

Thème « Flux Formes Habitats Biocénoses »

FFHB

Bilan 2014-2017

Perspectives 2018-2022

Bilan FFHB 2014-2017

Question 1 : « Peut-on quantifier les liens physique-biologie dans les cours d'eau (chenaux, berges et plaines alluviales) et comment utiliser ces connaissances pour restaurer les hydrosystèmes? »

De nombreux travaux ZABR ont porté sur la quantification des liens entre facteurs physiques et réponses biologiques dans les chenaux principaux, les berges et les plaines alluviales des cours d'eau. Ces liens permettent ensuite de guider et d'optimiser les actions de restauration des hydrosystèmes, ainsi que leurs suivis dans le temps.

Le suivi des actions de restauration montre que l'on peut prédire l'évolution des habitats et des communautés et évaluer la pérennité de ces actions. La première étape du programme RhoneEco s'est attachée à développer et mettre en œuvre des méthodes destinées à prédire, détecter et quantifier les effets de la restauration hydraulique et écologique du fleuve. Ce travail conséquent a démontré à la fois la pertinence des modèles échohydrauliques à des fins de prédictions et l'importance de la qualité de la description des états pré-restauration (prise en compte de l'hétérogénéité spatio-temporelle au sein du système fluvial, standardisation des méthodes d'échantillonnage, homogénéisation des stratégies de collecte de données sur tous les sites étudiés...) et du suivi post-restauration. La thèse de Jérémie Ricquier (2015) a par exemple permis de fournir des éléments quantitatifs quant à la pérennité d'actions de restaurations menées sur le Rhône et sur l'Ain (cf. encart Ricquier et al.).

Un suivi des conditions hydromorphologiques observées dans des bras morts restaurés sur le Haut-Rhône (secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et le secteur de Pierre-Bénite est réalisé depuis une quinzaine d'années (Programme RhônEco). Il consiste à mesurer d'une part les patrons granulométriques des dépôts de sédiments observés le long des bras et les vitesses de leur comblement par les sédiments fins et d'autre part à quantifier l'hydrodynamisme des écoulements de crue transitant dans les bras (i.e. connectivité hydrologique). Les résultats acquis suggèrent que la restauration de ces bras constitue une solution à la fois pertinente et potentiellement pérenne dans le contexte rhodanien. Nous avons démontré qu'il existe un lien évident entre l'hydrodynamisme des écoulements de crue dans les bras restaurés (fréquence de fonctionnement courant, puissance des écoulements, capacité de retours d'eau), les conditions d'habitat physique (patrons granulométriques de surface), la propension des bras à accumuler des alluvions fines et donc leur durée de vie potentielle en tant qu'habitats aquatiques (Figure 1). L'intérêt des variables de contrôle utilisées dans nos modèles réside dans le fait qu'elles sont, au moins en partie, dépendantes de la géométrie des bras (e.g. cote de débordement amont ou conditions de pente), sur laquelle il est possible d'intervenir lors des travaux. Ces modèles constituent ainsi des outils opérationnels pertinents, qui vont permettre de mieux encadrer la conception technique des futures actions de restauration sur le Rhône et potentiellement ailleurs.

