

# Modélisation des réponses écologiques aux actions de restauration. Pourquoi ? Comment?

Olivier J.M.<sup>1</sup>

Lamouroux N.<sup>2</sup>, Castella E.<sup>3</sup>, Piégay H.<sup>4</sup>, Forcellini M.<sup>2</sup>,  
Mérigoux-Lhopital S.<sup>5</sup>, Riquier J.<sup>4</sup>, Paillex A.<sup>6</sup>, Dolédec S.<sup>1</sup>,  
Vaudor L.<sup>4</sup>, Daufresne M.<sup>7</sup>



<sup>1</sup> Université de Lyon, LEHNA - UMR CNRS 5023, <sup>2</sup> UR MALY, Irstea - Lyon, Dynam, <sup>3</sup> Université de Genève, Faculté des Sciences, Institut des Sciences de l'Environnement, <sup>4</sup> Université de Lyon, UMR CNRS 5600 Environnement, Ville, Société, ENS de LYON, <sup>5</sup> EDF - CIDEN, Division Environnement, <sup>6</sup> Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Sciences and Technology, <sup>7</sup> Irstea Aix en Provence



3<sup>ème</sup> Séminaire annuel du Labex DRIIHM  
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

# Cadre - Contexte

## Programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône

Besoin affiché de développer des outils pour aider :

- à mieux définir les objectifs écologiques
- à mesurer les effets des procédures de restauration mises en œuvre



Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



3<sup>ème</sup> Séminaire annuel du Labex DRIIHM  
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

# La restauration (réhabilitation) écologique du Rhône

- a pour but de répondre à une demande sociétale
- a essentiellement pour objectif de réhabiliter les habitats physiques aquatiques
- s'appuie sur les compétences des services d'ingénierie de la Compagnie Nationale du Rhône, des naturalistes, des scientifiques et des collectivités locales
- s'appuie sur une analyse de faisabilité

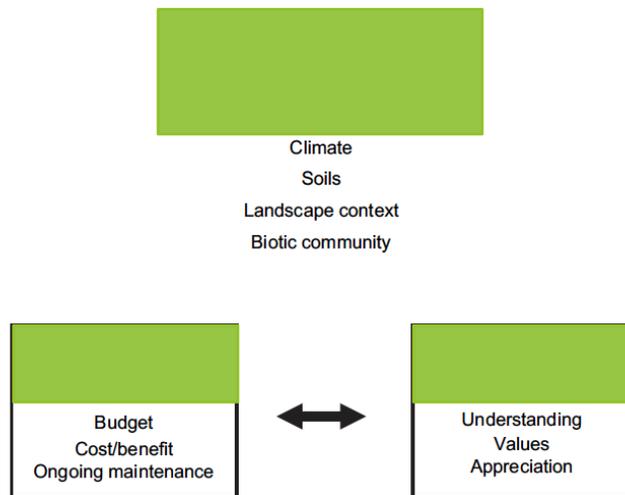


Figure 3. Three types of constraints on habitat restoration. Ecological factors ultimately constrain what is possible, then what is actually achieved becomes a function of financial and social factors, both of which will tend to influence one another.

Miller J.R. & Hobbs R. (2007) *Restoration ecology* (15 (3), 382-390)

