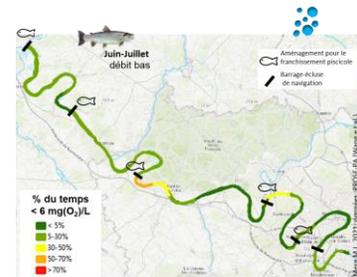
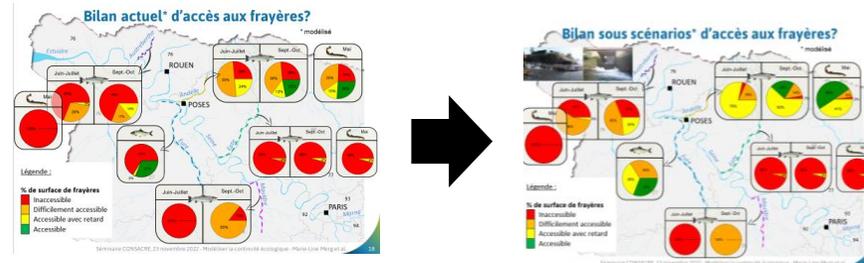
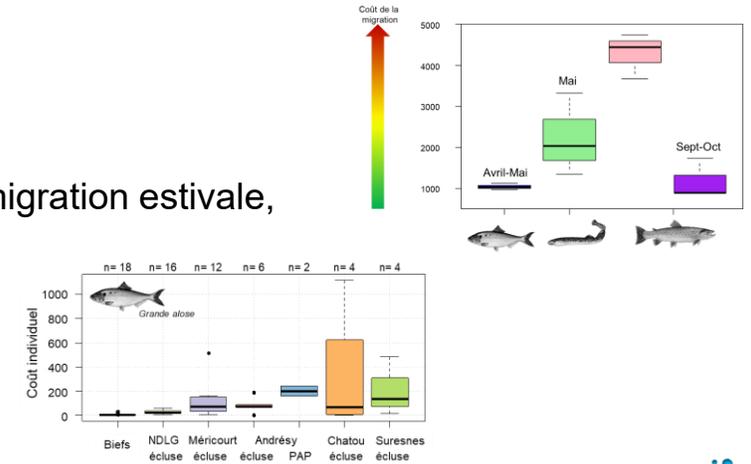
- Ouvrages Seine
- Ouvrages Affluents

## Conclusion

- Exercice de modélisation de la continuité écologique – incertitudes associées aux résultats
- Définir des coûts/seuils est difficile car peu d'info sur les effets cumulés des pressions et franchissement sur le bassin
  - ➔ Complétion données ICE sur affluents (2020) par OFB
  - ➔ Importance de confronter ces coûts théoriques avec des coûts réels mesurés à partir de suivis terrain (ex. télémétrie)

### Un exercice qui a permis :

- De comparer les coûts entre les espèces
  - ➔ **certaines espèces sont plus vulnérables** que d'autres (période de migration estivale, capacité de franchissement moindre)
- D'intégrer un grand nombre de pressions et de **hiérarchiser leur coût**
  - ➔ Certains obstacles sont plus coûteux à franchir que d'autres
- De localiser les linéaires de cours d'eau les plus coûteux
  - ➔ Linéaire où oxygène < seuil en amont des ouvrages de navigation sur la Seine
  - ➔ Importance de **prendre en compte l'intégralité du parcours migratoire**
- **De comparer l'état actuel et avec scénarios** d'accès aux frayères potentielles
  - ➔ Gain relatif des scénarios d'aménagement d'ouvrages prioritaires – fonction des espèces et de la localisation des frayères



# Modélisation de la continuité écologique pour les poissons grands migrateurs

M.-L. Merg<sup>1</sup>, S. Wang<sup>2</sup>, A. Bordet<sup>3</sup>, N. Flipo<sup>3</sup>, C. Le Pichon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE, HYCAR, Antony

<sup>2</sup> UMR METIS

<sup>3</sup>Centre de Géosciences, Mines Paris - PSL, Fontainebleau

Portage & Coordination



INRAE

Financement



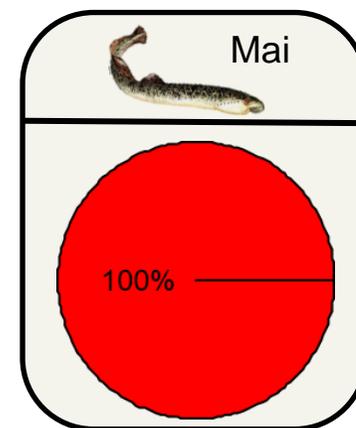
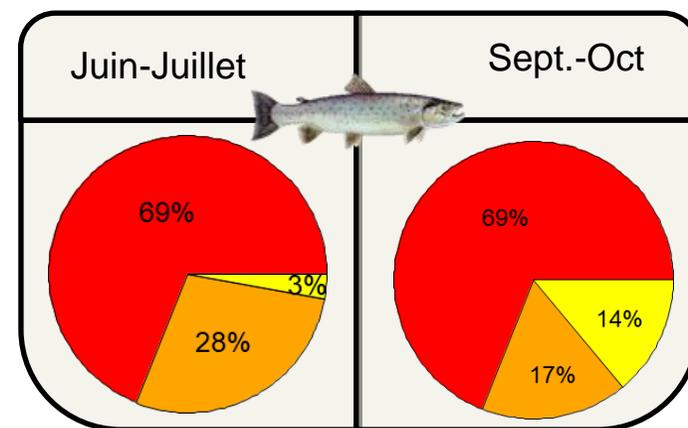
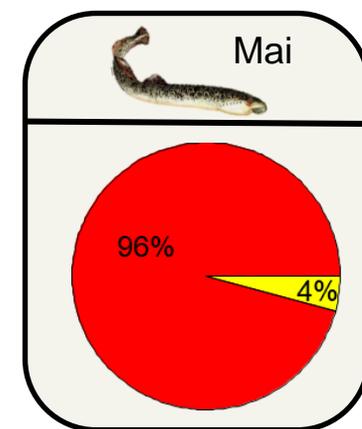
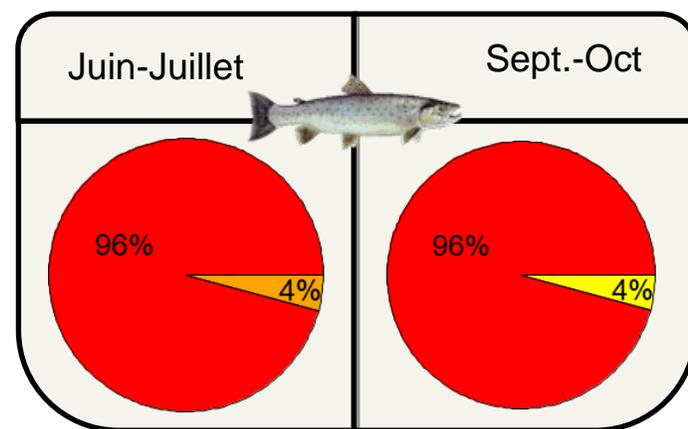
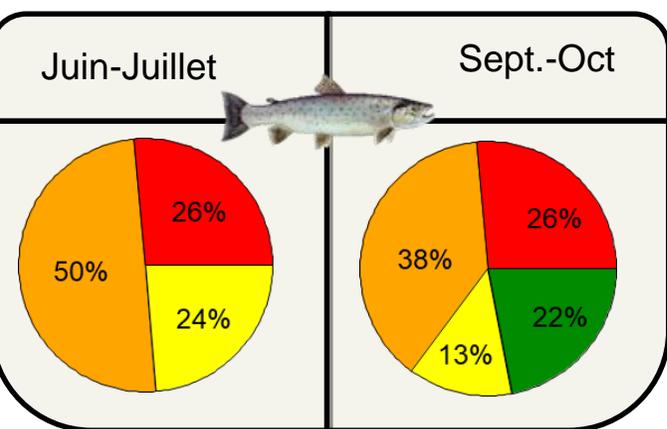
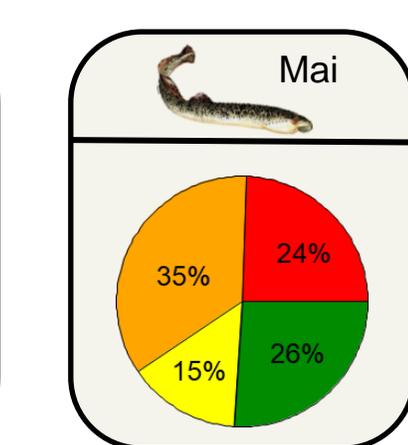
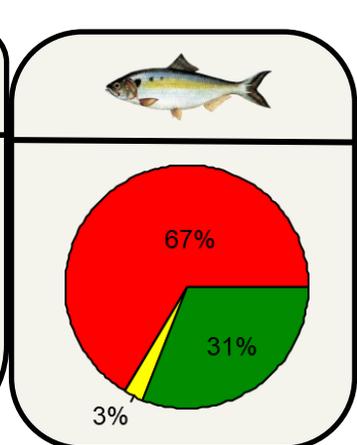
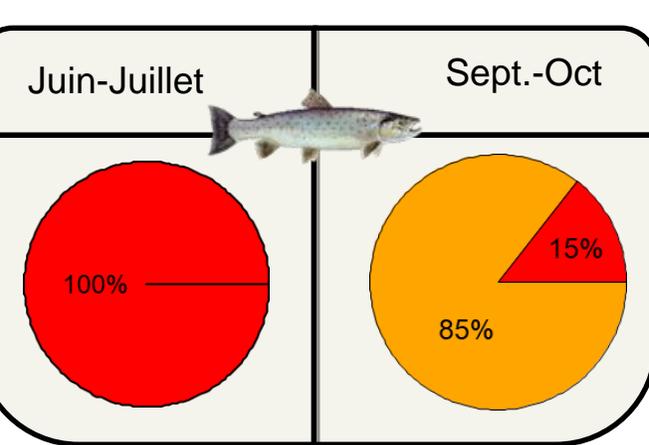
Labélisation

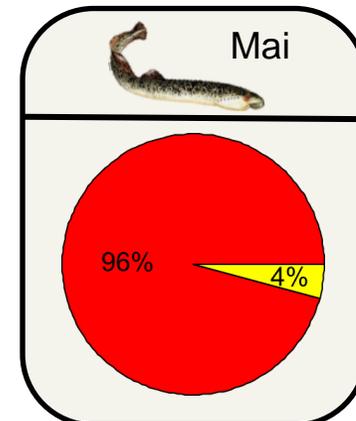
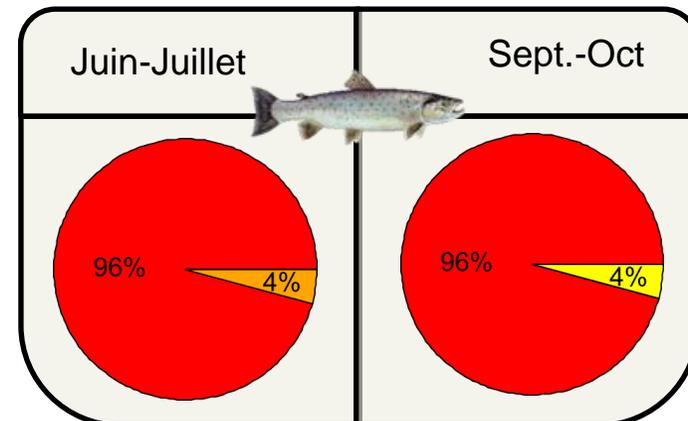
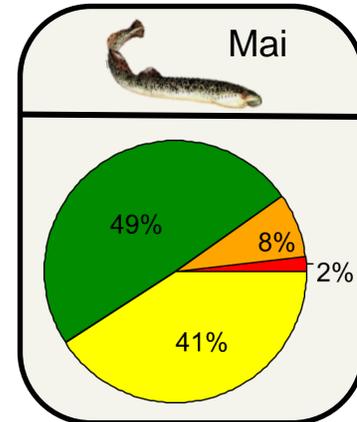
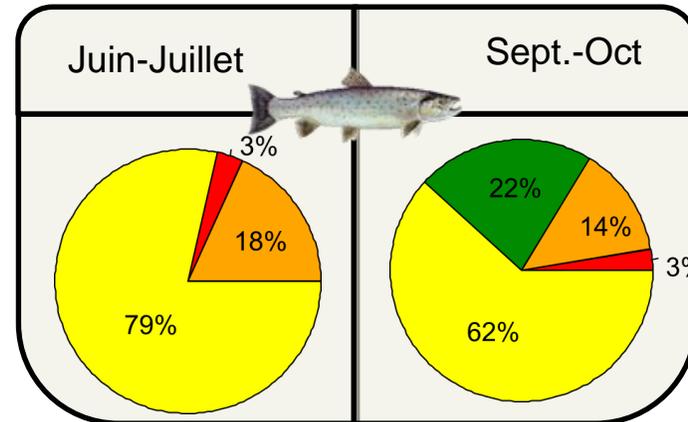
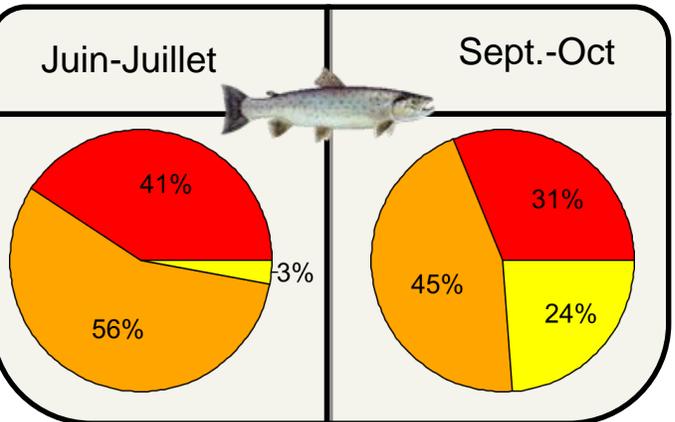
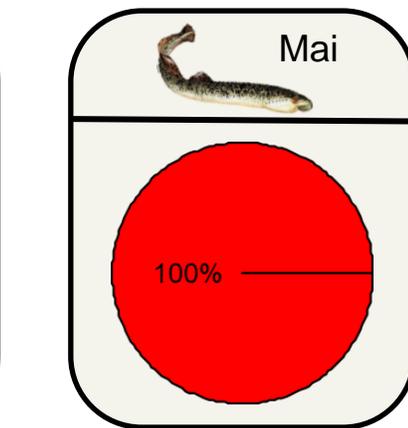
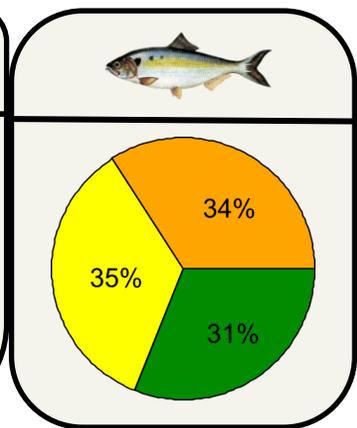
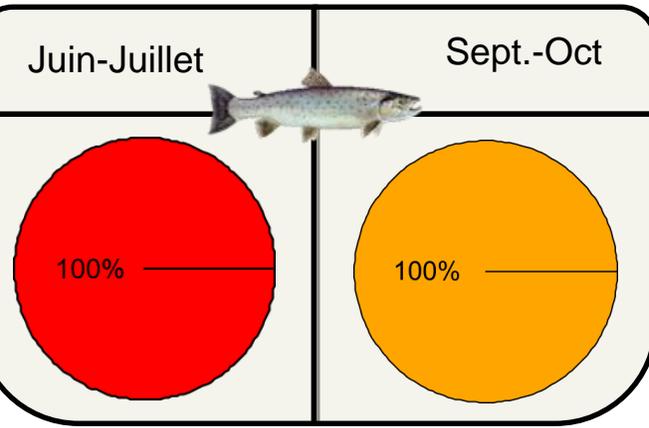


Consortium scientifique

INRAE







# Quel état d'accès aux frayères sous scénarios d'aménagement d'ouvrages?

## Objectif de l'étude

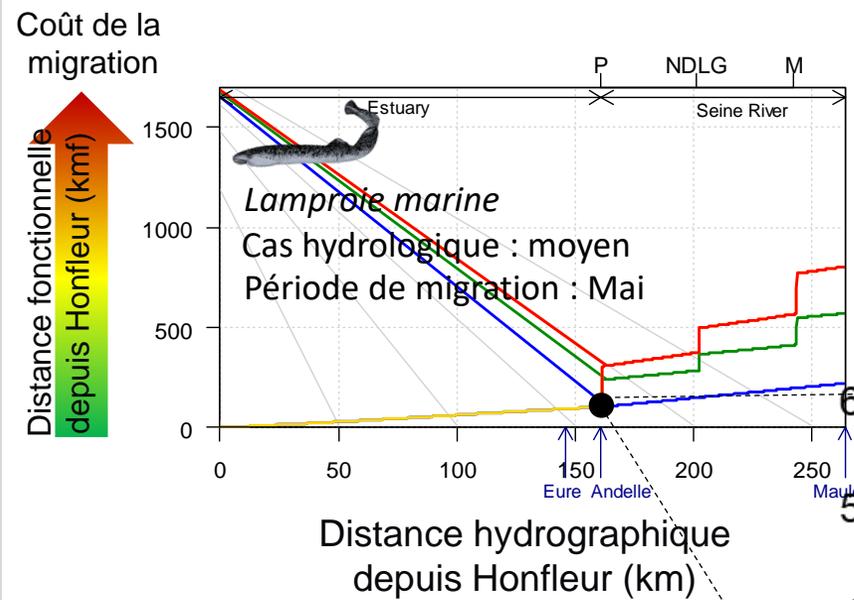
## Méthodologie

- Zone d'étude
- Les frayères
- Les éléments du paysage
- Les coûts de migration

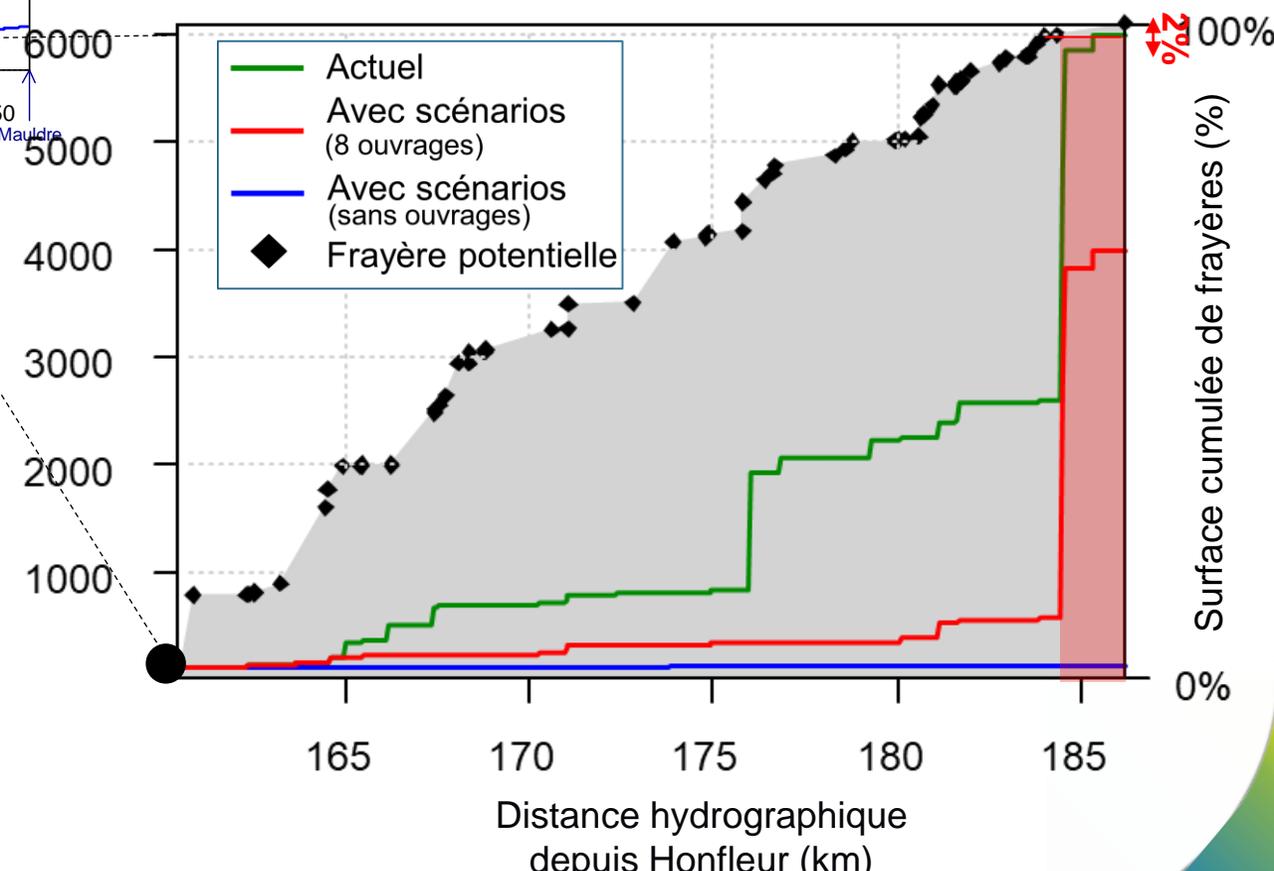
## Résultats

- Continuité actuelle
- Continuité sous scénarios**
  - Ouvrages Seine
  - Ouvrages Andelle
  - Ouvrages Affluents

## Perspectives



• *Quels sont les ouvrages les plus couteux pour la migration aux frayères ?*



## Objectif de l'étude

## Méthodologie

Zone d'étude

Les frayères

Les éléments du paysage

Les coûts de migration

## Résultats

Continuité actuelle

- Estuaire
- Seine
- Affluents

Continuité sous scénarios

## Perspectives

# Coût modélisé de migration dans l'estuaire

- *Y a-t-il des différences de coût de la migration pour traverser l'estuaire entre les types d'années hydrologiques (sèches, humides, moyennes)?*

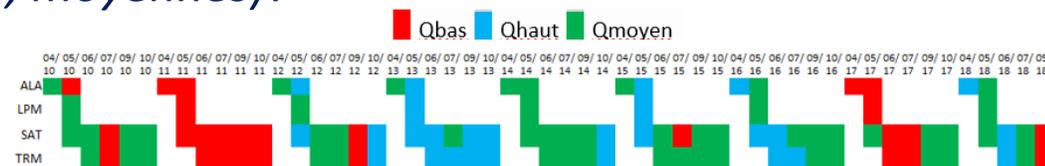
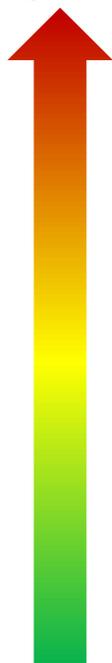


Figure 23: Bilan des mois de migration de 2010 à 2018 et de leur caractère hydrologique (débits bas, moyens et hauts)

Coût de la migration



Distance fonctionnelle (kmF)  
D'Honfleur à Poses