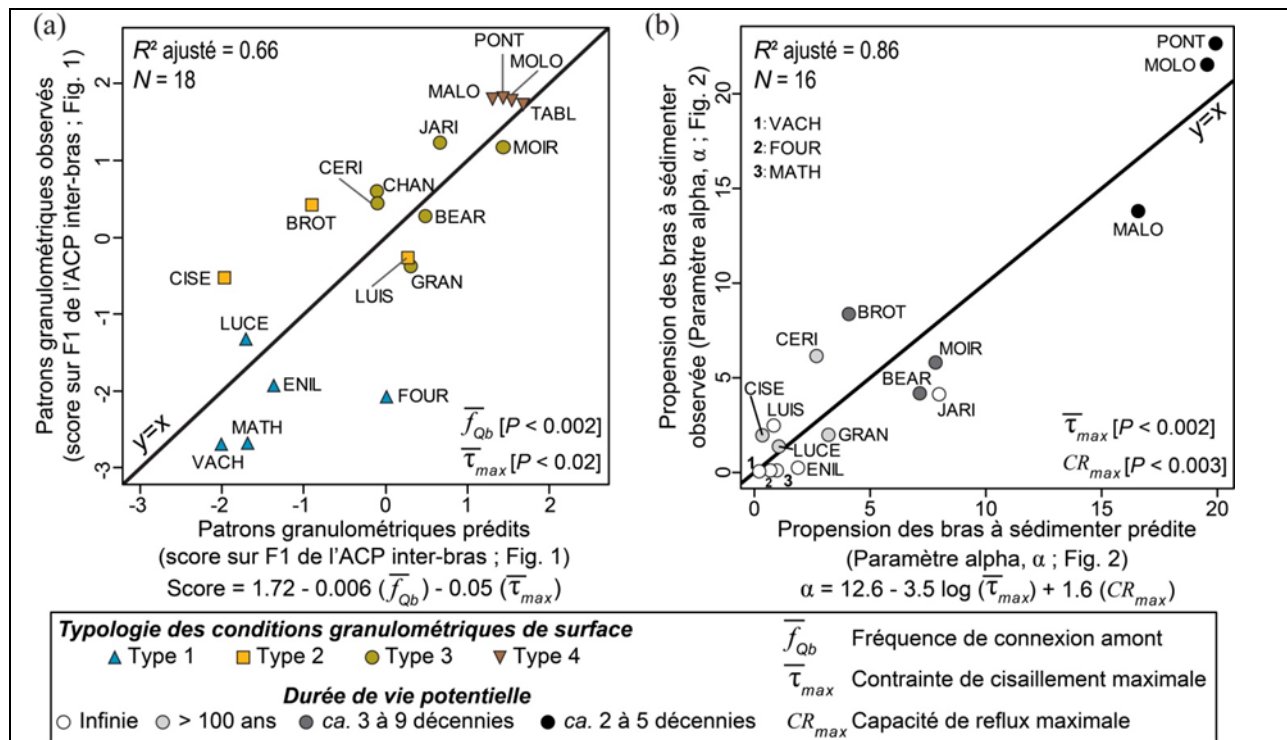


Figure 1 : Exemple de relations empiriques permettant de prédire (a) les conditions granulométriques moyennes post-restauration et (b) la propension des bras à accumuler des sédiments fins à partir de leurs caractéristiques d'écoulement en crue (Figure 3) (modifiée et adaptée d'après (a) Riquier *et al.*, 2015 et (b) Riquier *et al.*, 2017). La fréquence de connexion amont renseigne le nombre de jours par an pour lesquels les bras enregistrent un fonctionnement courant. La contrainte de cisaillement renseigne la puissance des écoulements transitant dans les bras, en fonctionnement courant. La capacité de reflux renseigne l'intensité des retours d'eau se réalisant dans les bras lorsque ces derniers sont connectés au chenal principal uniquement par leur extrémité aval.

D'après Riquier J., Piégay H., Lamouroux N., Vaudor L. (2017). Are restored side channels sustainable aquatic habitat features? Predicting the potential persistence of side channels as aquatic habitats based on their fine sedimentation dynamics. *Geomorphology*, 295: 507-528.

La dynamique des marges alluviales construites peut être caractérisée et typée afin de guider les programmes de restauration des berges. De nombreux travaux ZABR (OSR, projets OHM) s'intéressant aux marges alluviales construites par l'Homme, comme les casiers Girardon, ont permis d'avancer sur les questions de fonctionnement physique et biologique sur le bas Rhône. Les travaux d'Evelyne Francquet *et al.* (in press) ont montré que ces casiers présentent une forte diversité biologique structurale et fonctionnelle contrôlant des processus biologiques clés. Les assemblages microbiens et de macro-invertébrés benthiques dans les casiers s'explique en grande partie par les fréquences de connexion au chenal (en lien avec la hauteur des digues et débit du fleuve) et la localisation des casiers (i.e. isolement).