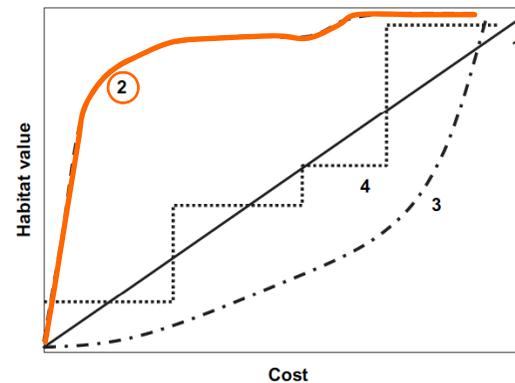
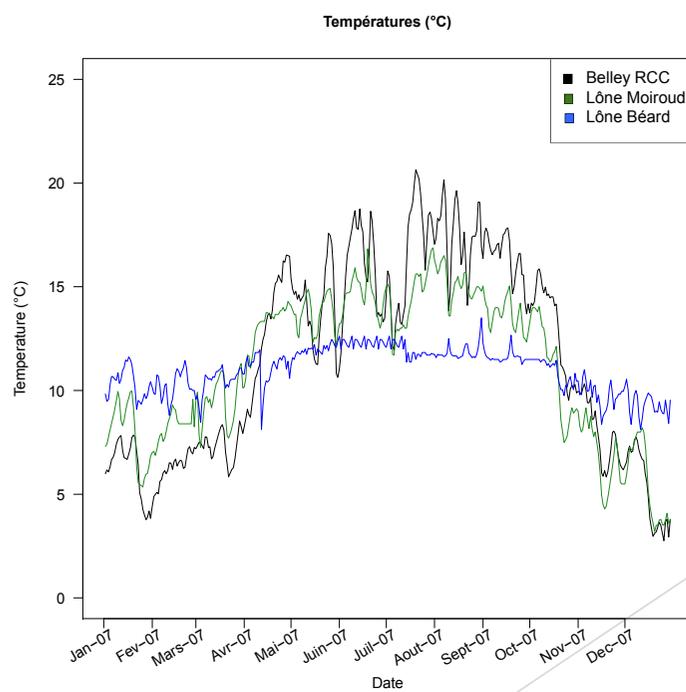
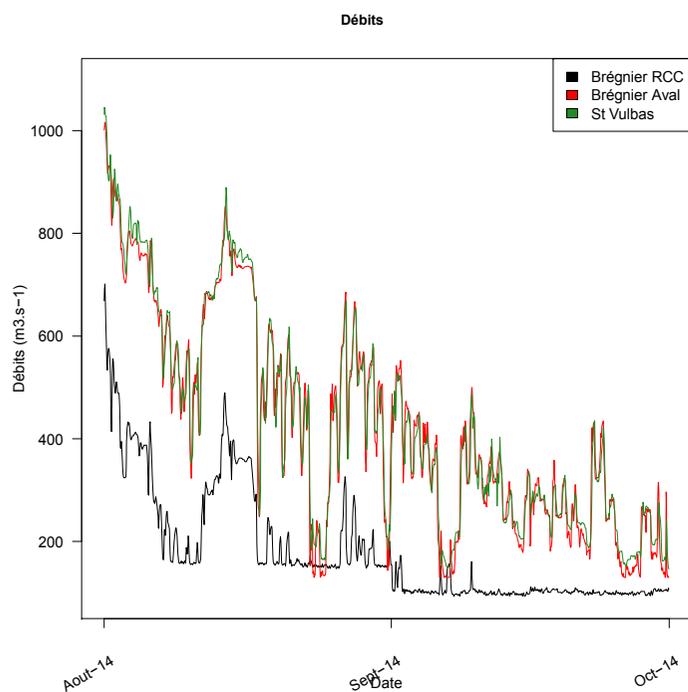


Figure 4. Value of restored habitat versus the financial input to the restoration project for a number of different scenarios. (1) Habitat value increases linearly with the amount spent on the restoration; (2) restoring a high proportion of the desired habitat value is achieved relatively cheaply, but achieving further small additions to habitat value becomes increasingly expensive; (3) relatively little value is restored until considerable expenditure is invested; (4) habitat value increases in a stepwise way in response to the need for expenditure to overcome particular biotic or abiotic thresholds.

# Le contexte Rhôdanien

- Un système bien décrit (débit température, hydro-morphologie, CNR, EDF, scientifiques)
- Des données biologiques acquises depuis longtemps (> 30 ans)
- Une très bonne concertation entre scientifiques, gestionnaires, industriels, collectivités locales

