

# NAVIDIV

## Infrastructures de navigation fluviale et biodiversité : impacts et opportunités pour la gestion du paysage navigable



Aliénor JELIAZKOV & Jean-Nicolas BEISEL pour le groupe NAVIDIV



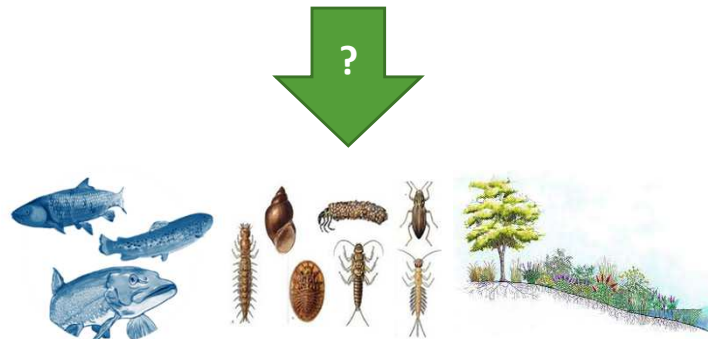
# Groupe NAVIDIV : consortium européen



- Porteurs : Aliénor Jeliaskov (INRAE) & Jean-Nicolas Beisel (ENGEES)
- Post-doc : Aaron Sexton (ex-FRB-CESAB; Cornell Univ. USA)
- 11 partenaires académiques européens
- Projet de 3 ans (2021-2024)

# Contexte : Vers une augmentation de la navigation en Europe

- Pacte Vert de l'Union Européenne
- Stratégie de mobilité durable – adapter le transport européen pour le futur
- *Transport by inland waterways and short sea shipping will increase by 25% by 2030 and by 50% by 2050.*  
(EC, 2020)



Ecosystème fluvial / rivulaire  
Biodiversité aquatique et riparienne



Rotterdam Port



Lock & fish pass, Leipzig

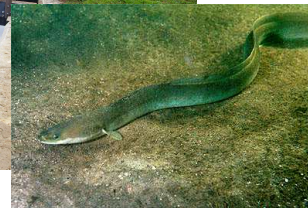


Strasbourg Port

# Pressions liées à la navigation sur la biodiversité



Collisions



Fragmentation



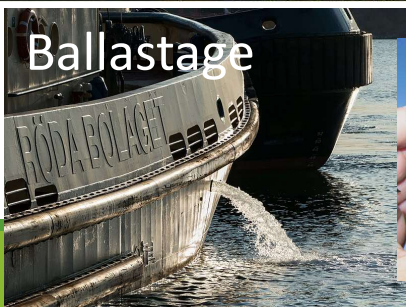
Perturbation



Echouage / érosion



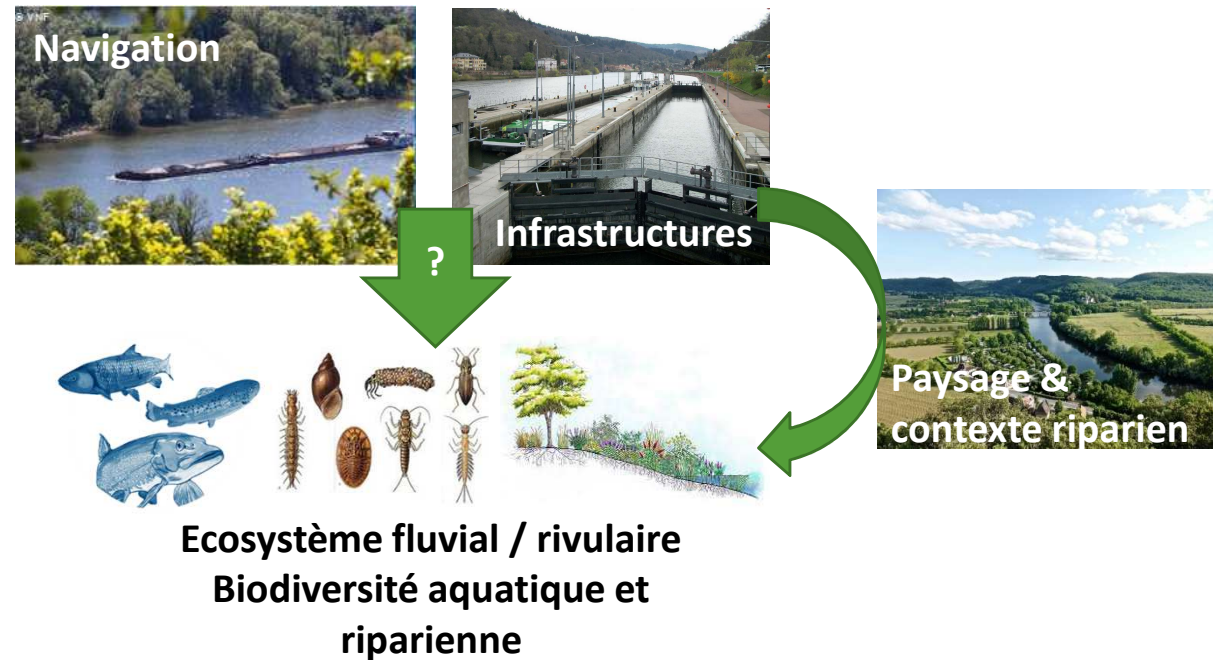
Destruction



Contamination

# Questions

- Quels-sont les effets de la navigation et des infrastructures associées (INIs) sur la biodiversité ?
- De quoi dépendent ces effets ? (e.g. taxons, contexte paysager, échelles, etc.)
- Quelles solutions de restauration et de gestion envisager pour atténuer les impacts ?



# Approches de synthèse (CESAB)

---

Synthèses sur les relations navigation-biodiversité :

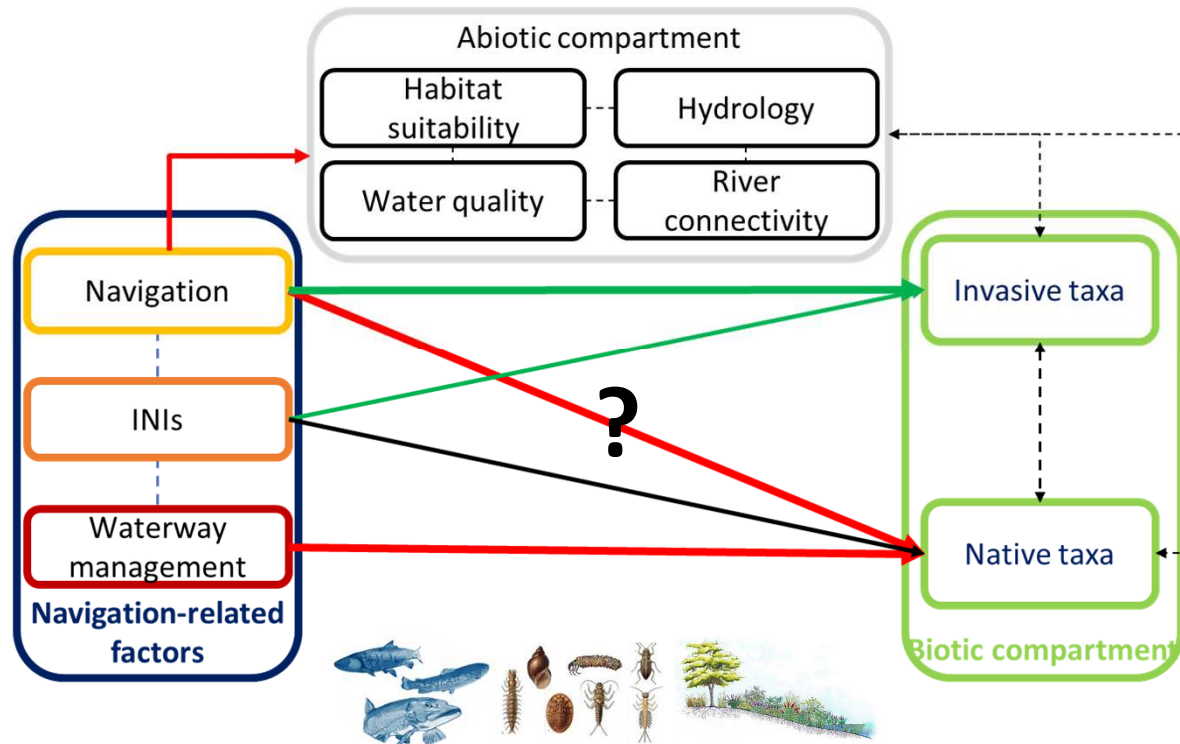
- Revues de la littérature
- Analyses de données assemblées
- Méta-analyse

# Q1. Effets de la navigation et des INIs sur les écosystèmes aquatiques

---

SYNTHÈSE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

# Objectifs de la carte des connaissances



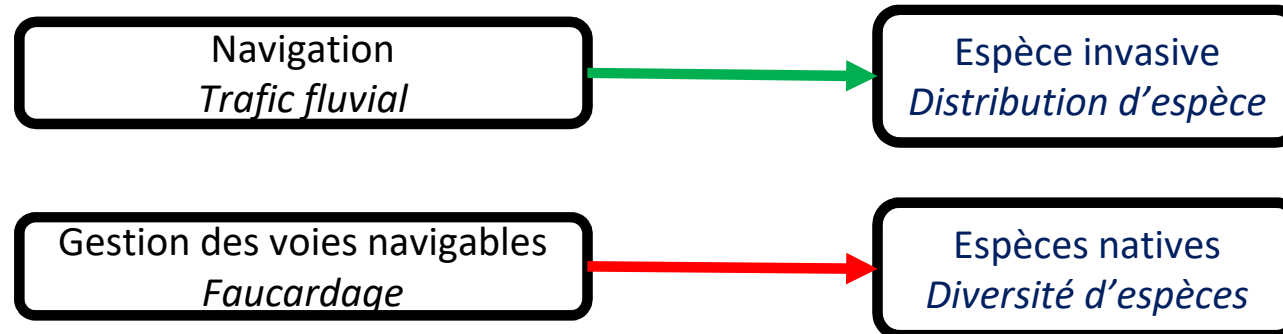
- Etat de l'art
- Effets directs et indirects (+ et -)
- Comparaison inter-taxons et inter-pressions