Il existe des boucles de rétroactions positives et négatives entre paramètres géomorphologiques, hydrauliques et distribution/croissance de la végétation aquatique et rivulaire sur des systèmes présentant des pressions anthropiques variées. Ces boucles doivent être prises en compte par les gestionnaires pour une bonne gestion des risques (inondation et érosion) et des milieux. Ces effets ont été analysés à l'échelle de tronçon sur des systèmes variés en terme d'artificialisation du régime hydrologique et d'endiguement (Rapple *et al.*, 2017, Jourdain *et al.*, 2017). Les processus rétroactifs physique-biologique ont été étudiés *in situ* à une échelle plus locale par Licci *et al.* (2016) sur deux types de plantes. Ces travaux expérimentaux soulignent le rôle de la morphologie de la plante sur les caractéristiques physico-chimiques de l'hydrodynamique et des sédiments.

Question 2 : Comment s'organisent les communautés biologiques dans les réseaux hydrographiques présentant de fortes contraintes à la dispersion ?

Plusieurs travaux la ZABR se sont focalisés sur la compréhension de l'organisation de la biodiversité dans les réseaux hydrographiques, qui peuvent contraindre la dispersion des organismes de par leur nature dendritique et les interventions de l'homme qu'ils ont subies (eg barrages, rectification, etc).

Les espèces ayant des modes et capacités de dispersion contrastées présentent une organisation spatiale différenciée dans les réseaux hydrographiques. Des expérimentations de terrain dans les cours d'eau en tresses ont permis de montrer que les assèchements, agissant comme des fragmentations temporaires des réseaux, n'avaient pas les mêmes effets sur l'organisation spatiale des communautés d'invertébrés purement aquatiques (eg crustacés) et celles des espèces présentant un stade aérien (eg plécoptères). De plus, des assèchements artificiels de plusieurs bras secondaires ont mis en évidence, dans ces rivières s'asséchant, le rôle clé de la zone hyporhéique dans la résilience des communautés d'invertébrés (thèse de Ross Vander Vorste, soutenue 2016). Ces résultats ont permis de définir des zones sentinelles dans ces rivières en tresse (les zones d'upwelling d'eau souterraine favorisant la permanence d'écoulement et la biodiversité) ainsi que de définir des recommandations de gestion concernant les prélèvements en eau et le maintien de la connectivité longitudinale (assèchements) et verticale (colmatage).

Des filtres environnementaux aux échelles des tronçons de cours d'eau et des bassins versants contrôlent la distribution spatiale des communautés aquatiques et rivulaires et leur dispersion. Une analyse multi-échelles (régionale, bassin, tronçon et local) des facteurs physiographiques, climatiques et anthropiques liés à la présence ou l'absence des renouées, espèce végétale invasive, sur le bassin RM et Corse a permis d'identifier un ensemble de variables significativement explicatives qui qualifient la vulnérabilité d'un cours d'eau à la colonisation par cette plante. L'intégration de l'ensemble des données disponibles et collectées a permis de proposer un modèle prédictif robuste de la dispersion de la renouée le long des cours d'eau (post-doc Nicolaï Brekenfeld, 2016).

Question 3 : « Comment mieux mesurer et prédire les flux d'eau, de sédiments et de bois morts dans les rivières, pour évaluer leurs effets sur les biocénoses? »

Les différents travaux du thème FFHB s'appuient sur le développement de techniques de mesure, d'outils de modélisation et d'analyses de séries temporelles innovantes permettant de mieux mesurer et prédire les flux d'eau, de sédiments et de bois morts dans les rivières afin d'évaluer leurs effets sur les biocénoses.