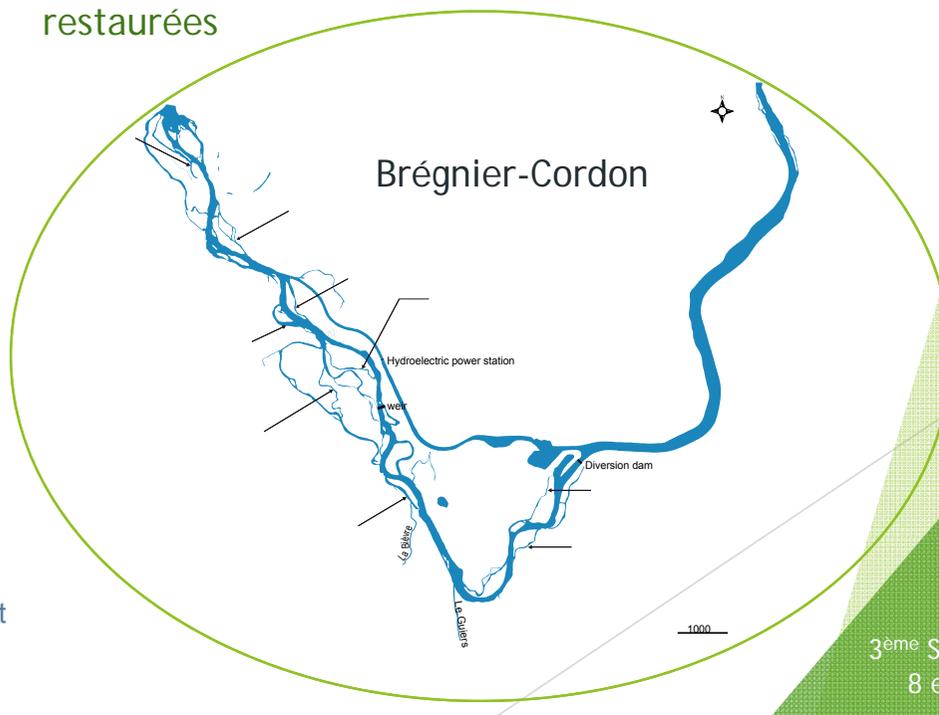
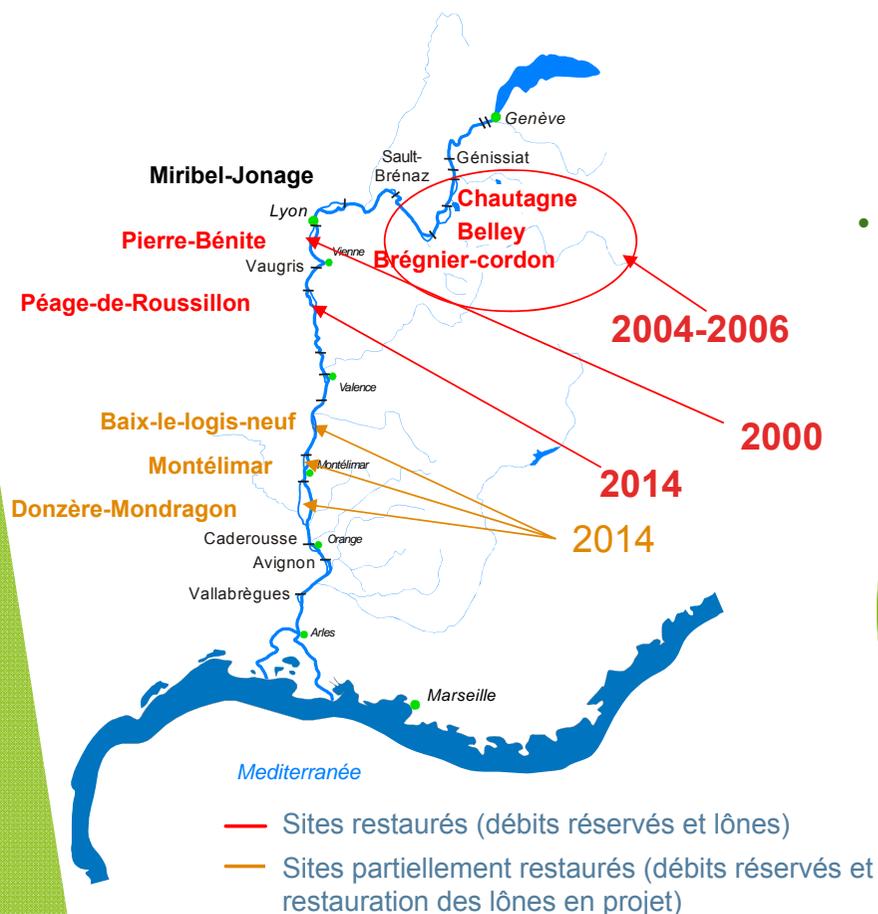


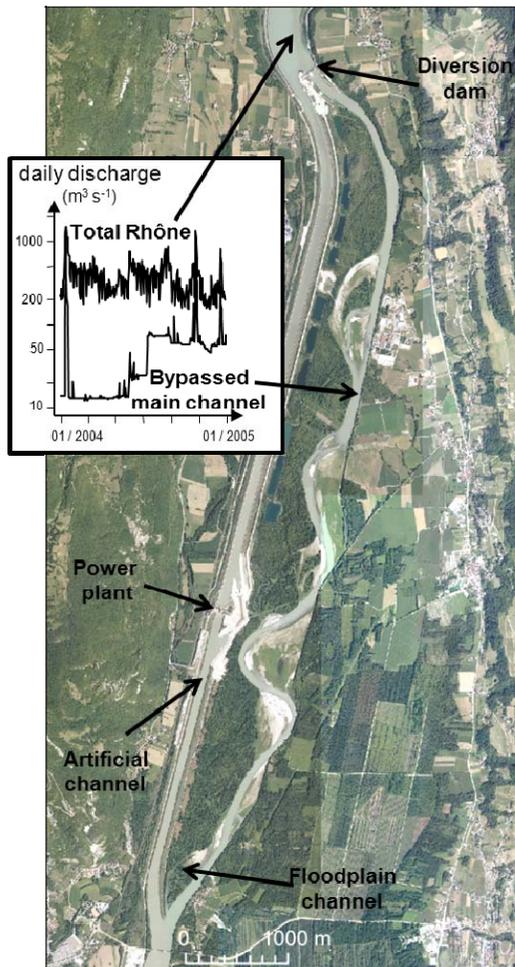
3<sup>ème</sup> Séminaire annuel du Labex DRIIHM  
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