# Méthodologie

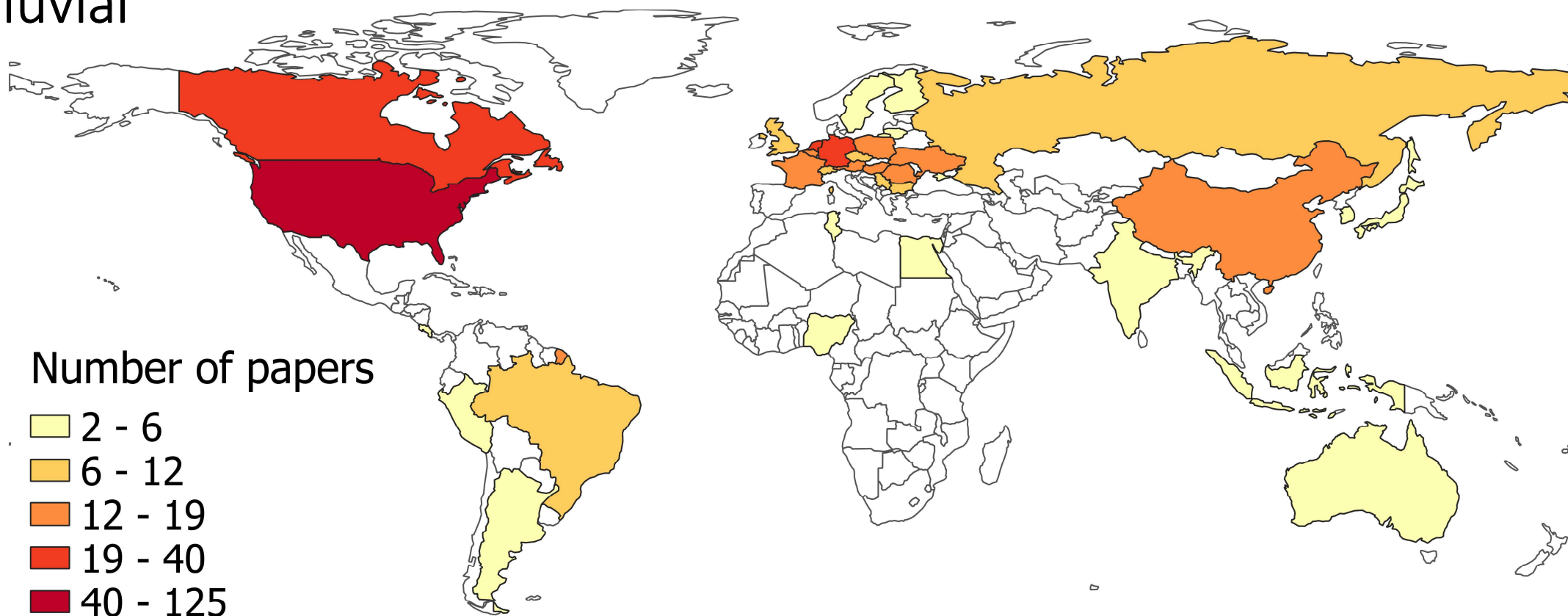
---

- Revue systématique de la littérature (*Sordello et al. 2019*) → 7700 articles
- Articles distribués au sein du groupe d'experts pour filtre et analyse
- Résultant à **243 articles pertinents** pour extraire
  - Métadonnées : pays, fleuve, taxon, etc.
  - Information d'intérêt : type d'effet, réponse analysée, direction et significativité de l'effet
- **1103 relations** identifiées entre **facteur de navigation & réponses biotiques / abiotiques**

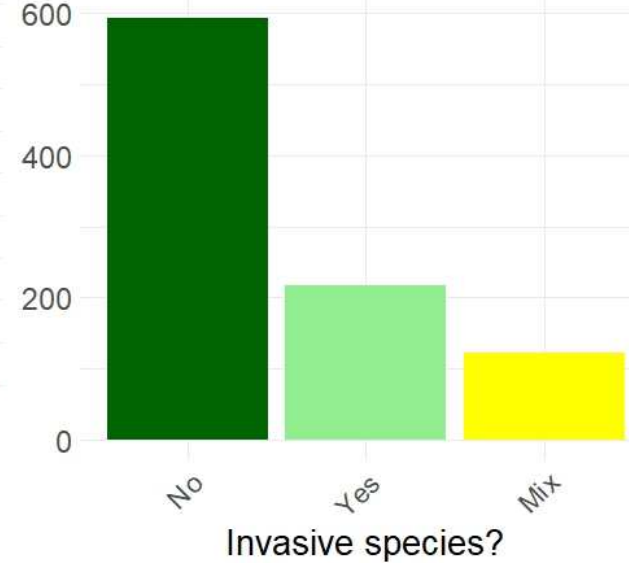
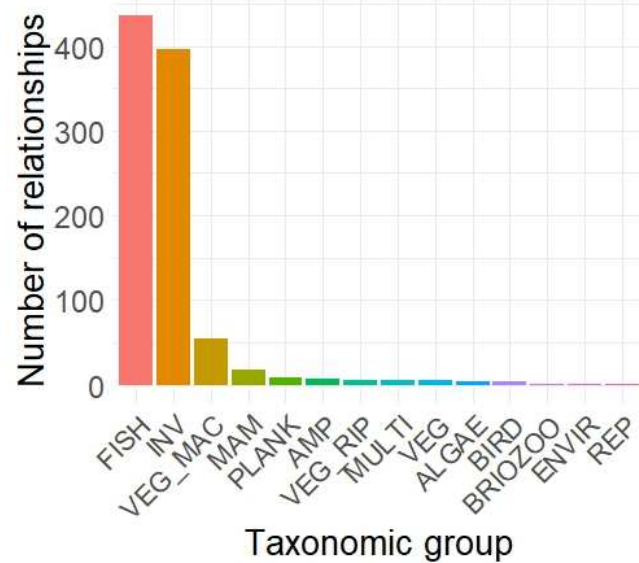
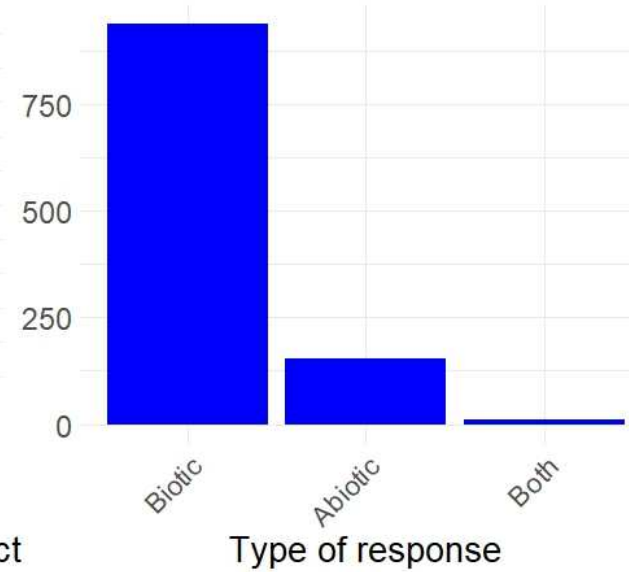
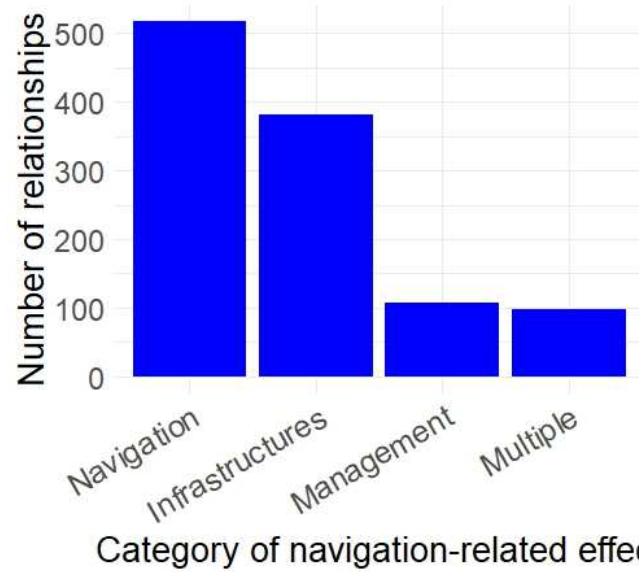
Exemples de relations étudiées



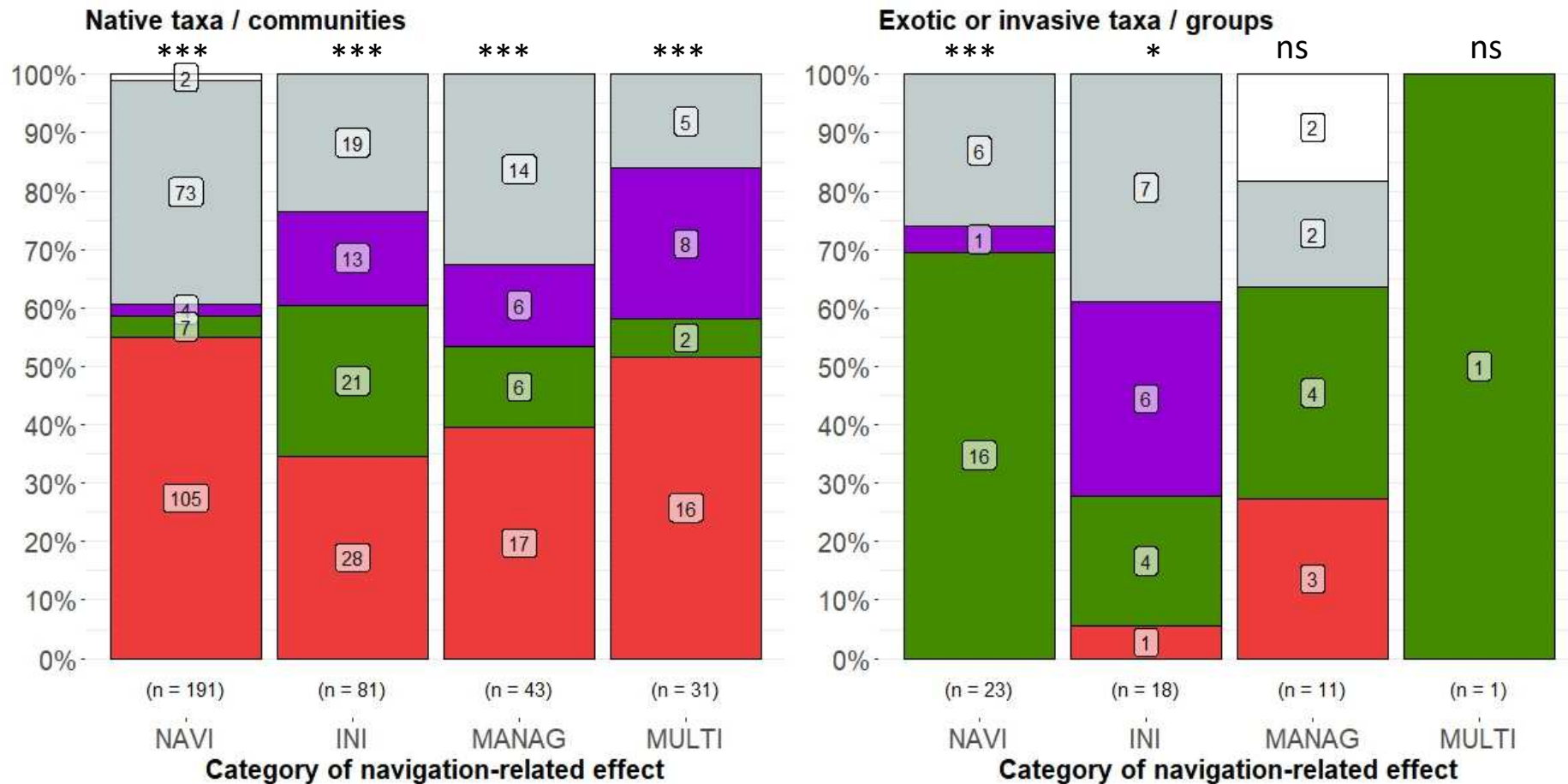
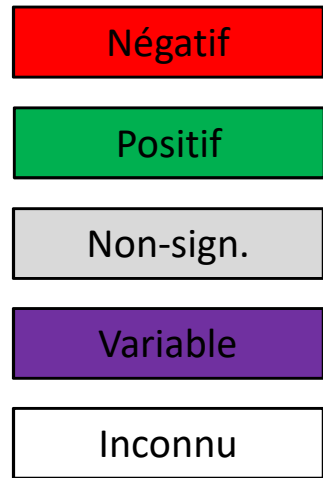
# Nombre d'articles étudiant les relations navigation-écosystème fluvial