Des développements méthodologiques permettent de quantifier le déplacement des matériaux (sédiments, bois) dans les rivières et de mesurer la dynamique des formes et des habitats. Des méthodes en télédétection (ex. LiDAR ; imagerie pour les flux de bois mort), radiodétection (ex. RFID et a-UHF), hydrométrie (ex. hydrophone) ont été développées ces dernières années. Par exemple, les travaux de thèse de S. Tacon et al. (2015) ont permis de connaître l'erreur de mesure associée aux mesures LiDAR aéroportées (Tacon et al., 2014) afin caractériser avec plus de robustesse les processus long terme d'incision et d'évolution de la végétation de cours d'eau alpins (Tacon et al. 2017).

Des méthodes novatrices et des séries de données long terme permettent de comprendre l'évolution des flux et des températures passées. Dans le cadre de l'OTHU, de longues chroniques sont acquises depuis plus de 10 ans sur des données diverses (e.g. intensité de pluie, débit, pH, conductivité électrique, température, turbidité; température, oxygène ...). Des analyses statistiques de recherche de tendance ont été menées afin d'évaluer l'évolution possible du climat, l'impact de l'urbanisation sur les processus d'infiltration/percolation et l'évolution long terme des rejets urbains.

Question 1 : « Peut-on quantifier les liens physique-biologie dans les cours d'eau (chenaux, berges et plaines alluviales) et comment utiliser ces connaissances pour restaurer les hydrosystèmes? »

Les travaux de la ZABR sur cette question seront renforcés par la thèse de Bianca Rapple et de Licci. Les travaux de thèse de Bianca Rappel par exemple devront nous permettre d'élaborer une première typologie des milieux associés aux casiers Girardon, notamment des forêts riveraines, et d'évaluer leur potentiel écologique.

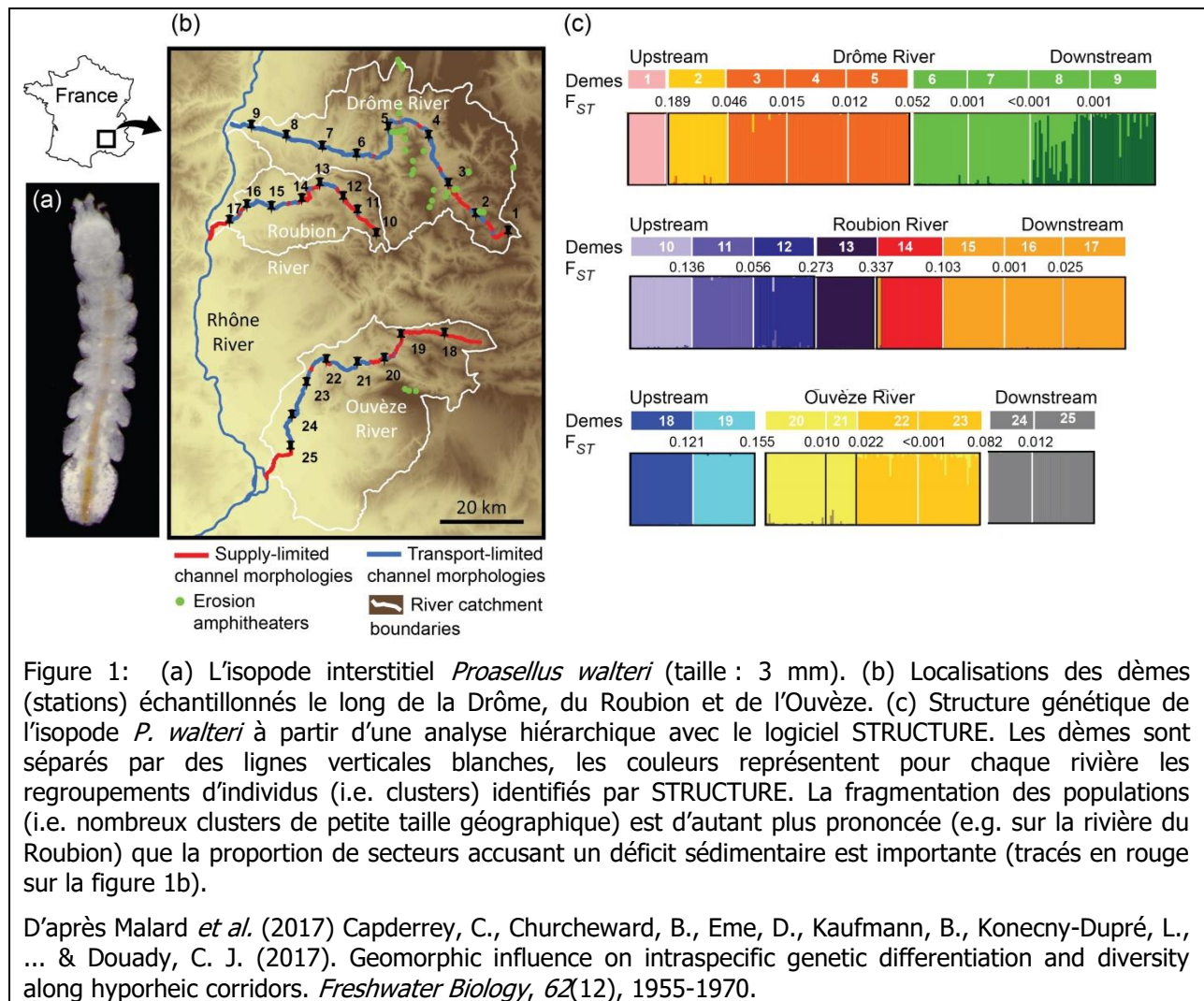
Des suivis de travaux de recharge sédimentaire sur le Drac et le Buech dans le cadre du projet HyMoCARES (2017-2019) viendront alimenter nos connaissances acquises sur le Rhône. Ce projet Interreg Espaces Alpains vise à développer un cadre conceptuel et des outils opérationnels, comprenant de nouvelles méthodes pour intégrer les services écosystémiques dans la planification et la gestion des bassins hydrographiques alpins.