# Le contexte Rhôdanien

- Un programme de restauration décliné sur 9 sites, avec des gradients de restauration :

- Augmentation des débits minimums dans les tronçons court-circuités : ~ 110/522 km de cours d'eau, des relèvements de débits de x1 à x10, vitesses moyennes modifiées jusqu'à x 5
- Réhabilitation des annexes fluviales : 27 îlons restaurés





# Le contexte Rhôdanien (pourquoi?)

- Quelques chiffres :
  - Coût de la restauration : ~ 63 M€ :
    - Relèvement des débits minimums : ~50 M€
    - Réhabilitation des lônes : 13 M€



Nécessité de disposer d'outils d'aide à la décision pour définir les objectifs écologiques avant restauration et pour évaluer les effets des travaux de restauration



# Un programme de recherche dédié à la restauration du Rhône

- Modéliser les réponses des milieux et des communautés aquatiques aux mesures de restauration
- Prédire ces changements
- Confronter les observations post-restauration aux prédictions

Possible sur le Rhône :

- du fait de l'existence de données « long-terme » (physiques et biologiques)
- grâce à une anticipation
- grâce aux compétences mobilisables (interdisciplinarité)



3<sup>ème</sup> Séminaire annuel du Labex DRIIHM  
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

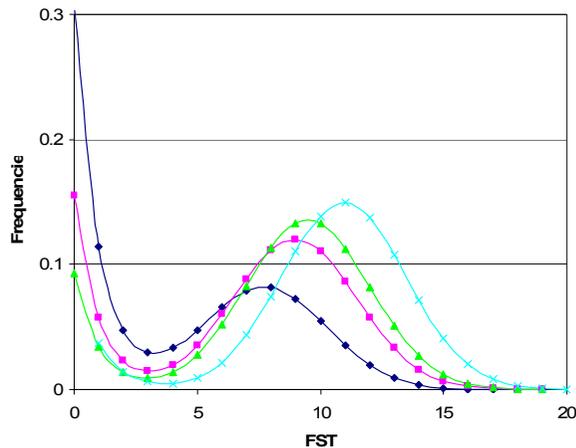
# Démarche (Comment ?)

- Conceptualisation : « habitat template » (habitat - stratégies adaptatives des espèces)
- Identification des facteurs clefs modifiés par la restauration et jouant un rôle important sur la présence, l'abondance et la distribution des organismes aquatiques
- Mobilisation des données existantes
- Définition d'une méthodologie de monitoring dédiée à l'évaluation des effets de la restauration
- Développement de modèles prédictifs
- Importante collecte de données avant ET après restauration

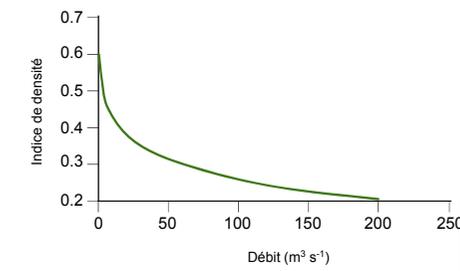
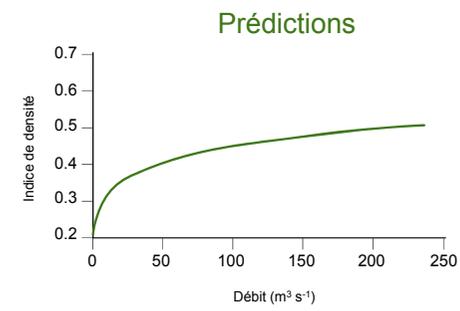
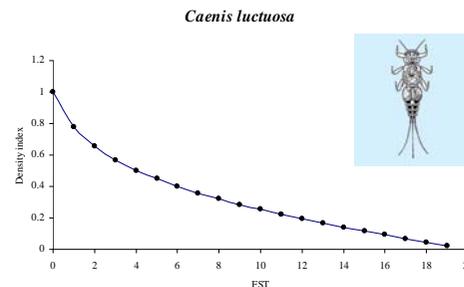
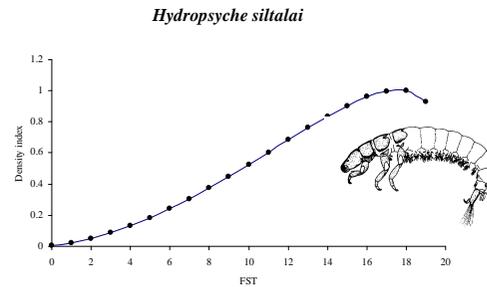


# Exemple : relèvement des débits minimums

- Principe : modélisation des changements des valeurs de variables d'habitats en fonction du débit (largeur, profondeur, vitesse, shear-stress)
- Couplage avec les préférences des espèces (poissons et invertébrés) avec ces modèles hydrauliques → modèles d'habitats
- Prédiction des changements des caractéristiques de structures des communautés aquatiques en fonction des valeurs de débit.



