

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

Olivier J.M.¹

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



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



3^{ème} 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^{ème} 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

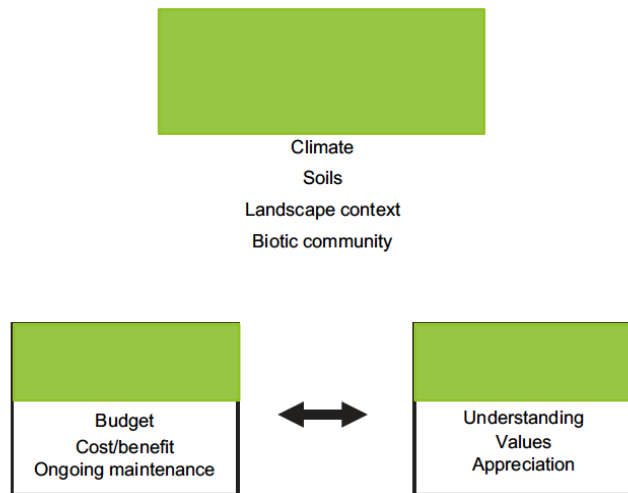


Figure 3. Three types of constraints on habitat restoration. Ecological factors ultimately constrain what is possible, then what is actually achieved becomes a function of financial and social factors, both of which will tend to influence one another.

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

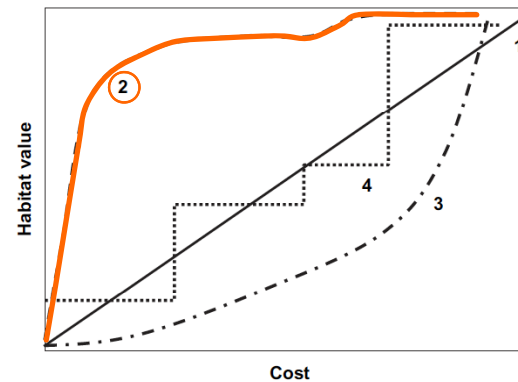
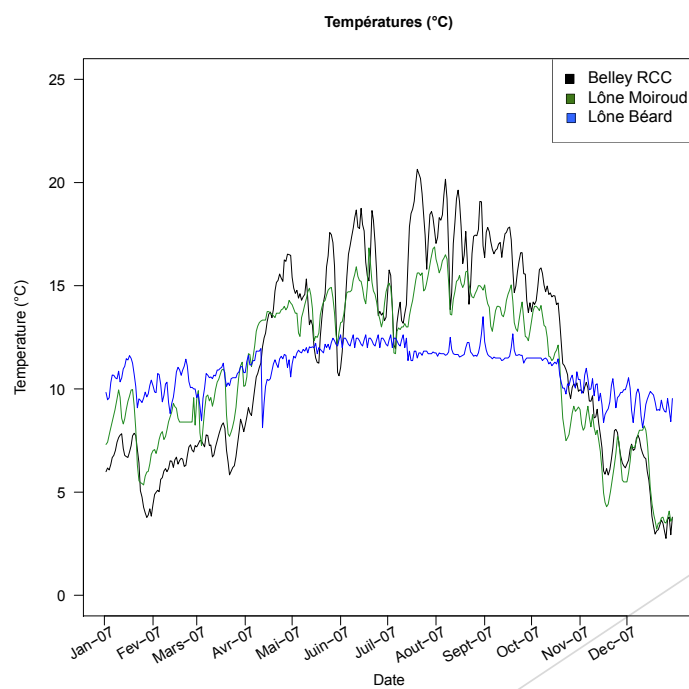
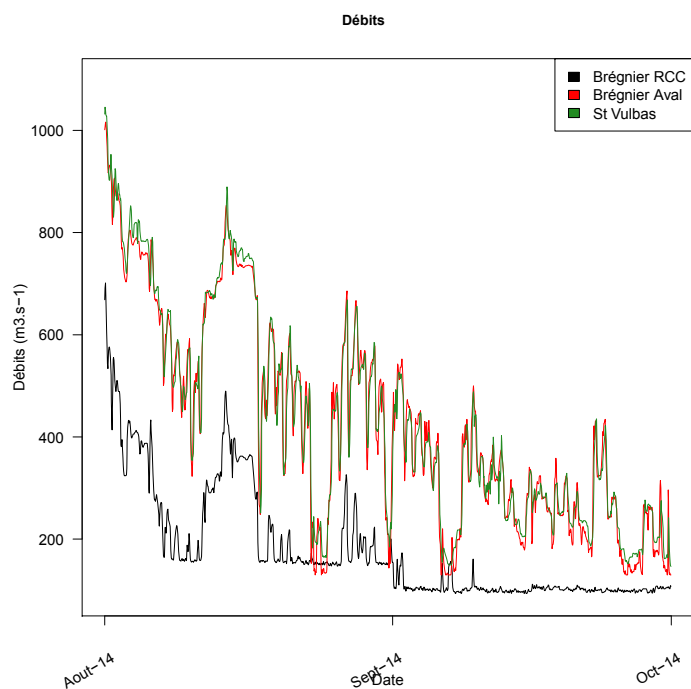


Figure 4. Value of restored habitat versus the financial input to the restoration project for a number of different scenarios. (1) Habitat value increases linearly with the amount spent on the restoration; (2) restoring a high proportion of the desired habitat value is achieved relatively cheaply, but 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

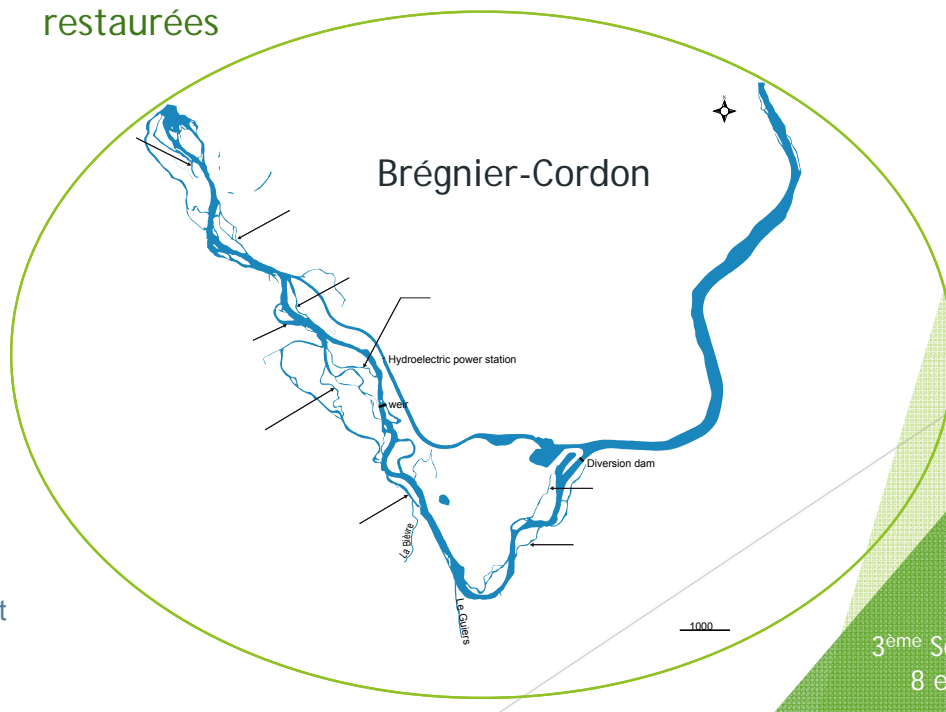
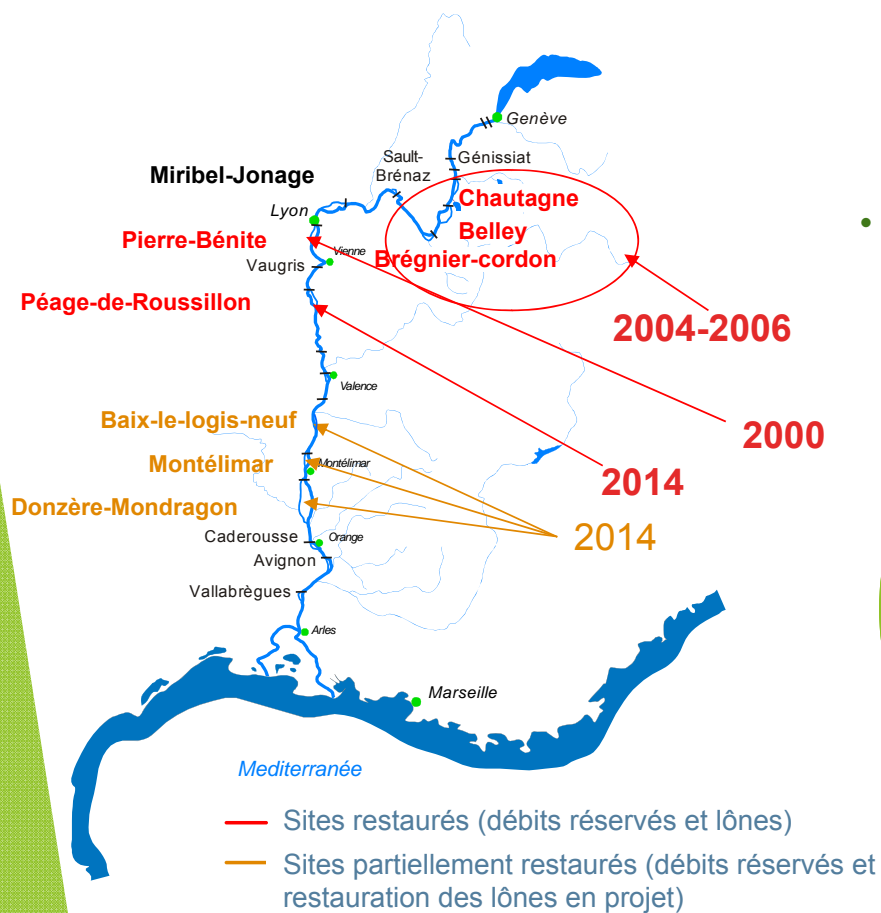


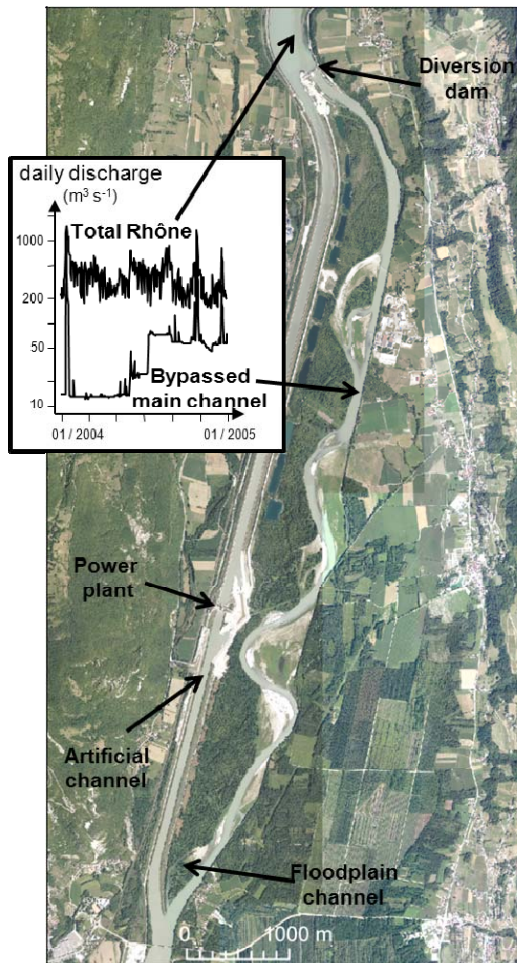
3^{ème} Séminaire annuel du Labex DRIIHM
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

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^{ème} Séminaire annuel du Labex DRIIHM
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence

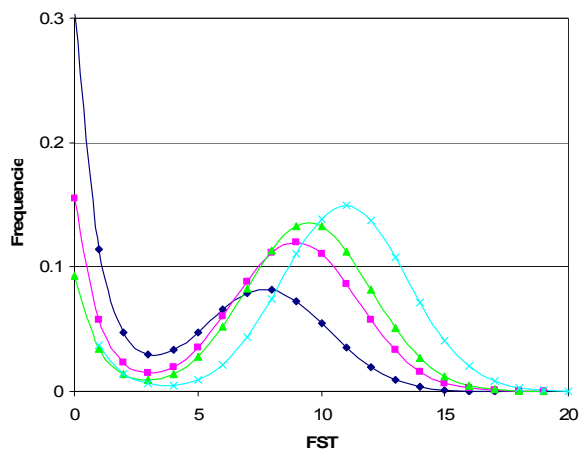
Démarche (Comment ?)

- 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

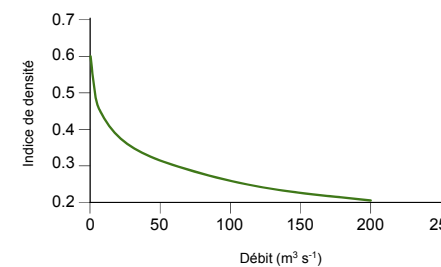
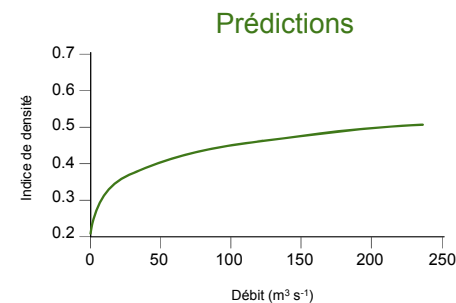
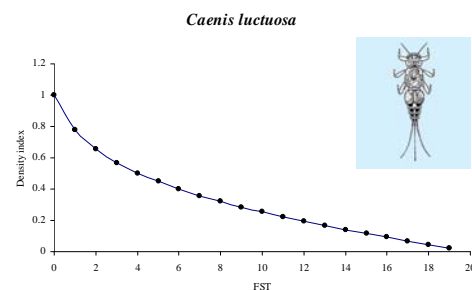
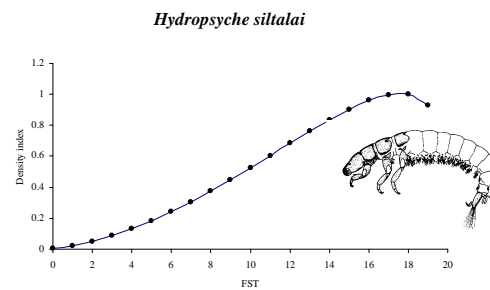


Exemple : relèvement des débits minimums

- 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.



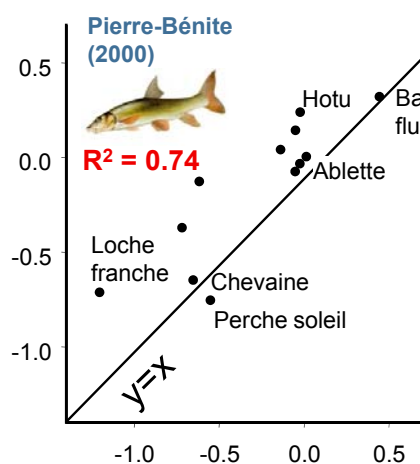
modèle hydraulique, Prédiction avec FSTress : secteur de Chautagne



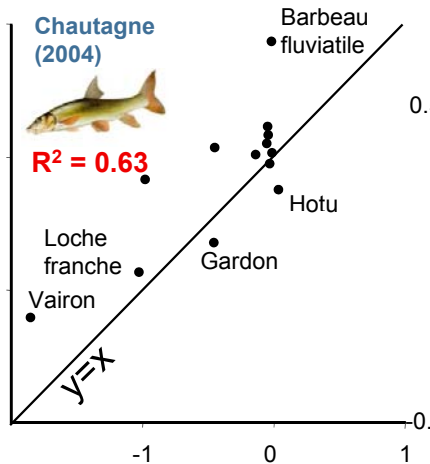
Relèvement des débits minimums : résultats

- 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

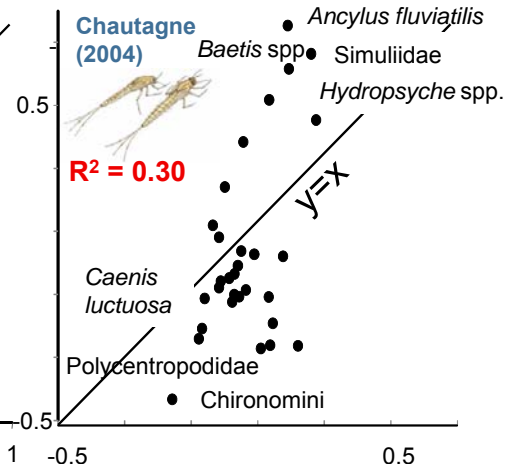
Δ log-densités observées



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



Δ log-densités prédites (modèles d'habitat)

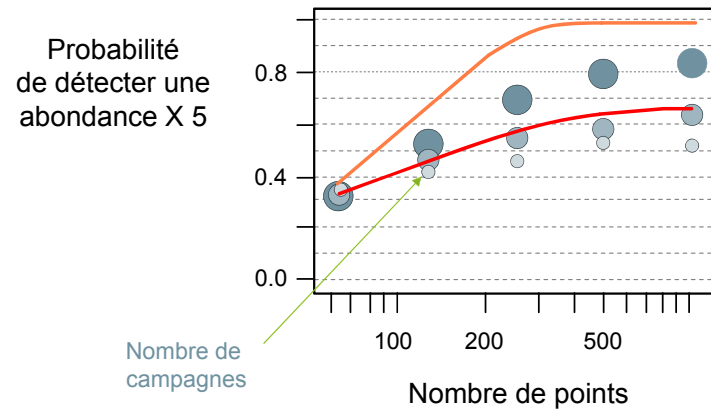


Les prédictions expliquent 30% des changements de densités observées en Chautagne après restauration (30 taxons, 67% des abondances)



Relèvement des débits minimums : enseignements

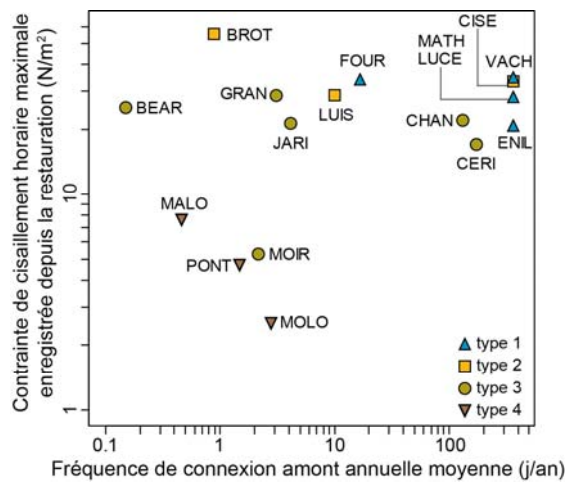
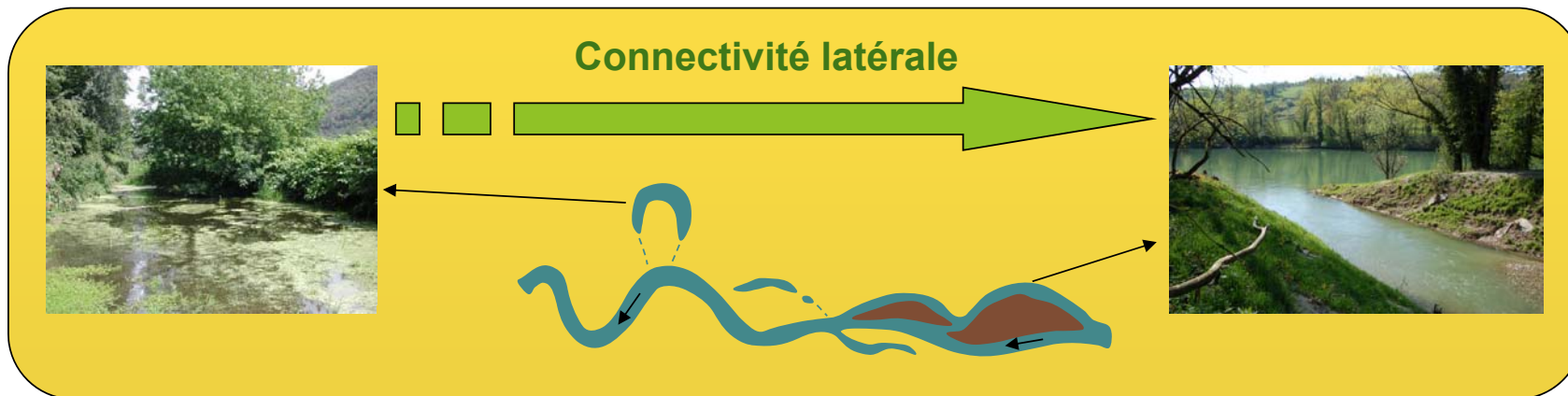
- Possibilité de tester l'efficacité des méthodes d'échantillonnage pour détecter des changements dus à la restauration des débits



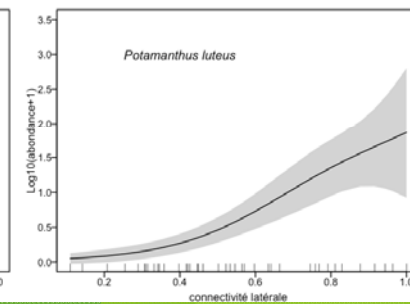
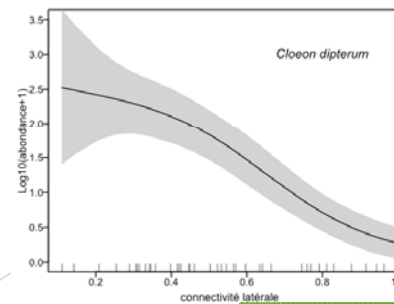
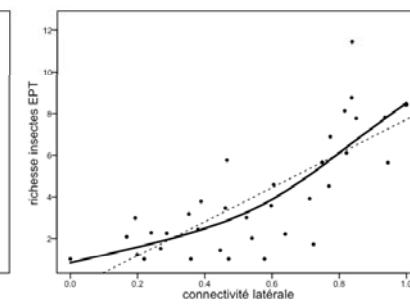
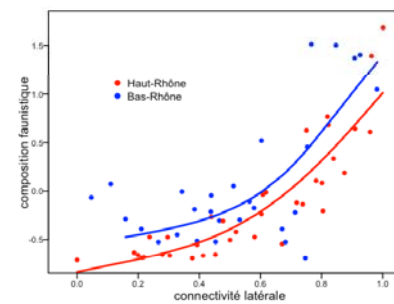
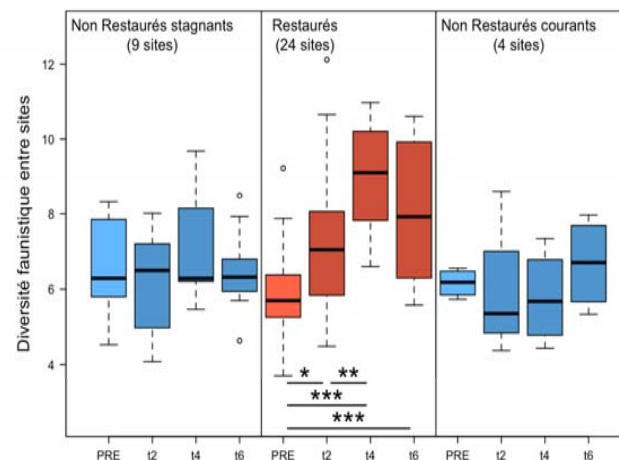
Les résultats de Vaudor *et al.* (2015) permettent de quantifier *a priori* la probabilité de détecter un changement donné d'abondance (ici $\times 5$) en fonction de l'abondance initiale de l'espèce, de son degré de grégarisme, du nombre de points de pêche et du nombre de campagnes. Dans l'exemple ci-dessus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

Exemple : restauration des lônes

- UN facteur structurant important : la connectivité hydrologique



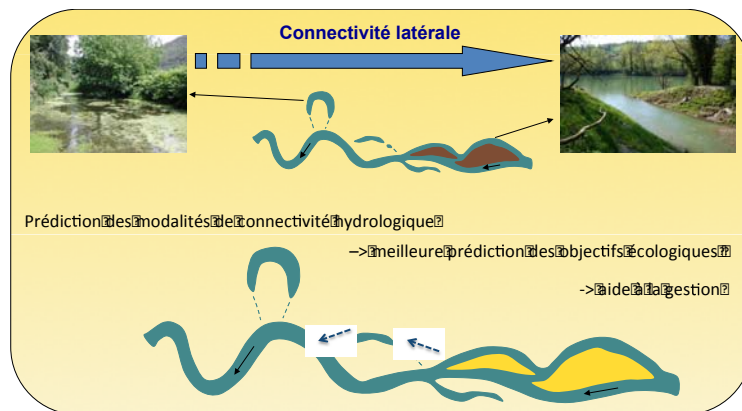
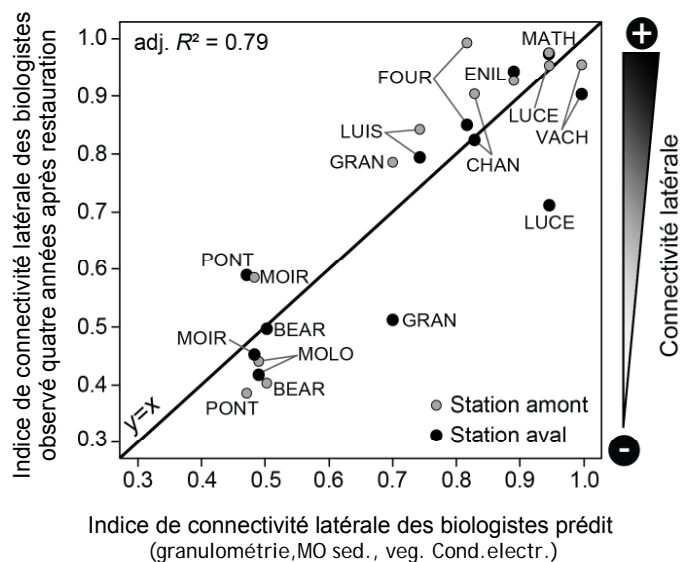
Régime de connectivité des bras restaurés en crue



Exemple : restauration des îlons

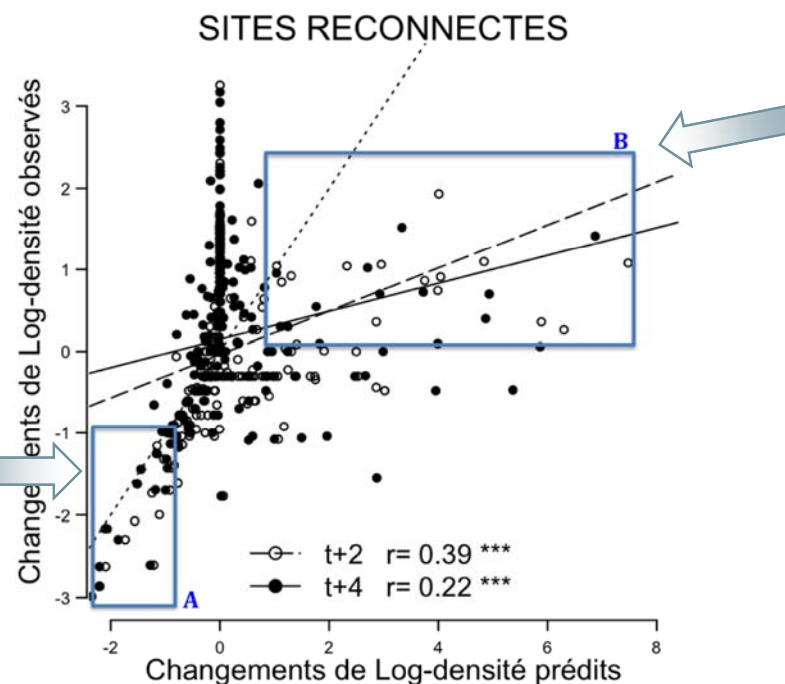
Prédiction de la connectivité hydrologique à partir de la fréquence de débordement et le shear-stress maximum dans les îlons restaurés

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

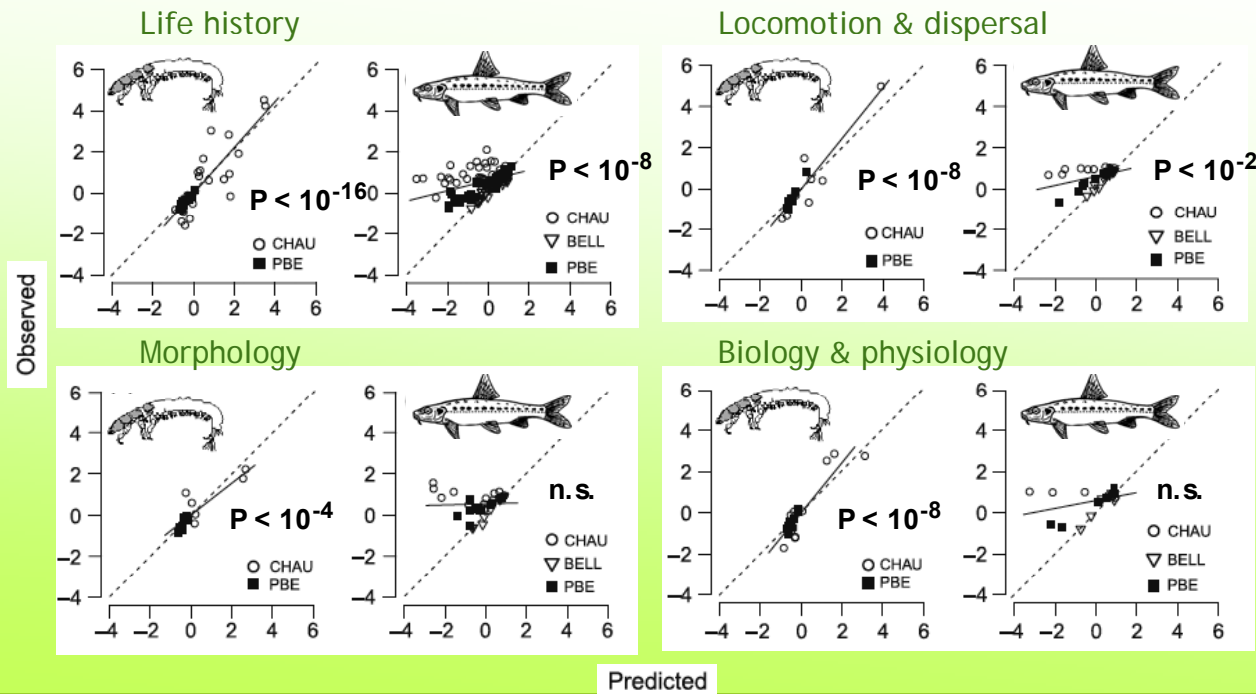
Conclusions

- 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^{ème} Séminaire annuel du Labex DRIIHM
8 et 9 juin 2015, Aix en Provence