Question 2 Comment s'organisent les communautés biologiques dans les réseaux hydrographiques présentant de fortes contraintes à la dispersion ?

Hypothèse émergente : le grain moléculaire permet d'affiner la compréhension des processus organisant les métacommunautés dans les réseaux hydrographiques.

De plus en plus de projets du thème FFHB incluent des aspects moléculaires, voire utilisent cet outil pour améliorer les connaissances des liens physique-biologie dans les hydrosystèmes. Par exemple, l'utilisation des outils moléculaires à l'échelle populationnelle ont permis de montrer comment le contexte géomorphologique affectait les populations d'isopodes souterrains (cf. encadré).

Une collaboration entre géomorphologistes (IRSTEA Grenoble), généticiens des populations (LEHNA, Lyon), et hydrobiologistes (LEHNA Lyon, Auckland Nouvelle Zélande) a permis d'établir un lien de causalité entre l'évolution géomorphologique des rivières alluviales liée à un changement de régime sédimentaire et la diversité et la structure génétique des populations dans la zone hyporhéique (étudiée ici à partir de marqueurs moléculaires de type microsatellite) (Malard et al., 2017). L'isopode interstitiel *Proasellus walteri* (Fig. 1a, taille de l'animal 3 mm) a été échantillonné sur un total de 25 dèmes (i.e. groupe de 30 individus collectés par station) régulièrement répartis le long de trois affluents en rive gauche du Rhône (Fig. 1b). La Drôme, l'Ouvèze et le Roubion présente une proportion croissante de secteurs accusant un déficit sédimentaire (tracés en rouge sur la figure 1b). Les résultats montrent que le déficit sédimentaire induit une diminution de la diversité génétique moyenne et une augmentation de la différenciation génétique entre dèmes (Fig. 1c). Les secteurs accusant un déficit sédimentaire agissent comme des barrières à la dispersion et conduisent à la fragmentation des populations au sein des corridors hyporhéiques.



De plus, ces outils sont utilisés pour déterminer l'effet des fragmentations des réseaux par les assèchements sur des populations d'espèces aux capacités de dispersion contrastées (ALBACOM, Capra *et al.* 2017-19). Enfin, une thèse a démarré ayant pour but de mettre en place un protocole novateur basé sur les techniques de métabarcoding afin de comprendre l'organisation spatiale à large échelles des communautés d'invertébrés benthiques (Thèse M Gauthier).