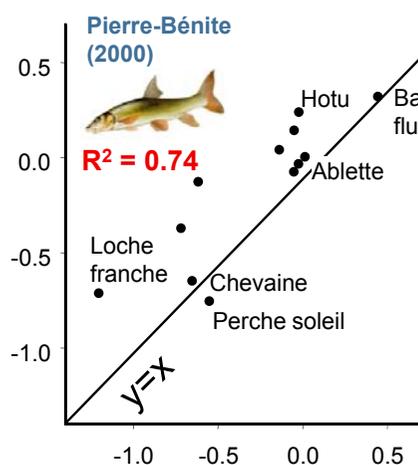
modèle hydraulique, Prédiction avec FSTress : secteur de Chautagne



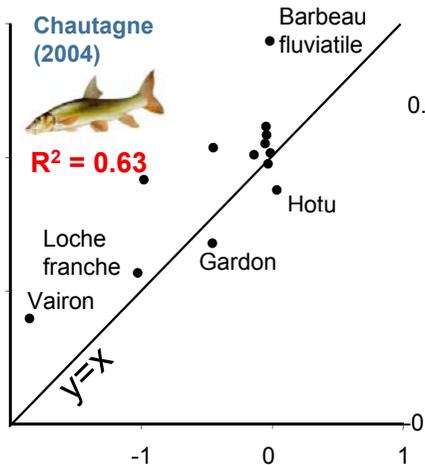
# Relèvement des débits minimums : résultats

- Des observations post-restauration conformes aux attentes (prédictions) là où les modifications de débits minimums sont les plus importantes et où les suivis pré- et post-restauration sont les plus longs

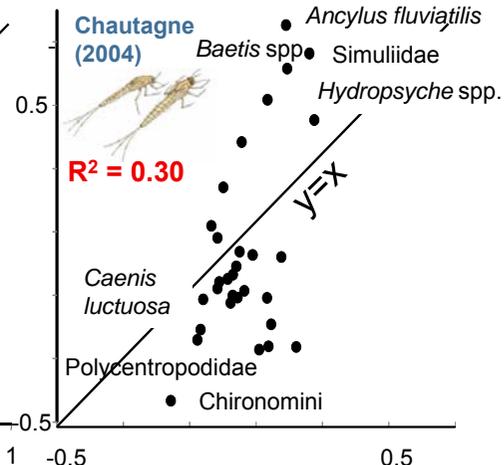
$\Delta$  log-densités observées



15 → 45% d'espèces de poissons d'eau courante à Pierre-Bénite



$\Delta$  log-densités prédites (modèles d'habitat)

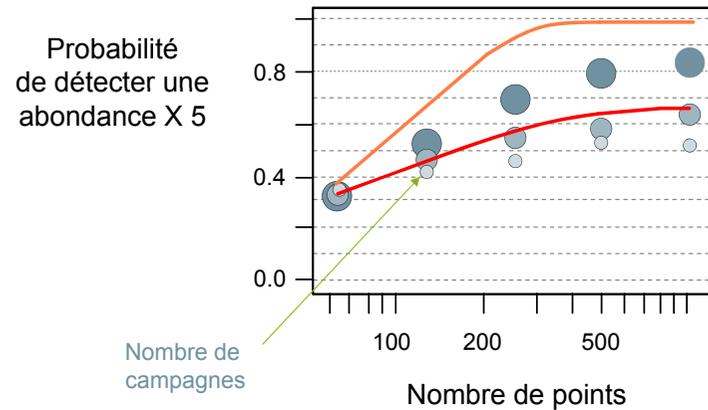


Les prédictions expliquent 30% des changements de densités observées en Chautagne après restauration (30 taxons, 67% des abondances)



