

Prise en compte des extrêmes hydroclimatiques dans l'analyse de la continuité écologique:

Exemple des poissons migrateurs sur l'axe Seine

M.-L. Merg¹, S. Wang^{2,4}, A. Bordet², N. Flipo², K. Kreutzenberger³, V. Thieu⁴, J.P Lemoine⁵, C. Le Pichon¹

¹ INRAE, HYCAR, Antony

² Centre de Géosciences, MINES Paris, Université PSL, Fontainebleau

³ Office Français de la Biodiversité

⁴ UMR METIS

⁵ GIP Seine-Aval

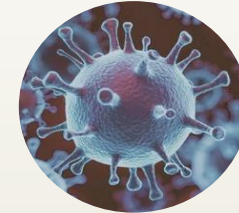
Une biodiversité en péril: les cours d'eau en 1ère ligne !



Pollution des eaux



Espèces envahissantes/
pathogènes



Modifications des
habitats



Surpêche, braconnage



Modification des régimes
hydrologiques/thermiques

Une biodiversité en péril: les cours d'eau en 1ère ligne !



→ Fragmentation des habitats

→ Perte de continuité écologique

→ 1/5 poissons d'eau douce menacés d'extinction



Modifications des habitats

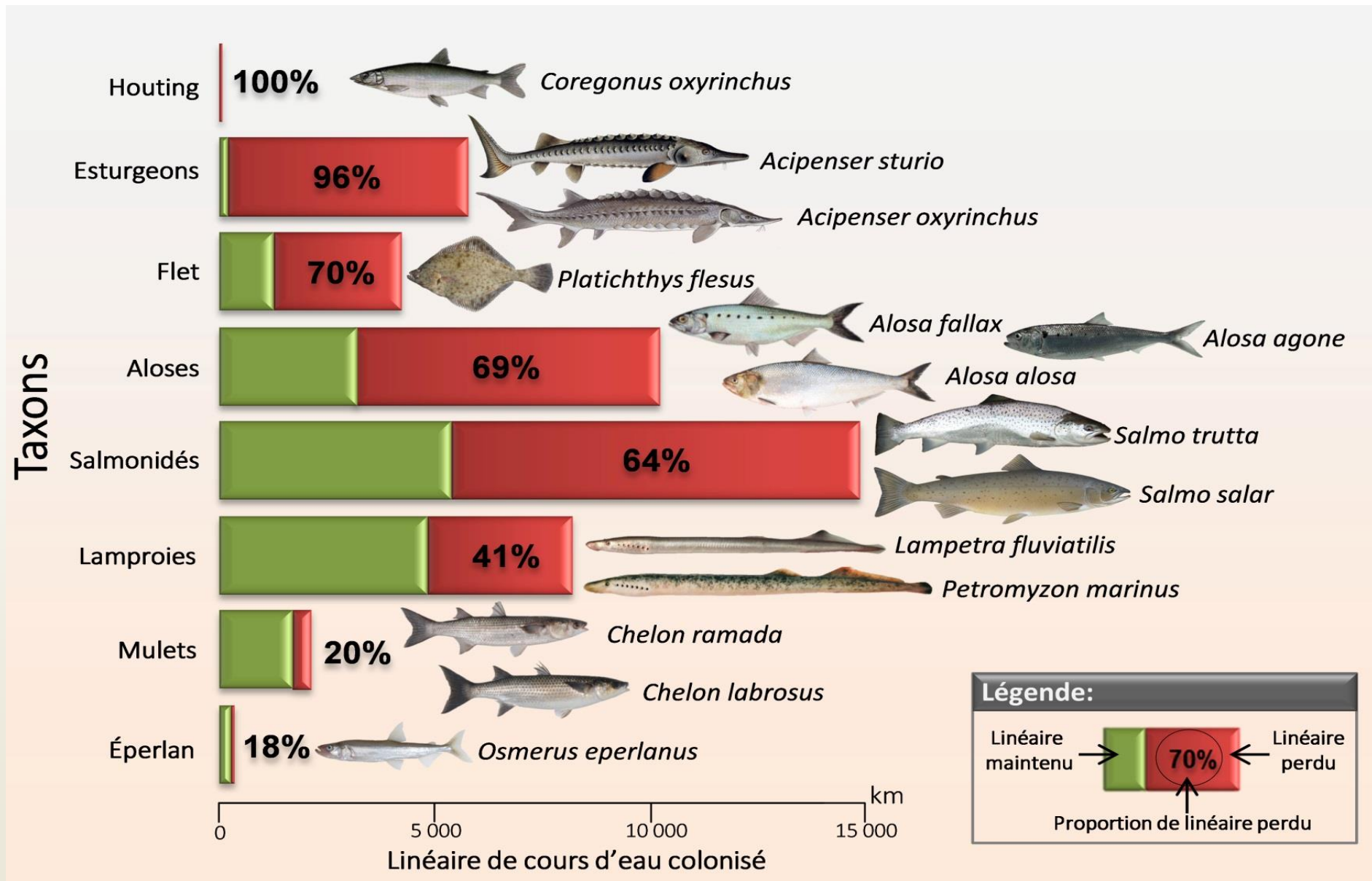


Surpêche, braconnage



Modification des régimes hydrologiques/thermiques

Un déclin historique des poissons migrateurs en France



Merg et al., 2020

Assurer la continuité écologique pour préserver et restaurer la biodiversité



Assurer la libre circulation des poissons et la possibilité d'accéder aux habitats indispensables à la réalisation des cycles biologiques (repos, alimentation, reproduction).

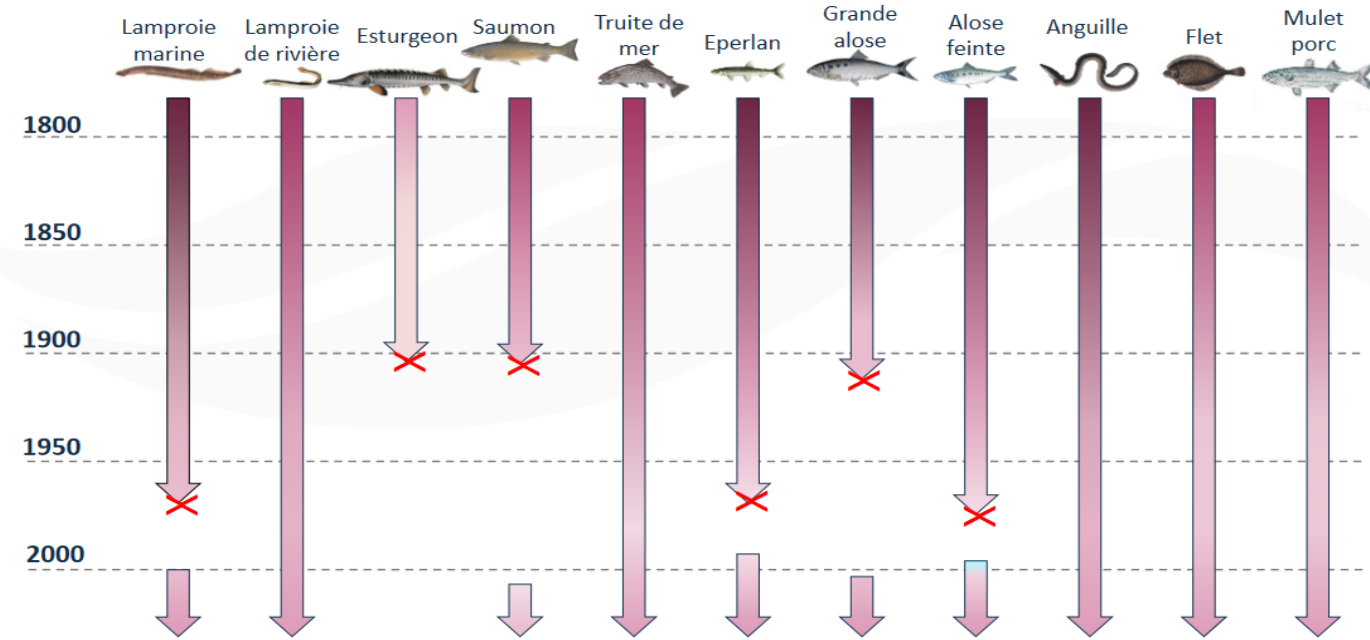
Un objectif premier dans la reconquête du bon état écologique des cours d'eau imposé par la DCE !