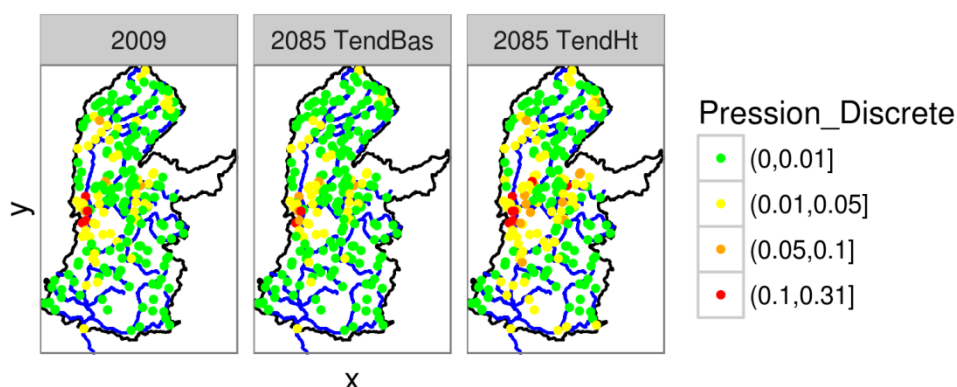
Question 3 : « Comment mieux mesurer et prédire les flux d'eau, de sédiments et de bois morts dans les rivières, pour évaluer leurs effets sur les biocénoses? »

Les développements métrologiques à venir seront importants, notamment pour le suivi des sédiments (thèse de Petrout sur l'utilisation de l'hydrophone) ou de bois mort (travaux de Pierre Lemaire et la thèse de Zhi Zhang en télédétection automatique du flux de bois par imagerie).

Il est possible de modéliser à large échelle (bassin) les processus hydrologiques et hydrauliques pour prédire les réponses hydrosédimentaires et biologiques.

Des travaux en cours et à venir concernent des modélisations hydrologiques et hydrauliques à large échelle, permettant l'élaboration de scénarios prospectifs en réponses au changement climatique et à l'évolution des usages (cf. Encadré). Des couplages avec des modèles de préférences d'habitat poissons et invertébrés permettront prochainement d'apporter un volet biologique dans ces scénarios.

Afin d'examiner les questionnements sur l'avenir du Rhône et de ses affluents, Irstea, avec les soutiens financiers de l'Agence de l'eau, de la Compagnie Nationale du Rhône et des fonds européens FEDER a engagé une action de recherche visant la construction d'un modèle hydrologique distribué appliqué au bassin versant du Rhône, et incluant une représentation simple des principaux usages de l'eau (irrigation, alimentation en eau potable, déviation/stockage pour l'hydro-électricité). Le modèle élaboré et baptisé J2000-Rhône constitue un outil d'aide à la décision qui permet de comparer l'effet des évolutions des territoires, qu'elles soient purement climatiques ou socio-économiques traduits en demandes en eau et règles de gestion, de mesurer l'impact de mesures d'économie d'eau, et de tester plusieurs stratégies d'adaptation. Le modèle J2000-Rhône a été mis en œuvre pour examiner la sensibilité de la pression anthropique sur la ressource en eau à des changements prescrits en modifiant certains facteurs de contrôle des demandes en eau pour l'irrigation et l'eau potable.



Pression discrète, définie comme le rapport des volumes prélevés pour l'irrigation et l'eau potable sur la ressource disponible actuelle (2009) à l'horizon 2070-2100 (2085) considérant le scénario climatique le plus pessimiste RCP 8.5 (sorties du modèle Aladin disponibles sur le portail DRIAS) et deux scénarios d'évolution des usages (TendBas, TendHt, exploitant les projections INSEE)

Référence :

Branger *et al.*, 2016. Modélisation hydrologique distribuée du Rhône. Rapport de fin de projet, Irstea, novembre 2016, 110 pages.