# Relèvement des débits minimums : enseignements

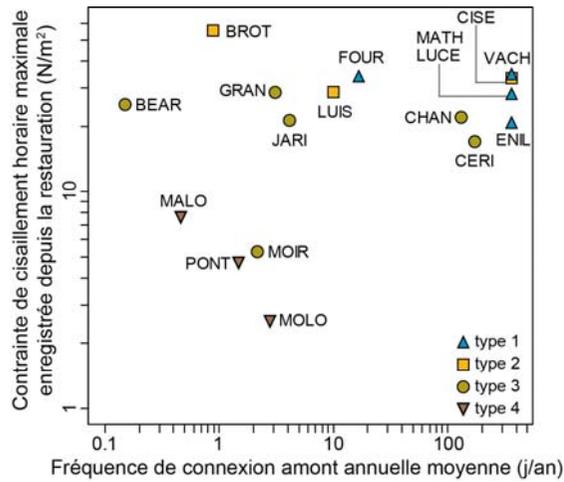
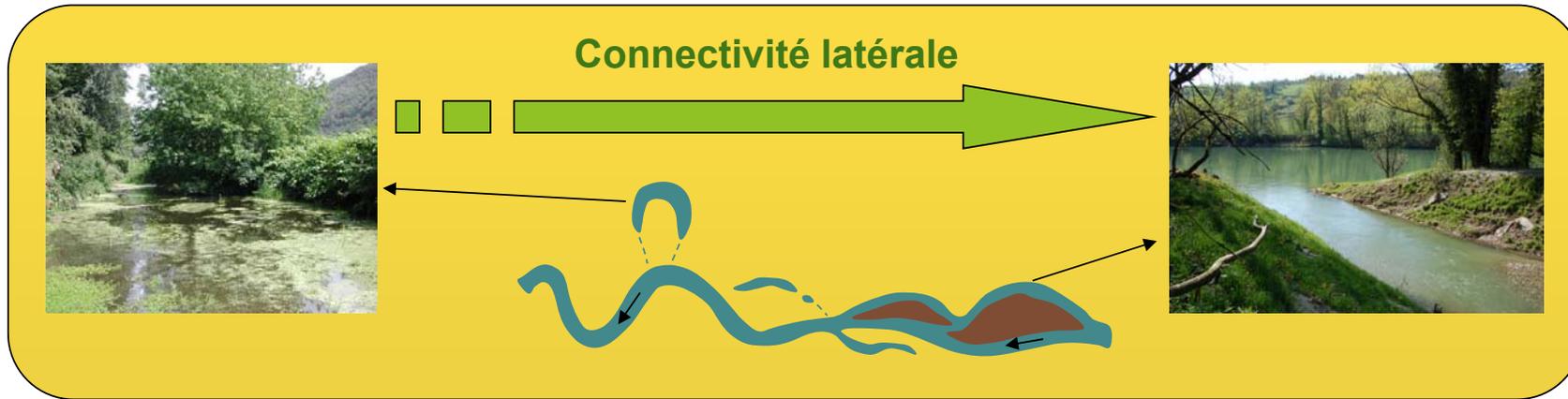
- Possibilité de tester l'efficacité des méthodes d'échantillonnage pour détecter des changements dus à la restauration des débits



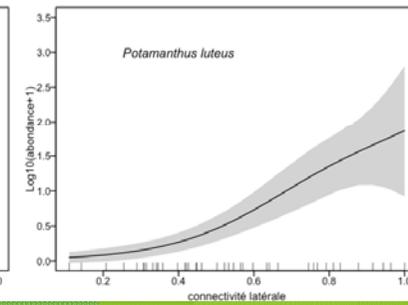
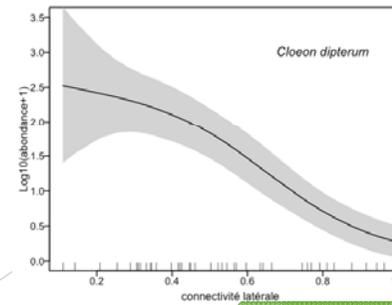
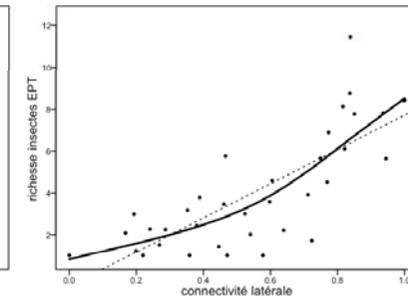
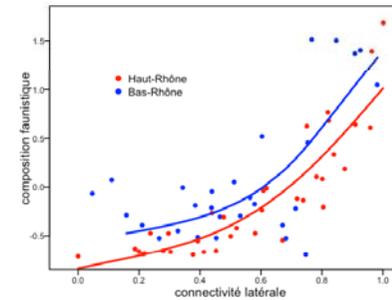
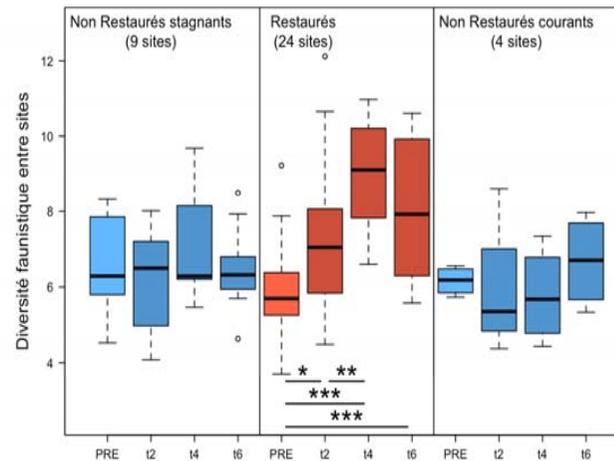
Les résultats de Vaudor *et al.* (2015) permettent de quantifier *a priori* la probabilité de détecter un changement donné d'abondance (ici  $\times 5$ ) en fonction de l'abondance initiale de l'espèce, de son degré de grégarisme, du nombre de points de pêche et du nombre de campagnes. Dans l'exemple ci-dessus d'une espèce "moyenne", les différents cercles correspondent à l'effet du nombre de campagnes (4, 8 ou 16).