Effacement de l'ouvrage de Martot sur l'Eure

Une continuité écologique dégradée sur la Seine

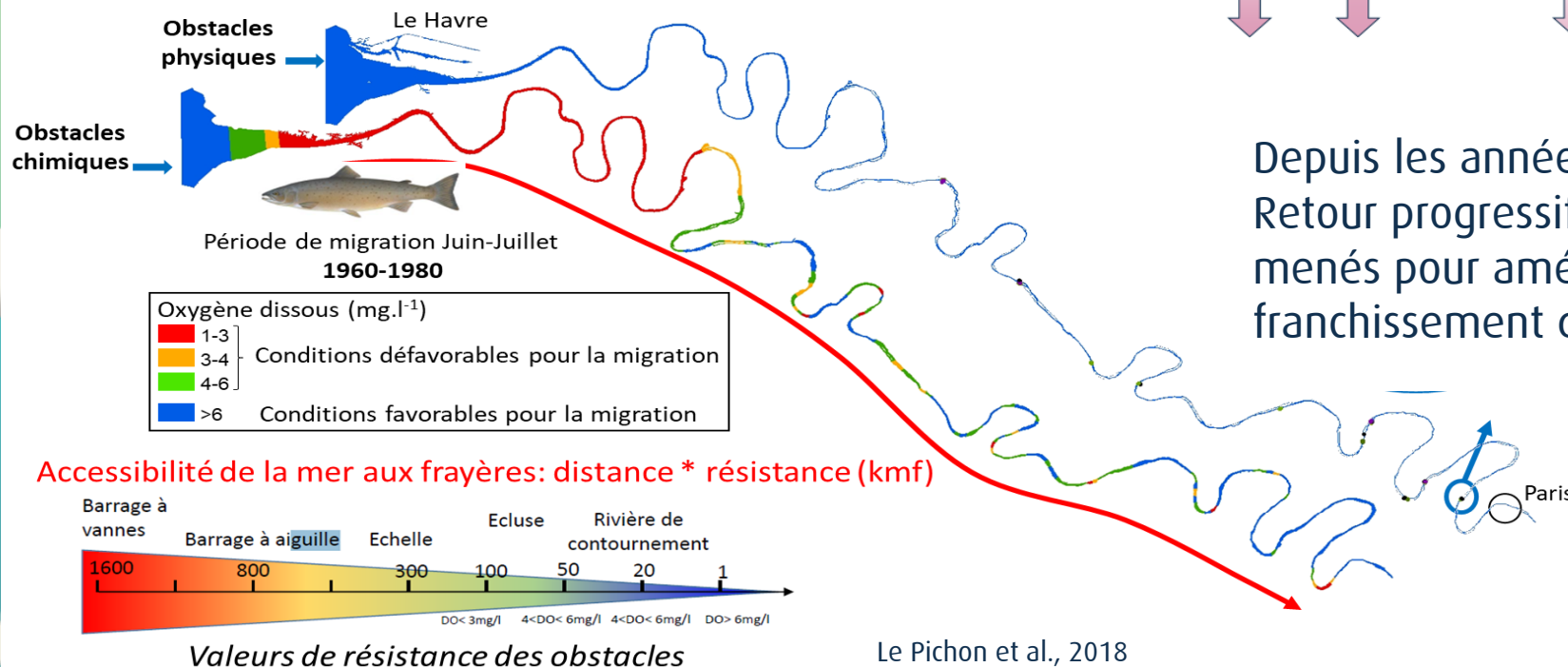
La fragmentation de la Seine a mis en péril plusieurs espèces



J.Belliard, colloque PIREN, 2019

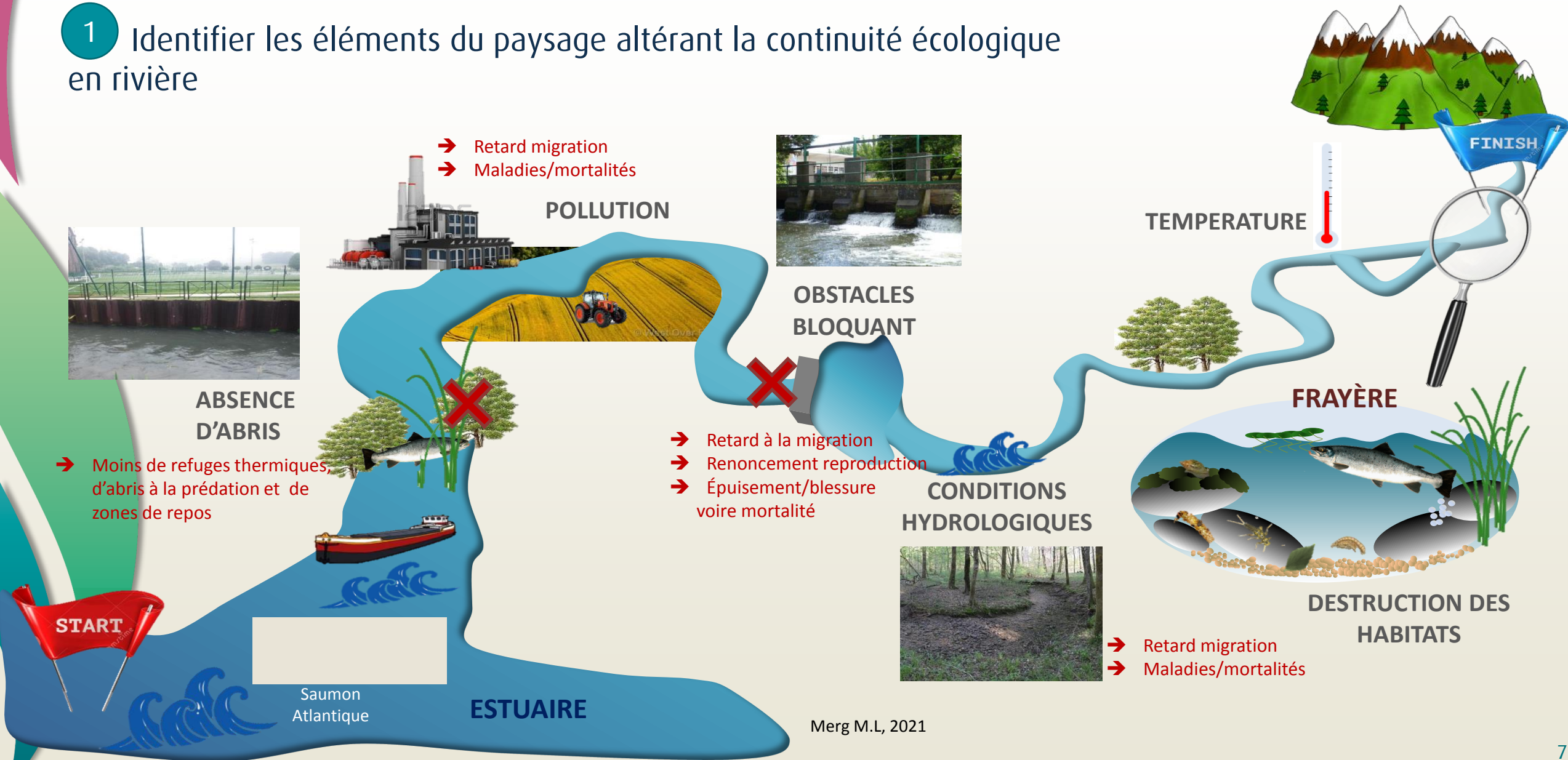
Depuis les années 2000:
Retour progressif de certaines espèces grâce aux efforts
menés pour améliorer la qualité de l'eau et le
franchissement des ouvrages ...

... mais cette continuité écologique
reste fragile dans un contexte de
changement climatique !



Modéliser la continuité écologique pour évaluer la capacité d'une espèce à atteindre un habitat cible

1 Identifier les éléments du paysage altérant la continuité écologique en rivière



Construction d'un modèle de continuité écologique

2

Ouvrages

ROE
ICE

Vitesse courant

MARS 3D
PROSE-PA (2D)

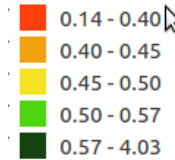
Oxygène/Température/N02

RIVERSTRAHLER
PROSE-PA (1D)
MARS3D
...

Poses

1 jour

Vitesse courant-2D
ProSe-PA



ND la
Garenne

N. Flipo, A. Bordet, S.Wang

Construction d'un modèle de continuité écologique

2

Ouvrages

ROE
ICE

Vitesse courant

MARS 3D
PROSE-PA (2D)

Oxygène/Température/N02

RIVERSTRAHLER
PROSE-PA (1D)
MARS3D

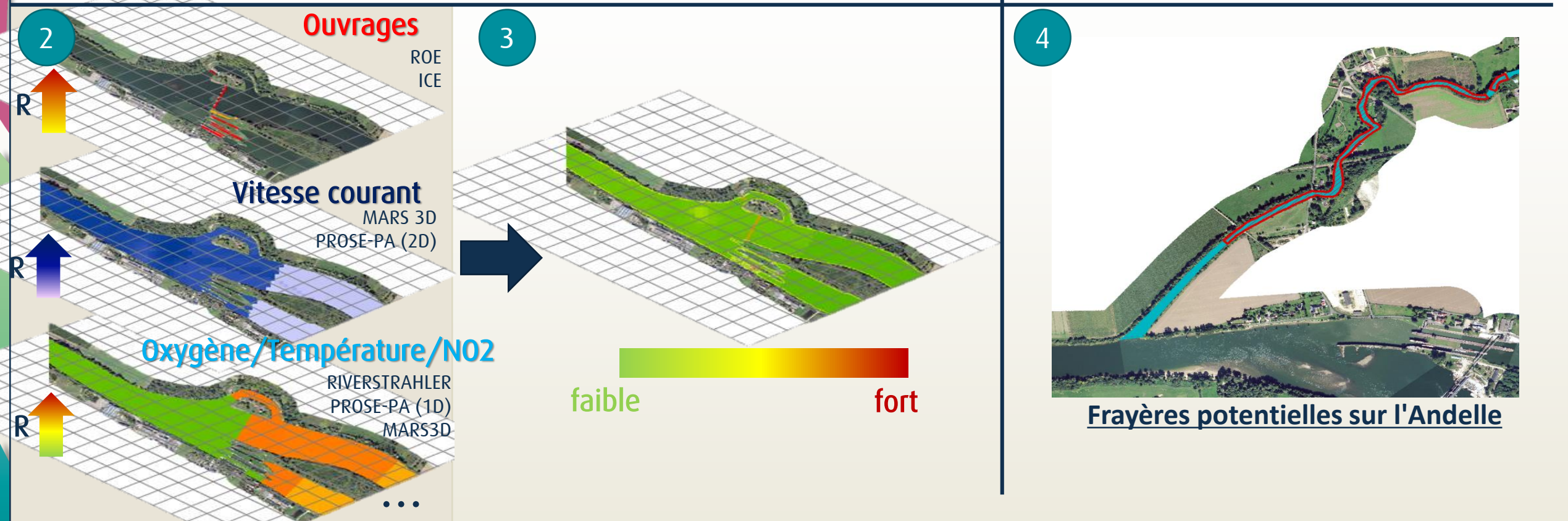
...

Construction d'un modèle de continuité écologique

Attribution de résistances
aux éléments du paysage

Calcul du coût cumulé
de la migration

Détermination des
frayères potentielles



OBJECTIFS

- Quantifier le coût de la migration par une approche de chemin de moindre coût (développée avec ArcGIS)
- Identifier les secteurs « critiques » ayant un coût de migration élevé
- Tester des scénarios d'amélioration de la continuité écologique

Quelques résultats préliminaires

- Estuaire: Quels effets des températures sur la continuité écologique ?
Exemple pour le Saumon Atlantique et la Grande Alose
- Seine: Quels effets de l'oxygène dans la Seine ?
Exemple pour le Saumon Atlantique et la Grande Alose
- Mauldre, un affluent de la Seine: Quels effets des ouvrages transversaux ?
Exemple pour le Saumon Atlantique

Grande Alose



Saumon Atlantique



Estuaire: Quels effets des températures sur la continuité écologique?

Température dans l'estuaire

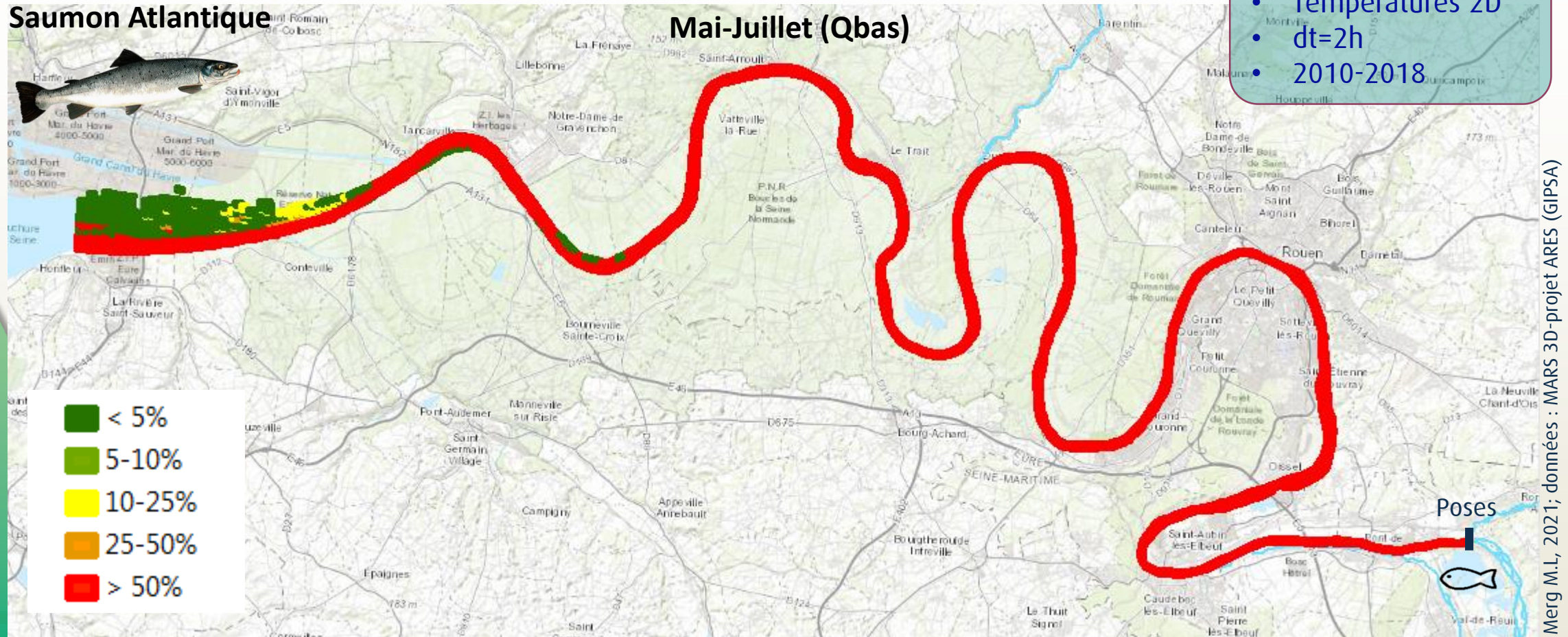
[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

Modèle MARS3D

- Températures 2D
- $dt=2h$
- 2010-2018

Saumon Atlantique

Mai-Juillet (Qbas)



Pourcentage du temps où $T_{\text{eau}} > 17^{\circ}\text{C}$

... des températures régulièrement au dessus du seuil de tolérance des salmonidés et qui peuvent altérer la continuité écologique dans l'estuaire pour le saumon

Estuaire: Quels effets des températures sur la continuité écologique?

Température dans l'estuaire

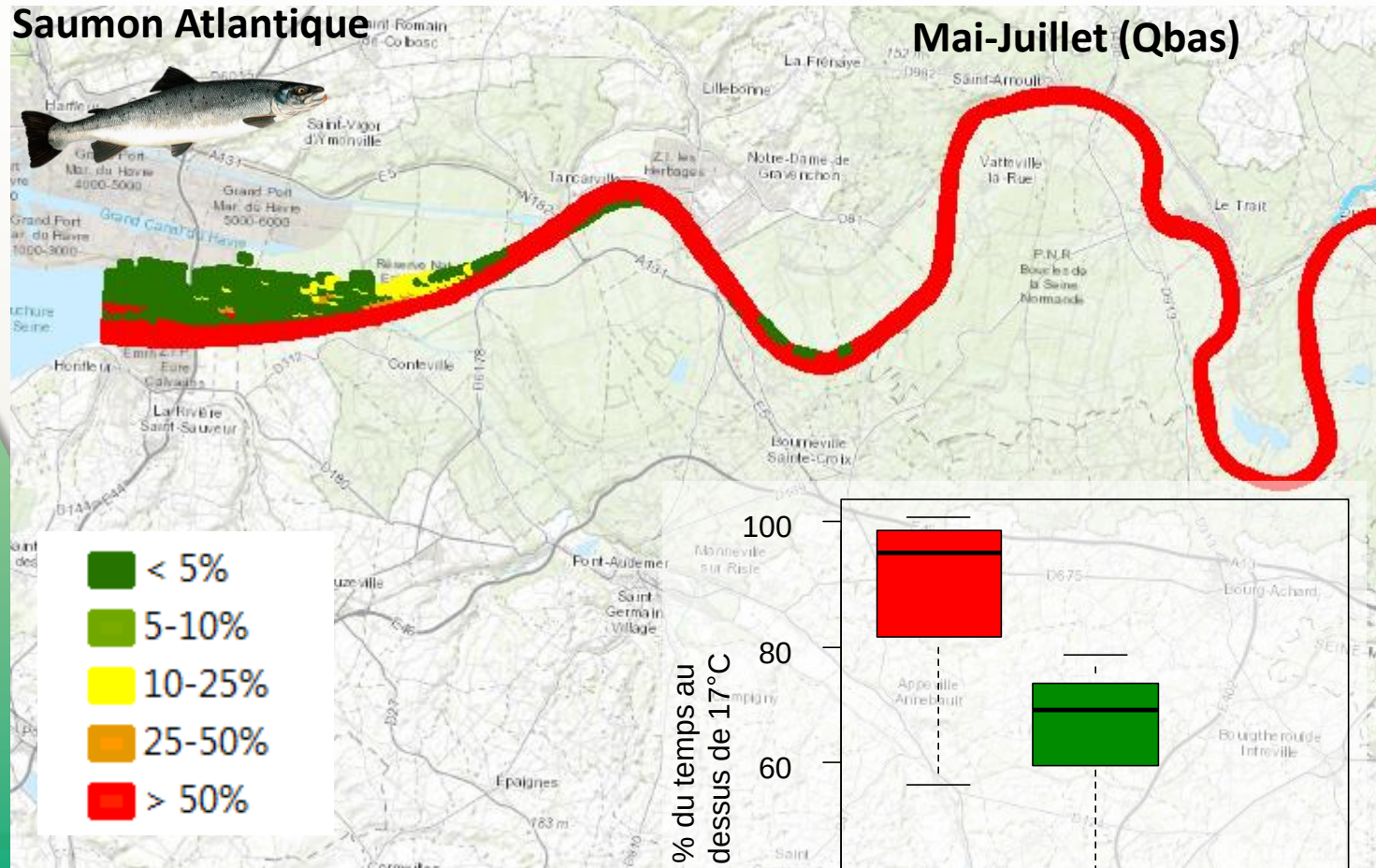
[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

Modèle MARS3D

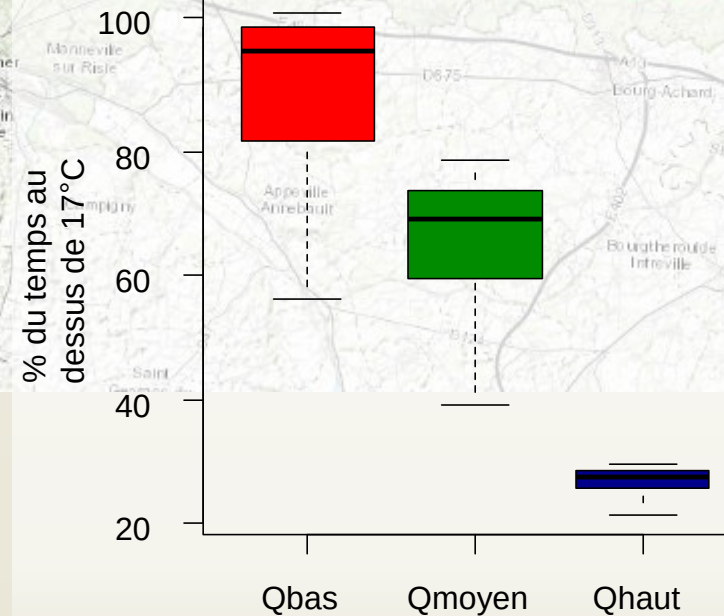
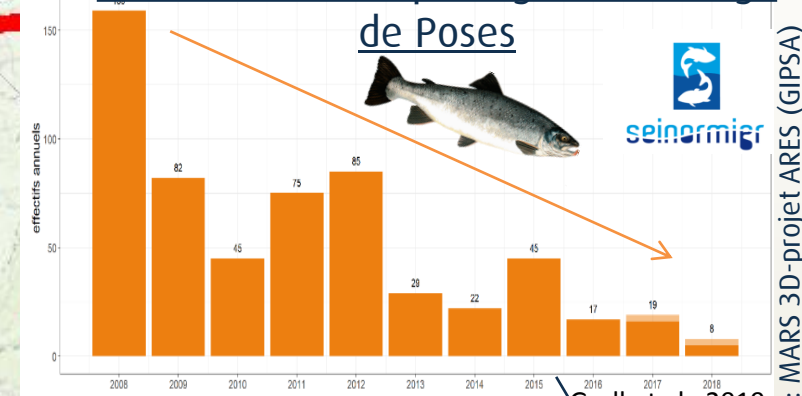
- Températures 2D
- $dt=2h$
- 2010-2018

Saumon Atlantique

Mai-Juillet (Qbas)



Observations des passages au barrage de Poses



... une tendance qui s'accroît les mois à débits les plus bas...

Merg M.L., 2021; données : MARS 3D-projet ARE (GIPSA)

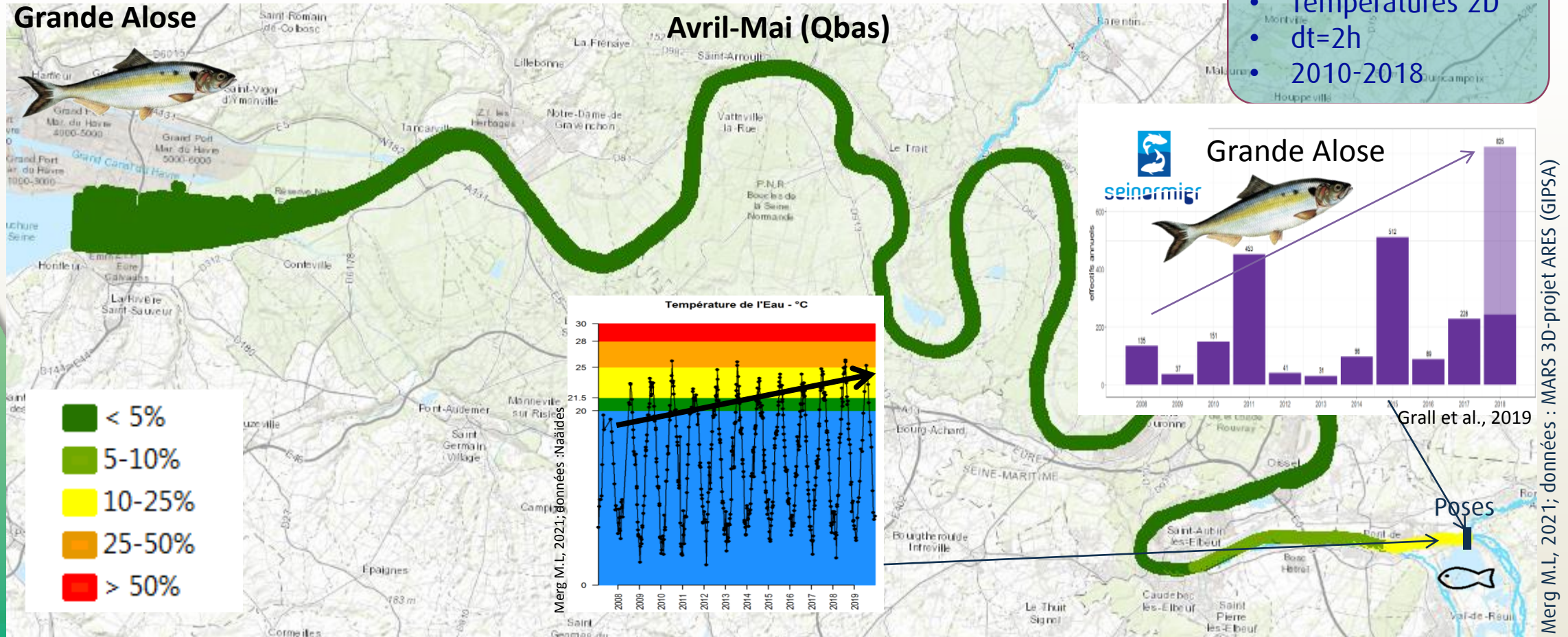
Estuaire: Quels effets des températures sur la continuité écologique?

Température dans l'estuaire

[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

Modèle MARS3D

- Températures 2D
- dt=2h
- 2010-2018



Pourcentage du temps où $T_{\text{eau}} > 19^{\circ}\text{C}$

... alors que la température ne constitue pas actuellement un facteur contraignant dans l'estuaire pour la grande alose (voire plus favorable?).

Seine: Quels effets de l'oxygène sur la continuité écologique?

Saumon Atlantique

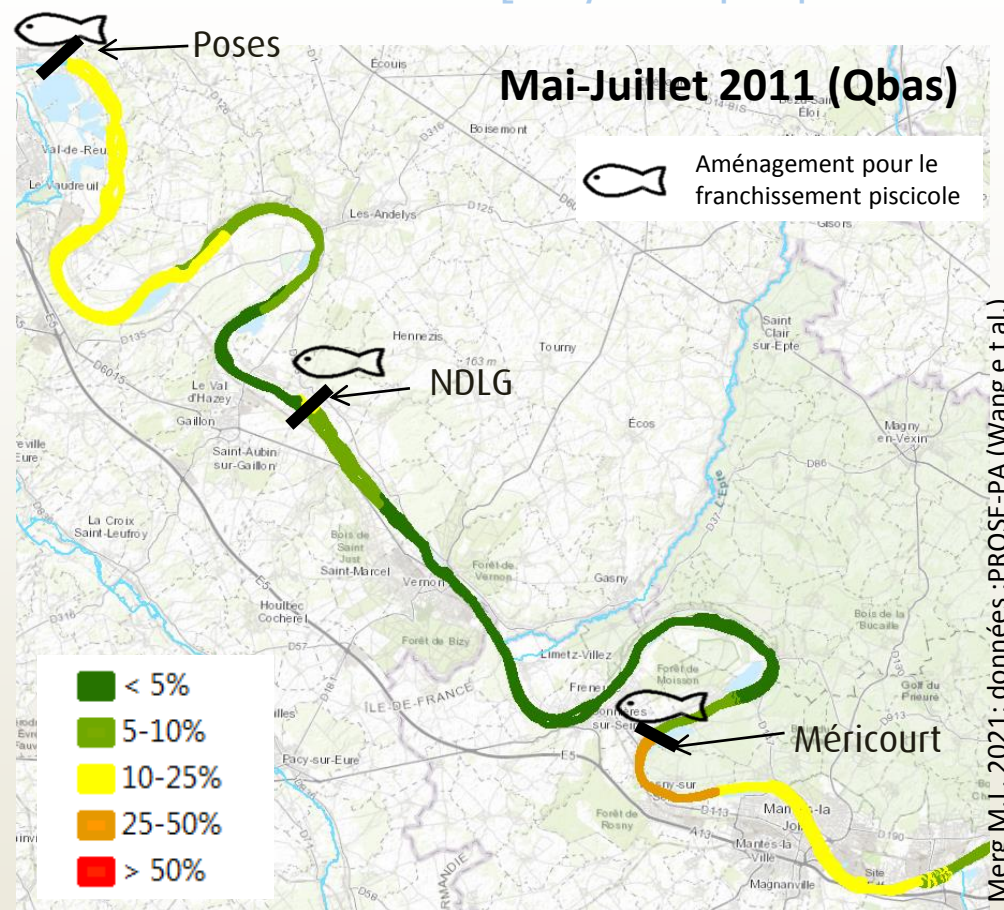


Oxygène dissous dans la Seine

[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

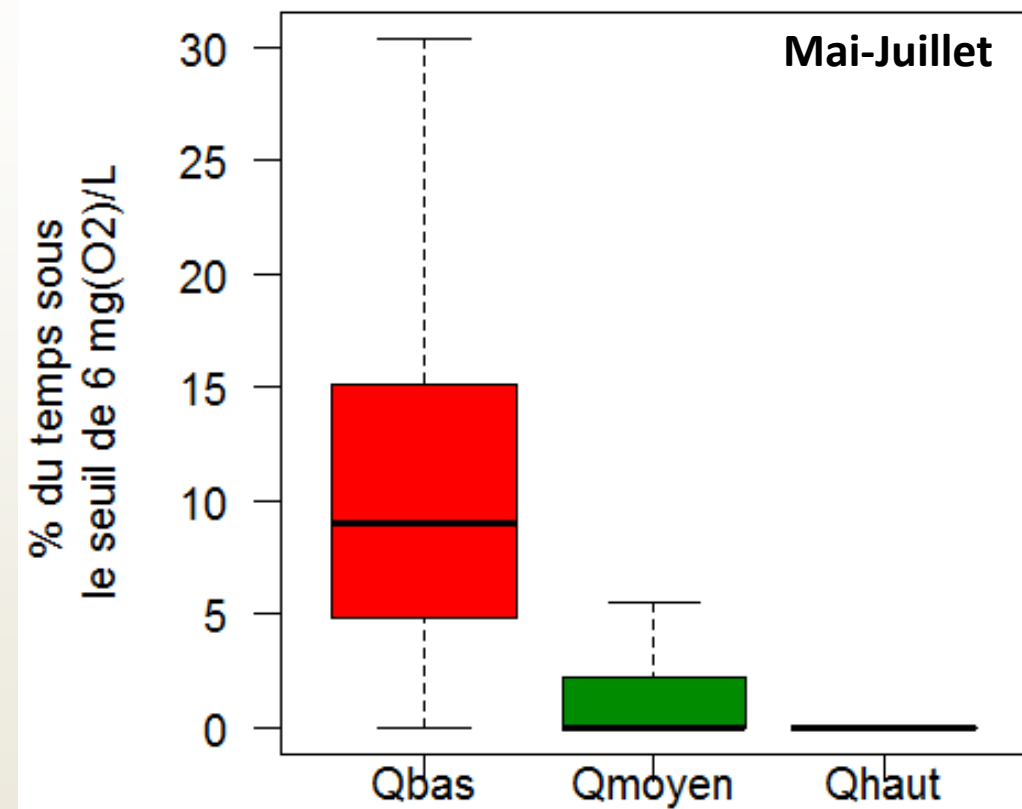
Modèle PROSE-PA

- O2 1D (dx ~25m)
- dt=12h
- 2007, 2008 et 2011



Pourcentage du temps sous le seuil de 6 mg(O₂)/L

... des valeurs d'oxygène ponctuellement sous le seuil de tolérance des salmonidés (30% du temps en amont de Méricourt) qui s'ajoutent à l'impact des ouvrages



... une tendance qui s'accroît les mois à bas débits

Seine: Quels effets de l'oxygène sur la continuité écologique?

Grande Alose

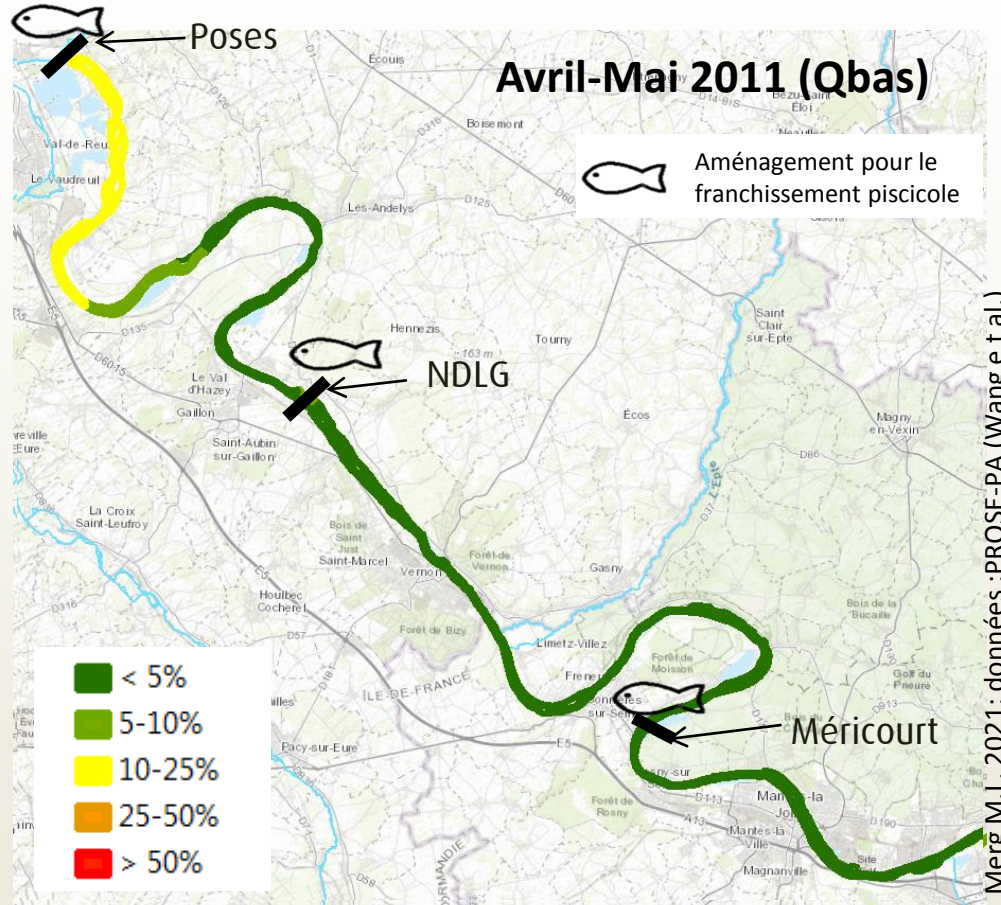


Oxygène dissous dans la Seine

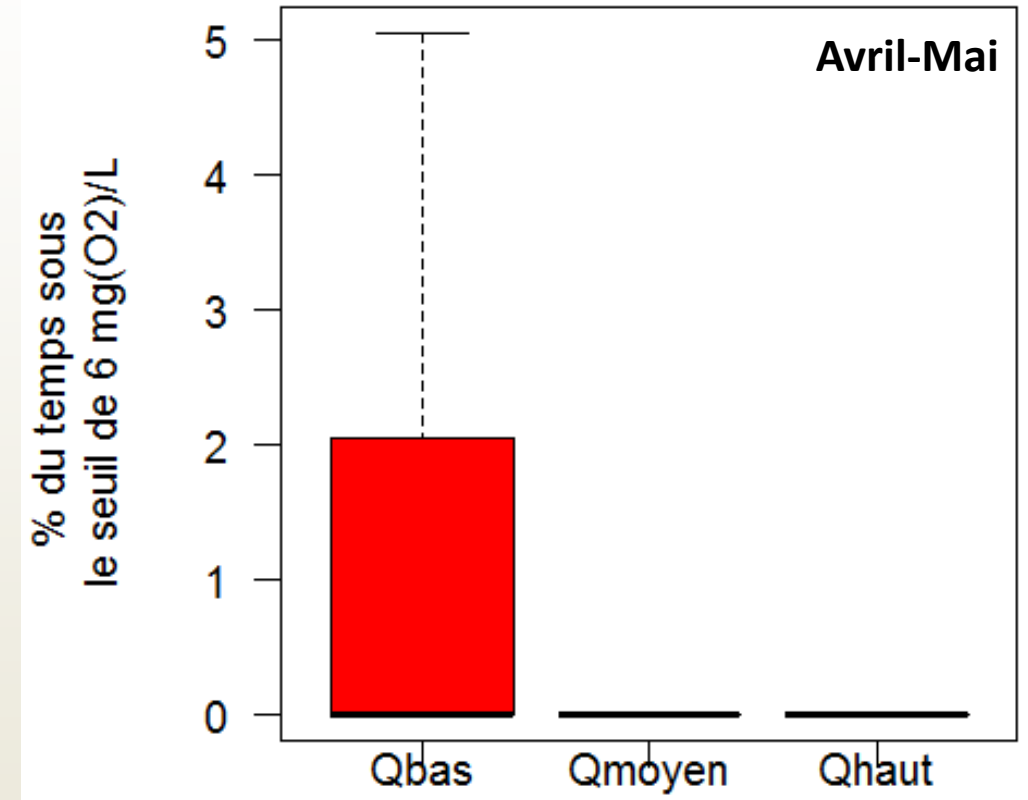
[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

Modèle PROSE-PA

- O₂ 1D (dx ~25m)
- dt=12h
- 2007, 2008 et 2011



Pourcentage du temps sous le seuil de 6 mg(O₂)/L



... des valeurs d'oxygène bonnes dans plus de 95% du temps sur la période de migration de l'aloise ... dépassements uniquement l'année 2011 (bas débit)

Seine: Quels effets de l'oxygène sur la continuité écologique?

Grande Alose

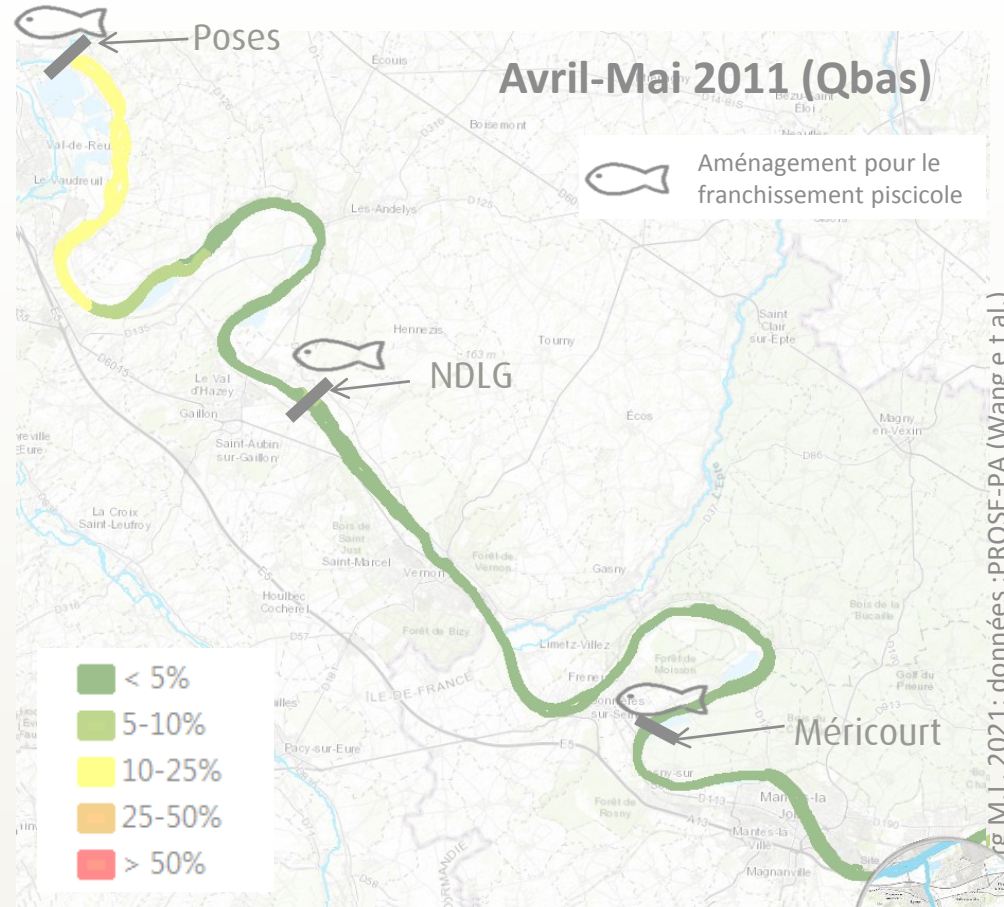


Oxygène dissous dans la Seine

[moyenne par période de migration pour 3 cas de débits]

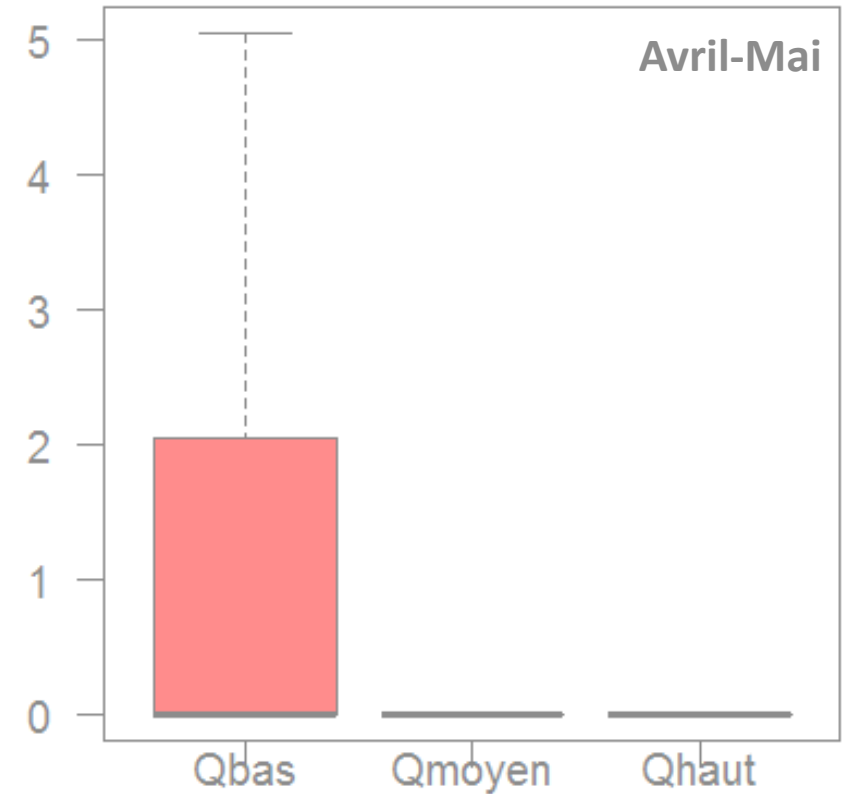
Modèle PROSE-PA

- O2 1D (dx ~25m)
- dt=12h
- 2007, 2008 et 2011



Pourcentage du temps sous le seuil de 6 mg(O₂)/L

% du temps sous
le seuil de 6 mg(O₂)/L



Zoom sur la
Mauldre



... des valeurs d'oxygène bonnes dans plus de 95% du temps ... dépassements uniquement l'année 2011 (bas sur la période de migration de l'aloise (débit))

Mauldre: Quels effets des ouvrages sur la continuité écologique?

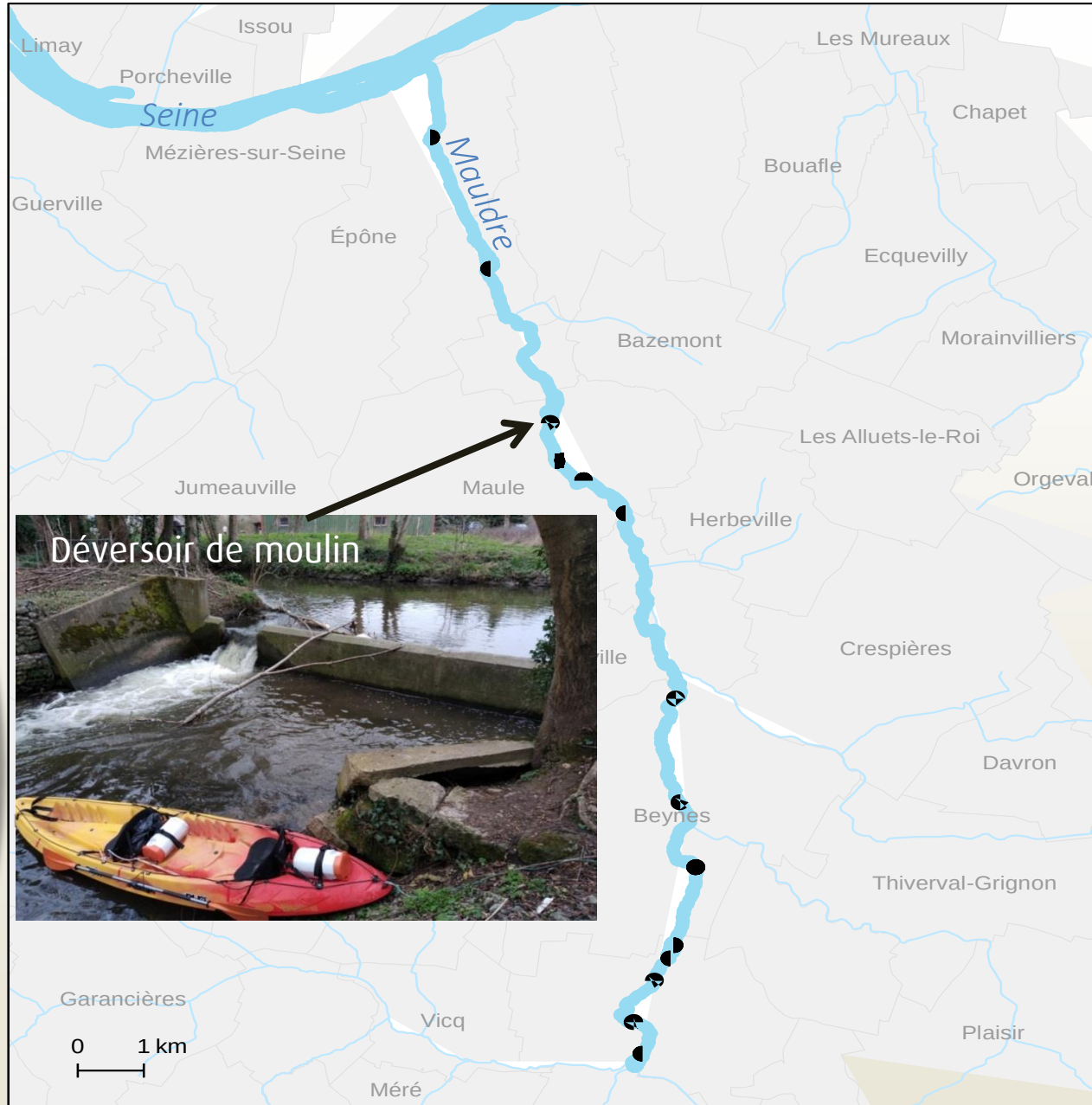
Saumon Atlantique



Bilan d'accès sur la Mauldre: affluent de la Seine

- 22% du cours d'eau potentiellement disponible pour la reproduction

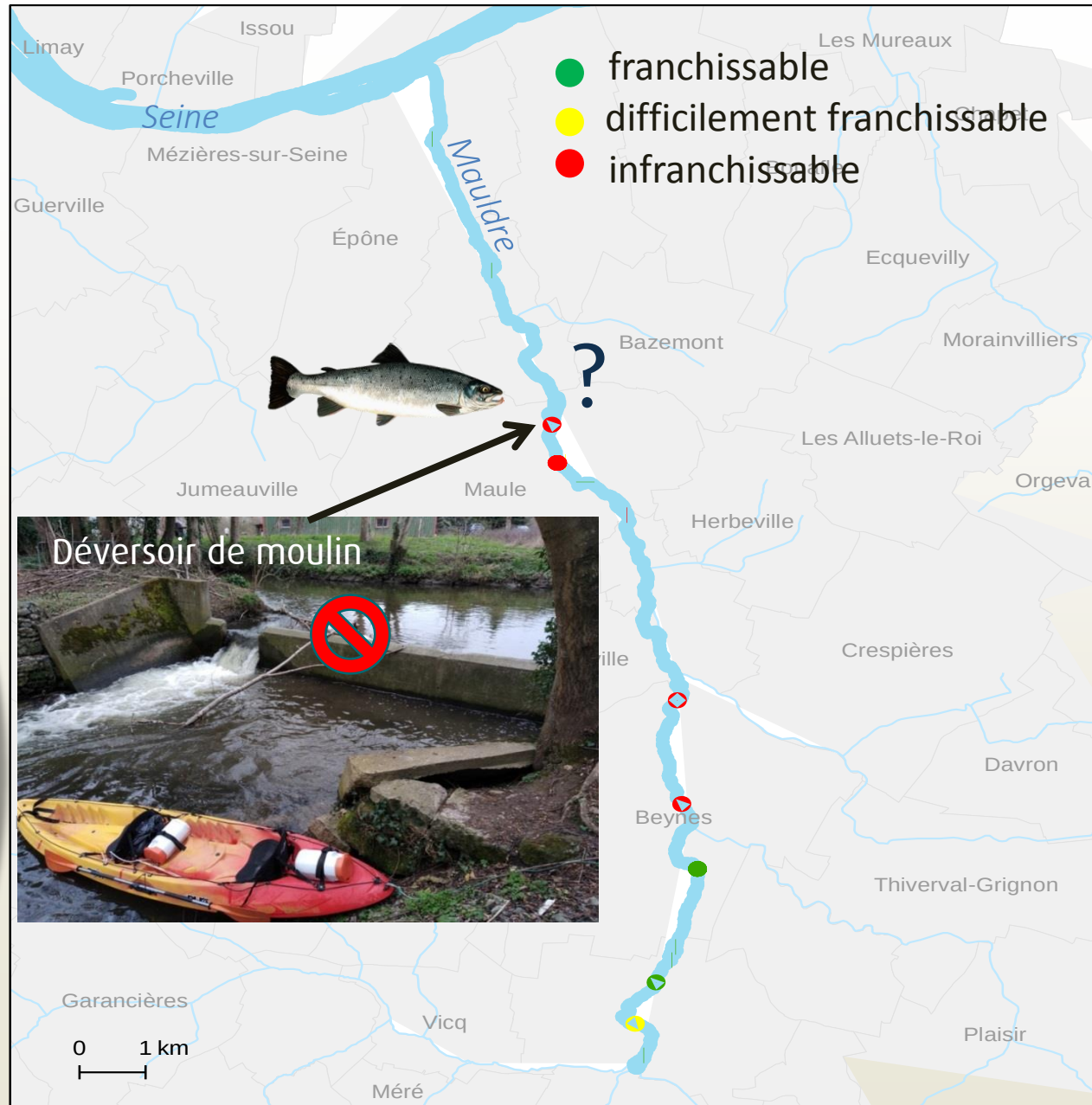
Mauldre: Quels effets des ouvrages sur la continuité écologique?



Bilan d'accès sur la Mauldre: affluent de la Seine

- 22% du cours d'eau potentiellement disponible pour la reproduction
- Nombreux ouvrages transversaux