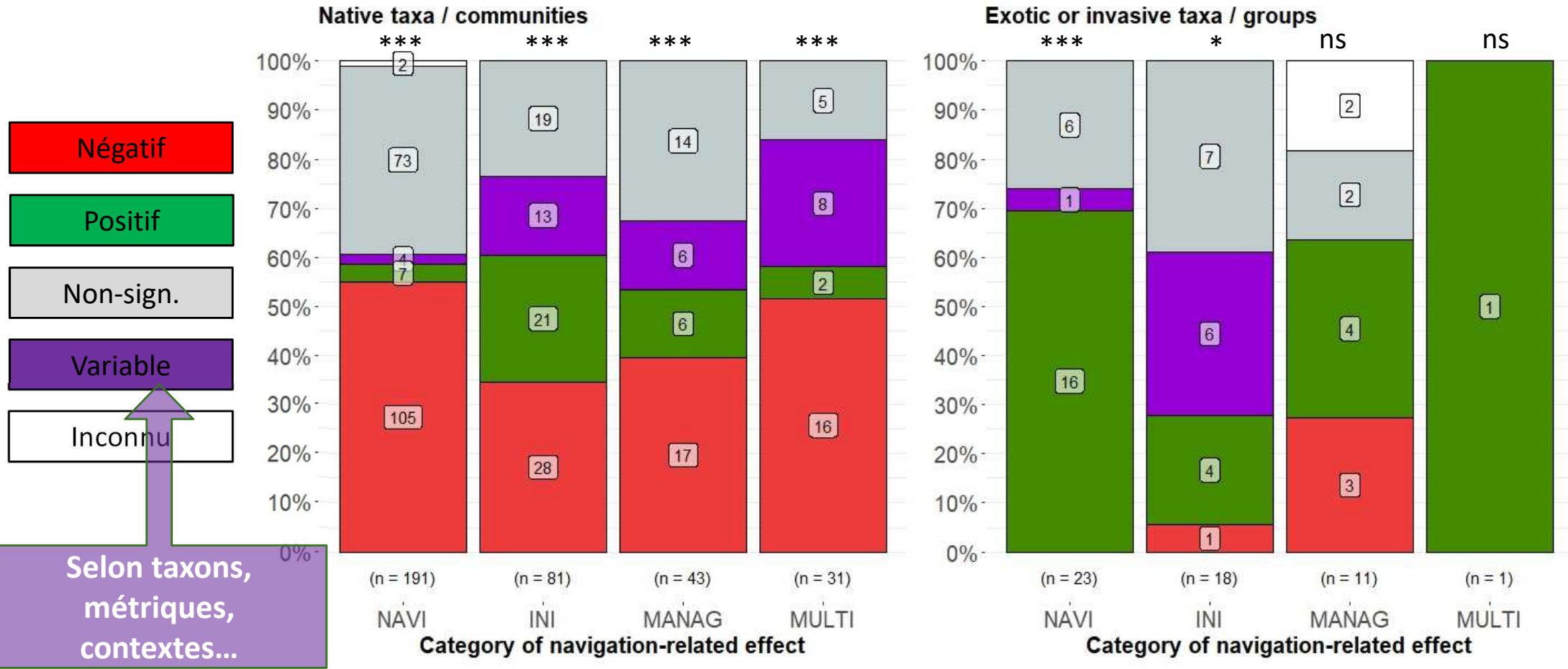
# Exploration des métadonnées



# Analyse de preuves des liens entre facteurs de navigation et réponses biotiques



# Analyse de preuves des liens entre facteurs de navigation et réponses biotiques

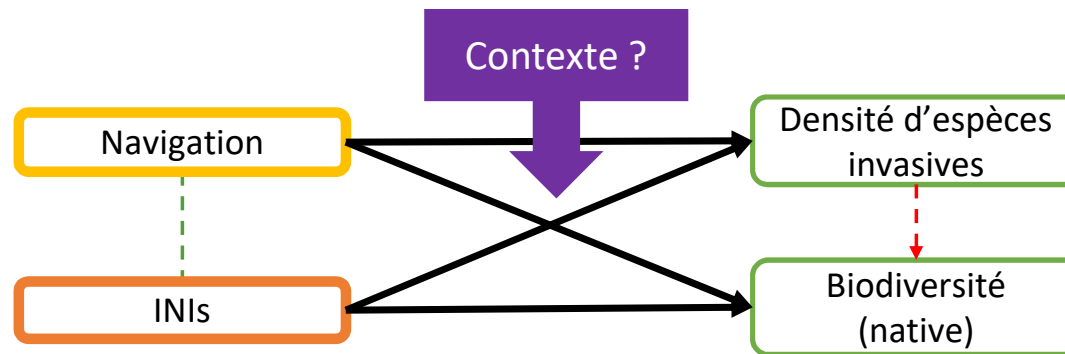


# Q2. Contexte-dépendance des relations navigation- biodiversité

---

SYNTHÈSES PAR ANALYSES DE DONNÉES

# Evaluer les relations navigation-biodiversité et leur contexte-dépendance



- Vérifier les liens de façon **empirique** à **large échelle**
- Distinguer les effets de la **navigation vs. des INIs** sur les communautés à travers **différentes métriques de réponse**
- Evaluer la dépendance de ces effets aux **contextes riparien et paysager**

# Méthodologie : les données

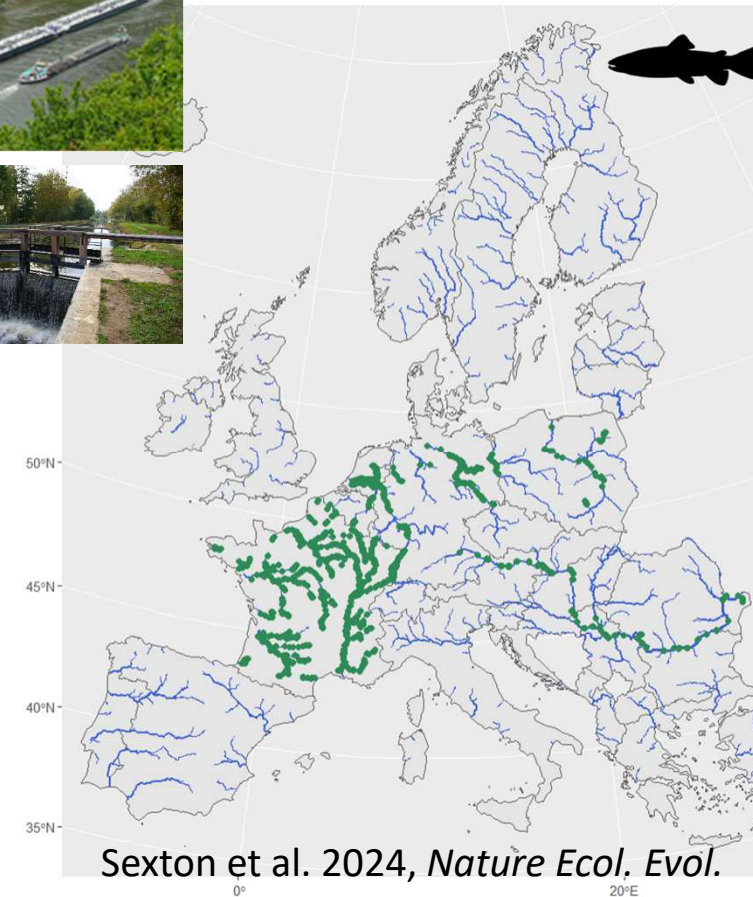
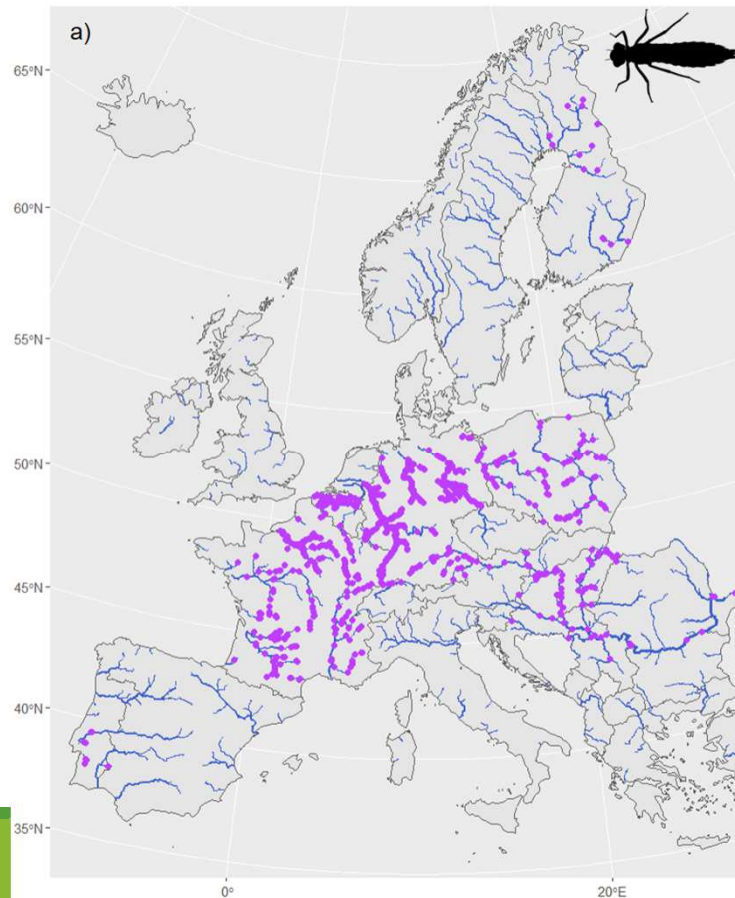
Différentes sources de données compilées & homogénéisées

15 jeux de données de biodiversité sur les voies navigables en Europe

~3000 sites d'observations

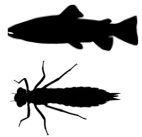
Données de navigation & infrastructures (MarineTraffic, UNECE)

- Trafic fluvial
- 1215 écluses & 433 ports
- Taux de chenalisation



Sexton et al. 2024, *Nature Ecol. Evol.*

# Méthodologie : analyse statistique des données d'observation



Diversité taxonomique

Diversité fonctionnelle

Densité d'espèces exotiques

~

Trafic fluvial

+

Densité d'INIs (ports & écluses)

+

Chenalisation

×



Contexte local



Dégradation riparienne

Contexte paysager

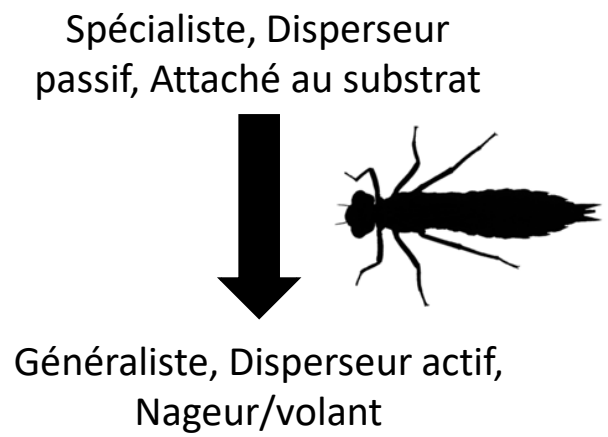
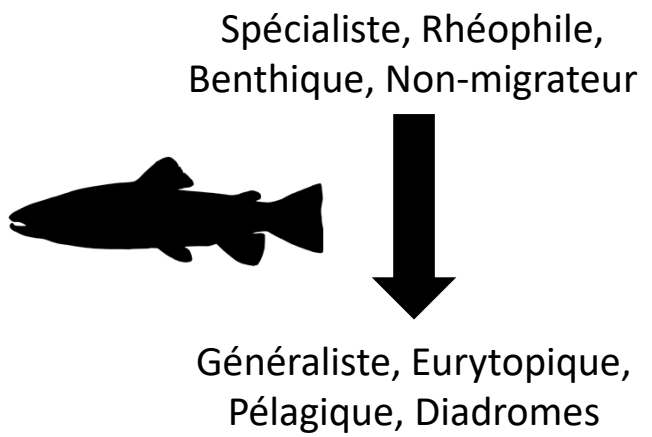


Artificialisation du paysage (agric, urbain)

# Effets de la navigation & des INIs sur la biodiversité

| Predictor      | Taxonomic Richness |       | Functional Richness |     | Taxonomic Diversity |     | Functional Diversity |           | Taxonomic Evenness |           | Functional Evenness |           | Invasive Abundance |             |
|----------------|--------------------|-------|---------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------|-------------|
| Ships          | Red                | Red   | Red                 | Red | Red                 | Red |                      |           | Green              | Green     |                     |           |                    | Green       |
| Ports          | Light Red          |       | Light Red           |     |                     |     |                      |           |                    |           | Light Green         |           |                    | Light Red   |
| Locks          | Green              |       | Green               |     | Green               |     | Light Green          | Light Red | Red                | Light Red |                     | Light Red |                    | Light Green |
| Channelization |                    | Green | Light Green         |     |                     |     |                      | Green     |                    |           | Green               |           | Red                | Green       |

**Effet négatif** (Red box)  
**Effet positif** (Green box)



# Effets de la navigation & des INIs sur la biodiversité

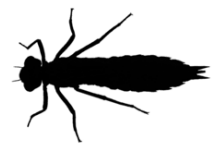
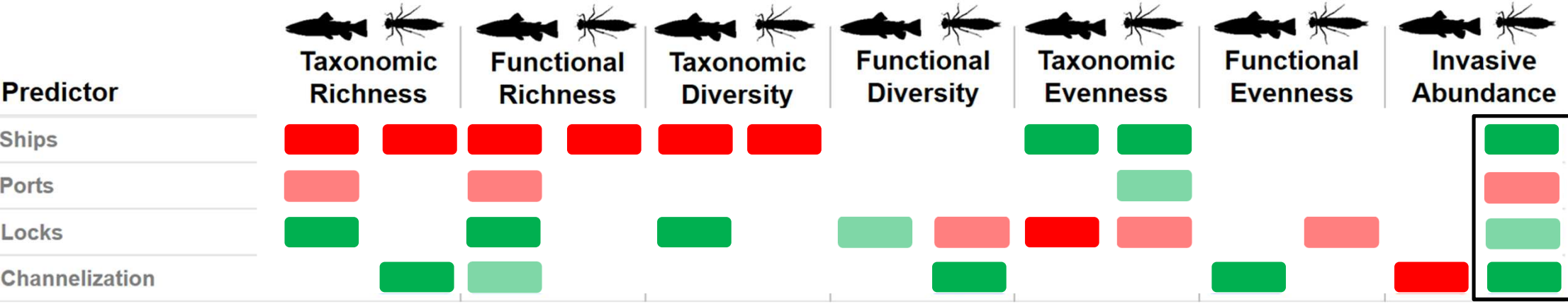
| Predictor      | Taxonomic Richness |       | Functional Richness |     | Taxonomic Diversity |     | Functional Diversity |  | Taxonomic Evenness |             | Functional Evenness |  | Invasive Abundance |             |
|----------------|--------------------|-------|---------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|--|--------------------|-------------|---------------------|--|--------------------|-------------|
| Ships          | Red                | Red   | Red                 | Red | Red                 | Red |                      |  | Green              | Green       |                     |  |                    | Green       |
| Ports          | Light Red          |       | Light Red           |     |                     |     |                      |  |                    | Light Green |                     |  |                    | Light Red   |
| Locks          | Green              |       | Green               |     | Green               |     | Light Green          |  | Light Red          | Red         | Light Red           |  | Light Red          | Light Green |
| Channelization |                    | Green | Light Green         |     |                     |     | Green                |  |                    |             | Green               |  | Red                | Green       |



Ecluses moins fragmentantes que d'autres types d'obstacles  
 Parfois même facilitantes pour le passage de poissons

*(Baumgartner and Harris 2007; Vergeynst et al. 2021; Le Pichon et al. 2023)*

# Effets de la navigation & des INIs sur la biodiversité



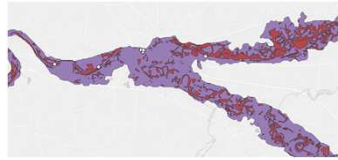
E.g. Dikerogammarus

# Effets de la navigation & des INIs sur la biodiversité

| Predictor      | Taxonomic Richness |       | Functional Richness |     | Taxonomic Diversity |     | Functional Diversity |           | Taxonomic Evenness |             | Functional Evenness |           | Invasive Abundance |             |
|----------------|--------------------|-------|---------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----------|--------------------|-------------|---------------------|-----------|--------------------|-------------|
| Ships          | Red                | Red   | Red                 | Red | Red                 | Red |                      |           | Green              | Green       |                     |           |                    | Green       |
| Ports          | Light Red          |       | Light Red           |     |                     |     |                      |           |                    | Light Green |                     |           |                    | Light Red   |
| Locks          | Green              |       | Green               |     | Green               |     | Light Green          | Light Red | Red                | Light Red   |                     | Light Red |                    | Light Green |
| Channelization |                    | Green | Light Green         |     |                     |     |                      | Green     |                    |             | Green               |           | Red                | Green       |


## Mais interactions significatives avec contextes local et paysager !

Contexte local



Dégradation riparienne

Contexte paysager



Artificialisation du paysage (agric, urbain)

# Contexte-dépendance des effets de la navigation sur la biodiversité

## Poissons

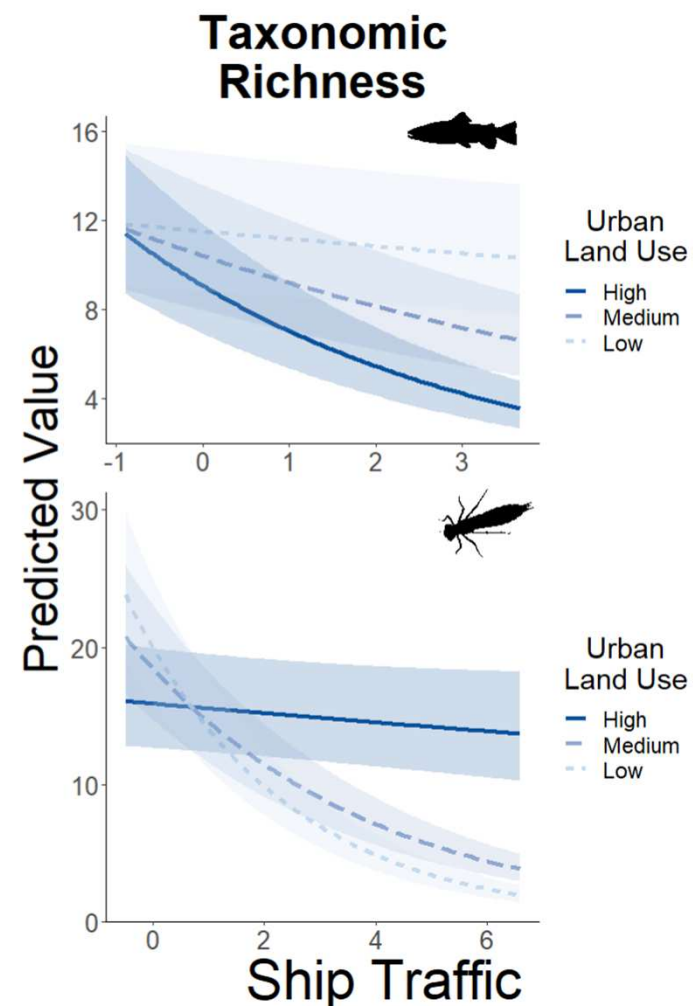
- Dégradation du paysage amplifie effet négatif de la navigation
- Plus la zone riparienne est en bon état, plus l'impact est faible

## Macroinvertébrés

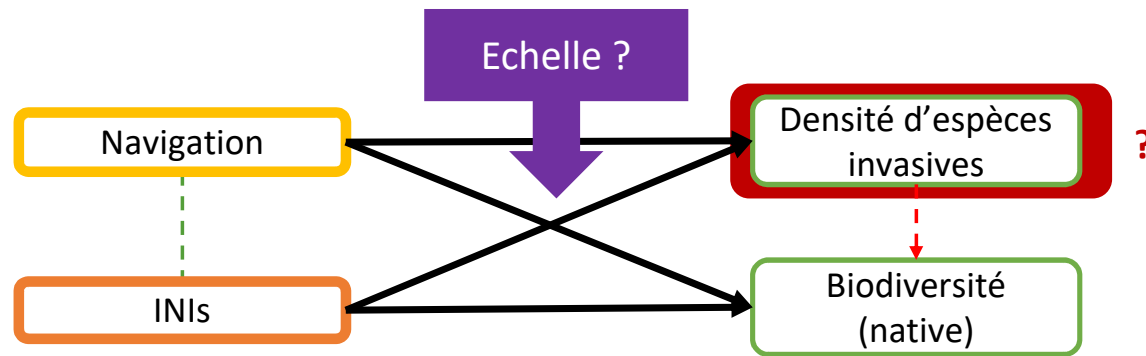
- La dégradation du paysage masque l'effet de la navigation → “syndrome des cours d'eau urbains”

⚠ Richeesse : quid des exotiques et invasives ?

⚠ Extrapolation à travers les échelles ?



# Evaluer les relations navigation-exotiques et leur échelle-dépendance



- Comprendre le rôle des **espèces invasives** dans les liens navigation-biodiversité
- Identifier les **échelles spatiales** pertinentes de **gestion de la navigation**

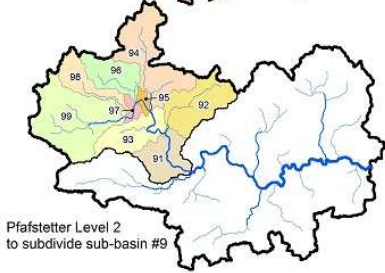
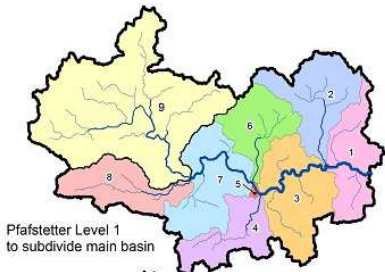
# Les effets de la navigation sur les espèces exotiques

---

- 1. Quels aspects de la navigation sont les plus fortement liés à la distribution des espèces exotiques en eau douce en Europe ?**
- 2. À quelles échelles spatiales ces relations s'exercent-elles ?**
- 3. Quels sont les groupes fonctionnels ou taxons d'espèces exotiques les plus sensibles à la navigation ?**

# Les effets de la navigation sur les espèces exotiques

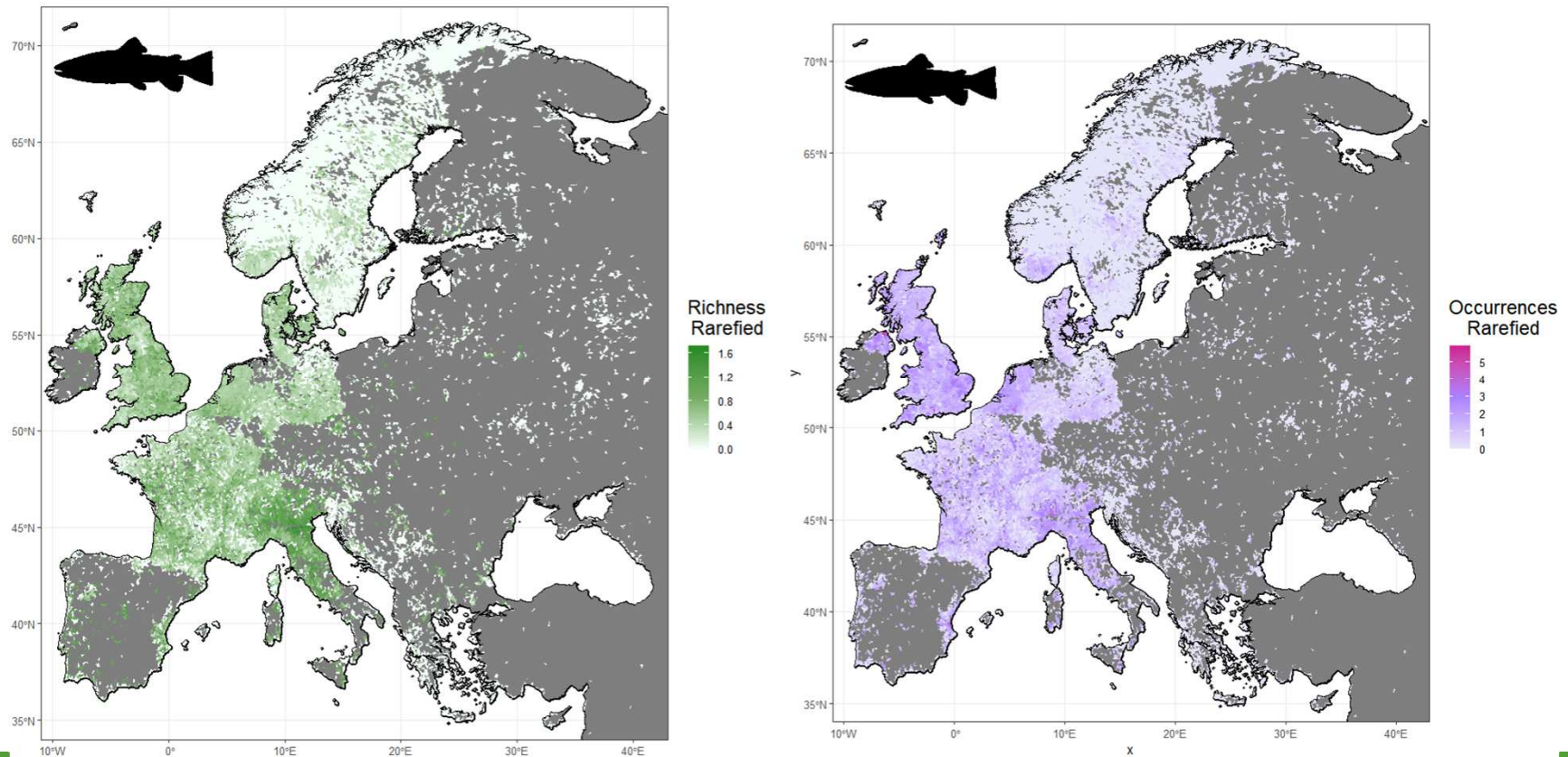
Scales = catchment divisions



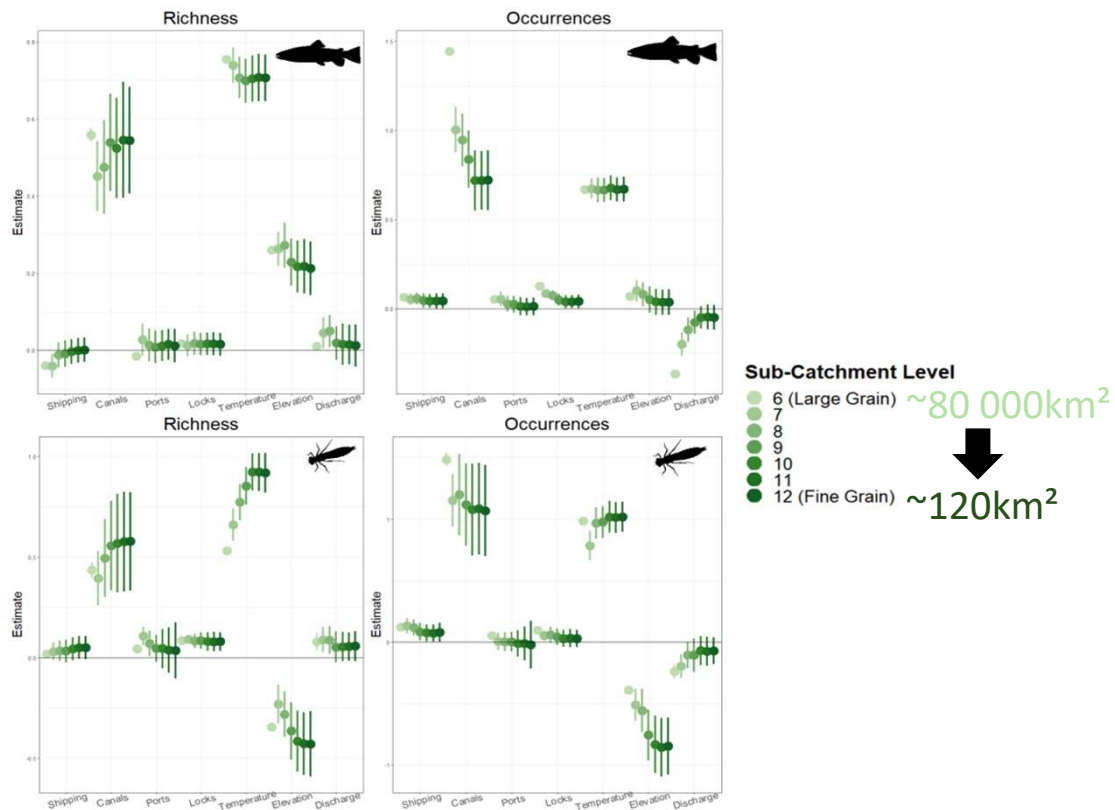
1. Extraction des occurrences d'espèces exotiques à travers l'Europe (GBIF)
2. Groupés par sous bassin-versant de différentes tailles
3. Relations modélisées avec des descripteurs de la navigation
  - (*canaux versus cours d'eau chenalisés*)



# Les effets de la navigation sur les espèces exotiques



# Les effets de la navigation sur les espèces exotiques



## Principaux résultats:

- Les **canaux** jouent un rôle important sur la richesse et les fréquences d'observation des exotiques.
- Important à toutes les échelles spatiales, augmentation potentielle à l'échelle du BV
- La **température** est également importante – lien potentiel avec le changement climatique
- Complément: les exotiques rhéophiles sont défavorisées par le trafic fluvial

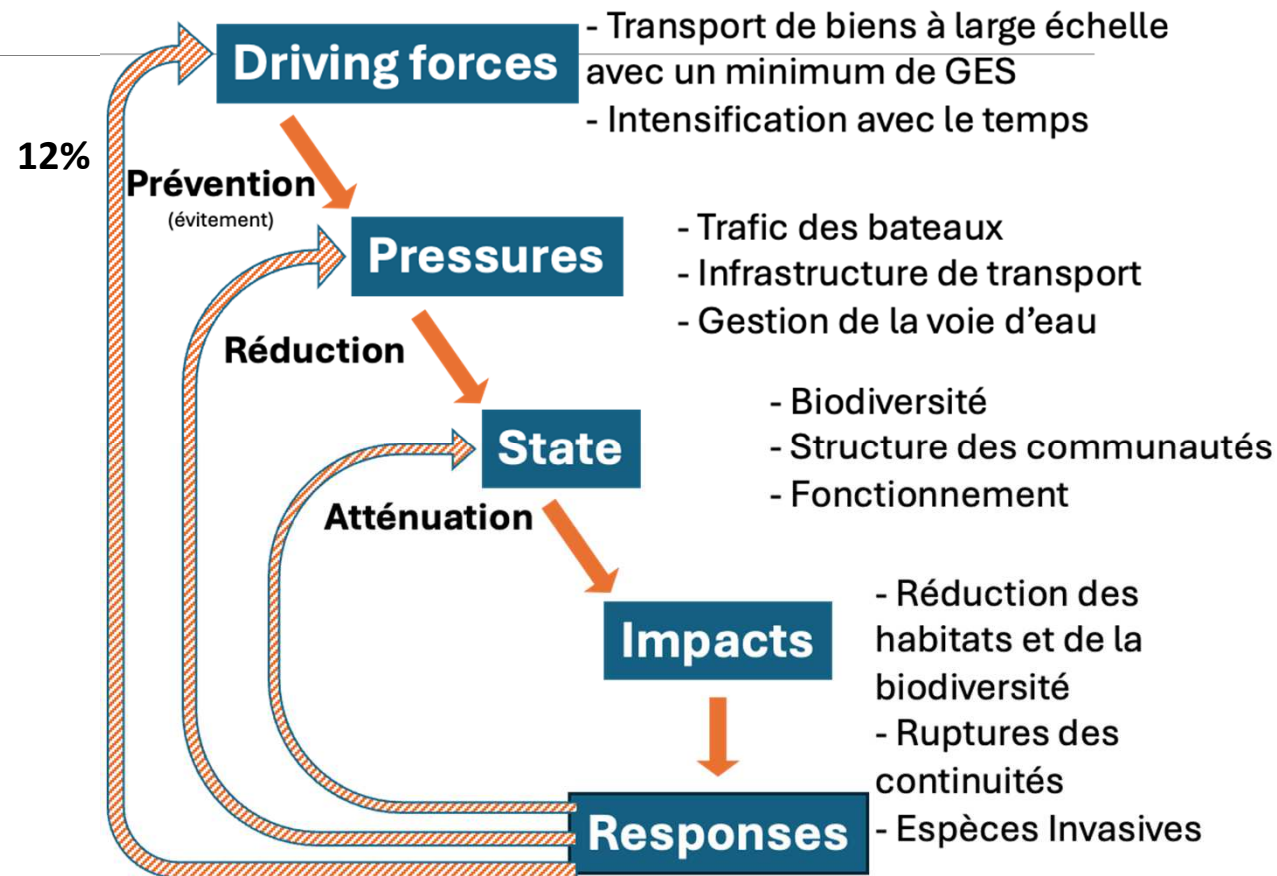
# Q3. Restauration & solutions de gestion pour atténuer les impacts de la navigation

---

REVUE & META-ANALYSE

# Revue des solutions d'atténuation

- Revue de la littérature traditionnelle (non-exhaustive, non-systématique)
- 61 études dans le contexte de la navigation
- 31 mesures
- Mesures de prévention: agir sur la réglementation



# Revue des solutions d'atténuation

- 31 mesures
- Mesures de réduction: adaptation des bateaux, modification de structures hydrauliques, passes à poissons, amélioration de la gestion, répulsion d'espèces invasives...

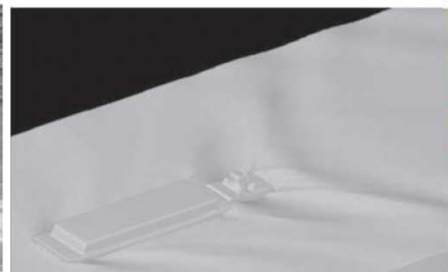
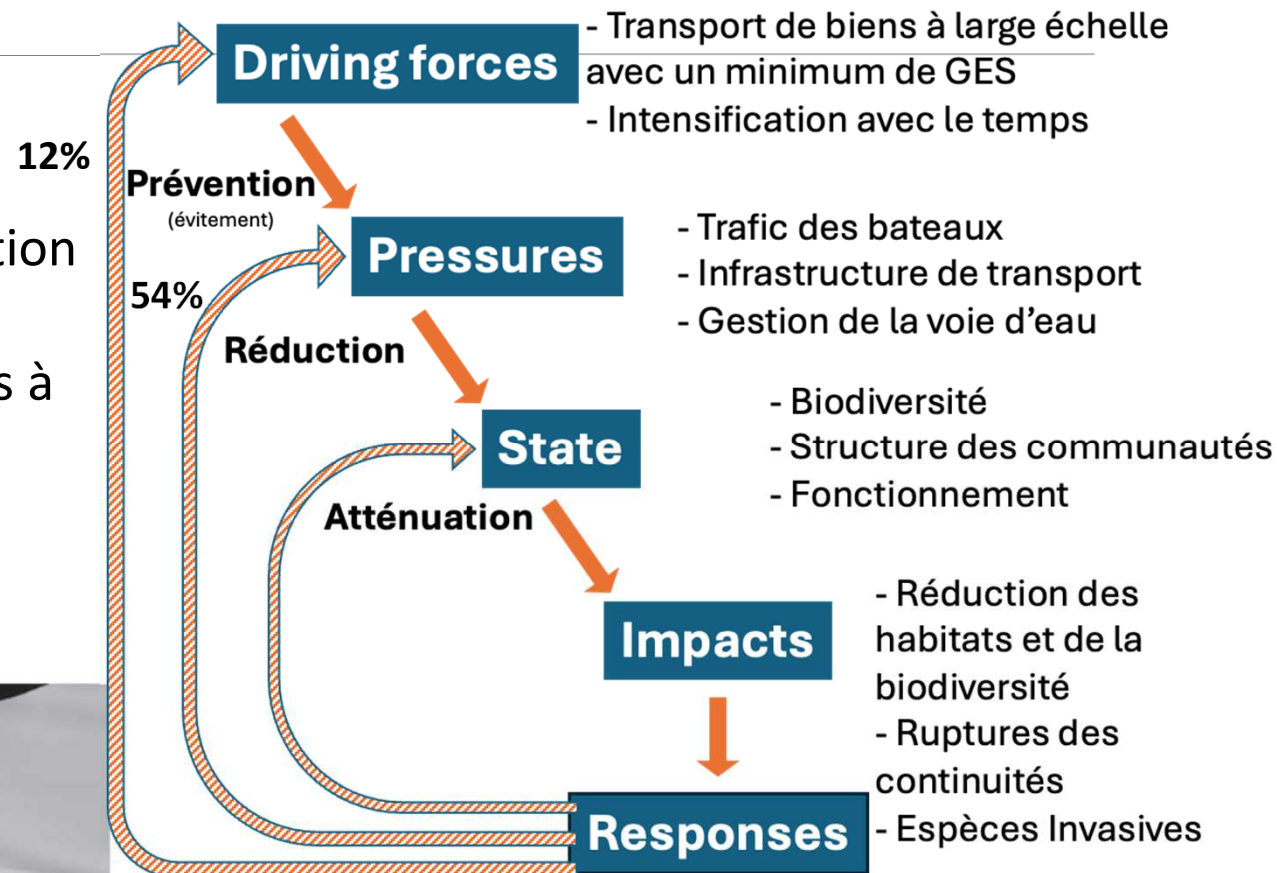


FIGURE 1. Pusher tug and barge on Rhone River, travelling upstream with approximately  $V_r = 4.2$  m/s.

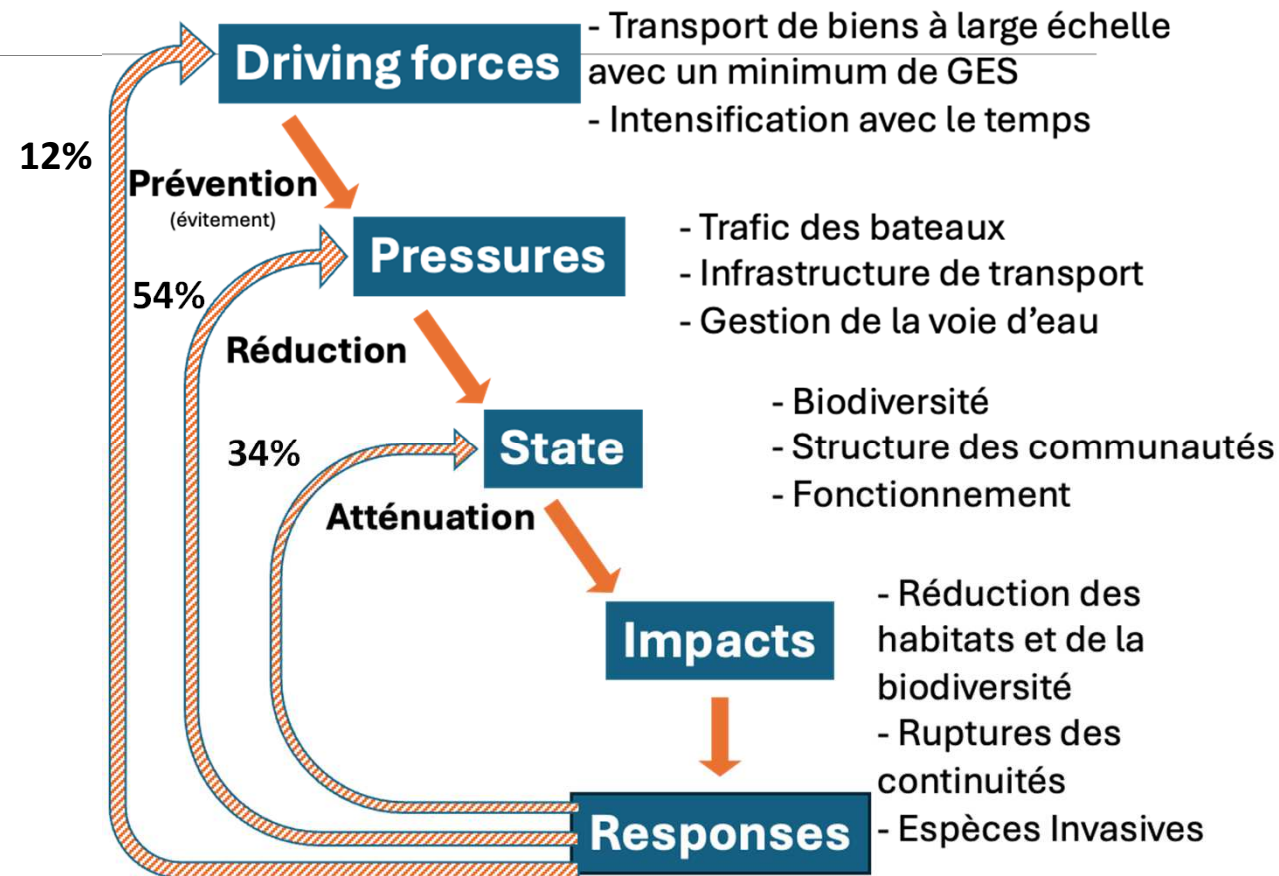
Amacher et al., 2015



# Revue des solutions d'atténuation

- 31 mesures
- Actions de restauration

*'the process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed' (SER,2004)'*



# Revue des solutions d'atténuation

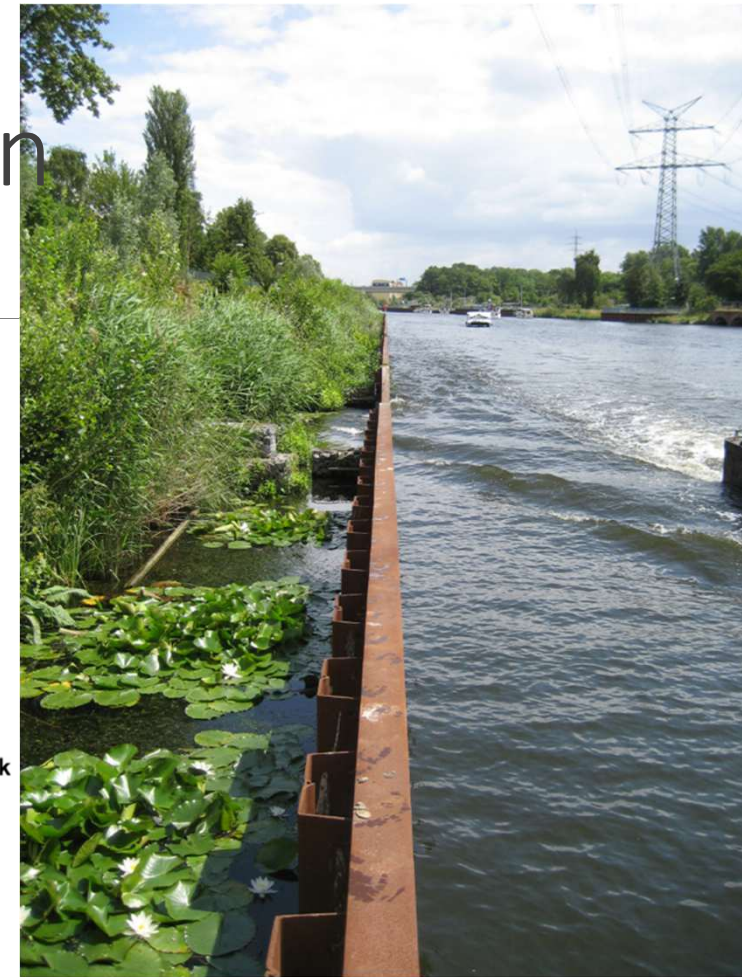
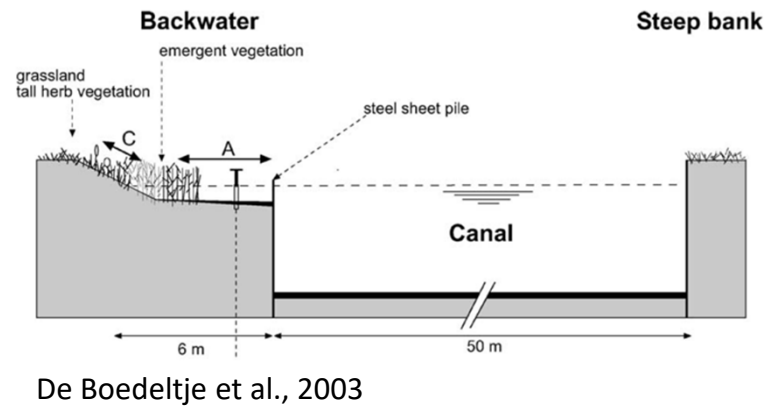
- 31 mesures
- Actions de restauration
  - Restauration des berges (connectivité latérale)

Deux exemples de techniques végétales de protection de berge utilisée le long du Rhin (en haut: matelas de branches de saules, en bas: gabions végétalisés. Les deux images ont été prises 7 mois après installation). De Söhnngen et al., 2018



# Revue des solutions d'atténuation

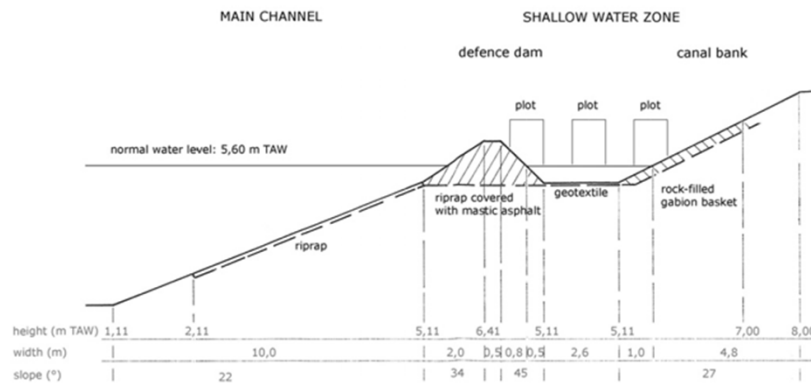
- 31 mesures
- Actions de restauration
  - Restauration des berges (connectivité latérale)
  - Séparer le chenal navigué



Site réhabilité en 2004 le long de la rivière urbaine Spree, à Berlin. Photographie prise le 6 juillet 2009, vers l'amont au point N 52° 31' 45.6", E 13° 16' 18.5". De Weber, 2016.

# Revue des solutions d'atténuation

- 31 mesures
- Actions de restauration
  - Restauration des berges (connectivité latérale)
  - Séparer le chenal navigué



Canal Gent-Bruges, Belgique, avec une vue de la branche latérale peu profonde isolée de la zone naviguée. De Van Kerckvoorde et al. 2013

# Revue des solutions d'atténuation

- 31 mesures
- Actions de restauration
  - Restauration des berges (connectivité latérale)
  - Séparer le chenal navigué
  - Création d'îles
  - Reconnecté le lit mineur et le lit majeur (intégrer la gestion des niveaux d'eau)

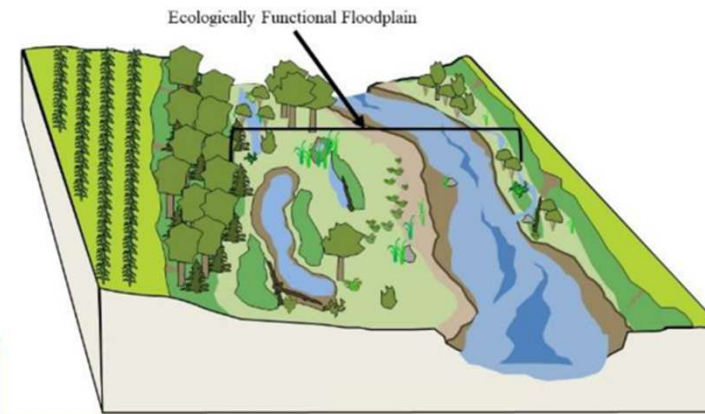
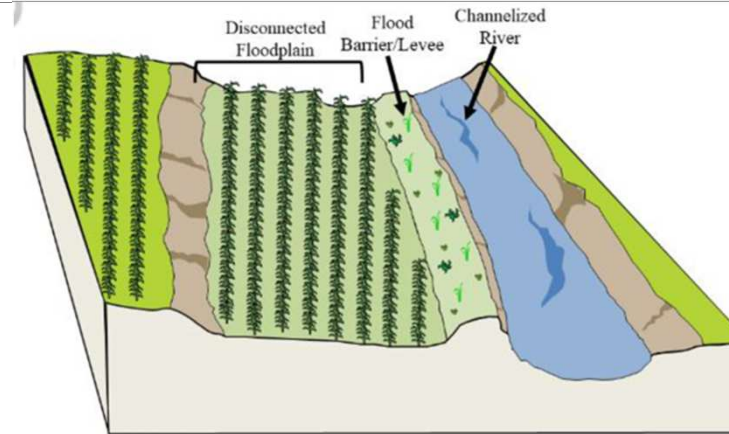


Fig. de Gordon, et al. 2020

## Mais est-ce que ces travaux de restauration fonctionnent?

→ Méta-analyse du succès de restauration d'écosystèmes perturbés par la navigation

*Freshwater Biology* 2009, 55 (Suppl. 1), 1–18

doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02372.x

**River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice?**

MARGARET A. PALMER<sup>1\*</sup>, HOLLY L. MENNINGER<sup>1</sup> AND EMILY BERNHARDT<sup>1</sup>

**From Natural to Degraded Rivers and Back Again: A Test of Restoration Ecology Theory and Practice**

CHRISTIAN K. FELD, SEBASTIAN BIRK, DAVID C. BRADLEY, DANIEL HERING, JOCHEM KAIL, ANAHITA MARZIN, ANDREAS MELCHER, DIRK NEMITZ, MORTEN L. PEDERSEN, FLORIAN PLETTERBAUER, DIDIER PONT, PIET F.M. VERDONSCHOT AND NIKOLAI FRIBERG

*Journal of Applied Ecology* 2010, 47, 671–680

doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01807.x

**A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers**

Sonja C. Jähnig<sup>1,2\*</sup>, Karel Brabec<sup>3</sup>, Andrea Buffagni<sup>4</sup>, Stefania Erba<sup>4</sup>, Armin W. Lorenz<sup>2</sup>, Thomas Ofenböck<sup>5</sup>, Piet F. M. Verdonshot<sup>6</sup> and Daniel Hering<sup>7</sup>



Journal of Environmental Management  
Volume 264, 15 June 2020, 104827

Research article

**Over forty years of lowland stream restoration: Lessons learned?**

Paula C. dos Reis Oliveira<sup>1\*</sup>, R. B. Horn G. von der Geest<sup>2</sup>, Michiel H.S. Krook<sup>3</sup>

Open Access



**Much effort, little success: causes for the low ecological efficacy of restoration measures in German surface waters**

Denise Jasmin Brettschneider<sup>1\*</sup>, Taschina Spring<sup>1</sup>, Moritz Blumer<sup>1</sup>, Lukas Welge<sup>1</sup>, Andrea Dombrowski<sup>1</sup>, Ulrike Schulte-Oehlmann<sup>1</sup>, Andrea Sundermann<sup>1,2</sup>, Matthias Oetken<sup>1</sup> and Jörg Oehlmann<sup>1</sup>

**Effective River Restoration in the 21st Century: From Trial and Error to Novel Evidence-Based Approaches**

N. Friberg<sup>1,2\*</sup>, N.V. Angelopoulos<sup>3</sup>, A.D. Buijse<sup>4</sup>, I.G. Cowx<sup>5</sup>, J. Kail<sup>1</sup>, T.F. Moe<sup>6</sup>, H. Moir<sup>7</sup>, M.T. O'Hare<sup>8</sup>, P.F.M. Verdonshot<sup>9\*</sup>, C. Wolter<sup>10</sup>

*Journal of Applied Ecology* 2011, 48, 1241–1250

doi:10.1111/j.1365-2664.2011.02026.x

**Dispersal as a limiting factor in the colonization of restored mountain streams by plants and macroinvertebrates**

Robert J. Brederveld<sup>1</sup>, Sonja C. Jähnig<sup>2</sup>, Armin W. Lorenz<sup>2</sup>, Stefan Brunzel<sup>3</sup> and Marel B. Soons<sup>4\*</sup>

Overview

**Effective restoration of aquatic ecosystems: scaling the barriers**

Nikolai Friberg<sup>1,2\*</sup>, Tom Buijse<sup>3</sup>, Caitriona Carter<sup>4</sup>, Daniel Hering<sup>5</sup>, Bryan M. Spears<sup>6</sup>, Piet Verdonshot<sup>7</sup> and Therese Fosholt Moe<sup>1\*</sup>



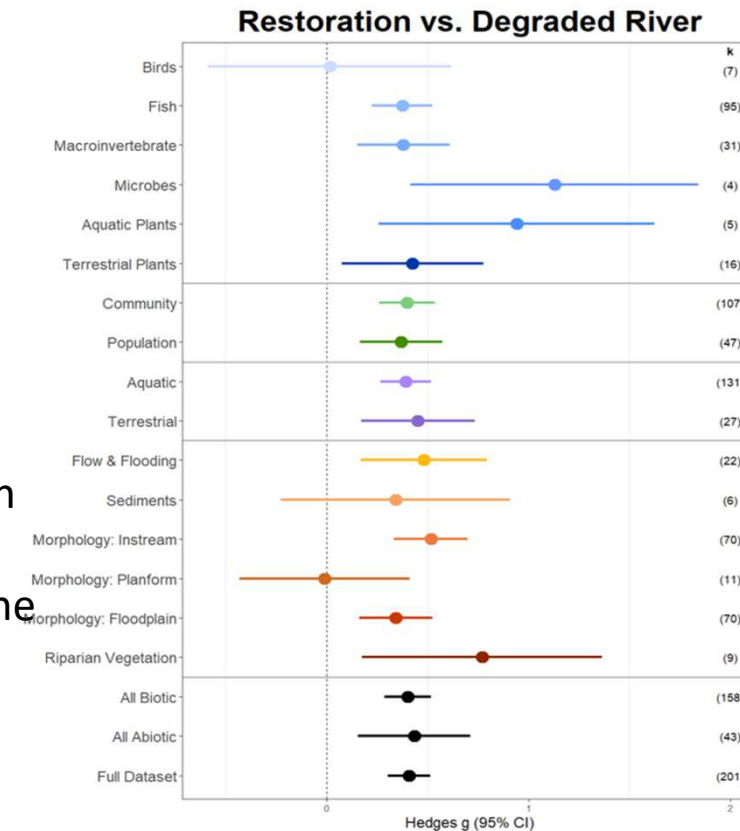
# → Méta-analyse du succès de restauration d'écosystèmes perturbés par la navigation

## Méthode:

- 35 études analysées
- 285 effets extraits

## Principaux résultats:

- Les restaurations améliorent significativement l'état des rivières naviguées
- Stratégies les plus fructueuses: adaptation morphologique, régulation des niveaux d'eau et gestion de la végétation riparienne
- Tous les habitats, taxons et niveaux d'organisation semblent en bénéficier



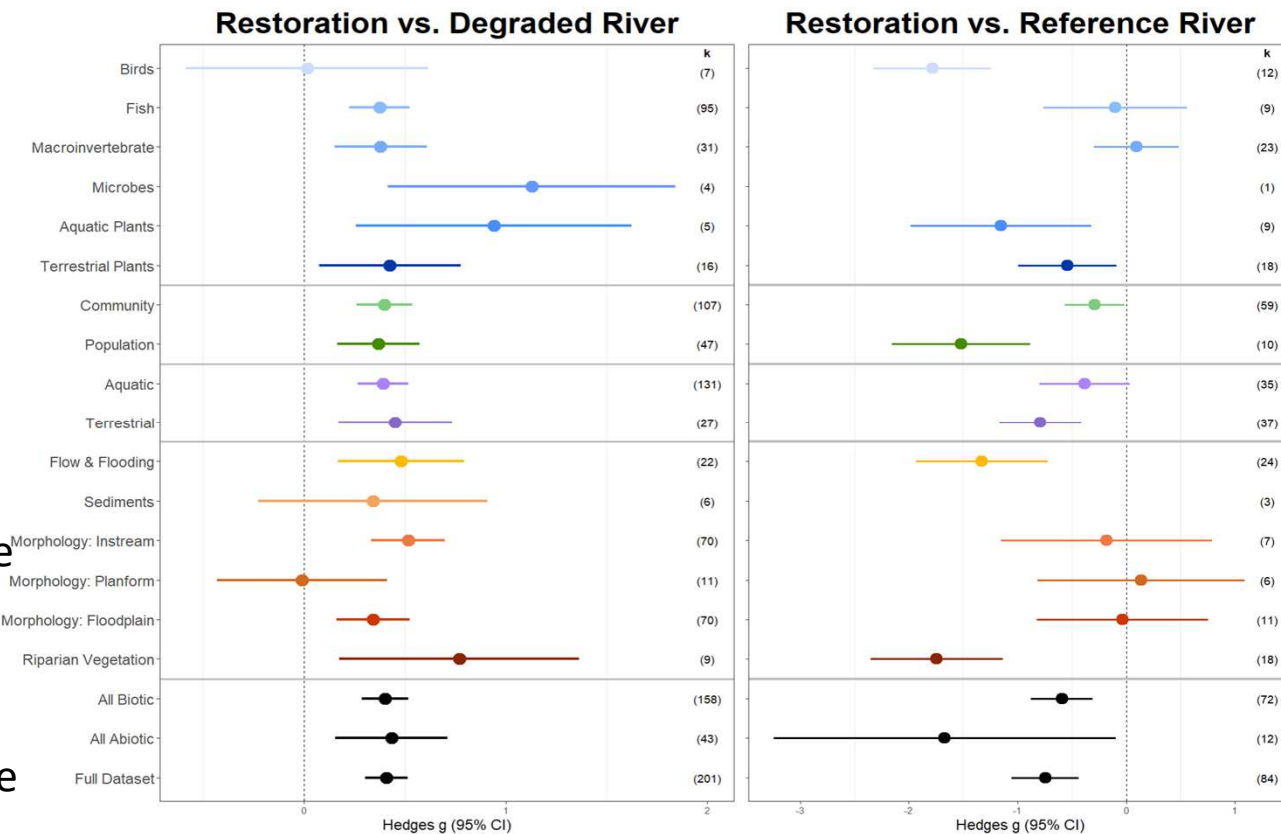
# → Méta-analyse du succès de restauration d'écosystèmes perturbés par la navigation

## Méthode:

- 35 études analysées
- 285 effets extraits

## Principaux résultats:

- Les restaurations améliorent l'état des rivières naviguées
- Stratégies les plus fructueuses: adaptation morphologique, régulation des niveaux d'eau et gestion de la végétation riparienne
- Tous les habitats, taxons et niveaux d'organisation semblent en bénéficier
- **MAIS** difficile de retourner à des niveaux de référence (pression persistante, point de non-retour?)



# Principales conclusions



- Utile et écologiquement pertinent de distinguer les effets de la **navigation** elle-même vs. des **infrastructures** vs. de la **gestion** des voies navigables
- Besoin de connaissances supplémentaires sur les effets de la **gestion des voies navigables** et des processus sous-jacents
- Forts **impacts** de la navigation (trafic des bateaux) sur la **biodiversité** native
- Tous ces impacts dépendent significativement du **contexte paysager et la bande riparienne**
- **Canaux** favorisent les **espèces exotiques** à toutes les échelles - risque d'augmentation avec les changements climatiques
- La **restauration** des cours d'eau navigués **fonctionne** mais ne permet pas de les ramener à des niveaux de référence
- Compromis à trouver entre usages, aménagements et biodiversité

# Recommandations & perspectives

---

- **Renforcer les réglementations** sur le **trafic** fluvial pour limiter les nuisances et l'érosion, sur les opérations d'**éclusées** pour améliorer la connectivité, et sur les **ballastages** pour éviter la propagation d'espèces exotiques
- Développer des solutions de **gestion écologiquement responsables** pour l'entretien des voies navigables: **mesures de restauration intégratives** et **adaptées au contexte** paysager
- **Adapter** pour faire face au **changement climatique**, étant donné que certains fleuves seront de plus en plus exposés aux modifications de débit et aux invasions biologiques
- S'appuyer sur les **recommandations basées sur des preuves** et produites à l'échelle européenne par NAVIDIV pour coordonner les politiques de gestion de la navigation entre pays et ainsi répondre aux objectifs de **cohérence transfrontalière** de la navigation intérieure

# Remerciements

Le groupe NAVIDIV remercie le **programme ITTECOP du MTE** et le **CESAB**.



**Contact information:**

**Aliénor JELIAZKOV**

[alienor.jeliazkov@inrae.fr](mailto:alienor.jeliazkov@inrae.fr)

**Jean-Nicolas BEISEL**

[jean-nicolas.beisel@engees.unistra.fr](mailto:jean-nicolas.beisel@engees.unistra.fr)

**Aaron SEXTON**

[aaron.niles.sexton@gmail.com](mailto:aaron.niles.sexton@gmail.com)

**Pages web :**

<https://ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-cesab-2020/item/831-navidiv>

<https://www.fondationbiodiversite.fr/en/the-frb-in-action/programs-and-projects/le-cesab/navidiv/>

Merci pour votre attention