# Exemple : restauration des îlons

- UN facteur structurant important : la connectivité hydrologique



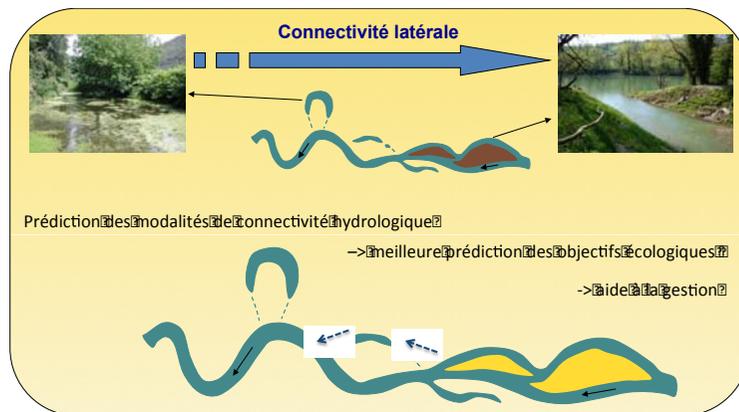
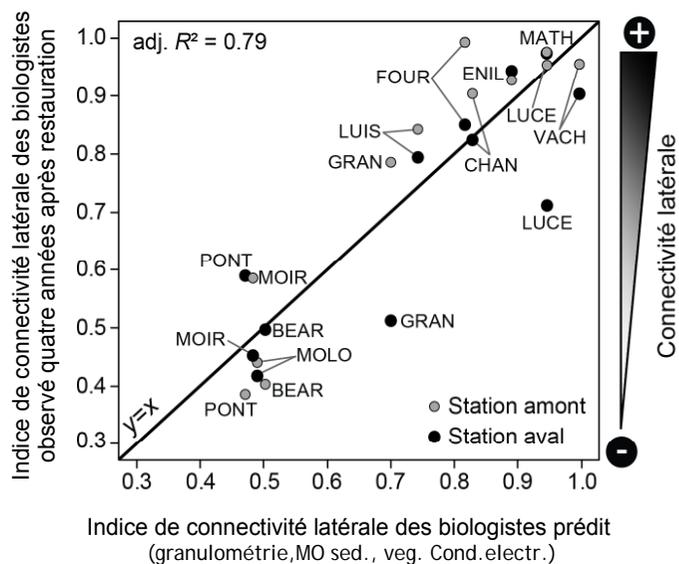
Régime de connectivité des bras restaurés en crue



# Exemple : restauration des îlons

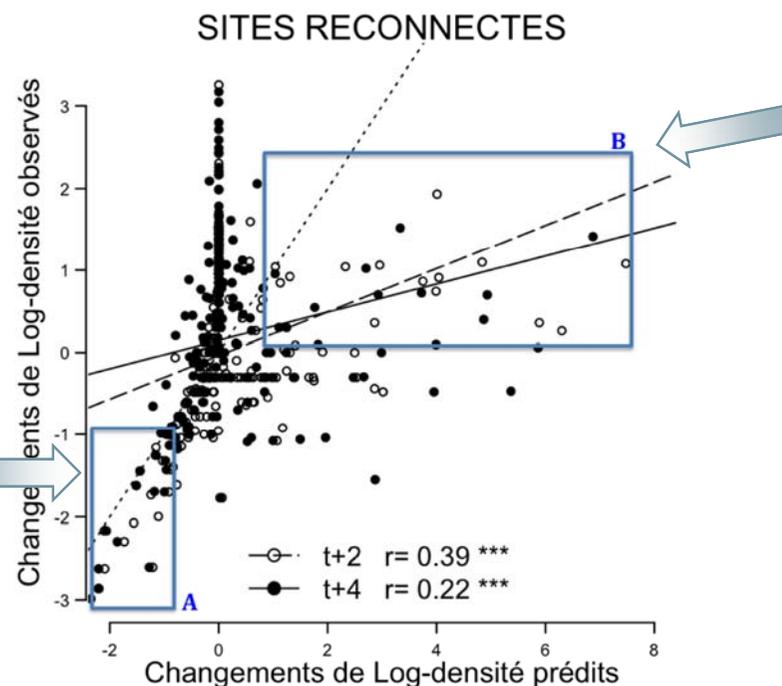
Prédiction de la connectivité hydrologique à partir de la fréquence de débordement et le shear-stress maximum dans les îlons restaurés

Permet de lier les caractéristiques physiques des îlons aux caractéristiques biologiques (abondances taxons, types de communautés...)  
→ Aide à la décision