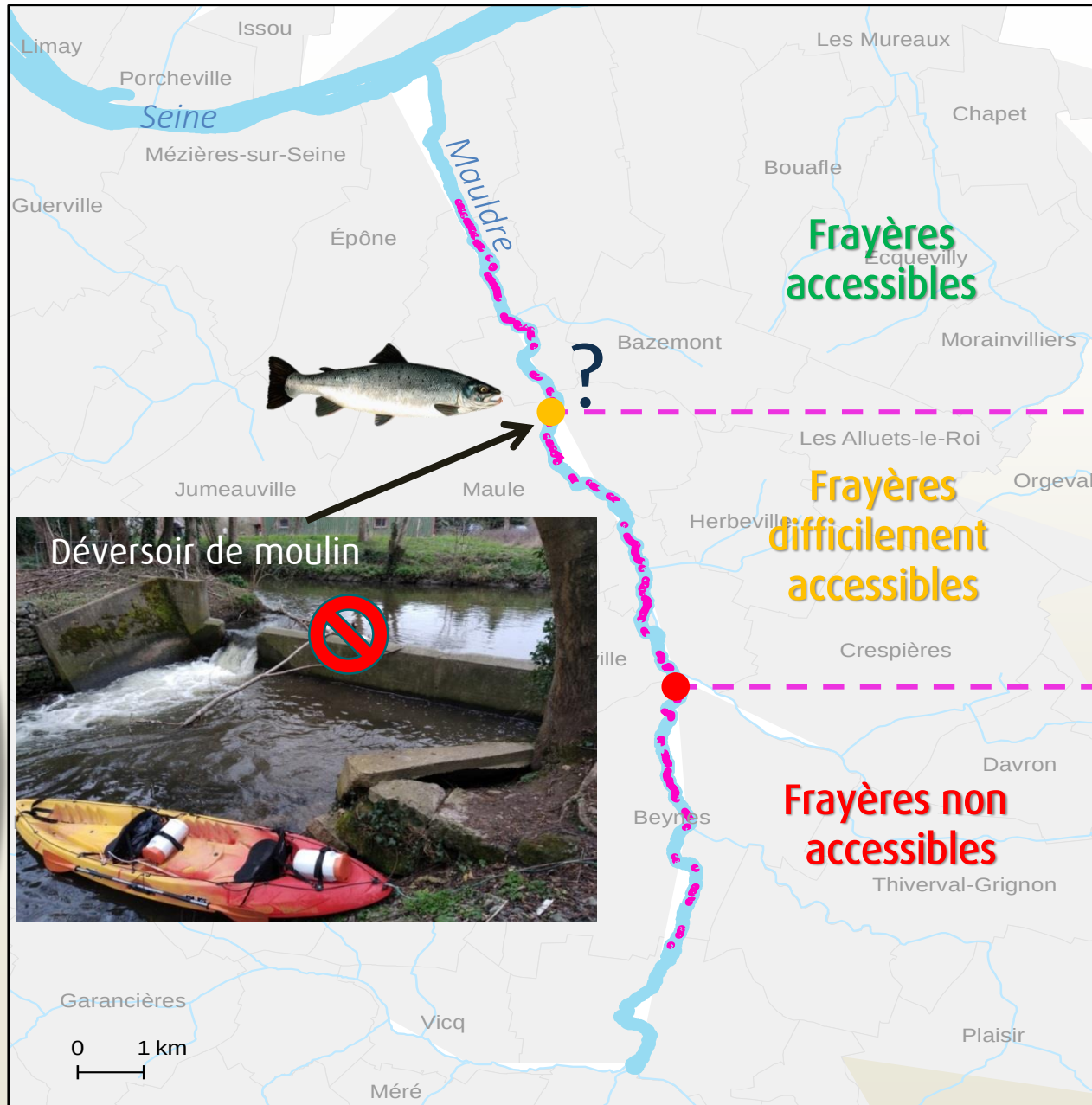
Mauldre: Quels effets des ouvrages sur la continuité écologique?



Bilan d'accès sur la Mauldre: affluent de la Seine

- 22% du cours d'eau potentiellement disponible pour la reproduction
- Nombreux ouvrages transversaux
➔ Parfois infranchissables

Mauldre: Quels effets des ouvrages sur la continuité écologique?

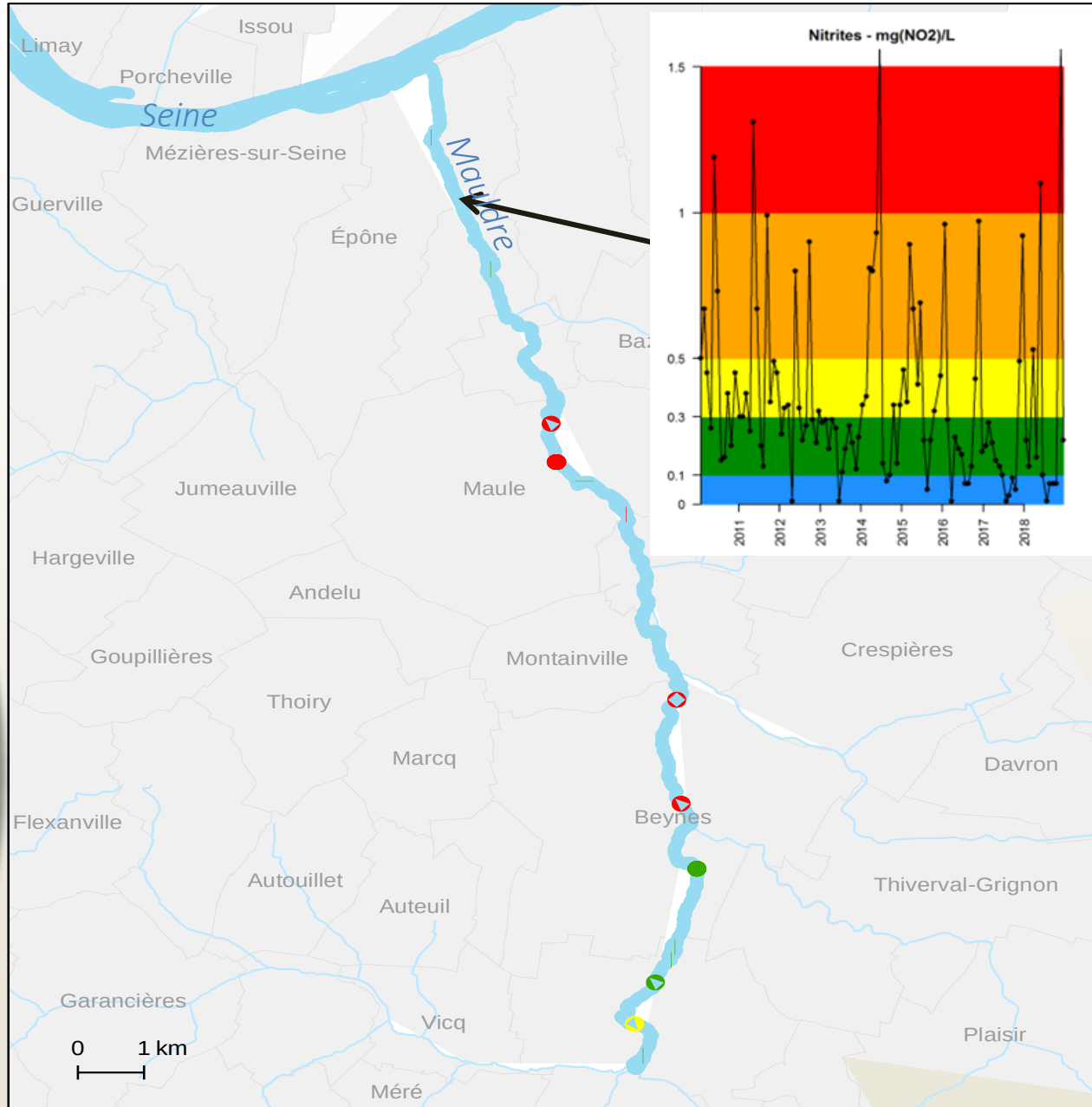


Bilan d'accès sur la Mauldre: affluent de la Seine

- 22% du cours d'eau potentiellement disponible pour la reproduction
- Nombreux ouvrages transversaux
➔ Parfois infranchissables

Comment va évoluer la franchissabilité dans un contexte d'étiages/crues plus sévères ?

Mauldre: Quels effets des ouvrages sur la continuité écologique?

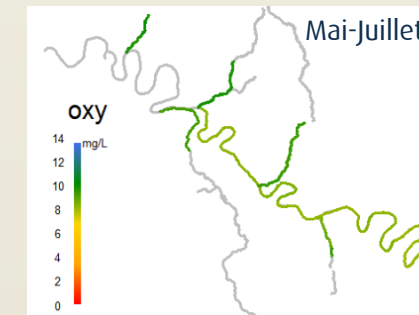


Bilan d'accès sur la Mauldre: affluent de la Seine

- 22% du cours d'eau potentiellement disponible pour la reproduction
- Nombreux ouvrages transversaux
➔ Parfois infranchissables
- Pollutions physico-chimiques
➔ NO2 élevés (>0,5mg/L) = barrière chimique

Modèle PYNUTS-RIVERSTRAHLER

- 1D (dx=1km)
- dt=10j
- 2010-2016



Exemple: simulation RIVERSTRAHLER
mean(O2) sur la Seine et affluents
d'intérêts

Conclusion et Perspectives

- Construction d'une boîte à outils pour l'évaluation des parcours migratoires des poissons (estuaire → frayère): ProSe-PA, RIVERSTRAHLER, MARS-3D
- Contraste entre les périodes de migration à bas/moyen/hauts débits sur la continuité écologique (T°C/O₂)
- Prise en compte des effets cumulés des pressions sur le coût de la migration (en cours)
 - intégration des NO₂ et T°C de l'eau 1D dans la Seine (modèle PROSE-PA)
 - intégration de la qualité physico-chimique dans les affluents: NO₂, O₂, T°C (PyNuts-Riverstrahler)
- Déclinaison des scénarios de changement climatique dans la Seine (via modèle PROSE-PA vitesses-2D, O₂-1D, T°C-1D) dans le modèle de continuité écologique
- Modéliser les effets induits par une modification des conditions hydrologiques (intensité des crues, sévérité des étiages) et de températures sur la continuité écologique