# Exemple : restauration des îlons

Plus de difficultés à prédire les changements d'abondances de taxons associés à la réhabilitation des îlons



sites dans lesquels la **diminution de taxons lémitophiles** (*Cloeon dipterum*, *Bithynia tentaculata*, *Haitia acuta*, *Coenagrion puella / pulchellum*) **est bien prédite**

sites dans lesquels l'**augmentation de la densité de taxons rhéophiles** (*Psychomyia pusilla*, *Potamanthus luteus*, *Gammarus pulex & fossarum*, les exogènes *Potamopyrgus antipodarum* et *Corbicula fluminea*) **observée est encore inférieure aux prédictions.**

Relation entre changements de densité prédits et observés (à T+2 et T+4) pour 54 taxons modélisés dans 8 sites reconnectés

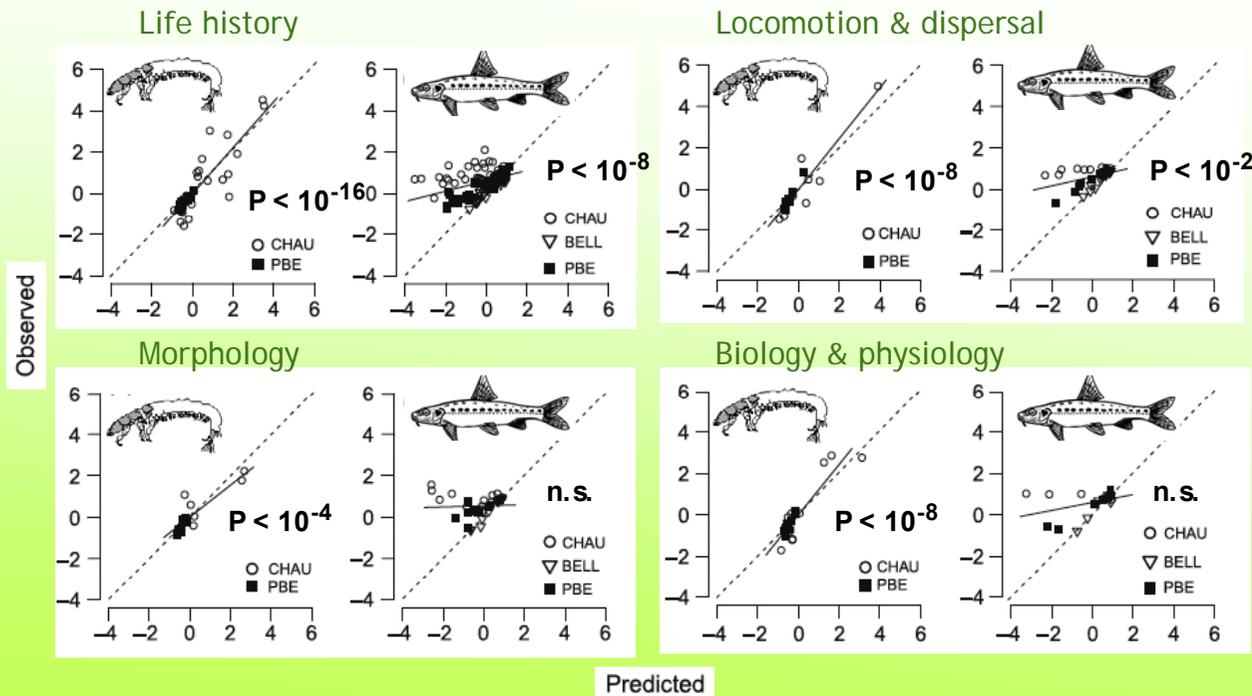
# Conclusions

- L'objectif principal de la restauration hydraulique et écologique du Rhône est de re-créer des habitats caractéristiques de grands fleuves médio-européens au sein de la plaine alluviale du Rhône tout en maintenant un degré d'anthropisation compatible avec les usages (production hydroélectrique, navigation, fourniture d'eau, protection contre les inondations...).
- Une biodiversité associée à ces habitats est attendue
- Les méthodes et outils développés permettent :
  - De prédire les changements consécutifs à la restauration, sur le milieu physique et sur les communautés de poissons et de macroinvertébrés aquatiques, avec encore des difficultés dans les l  nes
  - D'évaluer les effets des mesures de restauration <-> coût
  - De fournir des connaissances et des outils efficaces pour l'aide à définition d'objectifs sur les sites à restaurer.



# Merci de votre attention

*Changements observés vs prédits des catégories de traits par groupe*



*Freshwater Biology* (Special Issue: Towards a Predictive Restoration Ecology: A Case Study of The French Rhône River, June 2015, Volume 60, Issue 6 )



3<sup>ème</sup> Séminaire annuel du Labex DRIIHM  
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence