



HAL
open science

Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'avancement 2017.

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, Emmanuel Castella, Hélène Mayor, David Mac Crae, Dorothea Hug Peter

► To cite this version:

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, et al.. Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'avancement 2017.. [Rapport de recherche] IRSTEA; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2017. hal-02308536

HAL Id: hal-02308536

<https://hal.science/hal-02308536>

Submitted on 24 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur



Suivi scientifique du programme de restauration
hydraulique et écologique du Rhône
Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve
Rapport d'état d'avancement (2017)



Réalisation des travaux

Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUREUX** (IRSTEA – Lyon), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Raphael MONS, Dominique REYNAUD, Ellen FEUNTEUN et Mael DHAINAUT (UMR CNRS 5023).

Partie Invertébrés du chenal : **Maxence FORCELLINI** (IRSTEA Lyon),

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Jérémy RIQUIER** et **Hervé PIEGAY** (UMR CNRS 5600 - Universités Lyon 3 / Lyon 2 / ENS de Lyon).

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA**, **Hélène MAYOR**, **David McCRAE**, **Dorothea HUG PETER** (Département F.A. Forel des Sciences de la Terre et de l'Environnement & Institut des Sciences de l'Environnement, Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Genève).

Coordination scientifique générale : **Jean-Michel OLIVIER** et **Nicolas LAMOUREUX**

Sommaire

1	Introduction	5
2	Cadre physique : restauration et hydrologie	12
2.1	Opérations de restauration	12
2.2	Hydraulique du chenal	16
3	Organisation du suivi	18
4	Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)	23
4.1	Objectifs et méthodologie	23
4.2	Échantillonnage	23
4.3	Résultats des pêches et commentaires	24
4.3.1	Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1)	27
4.3.2	Canal de Miribel (annexe 4.2)	40
4.3.3	Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.3)	43
4.3.4	Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.4)	48
4.3.5	Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.5)	51
4.3.6	Vieux-Rhône de Montélimar	54
4.3.7	Vieux-Rhône de Donzère	57
4.4	Conclusion	60
5	Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône)	61
5.1	Objectifs	61
5.2	Méthodologie	62
5.3	Bilan des campagnes d'échantillonnage	64
5.4	Evolution des communautés de trois secteurs suivis du bas Rhône	66
5.4.1	Baix-Le-Logis-Neuf	67
5.4.2	Montélimar	73
5.4.3	Donzère-Mondragon	80
5.5	Conclusion	87
6	Hydromorphologie des lônes	88
6.1	Objectifs et méthodologie	88
6.2	Développement d'une nouvelle approche pour prédire les vitesses de comblement des bras du Rhône par les alluvions fines.	89

6.3	Evaluation de l'incidence des chasses de 2012 et de l'APAVÉR (Abaissement Partiel de la retenue de VERbois) de 2016 sur le comblement des bras restaurés du Haut-Rhône.	94
6.4	Conclusions et perspectives pour 2018	100
7	Suivi des invertébrés des annexes fluviales	101
7.1	Introduction	101
7.2	Sites et méthodes	102
7.2.1	Sites et dates	102
7.2.2	Échantillonnage de la macrofaune	103
7.2.3	Analyse des données et calcul des métriques	104
7.3	Description globale de la diversité des communautés d'invertébrés des lônes suivies dans le secteur de Brégnier-Cordon de 2003 à 2016.	105
7.4	Changements temporels de la diversité des communautés d'invertébrés par lône (secteur de Brégnier-Cordon 2003 - 2016).	114
7.4.1	Lône des Granges	115
7.4.2	Lône des Molottes.	117
7.4.3	Lône Ponton.	120
7.4.4	Lône Vachon.	122
7.4.5	Lône Mathan.	124
7.5	Une synthèse des changements temporels de deux métriques dans cinq lônes restaurées à Brégnier-Cordon.	127
7.6	Deux espèces emblématiques aux extrêmes du gradient de connectivité latérale: <i>Anisus vorticulus</i> et <i>Theodoxus fluviatilis</i> (Mollusques Gastéropodes)	129
7.7	Bilan synthétique.	133
8	Assemblages de poissons dans les lônes	135
8.1	Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.	136
8.2	Secteur de Péage-de-Roussillon	145
8.3	Secteur de Donzère	146
8.4	Conclusion	147
9	Conclusion générale	148
10	Bibliographie	149
11	Annexes	154

1 Introduction

Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le plan Rhône (2007-2013 et 2015-2020) et actuellement poursuivi notamment sur le site de Donzère-Mondragon, comprend trois axes : la modification des débits à l'aval des barrages de dérivation, la restauration d'anciens bras latéraux (lônes) et l'amélioration de la circulation des migrateurs. Le suivi scientifique multidisciplinaire qui s'est construit autour de ce programme comprend le suivi proprement dit de l'état physique et écologique de plusieurs sites restaurés ou candidats à la restauration, le développement de modèles d'aide à la décision et d'évaluation de la restauration. Il constitue une occasion de tester la capacité prédictive de modèles écologiques permettant de caractériser les liens entre l'habitat physique et les espèces aquatiques. L'aménagement hydroélectrique du Rhône a provoqué des changements physiques et fonctionnels importants, affectant l'ensemble des compartiments du système fluvial en modifiant drastiquement la dynamique fluviale. Le programme de restauration du Rhône n'a pas pour vocation de redonner au fleuve sa dynamique naturelle, ni de restaurer un état antérieur aux aménagements hydroélectriques. **Son ambition est d'améliorer la qualité de l'habitat physique dans la plaine alluviale aménagée en diversifiant les conditions d'habitat par l'augmentation des débits réservés dans les sections court-circuitées et par réhabilitation de certaines annexes fluviales en modifiant les surfaces en eau, les profondeurs et les modalités de connexion au chenal courant.** Cette démarche s'appuie sur les connaissances acquises au cours des trente dernières années sur le Rhône et les autres grands systèmes fluviaux tempérés d'Europe. Au moment du lancement du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, il n'existait pas de données ou de résultats (retours d'expérience) permettant d'estimer à priori les bienfaits des procédures de restauration mises en œuvre. Le programme d'accompagnement scientifique développé autour du programme de restauration a eu pour premier objectif de mettre au point des méthodes d'évaluation des effets des actions de restauration. Ce travail de recherche méthodologique, débuté en 2002, a abouti à la proposition d'un certain nombre de métriques et d'indicateurs (voir annexe 1 et site web : <http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>) permettant de mesurer l'évolution des paramètres physiques et biologiques de l'écosystème en réponse aux modifications des caractéristiques physiques de l'habitat suite à la restauration du fleuve. Il a

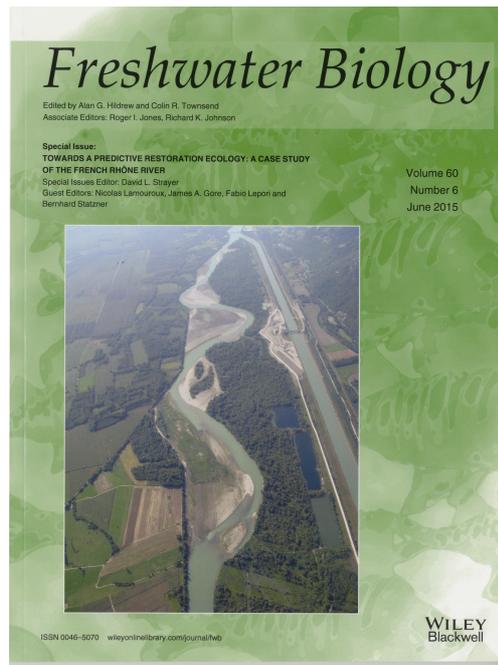
également permis de développer des modèles prédictifs permettant de mieux caractériser le lien entre les facteurs d'habitats et la dynamique des peuplements aquatiques.

Le but du suivi est d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration. Le dispositif de suivi a deux dimensions :

- une dimension d'observatoire dont l'objectif est de suivre l'évolution des sites restaurés afin de mesurer si les objectifs de la restauration sont atteints (mesurer des changements),
- une dimension de pilotage qui consiste à intégrer dans les futurs objectifs de restauration les résultats et conclusions obtenus sur les sites déjà restaurés.

En 2014, une synthèse des résultats acquis a été publiée, basée essentiellement sur les données collectées dans le cadre du suivi des 4 sites restaurés entre 2000 et 2006 (Pierre-Bénite, Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon). Ce travail d'analyse du retour d'expérience des résultats acquis sur le Rhône a donné lieu à la publication d'un numéro spécial de la revue *Freshwater Biology* en juin 2015 (*Towards a predictive restoration ecology : a case study of the French Rhône River*) et à l'édition d'un document de synthèse à destination des acteurs du Rhône et des financeurs du programme. Ces travaux s'appuient sur l'utilisation de modèles prédictifs développés dans le cadre de la restauration du Rhône et démontre la capacité actuelle de prédire, au moins en partie, les changements physiques et biologiques (abondances des espèces, biodiversité) induits par les actions de restauration écologique.

L'ensemble du projet est conçu comme une étude pluridisciplinaire et constitue une thématique importante au sein de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) et de l'Observatoire Homme-Milieu « Vallée du Rhône » (<http://ohm-vr.org/>).

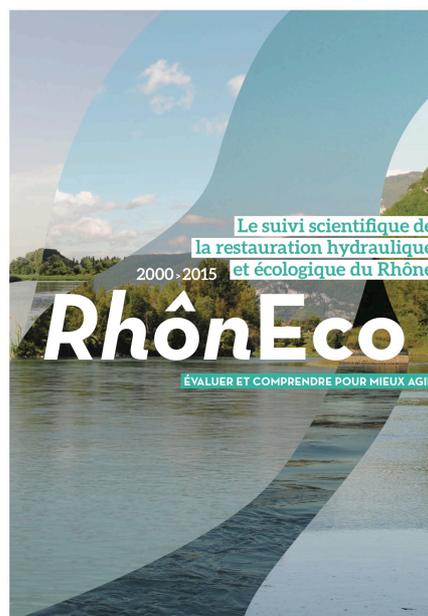


Une restauration écologique efficace doit s'appuyer sur des modèles scientifiques qui quantifient les effets attendus de différents scénarios de restauration et prennent en compte les objectifs des parties prenantes. Or les prédictions quantitatives des effets écologiques de la restauration sont rarement testées. Ce numéro spécial propose un bilan scientifique de la première phase d'un ambitieux programme de restauration physique du Rhône Français, qui a combiné (1999-2006) une augmentation des débits réservés à l'aval de quatre barrages du fleuve (47 km restaurés) et la restauration de la connectivité de 24 chenaux secondaires. Les caractéristiques du programme (changements physiques importants sur plusieurs sites, données physiques et biologiques riches et de long terme, synergies entre partenaires) en ont fait une occasion unique de tester des prédictions écologiques quantitatives.

Ce numéro contient 11 articles qui concernent : les changements d'habitat physique dans le chenal principal et la plaine alluviale ; les tests de modèles d'habitat physique utilisés pour prédire les effets de la restauration sur les communautés de poissons et de macroinvertébrés et leurs traits biologiques ; l'évolution à long terme des communautés de poissons soumises à différents changements environnementaux ; l'optimisation des stratégies de suivi écologique ; les processus sociaux associés à la restauration et la pertinence des bioindicateurs. Les résultats montrent que la restauration du Rhône a favorisé les espèces typiques des grands fleuves, augmenté la diversité biologique de la plaine alluviale et renouvelé la relation entre le fleuve et les riverains. Des modèles d'habitat simples permettent de prédire en partie les effets de scénarios de restauration. L'approche et les modèles utilisés sur le Rhône sont généraux et peuvent s'appliquer dans d'autres cours d'eau. Ce numéro s'adresse aux ingénieurs, gestionnaires, hydrologues, géomorphologues, écologues et sociologues et montre comment les modèles scientifiques quantitatifs peuvent guider les politiques de restauration. (Editeurs : Nicolas Lamouroux , James A. Gore, Fabio Lepori et Bernhard Statzner, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.2015.60.issue-6/issueto>)



En 2015, la rédaction d'un fascicule de présentation du programme Rhônéco et des principaux acquis a été entreprise, le document dont la réalisation a été coordonnée par le GRAIE (D. Roux-Michollet) a été édité en juin 2016 (il est téléchargeable à l'adresse : http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/brochure_RhonEco_restoration_ecologique.pdf).



SOMMAIRE

4
La restauration du fleuve Rhône, l'ambition d'une reconquête environnementale

6
RhônEco : un programme scientifique pluridisciplinaire dédié au renouveau écologique du fleuve

8
Neuf secteurs sous haute surveillance

10
Des espèces d'eau courante favorites

12
La renaissance des îlots et de leur biodiversité

14
Des scénarios majeurs sur le fonctionnement des îlots

16
Des modèles prédictifs pour préciser les choix de restauration

18
D'un projet de fleuve à un projet de territoire

20
Un programme scientifique plein d'avenir

24
Glossaire et ressources



Le présent rapport concerne le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (programme 2014-2018, convention 2017). Il prolonge les activités contractuelles réalisées par la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) avant 2007 concernant l'évolution de l'état physique et biologique des sites. Il rend compte de l'avancement du programme au cours de l'année 2017. Il concerne l'ensemble des sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme. En ce qui concerne le suivi des effets des augmentations de débit réservé dans les vieux-Rhône, le rapport présente l'état d'avancement des suivis en cours sur les 9 tronçons court-circuités suivis et présente l'évolution des métriques. En ce qui concerne le suivi des îlots restaurés ou qui seront restaurés prochainement, le rapport fait état de l'avancement des travaux, en complément des informations fournies dans les rapports antérieurs. Le rapport dresse un état des lieux du suivi des 9 secteurs restaurés et présente un bilan partiel des suivis post-augmentation des débits réservés et post-réhabilitation des îlots. Les suivis piscicoles annuels permettent de bien appréhender les évolutions des peuplements après restauration dans les vieux-Rhône des trois secteurs du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et de Pierre-Benite ainsi que dans les îlots suivies de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Sur les secteurs situés plus

en aval, le caractère encore trop récent des modifications de régimes de débits et des travaux de réhabilitation des îles limite l'interprétation des résultats en termes de réponse aux actions de restauration écologique. La description des états initiaux sur les secteurs de Péage-de-Roussillon, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère s'appuie sur des données beaucoup plus robustes que celles collectées dans le cadre du Haut-Rhône, la collecte de données ayant démarré très en amont de la restauration. Une partie de ces résultats a été présentée dans les rapports antérieurs, une partie est intégrée dans ce rapport. Le rapport d'étape de l'année 2015 dressait le bilan du suivi des communautés de macroinvertébrés de sept îles du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration (2003-2015). Le présent rapport fournit le bilan du suivi des communautés de macroinvertébrés de 12 îles du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon (2003-2016). Concernant les aspects hydro-morpho-sédimentaires, les travaux de thèse de J. Riquier (2015) ont permis de progresser efficacement dans la compréhension des mécanismes qui régissent l'évolution morpho-sédimentaire des îles restaurées. Le suivi post-restauration des bras du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite a permis de mettre en évidence que les patrons granulométriques (i.e. les conditions d'habitat), les vitesses de comblement des bras par les alluvions fines et de fait leur durée de vie potentielle en tant qu'habitats aquatiques peuvent être relativement bien estimés à partir de descripteurs simples de l'hydrodynamisme des écoulements de crue transitant dans les bras (fréquence de fonctionnement lotique des bras, capacité de reflux et intensité des écoulements en fonctionnement lotique). En l'état, ces modèles ne sont pas généralisables à des contextes différents (cas des bras non restaurés ou des bras situés sur des secteurs du fleuve qui enregistrent des flux sédimentaires différents, en termes de granulométrie et de quantité de la charge sédimentaire en transit).

L'important jeu de données collecté dans le cadre du Programme RhônEco permet des avancées méthodologiques remarquables tant sur les problématiques physiques (processus de sédimentation-érosion, estimation de la durée de vie des îles restaurées, modélisation des modalités d'évolution post-restauration) que sur le volet biologique (meilleure compréhension des facteurs qui régissent la biodiversité dans les plaines alluviales du Rhône). Il permet aussi une amélioration des connaissances générale sur l'écologie du Rhône dans un contexte de promotion de la production hydroélectrique et des énergies renouvelables et changement global.

Le rapport s'appuie largement sur le Tableau de bord de la restauration du fleuve, interface web cartographique qui interroge dynamiquement la base de données des suivis. Le Tableau de bord permet de consulter l'évolution d'une série d'indicateurs de l'état physique et

biologique de l'écosystème, des informations de synthèse ainsi que des éléments détaillés concernant la démarche et les méthodes utilisées (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>, Figure 1.1).

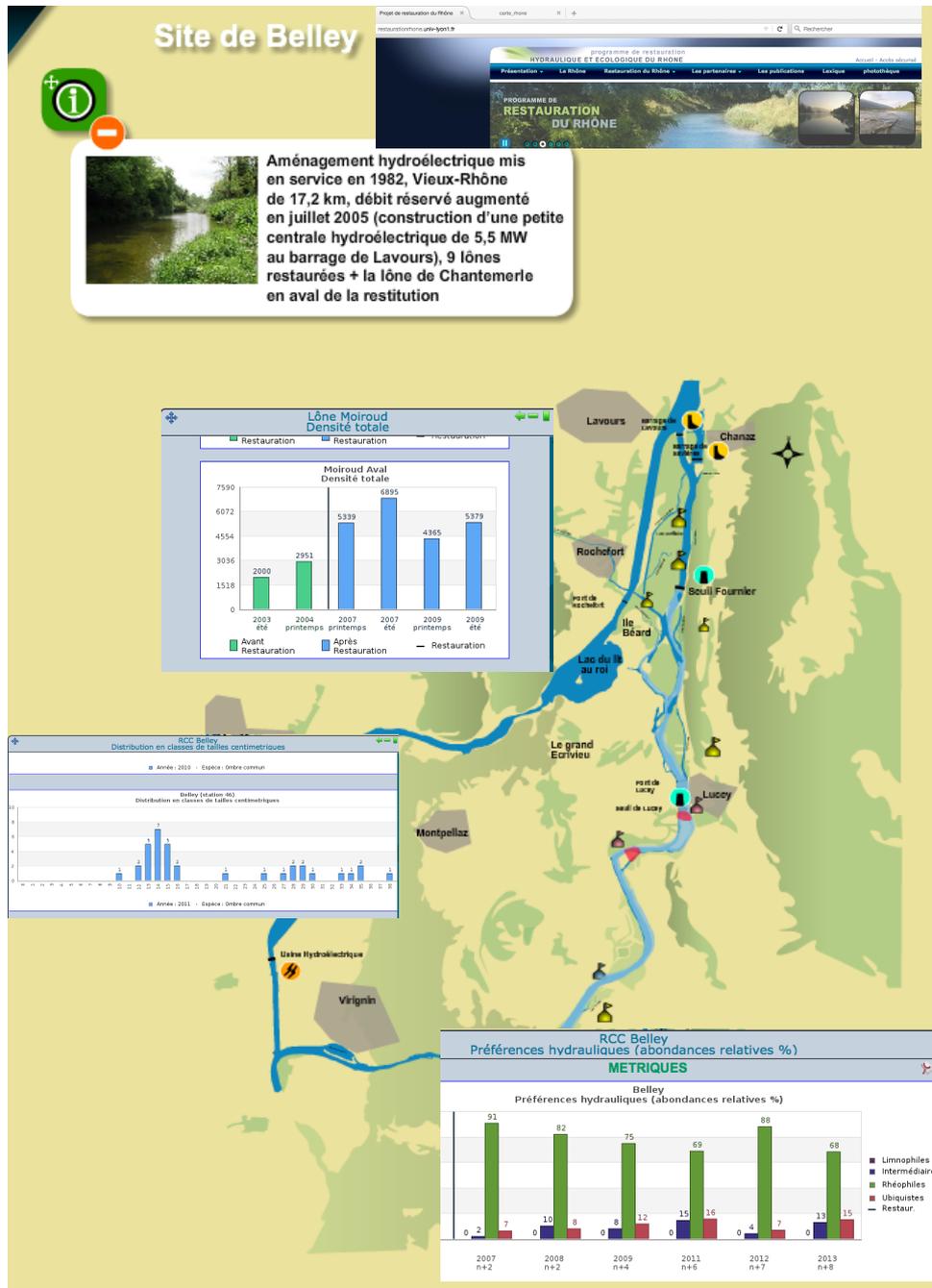


Figure 1.1 - Le site web du suivi de la restauration du Rhône : un outil de consultation cartographique partagé sur le web (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).

2 Cadre physique : restauration et hydrologie

2.1 Opérations de restauration

Le Programme de Restauration concerne 8 sites (Figure 2.1) : les vieux-Rhône des aménagements de Chautagne (CE), Belley (BY), Brégnier-Cordon (BC), Miribel-Jonage (MI), Pierre-Bénite (PB), Péage-de-Roussillon (PR), Donzère-Mondragon (DM), Montélimar (MO). Le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf a été inclus dans le suivi en raison des potentialités d'évolution des peuplements aquatiques du vieux-Rhône suite à l'augmentation du débit réservé.

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été le premier site restauré en 2000. Le débit minimum dans le vieux Rhône était de 20 m³/s du 1^{er} avril au 31 août et de 10 m³/s du 1^{er} septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à 100 m³/s après la mise en service (en août 2000) d'une centrale hydro-électrique au niveau du barrage de Pierre-Bénite. Parallèlement, trois anciens bras latéraux (Ciselande, Jaricot, Table ronde) ont été restaurés dès 1999. Ces milieux ont été recreusés, et l'un deux (Ciselande) a été reconnecté au Vieux-Rhône par l'amont. Le suivi de l'incidence des opérations de restauration a débuté en 1995.

Les trois sites de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont été restaurés entre 2004 et 2006.

Les débits réservés ont été relevés (Figure 2.2) et 23 lônes ont été réhabilitées :

- Chautagne : Lône de la Malourdie et du Brotalet,
- Belley : Anse de Chanaz, Lône Moiroud, Lône d'Orgeval, Lône des Luisettes, Lône Béard, Lône Fournier, Lône de Lucey, Anse de Yenne, Lône dans l'Ile, Lône de Virignin,
- Brégnier-Cordon : Lône des Granges, Lône Vachon, Lône des Cerisiers, Lône de l'Ilon, Lône des Sables, Lône Mattant, Lône des Molottes, Lône du Ponton, Marquisat et Colonnes.

La CNR a également effectué des travaux destinés à améliorer la libre circulation des poissons :

- passe à poissons du seuil des Molottes,
- fenêtre à poissons et castors au siphon du Sérán,
- diagnostic du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage de Savières,
- diagnostic du fonctionnement de la rivière artificielle du seuil de Yenne,

- passe à poissons en rive gauche sur le Guiers à la confluence.

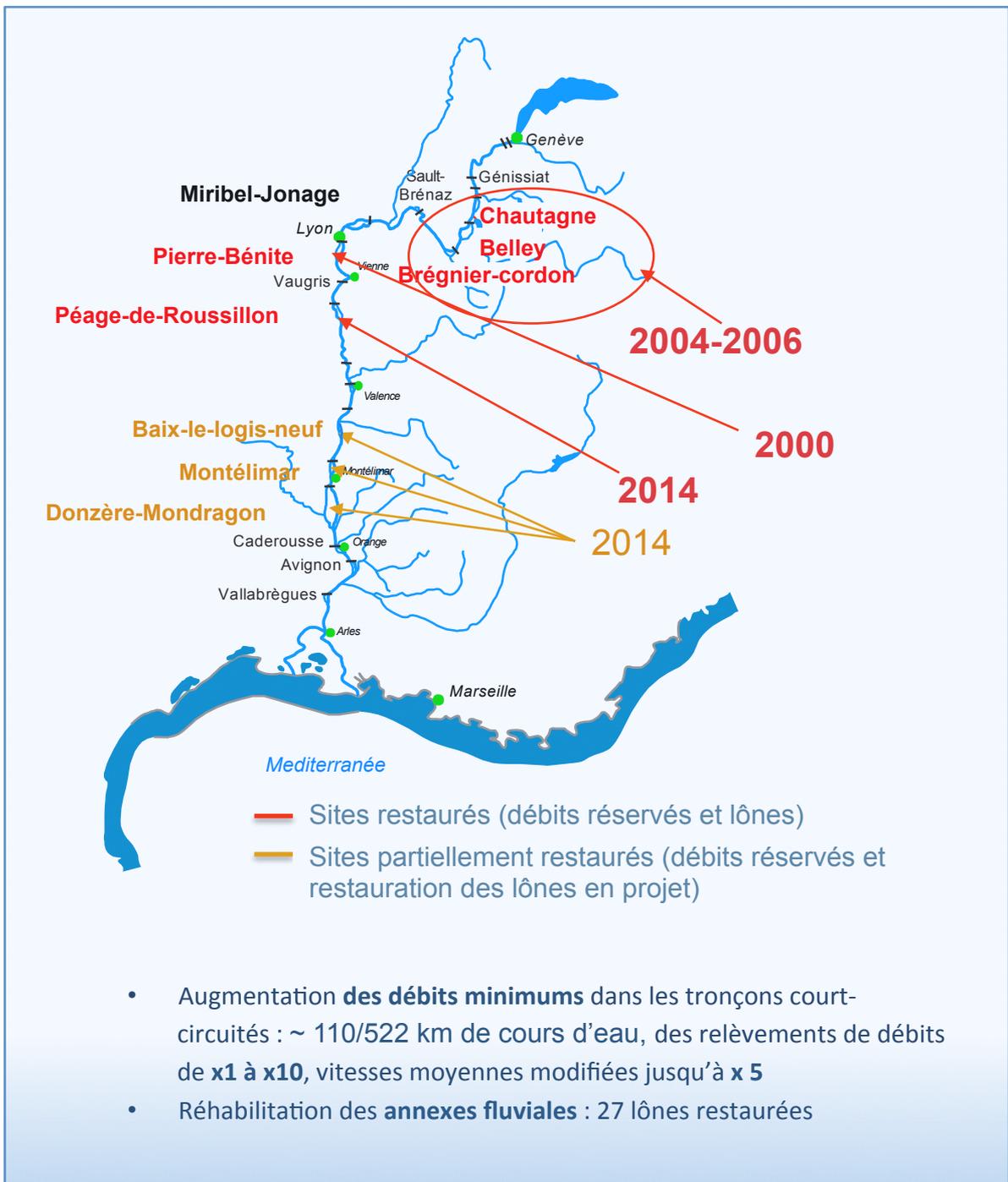


Figure 2.1 - Carte du Rhône montrant les 8 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites partiellement restaurés (augmentation du débit réservé en janvier 2014 en orange, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné car il présente des potentialités de restauration intéressantes.

Dans autres secteurs, conformément à la Loi sur L'eau et les Milieux Aquatiques, les débits réservés ont été relevés au 1^{er} janvier 2014 selon les modalités indiquées dans le Tableau 2.1. À Péage de Roussillon, le débit réservé présente une modulation saisonnière afin d'optimiser les gains écologiques et notamment de favoriser les espèces de grèves et l'alimentation phréatique en période printanière (Figure 2.3).

À Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration des lînes se sont terminés en 2014 (restauration de 9 lînes et démantèlement de casiers Girardon en rive droite du vieux-Rhône, les travaux de démantèlement des casiers Girardon de l'Île des Gravieres ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017).

La lîne de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

À Donzère, le choix des lînes « candidates » à la restauration a été précisé par la CNR. Le suivi pré-restauration a donc été ré-orienté sur ces lînes : lîne de la Grange écrasée, lîne Lascombe, lîne des Dames, lîne de Dion, lîne du Banc Rouge et lîne de la Désirade.

Les travaux sur la lîne de Dion et de Malaubert ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017. Les travaux sur les lîne du Banc rouge, des Dames et de la Grange écrasée ont débuté à l'automne 2017.

En résumé, parmi les 27 lînes dont la restauration est achevée fin 2013, 12 ne possédaient aucune connexion avec le chenal courant, 12 étaient connectées par l'aval et 4 étaient connectées à l'amont et à l'aval. La restauration a modifié les connexions pour 14 d'entre elles. Après restauration, 1 seule lîne (Béard) reste déconnectée du chenal principal, 15 sont connectées par l'aval et 11 par l'amont et par l'aval. Les travaux de génie civil (recreusement, dragage) ont réhabilité, au moins en partie, l'alimentation en eau souterraine de 12 des 27 lînes restaurées. La réhabilitation des lînes a multiplié la longueur des lînes en eau par 1.5 et la surface mouillée par 1.2.

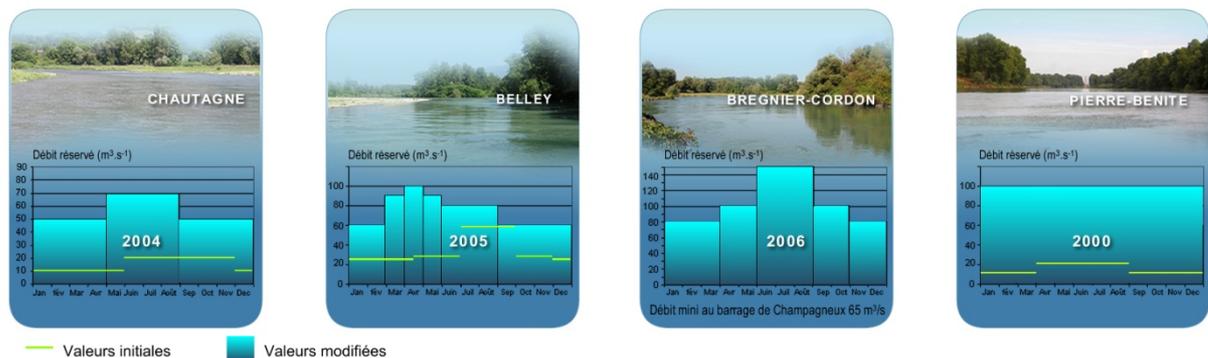


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

Tableau 2.1 - Valeurs de débits réservés dans les vieux-Rhône suivis.

Secteur	Débit moyen annuel m ³ /s	Date de restauration	Débit réservé m ³ /s	
			Avant	Après
Chautagne	410	07/2004	10-20	50-70
Belley	410	07/2005	25-60	60-90
Brégner-Cordon	435	07/2006	80-150	80-150
Canal de Miribel	598	-	30-60	30-60
Pierre-Bénite	1030	09/2000	10-20	100
Péage-de-Roussillon	1050	01/2014	10-20	50-125
Baix-le-Logis-Neuf	1475	01/2014	10-20	74,5
Montélimar	1490	01/2014	15-60	75,4
Donzère-Mondragon	1490	01/2014	60	75,4

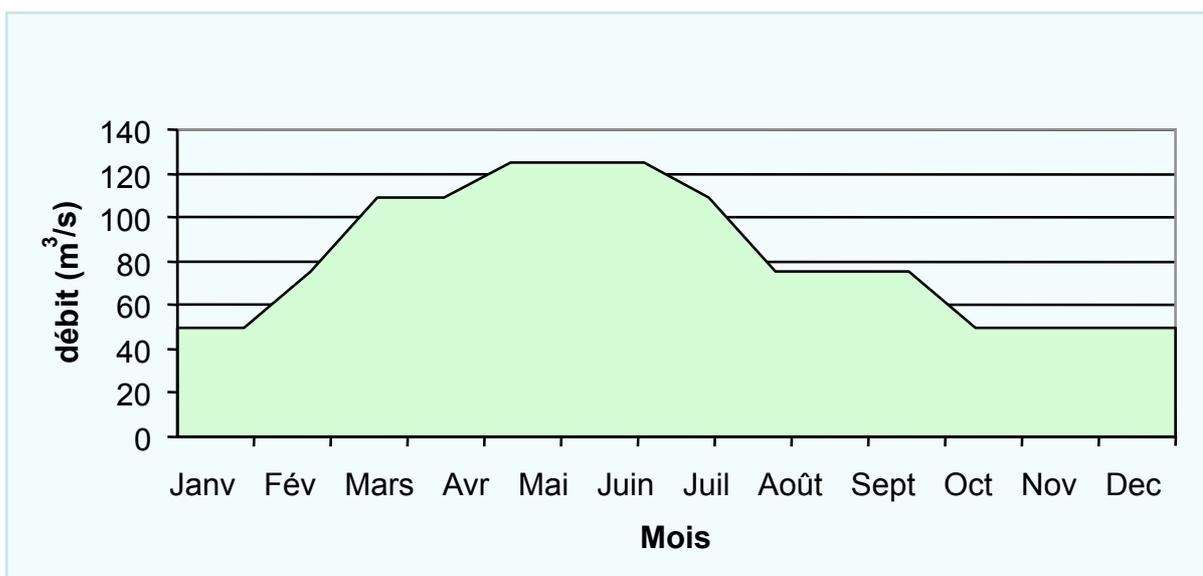


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1^{er} janvier 2014.

2.2 Hydraulique du chenal

Hauteur d'eau	1.2 m	2.1 m
Vitesse	0.07 m/s	0.35 m/s



1996



2002

Figure 2.5 - Le vieux-Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

Les augmentations de débit minimum se sont traduites différemment en termes hydrauliques selon les sites. A Pierre-Bénite les vitesses au débit minimum ont été multipliées par 5 en moyenne (de 0.07 à 0.35 m/s, Figure 2.5), en Chautagne par 2 (de 0.38 à 0.80 m/s), moins ailleurs.

Les résultats de l'application de modèles d'habitat sur le Rhône comme ailleurs (Lamouroux & al. 1999, Lamouroux & Capra, 2002) peuvent être synthétisés par quelques descripteurs hydrauliques clés des tronçons de cours d'eau. Les plus importants sont le nombre de Froude au débit médian FR50 et le nombre de Reynolds au débit minimum REM, qui sont des combinaisons du débit Q , de la largeur L et de la hauteur d'eau H du tronçon de cours d'eau considéré. Ces indices sont utiles pour refléter/comparer l'impact de la restauration sur plusieurs sites.

FR50 est un indice hydraulique lié à la morphologie du cours d'eau (proportions de radiers/mouilles). Plus sa valeur est élevée, plus **il reflète l'idée d'un fleuve vif**, de façon comparable sur des sites variés. C'est une variable potentiellement sensible à une modification

de seuil transversal. Une augmentation de FR50 augmente la valeur d'habitat relative (par rapport aux autres espèces) des espèces typiques des radiers (barbeau, loche franche, chabot, blageon, spirilin).

REM est lié au niveau de débit par unité de largeur. Plus sa valeur est élevée, plus **il reflète l'idée d'un fleuve courant**, de façon comparable sur des sites variés. Il est particulièrement sensible aux changements de débit minimum. Une augmentation de REM augmente la valeur d'habitat relative des espèces typiques d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, toxostome, vandoise, ombre). Noter que certaines espèces rhéophiles comme le barbeau sont favorisées à la fois par de fortes valeurs de FR50 et REM.

En pratique, $FR50 = Q50 / (g^{0.5} * H50^{1.5} * L50)$ et $REM = QM / (v * LM)$ où Q50, H50, L50 sont le débit, la hauteur et la largeur mouillée médians ; g est l'accélération gravitationnelle ; QM et LM sont le débit minimum et la largeur correspondante ; v est la viscosité dynamique de l'eau.

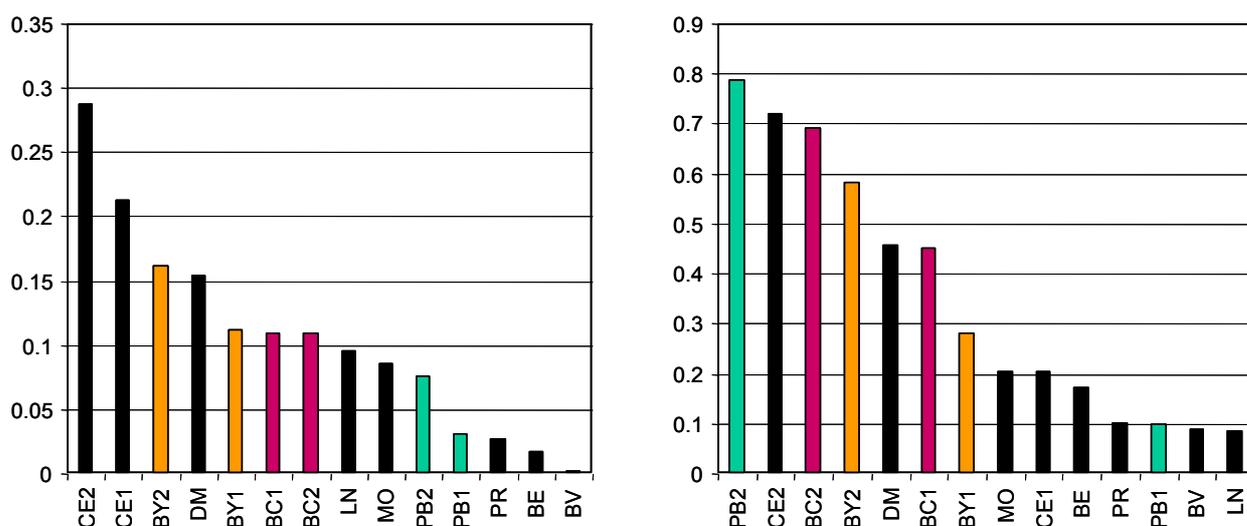


Figure 2.6 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes de type 'CE1' et 'CE2' réfèrent aux situations pré- et post-augmentation du débit.

Le changement de débit minimum des Vieux Rhône modifie essentiellement la valeur de REM, l'indice de débit (Figure 2.6). En revanche, l'indice lié à la morphologie est assez peu modifié par le changement de débit. A Brégner-Cordon par exemple, il reste intermédiaire

entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs actuelles de Beauchastel ou Bourg-lès-Valence.

3 Organisation du suivi

Le but du suivi est **d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration.**

Le suivi est basé sur des méthodes d'échantillonnage qui ne font pas l'objet d'une normalisation. Une première étape concerne la **description**, au cours de l'année (ou des années) précédant les modifications de débits réservés et les travaux de restauration des lônes, **de l'état écologique initial** du site. La seconde phase concerne le suivi après l'augmentation des débits réservés et les travaux de restauration des lônes afin de mettre en évidence et de comprendre les **évolutions des milieux et des biocénoses aquatiques.**

Les thèmes du suivi et les protocoles d'échantillonnage associés sont ceux préconisés par André et Olivier (2003) et ne sont rappelés que succinctement ici. Les fréquences d'échantillonnage sont uniformisées entre les sites et adaptées suite au retour d'expérience des suivis antérieurs. En particulier, une fréquence d'échantillonnage biennale est proposée pour les suivis des peuplements d'invertébrés afin d'accélérer le retour d'expérience tout en contrôlant d'éventuelles invasions. À la suite des travaux de synthèse réalisés en 2014, la fréquence des échantillonnages des macroinvertébrés du chenal et des lônes sur les sites restaurés entre 2000 et 2006 a été modifiée (pas de temps de 3 ans au lieu de 2) afin de concentrer les efforts sur les sites dont la restauration est plus récente ou en cours.

Les protocoles mis en œuvre dans les chenaux des sections court-circuitées ont pour objectif de permettre la mesure des effets des changements de débits réservés sur les communautés de poissons et d'invertébrés benthiques. La méthodologie employée repose sur le lien entre la valeur du débit réservé et la distribution statistique des paramètres hydrauliques au sein de la section court-circuitée, et sur l'influence de ces paramètres hydrauliques sur la distribution, la richesse spécifique et l'abondance des organismes aquatiques. Les stations échantillonnées sont donc en partie réparties dans les secteurs non-influencés hydrauliquement des Vieux-Rhône, c'est-à-dire non soumises au remous des aménagements hydroélectriques situés immédiatement en amont.

Sur l'ensemble des sites le suivi des lônes comporte quatre thématiques : le suivi de la sédimentation, le suivi de la végétation aquatique, le suivi de la faune macro-invertébrée et le suivi des communautés piscicoles. Toutes les lônes restaurées ne font pas l'objet d'un suivi, le

Tableau 3.1 suivant répertorie les lînes suivies et des thématiques concernées pour chaque lîne.

Le détail des plannings d'échantillonnage est disponible en annexe 2.

Le suivi des communautés de macrophytes n'a pas été poursuivi après 2013.

Le suivi des peuplements de macroinvertébrés des lînes a été enrichi d'un échantillonnage des Odonates adultes sur le secteur de Miribel Jonage.

Tableau 3.1 (page suivante) - Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lînes suivis entre 2003 et 2015) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. Les débits réservés ont augmentés dans l'ensemble des secteurs à l'exception du Canal de Miribel. Dans le secteur du Canal de Miribel, un suivi a débuté en 2013 dans six annexes fluviales. A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration de la lîne du noyer sud ont été réalisés durant l'hiver 2011-2012, les travaux de la lîne de la Sainte ont été achevés au printemps 2013, la lîne de la Boussarde a été réhabilitée en 2014. A Montélimar, les travaux dans la lîne de la Roussette ont débuté fin 2011 et ont été achevés dans l'hiver 2012-2013. A Donzère, le choix initial des lînes pour l'établissement de l'état pré-restauration a été effectué au printemps 2009, pour les thématiques sédimentation et macroinvertébrés, l'échantillonnage a débuté en 2009, l'échantillonnage des poissons a été réalisé annuellement depuis 2010. L'échantillonnage de la végétation a été réalisé en 2009 et 2012. En 2014, la CNR a communiqué les lînes pour lesquelles une réflexion sur leur réhabilitation potentielle était engagée. Le suivi de certaines lînes (marquées d'un « * ») a donc été suspendu et celui des lînes Lascombe, Dames, Dion, Banc Rouge et Désirade a été entrepris dès 2014.

Situation		Thématiques			
Secteurs	Types de milieu	Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
Chautagne	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Malourdie	X			X
	Lône du Brotalet	X			X
Belley	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône des Luisettes	X	X	X	X
	Lône Moiroud	X	X	X	X
	Lône Béard	X	X	X	X
	Lône Fournier	X	X	X	X
	Anse de Yenne	X	X		X
	Lône de Lucey		X		X
Brégnier-Cordon	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de Chantemerle	X	X	X	X
	Lône des Granges	X	X	X	X
	Lône Vachon	X	X		X
	Lône des Cerisiers	X			X
	Lône des Molottes	X	X	X	X
	Lône Mattant	X	X		X
	Lône du Ponton	X	X	X	X
	Lône de la Plaine		X		X
Canal de Miribel	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	lône Plançon		X		X
	lône Grella		X		X
	lône Vieux-Rhône		X		
	lône de Jonage		X		X
	cours eau Rizan		X		
	étang LIB1		X		
	étang LIB2		X		
Pierre-Bénite	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Table Ronde	X		X	X
	Lône de Ciselande	X		X	X
	Lône de Jaricot	X		X	X
Péage de Roussillon	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Platière	X	X	X	X
	Lône Noyé Nord	X	X	X	X
	Lône Noyé Sud	X			X
	Ilon	X	X	X	X
	Lône de la Boussarde	X	X	X	X
	Lône de la Sainte	X	X	X	X
Montélimar	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Barcasse			X	
	Lône de la Roussette	X	X	X	X
Donzère-Mondragon	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône Grange écrasée	X	X	X	X
	Lône de Malatras *		X	X	X
	Lône du Carré *	X	X	X	X
	Lône de la République *		X	X	X
	Lône Malaubert & Surelle	X	X	X	X
	Lône du Bayard *	X	X	X	X
	Lône de Caderousse *	X	X	X	X
	Lône des Joncs *	X	X	X	X
	Lascombe		X		X
	Dames	X	X		X
	Dion	X	X		X
	Banc Rouge	X	X		X
	Désirade	X	X		X

Dans le cadre du suivi, les problématiques suivantes ont été retenues :

- modélisation des réponses des communautés de macroinvertébrés et de poissons aux variations de contraintes hydrauliques dans les chenaux soumis à augmentation du débit réservé,
- étude de l'effet de l'augmentation des débits réservés et des travaux de réhabilitation des lônes sur les populations de poissons,
- modélisation de l'évolution de la biodiversité (macrophytes) dans les lônes en relation avec la trophie des milieux, l'intensité des perturbations hydrauliques dans ces milieux et les caractéristiques sédimentaires,
- prédiction de la durée de vie des bras restaurés et recherche de géométries fluviales particulières qui répondent sur un long terme à des attentes écologiques fixées initialement,
- établissement de modèles prédictifs de la richesse faunistique (macro-invertébrés) en fonction des caractéristiques écologiques (qualité des eaux, degré de connexion avec le chenal, diversité d'habitats...) des lônes,
- analyse synthétique des relations trophiques dans les annexes fluviales, intégrant les résultats des autres thématiques (en particulier l'analyse de la qualité de l'eau, de la structure des communautés végétales et invertébrés, et de l'abondance et de la diversité des peuplements de juvéniles de poissons),

Sur le plan pratique, la démarche a pour objectifs :

- de réaliser un bilan des données disponibles utilisables dans le cadre de la définition des états initiaux des milieux destinés à être restaurés,
- de définir les problématiques majeures liées à l'évaluation des effets des opérations de restauration,
- de définir des plans et des protocoles d'échantillonnage à mettre en œuvre avant et après restauration,
- de définir un ensemble de **métriques** et d'**indicateurs** de la restauration telle qu'elle est envisagée : augmentation de débit réservé dans les sections court-circuitées et réhabilitation des bras latéraux,
- d'alimenter la base de données dédiée au programme et d'assurer la mise à jour régulière du site web.

Un volet destiné à étudier **les liens fonctionnels entre tronçons du fleuve aménagé, annexes fluviales et affluents**. Cette étude a pour but de mettre en évidence l'existence d'une structuration génétique des populations de poissons et d'analyser une potentielle différenciation intra-populationnelle au voisinage de deux aménagements : Baix-le-Logis-Neuf et Donzère – Mondragon. Les résultats sont présentés dans le présent rapport (§9).

Dans le cadre du programme RhônEco, l'étude de la complémentarité de certaines lônes (notamment celles possédant une capacité d'accueil importante pour certaines espèces de poissons et notamment pour les juvéniles) et des chenaux courants est envisagée (période post 2017).

L'enjeu opérationnel est de contribuer à **hiérarchiser l'effet potentiel des futurs leviers de la restauration du fleuve** (réhabilitation des confluences, rétablissement de la connectivité transversale et longitudinale, amélioration de l'habitat dans les canaux et retenues, ...). Il est aussi de mieux comprendre les effets observés de la réhabilitation physique des vieux-Rhône (Lamouroux & Olivier, 2015).

4 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)

4.1 Objectifs et méthodologie

Le suivi des peuplements de poissons des chenaux courants (vieux-Rhône) a pour objectif de rendre compte des dynamiques des communautés de poissons dans un contexte de diversité locale et régionale. Les observations sont comparées aux prédictions quantitatives réalisées avant restauration par des modèles d'habitats (Lamouroux *et al.*, 1999). Ces prédictions prévoient une augmentation des espèces ayant une préférence marquée pour les habitats profonds et courants (espèces dites d'eau courante) comme l'ombre commun, le barbeau, le hotu, la vandoise ou l'ablette, en lien avec l'évolution de l'indicateur hydraulique "eaux courantes" (REM).

Dans chacun des vieux-Rhône suivis, une campagne d'échantillonnage est réalisée en automne. Une campagne correspond à une pêche électrique de 100 à 200 points d'échantillonnage ponctuels d'abondance – EPA - (Nelva *et al.*, 1979) (ou 30 ambiances de quelques dizaines de mètres carrés) réalisée en grande partie en bateau et quelquefois à pied. Les points de pêche sont répartis dans la partie non-influencée hydrauliquement du vieux-Rhône, sur une ou plusieurs stations. Le nombre de points d'échantillonnage est supérieur (200 points) dans le cas des vieux-Rhône longs et/ou hétérogènes. La méthode d'échantillonnage implique de surprendre le poisson dans son habitat. Les poissons échantillonnés sont identifiés et mesurés individuellement.

La fréquence d'échantillonnage des poissons du chenal est annuelle, les pêches pré-restauration ont été réalisées au minimum 2 ans avant augmentation des débits réservés.

4.2 Échantillonnage

Les échantillonnages 2017 ont été réalisés de fin août à fin septembre (Tableau 4.1). Cent à 200 points de pêches (EPA) ont été effectués dans les vieux-Rhône, à l'exception du vieux-Rhône de Pierre-Bénite où 30 ambiances ont été échantillonnées comme lors des suivis précédents.

Tableau 4.1 - Dates d'échantillonnage des peuplements de poissons dans les vieux-Rhône.

Stations	Dates
Vieux-Rhône de Chautagne	28-29/08/2017
Vieux-Rhône de Belley	10-11/09/2017
Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon	31/08/2017 ; 04/09/2017
Canal de Miribel	13-14/09/2017
Vieux-Rhône de Pierre-Bénite	13/09/2017
Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon	05/09/2017
Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf	19/09/2017
Vieux-Rhône de Montélimar	20/09/2017
Vieux-Rhône de Donzère	25-26/09/2017

4.3 Résultats des pêches et commentaires

Trente trois espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les vieux-Rhône en 2017 (Tableau 4.2).

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône varie de 17 (à Baix-Le-Logis-Neuf) à 28 (Brégnier-Cordon) (Tableau 4.3). Trois espèces ont été particulièrement abondantes en 2017 : le gardon, l'ablette et le chevine (Figure 4.1)

Six espèces sont échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône : le barbeau fluviatile, le chevine, le gardon, le goujon, la loche franche et le spirilin.

L'anguille n'a été échantillonnée qu'en aval de Lyon.

Le chabot n'a été trouvé qu'en amont de Lyon.

L'ombre commun a été trouvé en Chautagne, dans le vieux-Rhône de Belley et dans celui de Brégnier-Cordon.

L'ide mélanote (espèce introduite) n'a été capturée qu'à Péage-de-Roussillon et la lote uniquement dans le vieux-Rhône de Belley. Le sandre n'a été échantillonné qu'à Donzère.

Les cinq espèces les plus abondantes dans les échantillons en 2017 sont : le gardon (20,8%), l'ablette (16,9%), le chevine (15%), le vairon (8,5%), le barbeau fluviatile (8,2%), le goujon (7,6%) et le spirilin (6,5%) et (Figure 4.1).

Le hotu est présent dans tous les vieux-Rhône sauf en Chautagne. Les effectifs de bouvière sont généralement très faibles, sauf à Péage-de-Roussillon où elle est devenue très abondante.

Les effectifs de gardons (essentiellement représentés par des juvéniles de l'année) ont été particulièrement abondants à Péage-de-Roussillon en 2017, ce qui explique la très forte proportion de cette espèce tous secteurs confondus (Figure 4.1).

Le vairon est très abondant dans le vieux-Rhône de Chautagne et le Canal de Miribel. Les effectifs sont exceptionnellement faibles en 2017 dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf.

L'abondance du spiralin est marquée dans les vieux-Rhône de Belley, de Brégnier-Cordon et de Donzère et dans le Canal de Miribel.

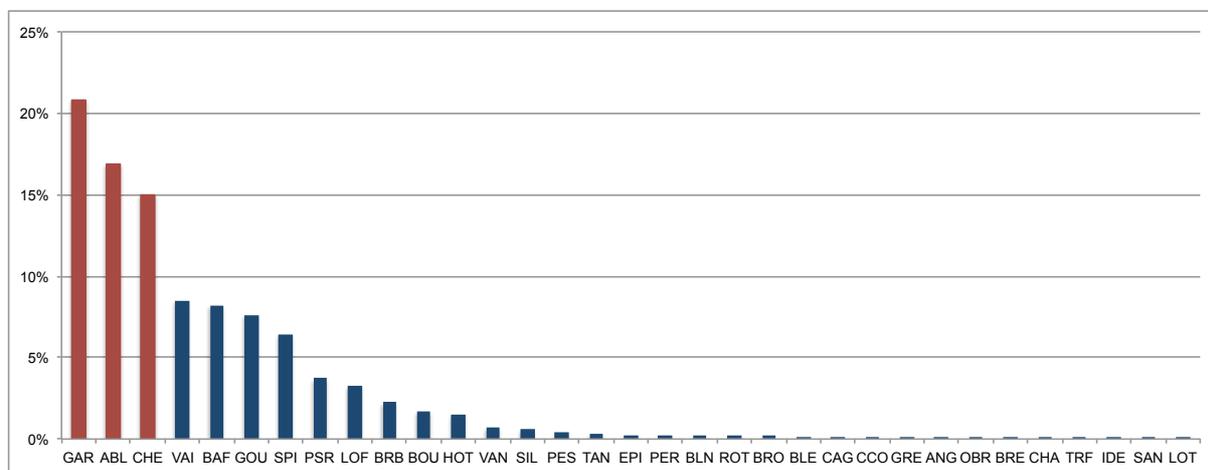


Figure 4.1 - Abondances relatives des différentes espèces de poissons échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône en 2017.

Dans les 4 tronçons court-circuités du Haut-Rhône et dans celui de Pierre-Bénite, les effectifs échantillonnés en 2017 sont voisins de la moyenne sur la période post-augmentation des débits réservés. Dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon, les effectifs capturés en 2017 sont deux fois plus importants que la valeur moyenne sur la période 2007-2017. Les très forts effectifs de gardons (2859 ind., soit 59 % des effectifs totaux) sont responsables de cette forte valeur en 2017. Dans les vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère, les effectifs de 2017 sont proches des valeurs moyennes.

Tableau 4.2 - Liste des 35 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi (vieux-Rhône et lônes) et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône (Prés. VR 2017) sont identifiées. L'appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) est indiquée.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Prés. VR 2017	Guilde repro.
Petromyzontidae	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP		
Blenniidés	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	BLE	*	
Salmonidés	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR	*	
	Truite fario	<i>Salmo Trutta fario</i> (Linné, 1758)	TRF	*	
Esocidés	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	*	P
Lotidés	lote	<i>Lota lota</i> (Linné, 1758)	LOT	*	
Cyprinidés	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	GAR	*	L-P
	Blageon	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1827)	BLN	*	
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	VAN	*	
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (L. 1766)	IDE	*	L-P
	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)	CHE	*	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	ROT	*	P
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)	TAN	*	P
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1766)	VAI	*	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)	ABL	*	L-P
	Spirilin	<i>Alburnoïdes bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	SPI	*	
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	BRB	*	P
	Brème commune	<i>Abramis brama</i> (L., 1758)	BRE	*	L-P
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (L., 1758)	HOT	*	
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	TOX		
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1785)	BOU	*	
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	GOU	*	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Chlegel, 1842)	PSR	*	L-P
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (L., 1758)	BAF	*	
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (L., 1758)	CCO	*	P
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	CGO	*	L-P
Balitoridés	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758)	LOF	*	
Siluridés	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	*	
Ictaluridés	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH		
Anguillidés	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	ANG	*	
Gastérostéidés	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L., 1766)	EPI	*	
Centrachidés	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	PES	*	
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	BBG		
Percidés	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	PER	*	P
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L., 1758)	GRE	*	L-P
	Sandre	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	SAN	*	P
Cottidés	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA	*	

Tableau 4.3 - Effectifs échantillonnés dans les vieux-Rhône en 2017 (pêches réalisées en fin d'été-début d'automne) ; le nombre de points d'échantillonnage – E.P.A. –, le nombre d'espèces présentes – Nb esp. –, l'abondance relative des espèces « d'eau courante » (%age EC, espèces surlignées en bleu, proportion d'individus appartenant aux espèces suivantes : ablette, barbeau fluviatile, hotu, ombre commun, toxostome, vandoise) et « d'espèces d'eau vives » (proportion d'individus appartenant aux espèces suivantes : barbeau fluviatile, blageon, chabot, loche franche, spirilin) sont renseignés pour chaque secteur. La dernière colonne renseigne sur le nombre de vieux-Rhône dans lesquels une espèce a été échantillonnée.

Espèces/Sites	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Canal de Miribel	Pierre-Bénite	Péage-de-Roussillon	Baix	Montélimar	Donzère	Total	Occurrence
ABL	0	174	254	35	159	678	164	608	717	2789	8
ANG	0	0	0	0	1	0	2	3	11	17	4
BAF	242	536	204	223	10	15	18	21	92	1361	9
BLE	2	1	17	0	1	0	0	0	0	21	4
BLN	14	0	5	6	0	0	6	0	4	35	5
BOU	0	1	25	0	1	224	11	3	17	282	7
BRB	0	0	3	25	10	248	19	45	21	371	7
BRE	0	1	1	3	0	11	0	0	0	16	4
BRO	3	8	10	2	1	5	1	0	0	30	7
CGO	0	0	0	0	1	8	1	1	9	20	5
CCO	0	0	1	0	0	0	0	2	16	19	3
CHA	0	7	7	1	0	0	0	0	0	15	3
CHE	632	346	813	260	149	72	70	5	129	2476	9
EPI	18	3	19	3	0	1	0	0	0	44	5
GAR	1	120	3	2	183	2859	119	15	136	3438	9
GOU	81	121	233	34	62	285	67	46	334	1263	9
GRE	4	0	2	0	2	5	0	1	4	18	6
HOT	0	42	38	25	29	36	23	23	32	248	8
IDE	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	1
LOF	77	73	42	53	28	18	32	33	182	538	9
LOT	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OBR	7	7	3	0	0	0	0	0	0	17	3
PER	1	3	14	0	16	5	0	1	4	44	7
PES	2	0	20	8	19	13	0	1	0	63	6
PSR	0	0	4	14	4	271	8	15	299	615	7
ROT	0	1	5	0	0	26	0	1	0	33	4
SAN	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
SIL	6	19	9	23	0	22	8	4	6	97	8
SPI	9	113	248	394	38	1	41	10	212	1066	9
TAN	4	13	22	4	6	1	0	0	0	50	6
TRF	0	6	3	0	0	0	0	0	0	9	2
VAI	300	16	50	881	0	0	79	0	78	1404	6
VAN	10	59	22	1	25	2	0	0	0	119	6
Total	1413	1671	2077	1997	745	4810	669	838	2305	16525	
Nb esp.	18	23	28	20	20	23	17	19	20		
Nb E.P.A.	100	200	200	100	100	100	80	180	200		44
%age EC	18%	49%	25%	14%	30%	15%	31%	78%	36%		
%age EV	24%	44%	24%	34%	10%	1%	14%	8%	21%		

4.3.1 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1)

Dans le vieux-Rhône de **Chautagne**, 3 espèces ont été particulièrement abondantes en 2017 : le chevaine (44,7% des effectifs), le vairon (21,2%) et le barbeau fluviatile (17,1%), ces trois espèces cumulant 83% des poissons échantillonnés (Figure 4.2). 73,6% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année (Tableau 4.4), parmi eux, 7 juvéniles d'ombre commun ont été échantillonnés.

Dans le vieux-Rhône de **Belley**, le nombre d'individus échantillonnés en 2017 est relativement faible et 73,4% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année. Les barbeaux (toutes les classes de tailles ont été échantillonnées) représentent une fraction

importante des captures (32,1%) ainsi que les chevaines (20,7%) (Figure 4.2). Des juvéniles d'ombre commun ainsi que des poissons plus âgés (Long. Totale = 265 et 295 mm) ont été échantillonnés. La vandoise (toutes les classes de tailles) est également bien représentée dans les échantillons. Les hotus échantillonnés étaient exclusivement des juvéniles de l'année.

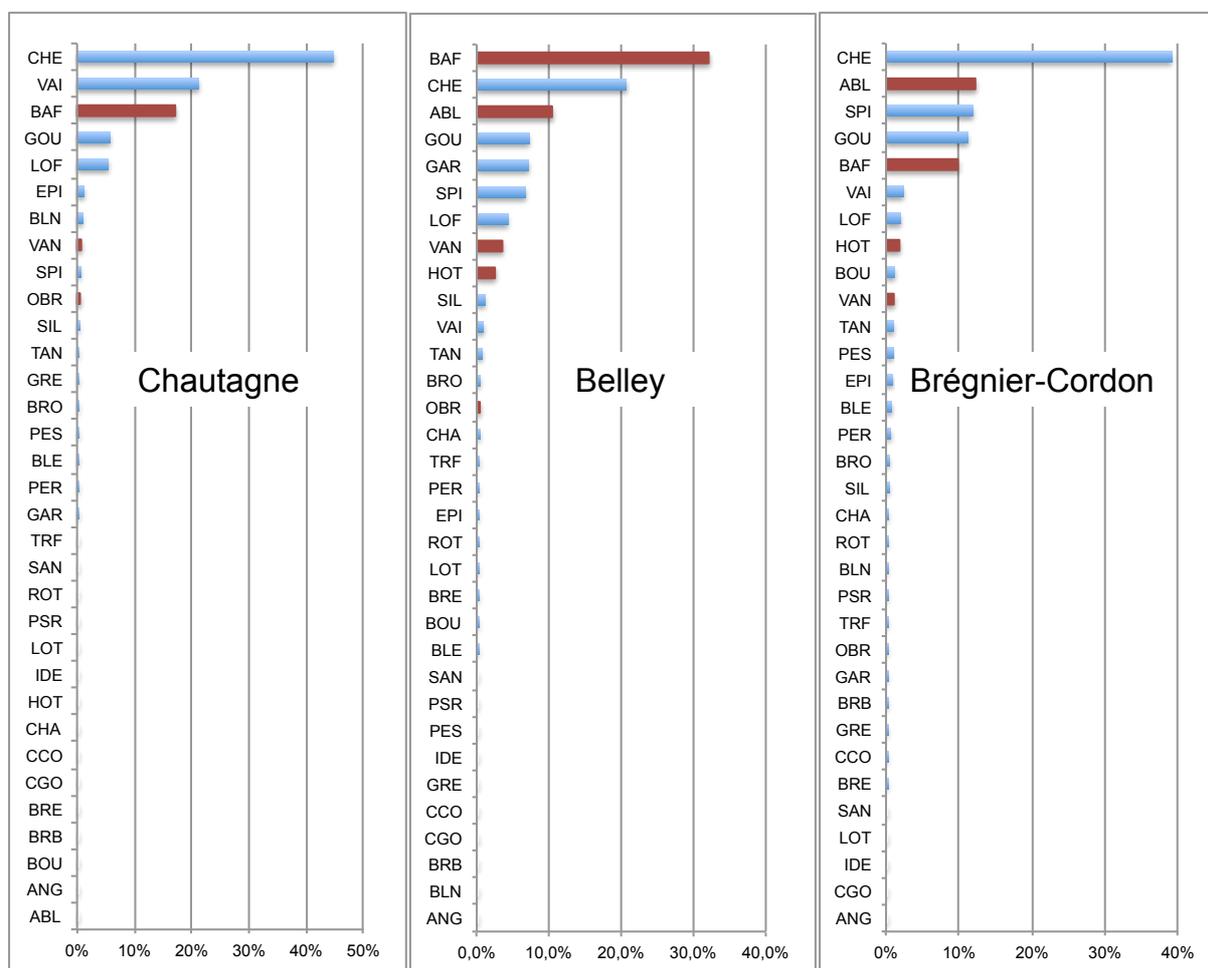


Figure 4.2 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans les trois vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Dans le vieux-Rhône de Brégner-Cordon, le nombre de poissons échantillonnés est relativement important (~1,5 fois supérieur à la moyenne 2006-2017) et la distribution des abondances relatives des différentes espèces montre que, à l'exception du chevine dont l'abondance est très élevée (39% des poissons) (Figure 4.2), les effectifs de plusieurs espèces sont relativement importants (ablette, barbeau, goujon, spirilin). D'autres espèces comme le brochet, le hotu, la perche commune, la tanche et la vandoise sont également bien représentés

dans les échantillons. La proportion de juvéniles de l'année est de 67,6% (avec une forte contribution du chevaine, de l'ablette et du barbeau) (Tableau 4.4), ce qui témoigne d'un bon échantillonnage des classes d'âge supérieures.

Tableau 4.4 - Effectifs et proportions de juvéniles de l'année échantillonnés dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon en 2017. La contribution (%age) des juvéniles de l'année de chacune des espèces présentes est indiquée (effectifs de 0+ de l'espèce / effectif total de 0+) ainsi que le nombre d'espèces pour lesquelles des poissons de l'année ont été échantillonnés sont indiqués. Les valeurs supérieures à 10% ont été surlignées en bleu.

2017	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon
Eff 0+	1039	1226	1405
%age 0+	73,6%	73,4%	67,6%
ABL	0	13,6%	15,7%
BAF	21,6%	31,8%	10,2%
BLE	0	0	0,1%
BLN	0,3%	0	0,3%
BOU	0	0,1%	1,6%
BRB	0	0	0,1%
BRE	0	0,1%	0,1%
BRO	0,3%	0,7%	0,7%
CCO	0	0	0
CHA	0	0,1%	0,1%
CHE	50,8%	19,4%	33,6%
EPI	1,4%	0,2%	1,4%
GAR	0	9,5%	0,2%
GOU	4,1%	7,3%	8,7%
GRE	0,2%	0	0
HOT	0	3,4%	2,6%
LOF	4,1%	1,1%	1,8%
OBR	0,7%	0,4%	0,2%
PCH	0	0	0
PER	0	0	0,8%
PES	0,2%	0	0,4%
PSR	0	0	0,3%
ROT	0	0	0,4%
SAN	0	0	0
SIL	0,4%	0,2%	0,4%
SPI	0,5%	6,3%	14,6%
TAN	0,4%	0,7%	1,5%
TRF	0	0,1%	0,1%
VAI	14,4%	1,0%	3,1%
VAN	0,6%	4,0%	1,2%
Nb esp	15	19	26

Afin de fournir une image synthétique de l'évolution temporelle des assemblages de poissons dans les 3 vieux-Rhône, une analyse regroupant l'ensemble des données post-augmentation de débit réservé (2004-2017) a été effectuée. Une analyse des structures en classes de tailles a été réalisée sur l'ensemble des poissons mesurés et pour chaque année d'échantillonnage dans le but de mettre en évidence les composantes faunistiques responsables de l'évolution des assemblages de poissons au cours de la période post-augmentation de débit. La première classe de tailles concerne les poissons issus de la reproduction de l'année (0+), pour les poissons d'âge supérieur et pour les espèces numériquement bien représentées, un découpage en plusieurs (2 à 4) classes de tailles a été réalisé afin de mieux décrire la structure du peuplement (Tableau 4.5). Ce découpage permet d'identifier la part de la variabilité temporelle des effectifs imputable au succès de reproduction pour une année donnée.

Le tableau traité renferme renfermant les effectifs des poissons appartenant à une classe de taille donnée pour une espèce donnée (en colonne) pour chacun des secteurs et chacune des années d'échantillonnage (en ligne), soit 69 colonnes correspondant aux différentes entités faunistiques (espèces-classes-de-tailles) et 39 campagnes automnales de pêches (couples station-date, 14 pour le vieux-Rhône de Chautagne, 13 pour Belley et 12 pour Brégnier-Cordon). Les effectifs par classe de tailles pour chacune des espèces ont été recalculés en standardisant l'effort d'échantillonnage (50 E.P.A.) pour les trois secteurs.

Analyse

Une analyse en composantes principales centrée par colonne (ACP) intra-secteurs (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon) (Dolédec & Chessel, 1989) a été effectuée sur ce jeu de données. L'analyse a pour objectif d'optimiser la description de la variabilité temporelle au sein de chaque secteur et de comparer l'évolution temporelle du peuplement entre les différents secteurs. L'analyse statistique a été réalisée sur des données préalablement transformées (Log (effectif +1)) afin de réduire l'impact des très forts effectifs (essentiellement conditionnés par le caractère généralement grégaire des juvéniles de poissons) sur les résultats observés.

Tableau 4.5 - Effectifs caractéristiques des classes de tailles retenues pour chacune des espèces. 0+ désigne les poissons de l'année, les limites supérieures des classes de tailles des poissons d'âge 0+ (x dans le tableau) sont variables suivant la station et l'année considérées.

Espèce	Classes de tailles			
	1	2	3	4
ABL	0+	[x,12[	>12	
ANG	toutes tailles			
BAF	0+	[x,12[	[12,18[	>18
BBG	toutes tailles			
BLE	0+	>x		
BLN	0+	>x		
BOU	0+	>x		
BRB	0+	>x		
BRE	0+	>x		
BRO	0+	>x		
CCO	0+	>x		
CHA	0+	>x		
CHE	0+	[x,12[	[12,18[	>18
EPI	0+	>x		
GAR	0+	[x,12[	[12,18[	>18
GOU	0+	[x,12[	>12	
GRE	0+	>x		
HOT	0+	[x,12[	[12,18[	>18
LOF	0+	>x		
LOT	toutes tailles			
OBR	0+	>x		
PER	0+	>x		
PES	0+	>x		
PSR	0+	>x		
ROT	0+	>x		
SAN	toutes tailles			
SIL	0+	>x		
SPI	0+	>x		
TAN	0+	>x		
TRF	0+	[x,16[	>16	
VAI	0+	>x		
VAN	0+	>x		

Résultats

Les deux premiers axes de l'analyse prennent en compte 30,8 % de l'inertie du tableau de données (axe 1 : 20,6%, axe 2 : 10,2%).

Les premières classes de tailles (0+) des espèces les mieux représentées numériquement dans les échantillons (goujon, gardon, spirin, barbeau, chevaine, ablette et dans une moindre mesure vandoise) se positionnent à droite dans le plan défini par les deux premiers axe des

l'ACP (Figure 4.3, valeurs positives sur l'axe 1, en vert sur graphique). L'axe 1 met donc en évidence un gradient d'abondance dans les pêches, fortement déterminé par les juvéniles de l'année des espèces sus-citées. L'axe 2 oppose globalement les juvéniles de l'année, notamment de gardon, de hotu, d'ablette et de vandoise (valeurs négatives sur l'axe 2) à des poissons plus âgés (chevaine, barbeau, goujon, valeurs positives sur l'axe 2, en rouge sur graphique).

La représentation de l'évolution temporelle des coordonnées factorielles des lignes (pêches) dans le même plan factoriel (axe 1 * axe 2) (Figures 4.4, 4.5 et 4.6) permet, pour chacun des trois secteurs, d'identifier la trajectoire temporelle définie par le contenu faunistique des pêches réalisées. Les pêches situées dans partie droite du plan étant celles pour lesquelles les abondances de juvéniles (marqués en vert sur la Figure 4.3) étaient importantes. À l'inverse, les pêches marquées par des abondances de juvéniles de l'année relativement faibles sont positionnées du côté gauche du plan. L'ordination sur le deuxième axe est conditionnée par les proportions des juvéniles de l'année des différentes espèces. Par exemple, des proportions plus fortes de 0+ de barbeaux et/ou de chevaines auront tendance à induire un positionnement du côté positif de l'axe 2. Les résultats (figures 4.4 à 4.6) montrent que le succès de reproduction, exprimé par le nombre de juvéniles échantillonnés et donc la position des pêches du côté droit du plan factoriel, est généralement plus fréquent dans les vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon qu'en Chautagne. Ceci est probablement à mettre en relation avec la longueur des tronçons court-circuités et la diversité des habitats au sein des vieux-Rhône. Le vieux-Rhône de Chautagne est relativement court par rapport aux deux autres et l'abondance et la diversité des bras sont moindres.

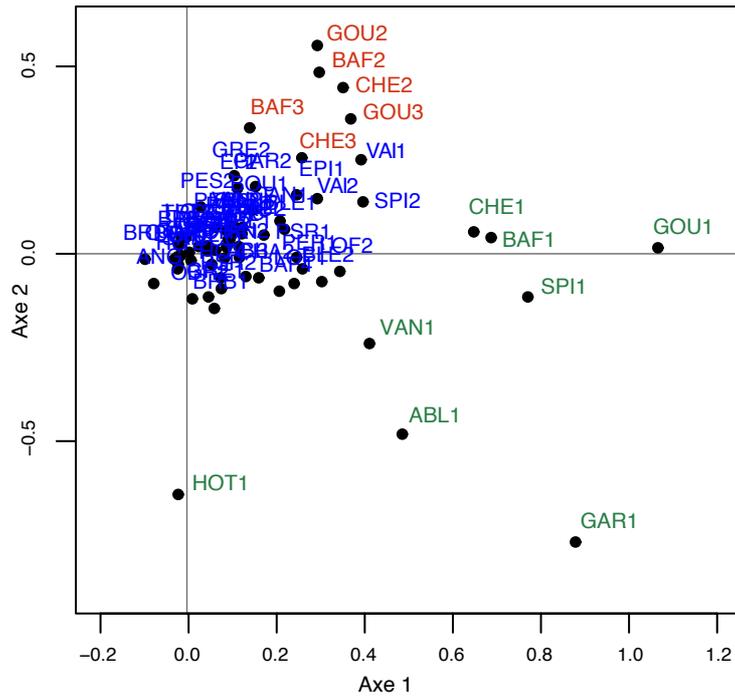


Figure 4.3 – Projection des coordonnées factorielles des entités faunistiques (couples espèces-classes de tailles) dans le plan défini par les deux premiers axes de l'ACP intra-secteurs.

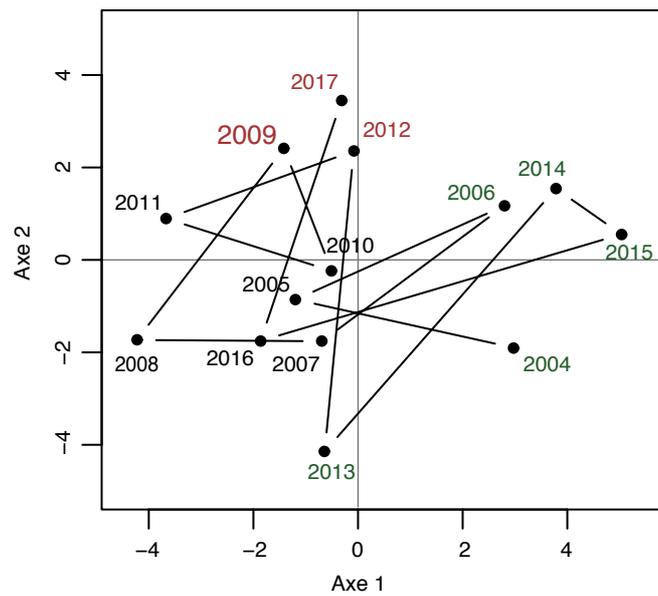


Figure 4.4 - Projection des coordonnées factorielles dans le plan défini par les deux premiers axes de l'ACP intra-secteurs des pêches réalisées dans le vieux-Rhône de Chautagne. Les traits relient entre elles deux dates consécutives et définissent une trajectoire temporelle.

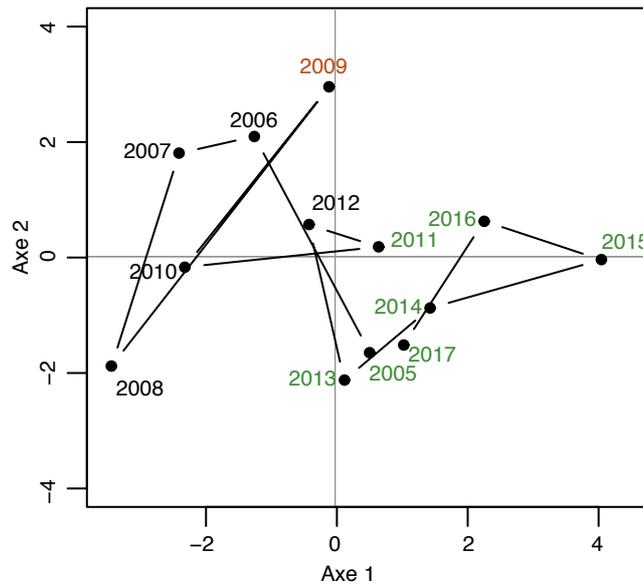


Figure 4.5 - Projection des coordonnées factorielles dans le plan défini par les deux premiers axes de l'ACP intra-secteurs des pêches réalisées dans le vieux-Rhône de Belley. Les traits relient entre elles deux dates consécutives et définissent une trajectoire temporelle.

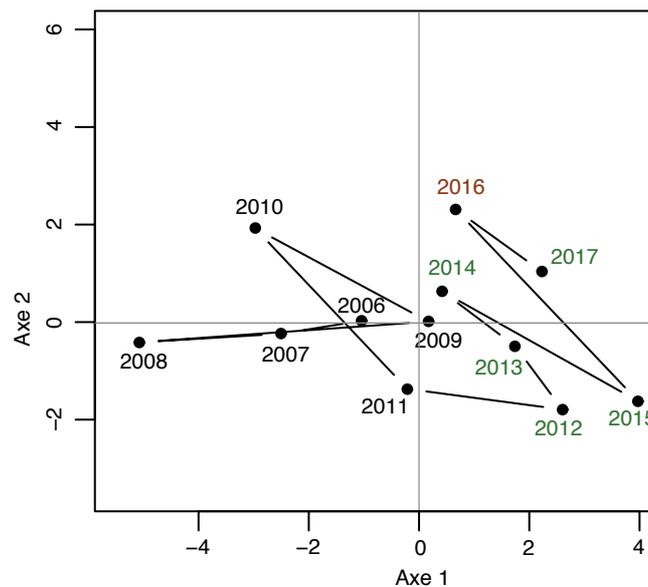


Figure 4.6 - Projection des coordonnées factorielles dans le plan défini par les deux premiers axes de l'ACP intra-secteurs des pêches réalisées dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Les traits relient entre elles deux dates consécutives et définissent une trajectoire temporelle.

L'analyse de l'évolution temporelle des valeurs des coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP (Figure 4.7) met en évidence une certaine synchronie pour les trois secteurs, témoignant de l'effet potentiellement majeurs des facteurs hydro-climatiques régionaux (pluviosité, hydrologie, régime thermique) dans le déterminisme du succès annuel de la reproduction. L'amplitude de variation des valeurs des coordonnées semble être plus importante en Chautagne, sans doute en raison de la simplicité structurelle du système fluvial

dans ce secteur ; limitant la capacité pour les espèces de poissons d'utiliser la mosaïque d'habitats de la plaine alluviale comme à Belley ou à Brégnier-Cordon et ainsi de restreindre l'impact potentiel des augmentations de débits sur le succès de reproduction..

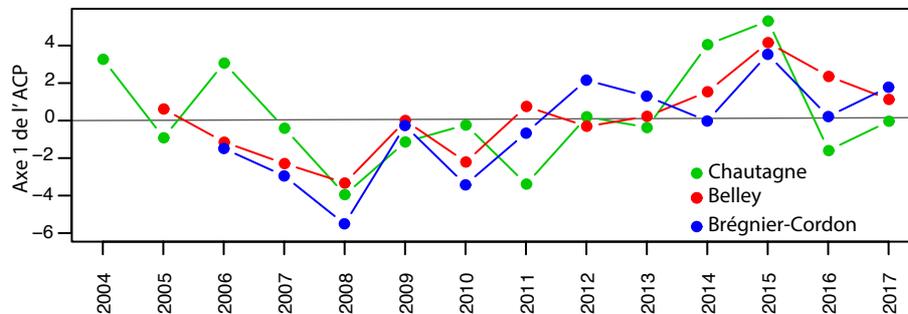


Figure 4.7 – Projection des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP intra-secteurs des pêches réalisées dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Les valeurs sont représentées dans un ordre chronologique.

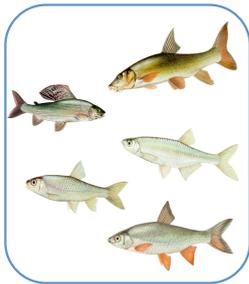
Réponse à l'augmentation des débits réservés : évolution de la proportion d'espèces d'eau courantes

La proportion d'espèces d'eau courantes (i.e. les espèces fortement inféodées aux habitats courants et profonds) est une métrique qui renseigne sur les modifications de structure de peuplement de poissons consécutives à l'augmentation des débits réservés dans le Rhône.

Sur les trois secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, l'augmentation de la valeur de cette métrique est surtout marquée en Chautagne (Figure 4.8).

Pour le vieux-Rhône de Chautagne, la valeur moyenne post-augmentation de débit réservé est de 22,6% (Tableau 4.6) et elle est majoritairement due à une augmentation de la proportion de barbeaux fluviatiles (Tableaux 4.6 et 4.7).

Haut-Rhône



Chautagne
Post

Belley

Brégnier-Cordon

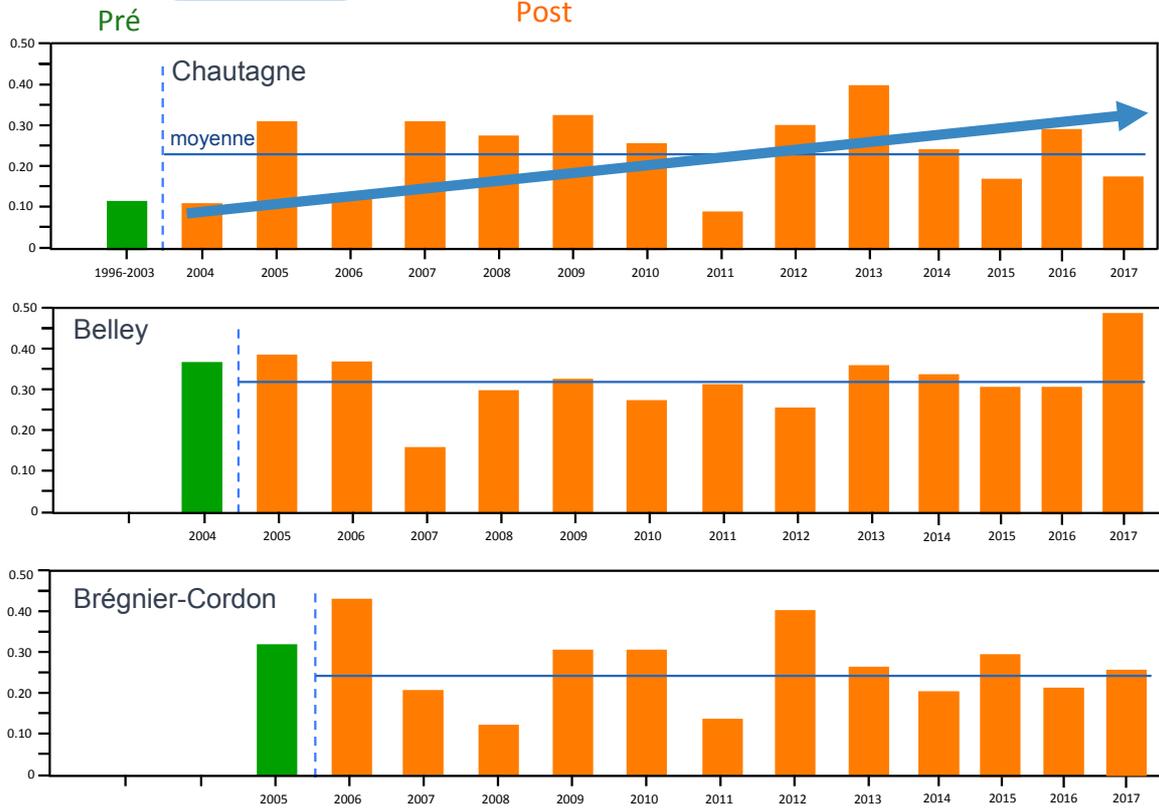


Figure 4.8 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les 3 vieux – Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation.

Tableau 4.6 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Chautagne depuis l’augmentation des débits réservés en 2004. %EC : proportion d’espèces d’eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2004 - 2017 sont surlignées en vert. L’abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d’eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2004-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2004	1775	20	9,3%	2,0%	4,8%	0,1%	0,5%	1,9%
2005	1409	20	30,9%	17,2%	7,7%	5,7%	0,1%	0,1%
2006	1566	19	13,3%	1,3%	11,1%	0,1%	0,0%	0,8%
2007	707	18	30,7%	20,2%	2,3%	1,1%	1,7%	5,4%
2008	672	19	27,4%	0,6%	19,9%	6,4%	0,3%	0,1%
2009	986	15	31,8%	4,2%	27,0%	0,0%	0,7%	0,0%
2010	1140	20	21,8%	5,1%	16,1%	0,4%	0,0%	0,3%
2011	456	17	8,1%	1,5%	4,6%	0,0%	2,0%	0,0%
2012	1326	19	30,4%	3,6%	26,6%	0,1%	0,0%	0,1%
2013	873	20	39,2%	22,1%	11,9%	5,0%	0,1%	0,0%
2014	2765	23	23,9%	0,7%	23,0%	0,0%	0,1%	0,2%
2015	2545	20	18,0%	2,0%	15,9%	0,0%	0,1%	0,1%
2016	648	14	29,2%	0,9%	27,9%	0,0%	0,2%	0,2%
2017	1413	18	18,3%	0,0%	17,1%	0,0%	0,5%	0,7%
2004-2017	18281	28	22,6%	4,7%	15,9%	1,0%	0,3%	0,6%
Moyenne	1306	19	24,2%	5,8%	15,4%	1,4%	0,4%	0,7%

Tableau 4.7 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2004 à 2017 dans le vieux-Rhône de Chautagne. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2004-2017 » est calculée globalement sur la période 2005-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2004	165	21,8%	51,5%	0,6%	5,5%	20,6%
2005	435	55,9%	24,8%	18,6%	0,2%	0,5%
2006	209	9,6%	83,3%	1,0%	0,0%	6,2%
2007	217	65,9%	7,4%	3,7%	5,5%	17,5%
2008	184	2,2%	72,8%	23,4%	1,1%	0,5%
2009	314	13,1%	84,7%	0,0%	2,2%	0,0%
2010	249	23,3%	73,5%	2,0%	0,0%	1,2%
2011	37	18,9%	56,8%	0,0%	24,3%	0,0%
2012	403	11,9%	87,6%	0,2%	0,0%	0,2%
2013	342	56,4%	30,4%	12,9%	0,3%	0,0%
2014	662	2,7%	95,9%	0,2%	0,5%	0,8%
2015	459	11,1%	88,0%	0,0%	0,4%	0,4%
2016	189	3,2%	95,8%	0,0%	0,5%	0,5%
2017	259	0,0%	93,4%	0,0%	2,7%	3,9%
2004-2017	4124	21,0%	70,5%	4,5%	1,3%	2,7%

Dans le Vieux-Rhône de **Belley**, la valeur moyenne de la proportion d’espèces d’eau courante après augmentation du débit réservé est de 32,1% (Tableau 4.8). La valeur de cette métrique a été relativement élevée en 2017 en raison d’une très forte proportion de barbeaux (dont 73% de juvéniles de l’année) et, dans une moindre mesure, d’ablettes (dont 96% de juvéniles de l’année) (Tableau 4.9). La vandoise est très régulièrement échantillonnée dans le

vieux-Rhône de Belley (toutes les classes d'âges) et cette espèce contribue de manière régulière à la guilde des espèces d'eau courante (Tableaux 4.8 et 4.9).

Tableau 4.8 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Belley depuis l'augmentation des débits réservés en 2005. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2005 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guilde des espèces d'eau courante (affectonnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2005-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2005	1614	22	38,6%	4,3%	11,0%	9,4%	0,3%	13,7%
2006	1029	21	36,3%	7,7%	16,0%	1,3%	0,0%	11,4%
2007	794	24	15,7%	4,5%	9,1%	1,3%	0,6%	0,3%
2008	543	21	30,8%	1,1%	17,1%	2,4%	1,3%	8,8%
2009	1276	24	32,1%	0,9%	23,5%	0,0%	0,5%	7,2%
2010	839	28	27,2%	2,4%	21,5%	0,6%	1,1%	1,7%
2011	1475	22	30,9%	13,7%	11,7%	0,7%	2,4%	2,4%
2012	1267	26	25,7%	0,3%	19,7%	0,9%	1,7%	3,0%
2013	1873	25	35,2%	1,2%	26,4%	3,0%	0,7%	3,8%
2014	1607	22	33,4%	4,5%	17,6%	0,2%	0,9%	10,1%
2015	4090	23	31,3%	2,6%	27,3%	0,1%	0,5%	0,9%
2016	2271	27	31,3%	0,7%	28,6%	0,5%	0,7%	0,8%
2017	1671	23	49,0%	10,4%	32,1%	2,5%	0,4%	3,5%
2005-2017	20349	32	33,0%	4,0%	22,0%	1,6%	0,8%	4,5%
Moyenne	1565	24	32,1%	4,2%	20,1%	1,8%	0,9%	5,2%

Tableau 4.9 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guilde des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2005 à 2017 dans le vieux-Rhône de Belley. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2005-2017 » est calculée globalement sur la période 2005-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2005	623	11,1%	28,4%	24,2%	0,8%	35,5%
2006	374	21,1%	44,1%	3,5%	0,0%	31,3%
2007	125	28,8%	57,6%	8,0%	4,0%	1,6%
2008	167	3,6%	55,7%	7,8%	4,2%	28,7%
2009	410	2,9%	73,2%	0,0%	1,5%	22,4%
2010	228	8,8%	78,9%	2,2%	3,9%	6,1%
2011	456	44,3%	37,7%	2,4%	7,7%	7,9%
2012	326	1,2%	76,7%	3,7%	6,7%	11,7%
2013	659	3,5%	75,0%	8,6%	2,1%	10,8%
2014	537	13,4%	52,7%	0,7%	2,8%	30,4%
2015	1281	8,3%	87,0%	0,2%	1,6%	2,9%
2016	710	2,1%	91,4%	1,5%	2,4%	2,5%
2017	818	21,3%	65,5%	5,1%	0,9%	7,2%
2005-2017	6714	12,2%	66,8%	4,9%	2,4%	13,6%

Dans le Vieux-Rhône de **Brégnier-Cordon** l'augmentation de débit minimum ne concerne que le tronçon à l'amont de la confluence avec le Guiers (passage de 25 à 65 m³.s⁻¹), les modifications des caractéristiques hydrauliques des habitats au sein du vieux-Rhône sont donc beaucoup moins marquées qu'en Chautagne ou à Belley. Comme dans le vieux-Rhône de Belley, la diversité de bras latéraux et de îlons est importante. La proportion d'espèces d'eau courante est restée voisine de la valeur pré-modification du débit réservé, la valeur moyenne sur la période 2006-2017 est de 24,7% (Tableau 4.10). Parmi les cinq espèces de cette guildes, le barbeau et l'ablette sont celles qui contribuent le plus (Tableau 4.10 et 4.11).

Tableau 4.10 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis l'augmentation des débits réservés en 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2006	1084	21	40,4%	16,5%	17,4%	4,3%	0,0%	2,1%
2007	742	24	19,7%	9,2%	4,4%	2,8%	0,0%	3,2%
2008	343	19	12,0%	0,3%	9,9%	0,9%	0,0%	0,9%
2009	1200	22	25,3%	5,2%	17,3%	0,8%	0,0%	2,0%
2010	748	24	25,3%	2,3%	20,1%	1,1%	0,0%	1,9%
2011	1367	24	12,6%	6,5%	3,5%	0,5%	0,0%	2,0%
2012	1863	28	39,5%	9,0%	22,3%	3,1%	0,1%	5,0%
2013	1467	26	26,3%	6,7%	16,4%	2,5%	0,0%	0,7%
2014	1057	24	20,1%	3,9%	11,9%	0,9%	0,2%	3,1%
2015	2966	30	29,7%	4,7%	21,2%	2,9%	0,0%	0,9%
2016	1637	30	21,0%	0,9%	17,4%	0,7%	0,1%	2,0%
2017	2077	28	25,1%	12,2%	9,8%	1,8%	0,1%	1,1%
2006-2017	16551	36	26,4%	6,8%	15,5%	2,0%	0,0%	2,0%
Moyenne	1379	25	24,7%	6,4%	14,3%	1,9%	0,0%	2,1%

Tableau 4.11 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2017 dans le vieux-Rhône de Brégner-Cordon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2006-2017 » est calculée globalement sur la période 2006-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2006	438	40,9%	43,2%	10,7%	0,0%	5,3%
2007	146	46,6%	22,6%	14,4%	0,0%	16,4%
2008	41	2,4%	82,9%	7,3%	0,0%	7,3%
2009	304	20,4%	68,4%	3,3%	0,0%	7,9%
2010	189	9,0%	79,4%	4,2%	0,0%	7,4%
2011	172	51,7%	27,9%	4,1%	0,0%	16,3%
2012	736	22,8%	56,5%	7,9%	0,1%	12,6%
2013	386	25,4%	62,2%	9,6%	0,0%	2,8%
2014	212	19,3%	59,4%	4,7%	0,9%	15,6%
2015	882	15,8%	71,2%	9,8%	0,1%	3,2%
2016	343	4,1%	83,1%	3,2%	0,3%	9,3%
2017	521	48,8%	39,2%	7,3%	0,6%	4,2%
2006-2017	4370	25,9%	58,6%	7,7%	0,2%	7,7%

4.3.2 Canal de Miribel (annexe 4.2)

Le suivi de peuplement de poissons du Canal de Miribel a débuté en 2007. Quatre stations réparties entre l'aval du barrage de Jons et la restitution sont échantillonnées chaque année.

Le débit réservé dans le Canal de Miribel n'a pas été modifié en janvier 2014 et les valeurs restent comprises entre 30 et 60 m³.s⁻¹. Il n'y a donc actuellement aucune attente particulière en termes de modification de la structure du peuplement en lien avec les caractéristiques de l'habitat hydraulique dans ce vieux-Rhône

Au cours de la période 2007-2017, 22 212 poissons appartenant à 28 espèces ont été capturés (annexe 4.2). Les espèces les plus abondantes dans les échantillons sont le spirilin (34,4 %), le vairon (26,4%) et le barbeau (15,4%). En 2017, l'abondance relative du vairon était de 44,1%, celle du spirilin de 19,7%, celle du chevaine de 13 % et celle du barbeau de 11% (Figure 4.9). Ni l'ombre commun ni la truite fario n'ont été échantillonnés entre 2007 et 2017. Les espèces lémitophiles (tanche, rotengle, bouvière) ne sont rencontrées que de manière accidentelle, témoignant de la rareté des annexes lenticues dans ce tronçon du Rhône.

L'examen de l'évolution de la proportion d'espèces d'eau courante au cours de la période d'échantillonnage (Tableau 4.12 & Figure 4.10) montre que les valeurs varient entre 7,7% (2008) et 37,7% (2011). La valeur moyenne calculée sur la période 2007-2017 est de 20,8%. Le barbeau est l'espèce de la guildes qui contribue majoritairement à la proportion d'espèces

d'eau courante dans les échantillons, le hotu et l'ablette contribuent de manière beaucoup moins marquée et variable suivant les années mais parfois significative, (Tableaux 4.12 et 4.13), essentiellement en fonction du succès de reproduction. En 2016 par exemple, la contribution de l'ablette était de 21,5%.



Figure 4.9 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le Canal de Miribel. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.12 – Synthèse des résultats acquis dans le Canal de Miribel depuis 2007. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2007 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2007-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	788	16	11,4%	0,3%	10,0%	1,0%	0,1%
2008	1639	15	7,7%	0,3%	3,5%	4,0%	0,0%
2009	1383	18	11,1%	0,7%	7,4%	2,0%	0,9%
2010	2630	16	21,9%	0,7%	16,7%	4,5%	0,0%
2011	3126	18	37,7%	4,6%	17,5%	15,6%	0,1%
2012	1009	22	34,3%	4,3%	21,9%	7,8%	0,3%
2013	3027	20	19,2%	0,8%	17,5%	0,7%	0,1%
2014	2027	19	27,1%	1,8%	16,6%	8,7%	0,0%
2015	3182	18	22,0%	1,1%	20,8%	0,2%	0,0%
2016	1404	16	22,0%	4,5%	16,0%	0,4%	0,0%
2017	1997	16	14,2%	1,8%	11,2%	1,3%	0,1%
2007-2017	22212	28	20,9%	1,9%	15,4%	4,6%	0,1%
Moyenne	2019	18	20,8%	1,9%	14,4%	4,2%	0,1%

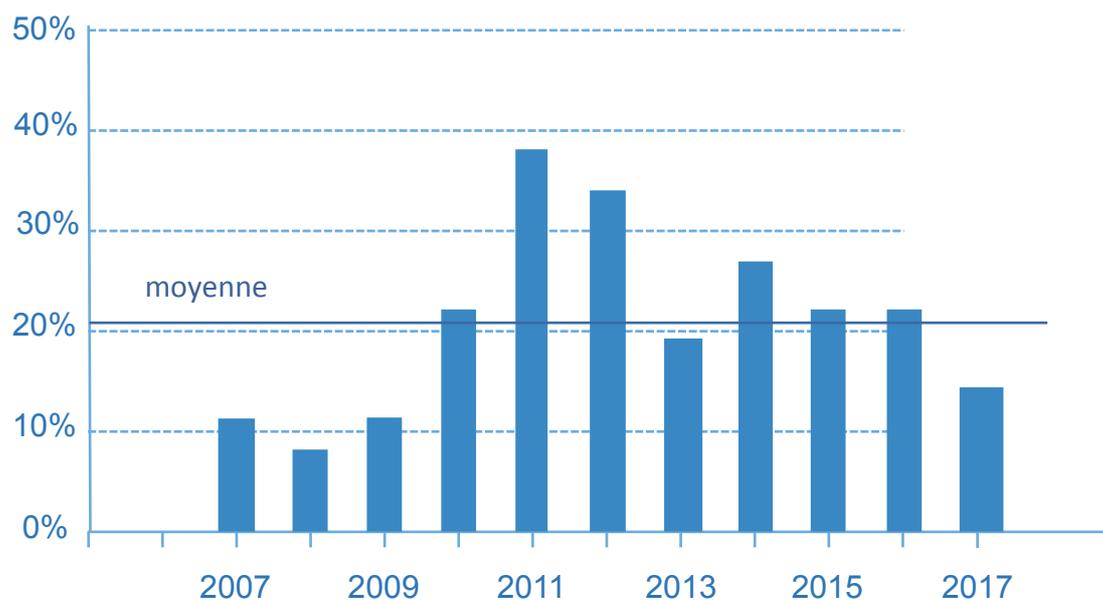


Figure 4.10 - Évolution de la proportion d'espèces d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, vandoise) au cours de la période 2007-2017) dans le Canal de Miribel. Le trait bleu continu horizontal indique la valeur de la moyenne calculée sur la période.

Tableau 4.13 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2017 dans le Canal de Miribel. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2007-2017 » est calculée globalement sur la période 2007-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	90	2,2%	87,8%	8,9%	1,1%
2008	127	3,9%	44,9%	51,2%	0,0%
2009	153	6,5%	66,7%	18,3%	8,5%
2010	576	3,3%	76,0%	20,7%	0,0%
2011	1178	12,1%	46,3%	41,3%	0,2%
2012	346	12,4%	63,9%	22,8%	0,9%
2013	580	4,3%	91,6%	3,8%	0,3%
2014	550	6,7%	61,1%	32,2%	0,0%
2015	703	5,1%	94,0%	0,9%	0,0%
2016	293	21,5%	76,5%	2,0%	0,0%
2017	284	12,3%	78,5%	8,8%	0,4%
2007-2017	4880	8,6%	70,0%	20,9%	0,5%

4.3.3 Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.3)

L'évolution du peuplement de poissons du vieux Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé en septembre 2000 a été largement décrite dans les rapports précédents et dans les publications issues de ce programme (Lamouroux *et al.*, 2006, Lamouroux & Olivier, 2015) (données détaillées en annexe 4.3). Les conclusions montrent que la structure du peuplement a été modifiée suite au relèvement important du débit minimum avec une augmentation importante de la proportion des espèces d’eau courante dans ce secteur (Figure 4.11), essentiellement due à l’augmentation des proportions d’ablettes et de hotus (Figures 4.12 et 4.13 ; Tableau 4.14).

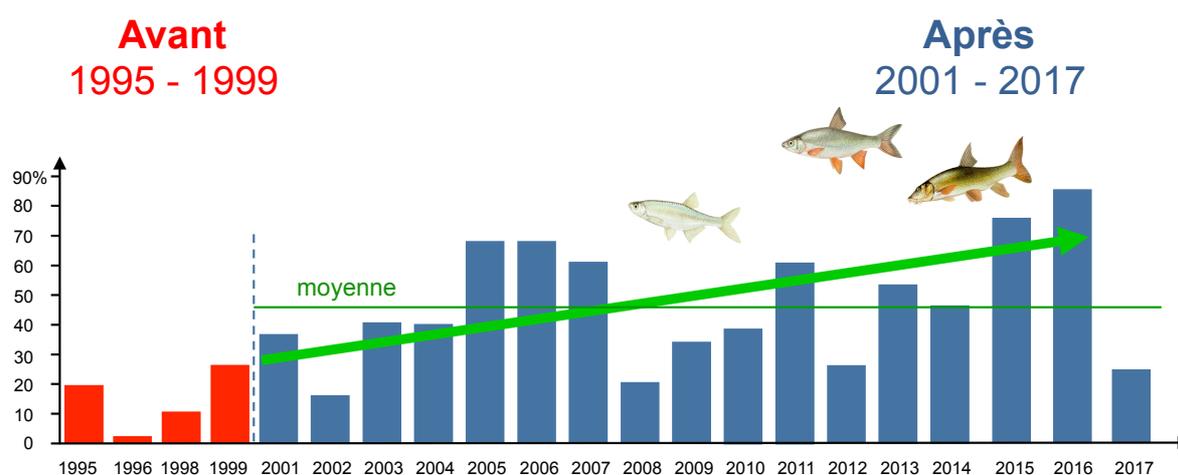


Figure 4.11 - Proportion d’espèces d’eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Pierre-Bénite. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2000-2017.

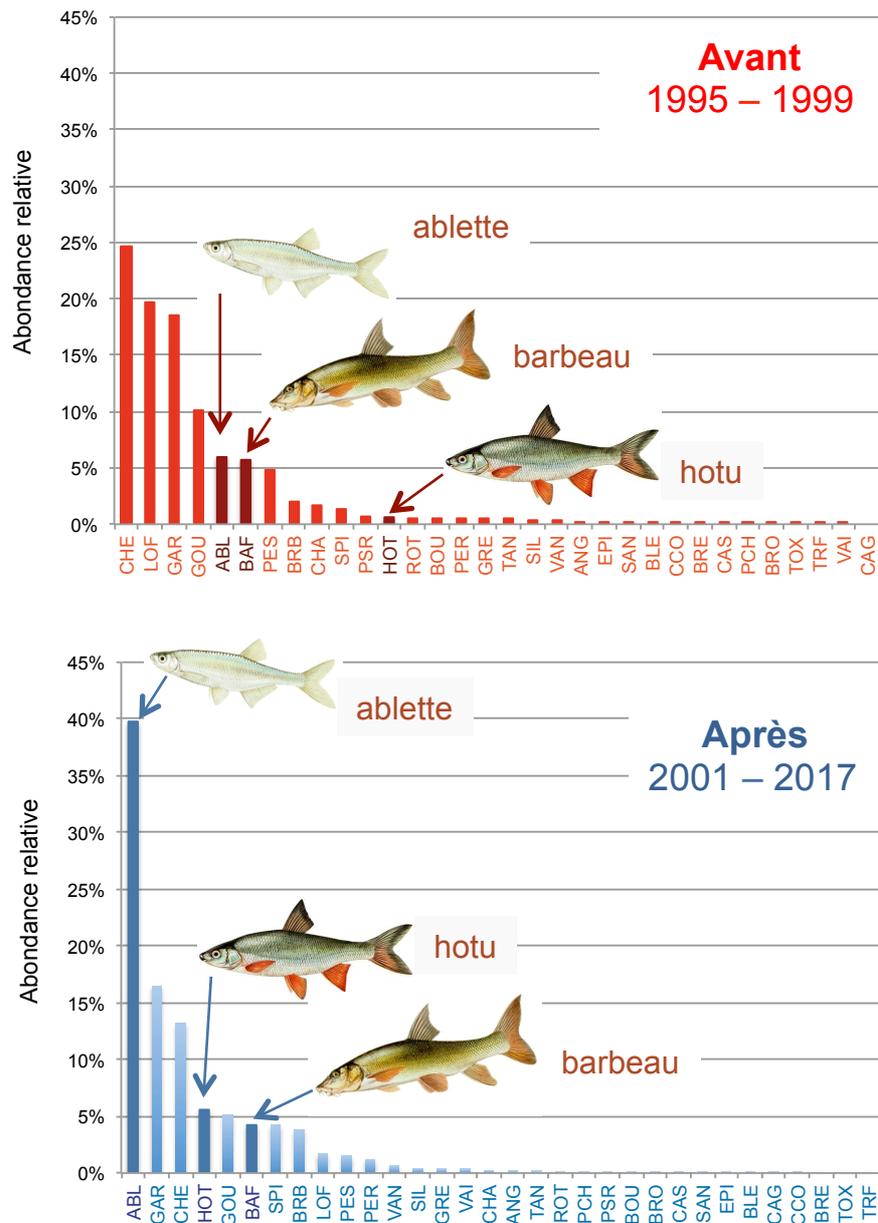


Figure 4.12 – Abondances relatives de s différentes espèces de poissons échantillonnées dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite avant (en haut) et après (en bas) augmentation du débit réservé.

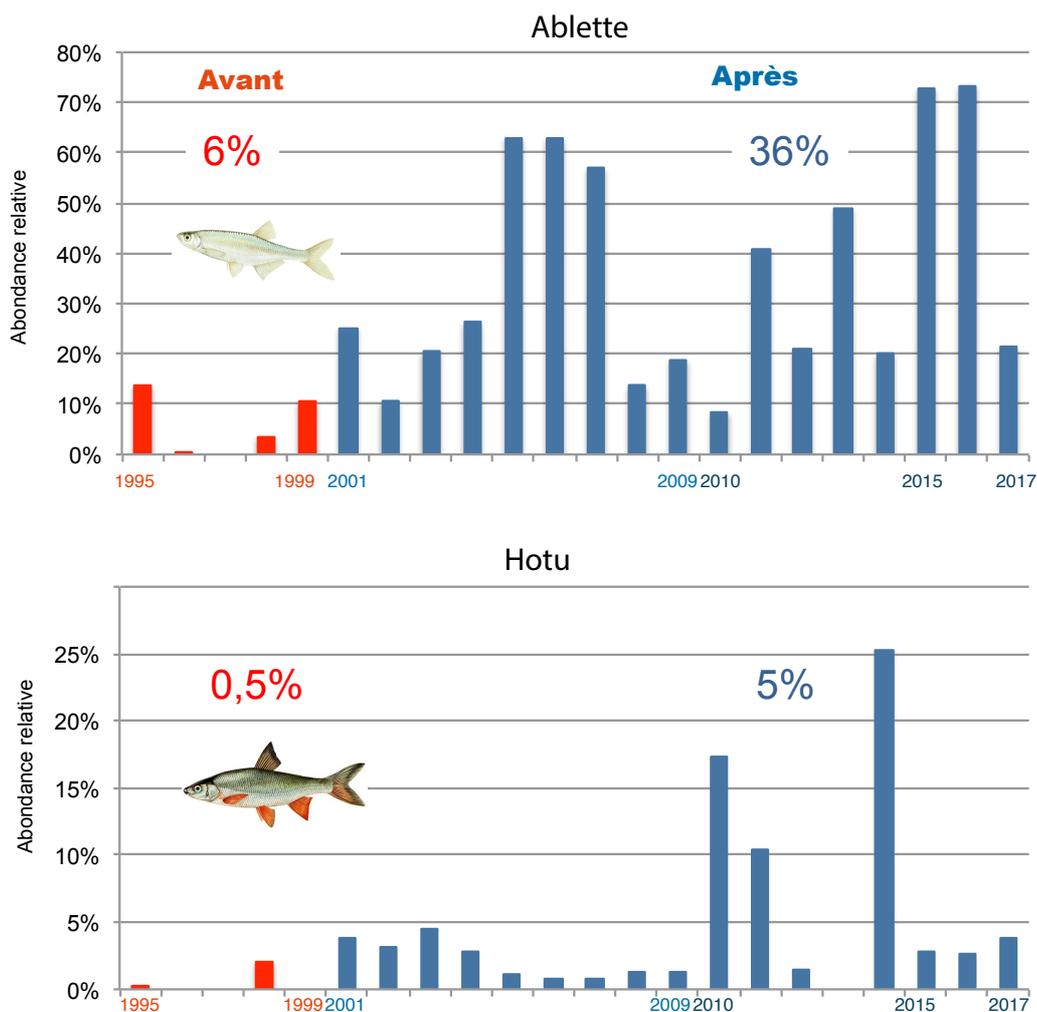


Figure 4.13 - Abondance relative de l'ablette et du hotu entre 1995 et 2017 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite.

En 2017, la proportion d'espèces d'eau courante est de 26,6% (Figure 4.11), valeur très inférieure à celles des 2 années précédentes en raison d'une forte diminution de l'abondance relative de l'ablette (Figure 4.14). La valeur moyenne sur la période 2001-2017 est de 46,4%.

L'évolution de la métrique « proportion d'espèces d'eau courante » depuis le changement de débit réservé (septembre 2000) est très fortement conditionnée par les effectifs d'ablettes, ceux-ci représentent ~40% des effectifs de poissons échantillonnés entre 2001 et 2017. La proportion des individus appartenant à cette espèce au sein de cette guildes des espèces d'eau courante est en général supérieure à 50% (sauf en 2010) et a dépassé 90% six années sur 17 (Tableau 4.15).

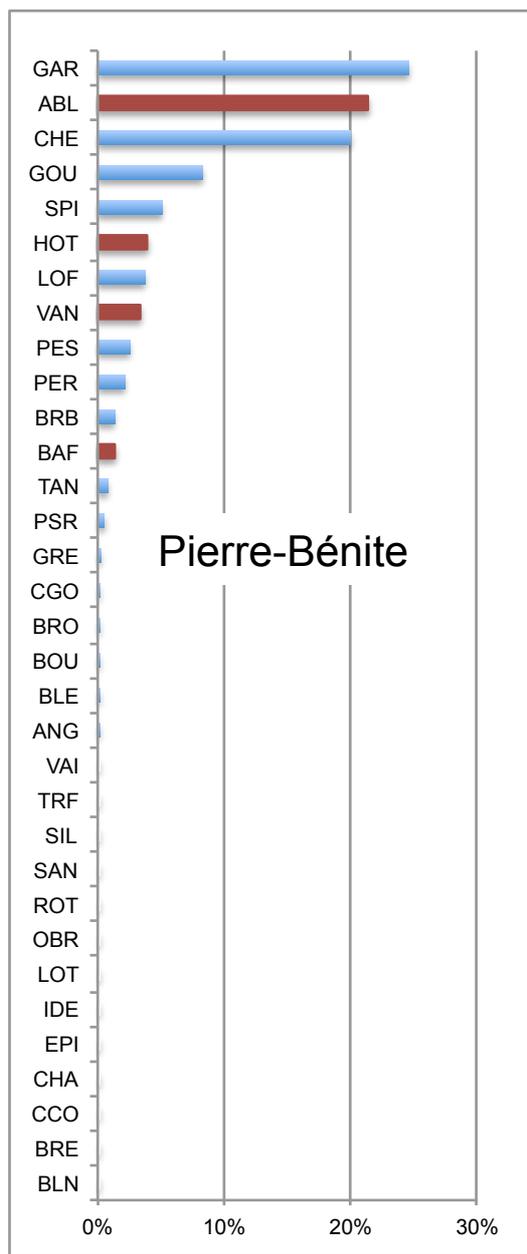


Figure 4.14 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.14 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis 2001. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2001 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2001-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	613	19	35,2%	25,3%	6,2%	3,8%	0,0%
2002	1237	22	15,7%	10,8%	1,9%	3,1%	0,0%
2003	846	22	39,4%	20,6%	12,3%	4,5%	2,0%
2004	495	23	38,6%	26,3%	7,1%	2,8%	2,4%
2005	735	20	66,5%	63,0%	2,2%	1,1%	0,3%
2006	1617	18	66,6%	62,9%	3,0%	0,7%	0,0%
2007	486	15	59,7%	57,0%	1,6%	0,8%	0,2%
2008	700	21	20,0%	13,7%	4,7%	1,3%	0,3%
2009	322	16	33,2%	18,9%	13,0%	1,2%	0,0%
2010	473	16	38,3%	8,5%	10,4%	17,3%	2,1%
2011	832	20	55,4%	41,0%	3,7%	10,3%	0,4%
2012	216	15	27,3%	20,8%	5,1%	1,4%	0,0%
2013	413	13	53,0%	49,2%	3,6%	0,0%	0,2%
2014	1339	16	47,1%	20,0%	1,3%	25,3%	0,4%
2015	1646	15	79,9%	72,7%	3,9%	2,9%	0,4%
2016	888	16	86,3%	73,4%	3,4%	2,6%	0,1%
2017	745	20	26,6%	21,3%	1,3%	3,9%	3,4%
2001-2017	13603	29	49,6%	39,8%	4,2%	5,6%	0,6%
Moyenne	800	18	46,4%	35,6%	5,0%	4,9%	0,7%

Tableau 4.15 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2001 à 2017 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2001-2017 » est calculée globalement sur la période 2001-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	216	71,8%	17,6%	10,6%	0,0%
2002	194	68,6%	11,9%	19,6%	0,0%
2003	333	52,3%	31,2%	11,4%	5,1%
2004	191	68,1%	18,3%	7,3%	6,3%
2005	489	94,7%	3,3%	1,6%	0,4%
2006	1077	94,4%	4,5%	1,1%	0,0%
2007	290	95,5%	2,8%	1,4%	0,3%
2008	140	68,6%	23,6%	6,4%	1,4%
2009	107	57,0%	39,3%	3,7%	0,0%
2010	181	22,1%	27,1%	45,3%	5,5%
2011	461	74,0%	6,7%	18,7%	0,7%
2012	59	76,3%	18,6%	5,1%	0,0%
2013	219	92,7%	6,8%	0,0%	0,5%
2014	631	42,5%	2,9%	53,7%	1,0%
2015	1315	91,0%	4,9%	3,6%	0,5%
2016	706	92,4%	4,2%	3,3%	0,1%
2017	223	71,3%	4,5%	13,0%	11,2%
2001-2017	6832	79,2%	8,4%	11,1%	1,3%

4.3.4 Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.4)

Le suivi du peuplement de poissons en lien avec la restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 2007. Entre 2007 et 2017, 28 875 poissons appartenant à 31 espèces ont été échantillonnés.

En 2017, le nombre d'individus échantillonnés a été très important (4810), atteignant presque celui de 2015 (5946). Les juvéniles de l'année de gardon représentent ~55% des effectifs totaux (Figure 4.15).

Si l'on considère les deux périodes avant et après augmentation du débit réservé (1^{er} janvier 2014), la structure du peuplement est à peu près similaire à l'exception de l'augmentation de l'abondance relative de la bouvière, du pseudorasbora et du goujon. Les effectifs de silure (toutes les classes d'âges sont présentes) ont augmenté au cours des 4 dernières années.

La modification du régime de débit réservé est récente et il est donc trop tôt pour en mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. De plus, une grande partie du vieux-Rhône reste sous l'influence du seuil de Peyraud et les changements des caractéristiques hydrauliques engendrés par la modification des débits réservés sont surtout sensibles sur la partie amont du vieux-Rhône. La proportion d'espèces d'eau courante sur ce tronçon est très variable d'une année à l'autre, elle est en particulier très liée au succès de reproduction des trois espèces de cette guildes possédant des populations viables dans le vieux-Rhône (ablette, barbeau et hotu) (Tableau 4.16).

Parmi les espèces d'eau courante, la proportion d'ablettes contribue fortement à la valeur de cette métrique, depuis 2007, les ablettes contribuent au moins à hauteur de 70% aux effectifs des espèces d'eau courante (Tableau 4.17)

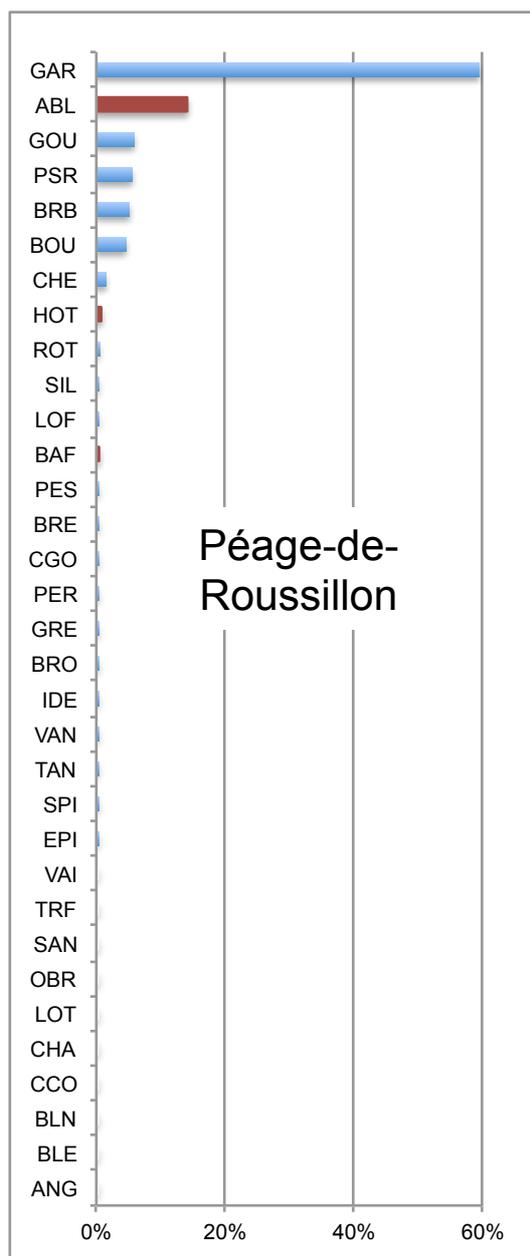


Figure 4.15 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

La modification du régime de débit réservé est récente (janvier 2014) et il est donc trop tôt pour en mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. La proportion d'espèces d'eau courante sur ce tronçon du Rhône est très variable d'une année à l'autre (Figure 4-16), elle est en particulier très liée au succès de reproduction des trois espèces de cette guildes possédant des populations viables dans le vieux-Rhône (ablette, barbeau et hotu) (Tableau 4.16).

Parmi les espèces d'eau courante, la proportion d'ablettes contribue fortement à la valeur de cette métrique, depuis 2007, les ablettes contribuent au moins à hauteur de 90% aux effectifs des espèces d'eau courante (Tableau 4.17)

Tableau 4.16 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon depuis 2007. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2007 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2007-2017.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	1338	16	28,0%	25,8%	1,0%	1,1%	0,0%
2008	1724	20	31,4%	29,9%	1,3%	0,2%	0,0%
2009	3025	25	21,1%	18,2%	0,1%	2,7%	0,0%
2010	1397	23	16,4%	13,3%	0,8%	2,3%	0,0%
2011	1843	25	13,6%	12,4%	0,3%	0,9%	0,0%
2012	1287	21	42,7%	30,5%	2,6%	9,6%	0,0%
2013	2197	20	41,2%	39,4%	1,5%	0,3%	0,0%
2014	2802	23	25,4%	22,2%	0,2%	2,9%	0,0%
2015	5946	23	46,6%	43,6%	1,2%	1,7%	0,0%
2016	2506	19	18,2%	16,4%	1,8%	0,1%	0,0%
2017	4810	23	15,2%	14,1%	0,3%	0,7%	0,0%
2007-2017	28875	31	28,2%	25,6%	0,9%	1,7%	0,0%
Moyenne	2625	22	27,2%	24,2%	1,0%	2,1%	0,0%

Tableau 4.17 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2017 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2007-2017 » est calculée globalement sur la période 2007-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	374	92,2%	3,7%	4,0%	0,0%
2008	541	95,2%	4,3%	0,6%	0,0%
2009	638	86,2%	0,6%	13,0%	0,2%
2010	229	81,2%	4,8%	14,0%	0,0%
2011	251	91,2%	2,0%	6,8%	0,0%
2012	550	71,5%	6,2%	22,4%	0,0%
2013	905	95,7%	3,5%	0,8%	0,0%
2014	711	87,6%	0,8%	11,5%	0,0%
2015	2768	93,6%	2,6%	3,8%	0,1%
2016	457	89,9%	9,6%	0,4%	0,0%
2017	731	92,7%	2,1%	4,9%	0,3%
2007-2017	8155	90,6%	3,2%	6,2%	0,1%

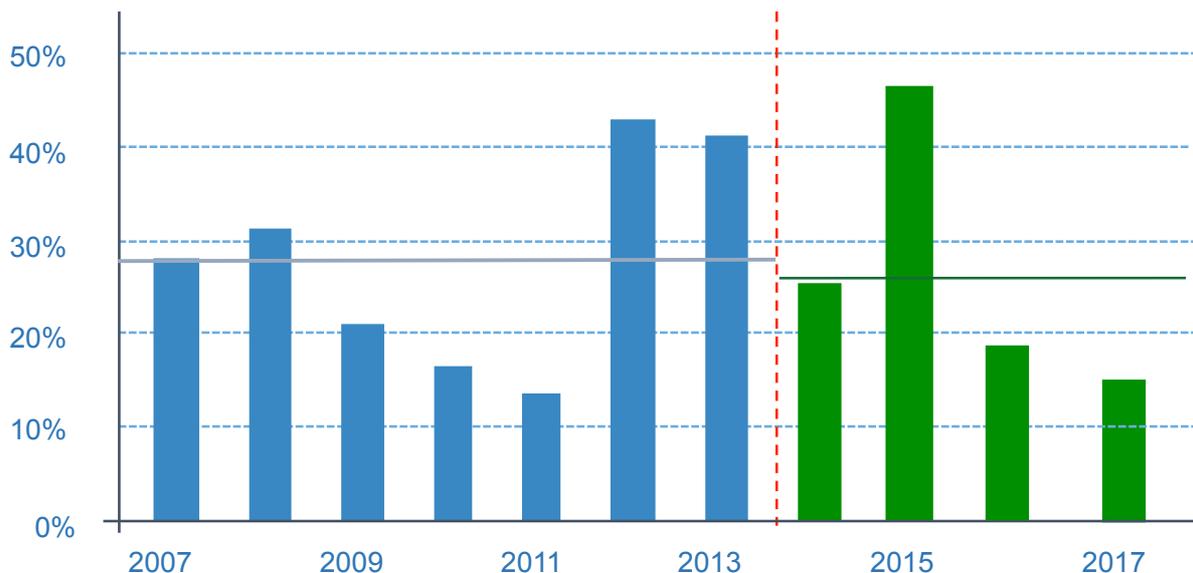


Figure 4.16 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Péage-de-Roussillon. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2007-2013, la ligne verte sur la période 2014-2017.

1.1.1 Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.5)

Le suivi du peuplement piscicole du vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a débuté en 2010. Vingt huit espèces ont été capturées au cours de cette période (annexe 4.5). La très forte proportion de vairons (26%) est une particularité du peuplement de ce vieux-Rhône. Parmi les autres espèces relativement abondantes, l'ablette représente 21% des poissons échantillonnés, le chevaine 9%, la loche franche 8,4% et le spirilin 6,5%. Cinq espèces ont des abondances relatives proches de 3% : le barbeau fluviatile, le hotu, le pseudorasbora, la bouvière et le gardon.

En 2017, le nombre total de poissons échantillonnés a été de 669, soit un peu plus du tiers des effectifs capturés en 2016. Cinq espèces ont une abondance relative supérieure à 10% : l'ablette (24,5 %), le gardon (17,8 %), le vairon (11,8 %), le chevaine (10,5 %) et le goujon (10 %) (Figure 4.17).

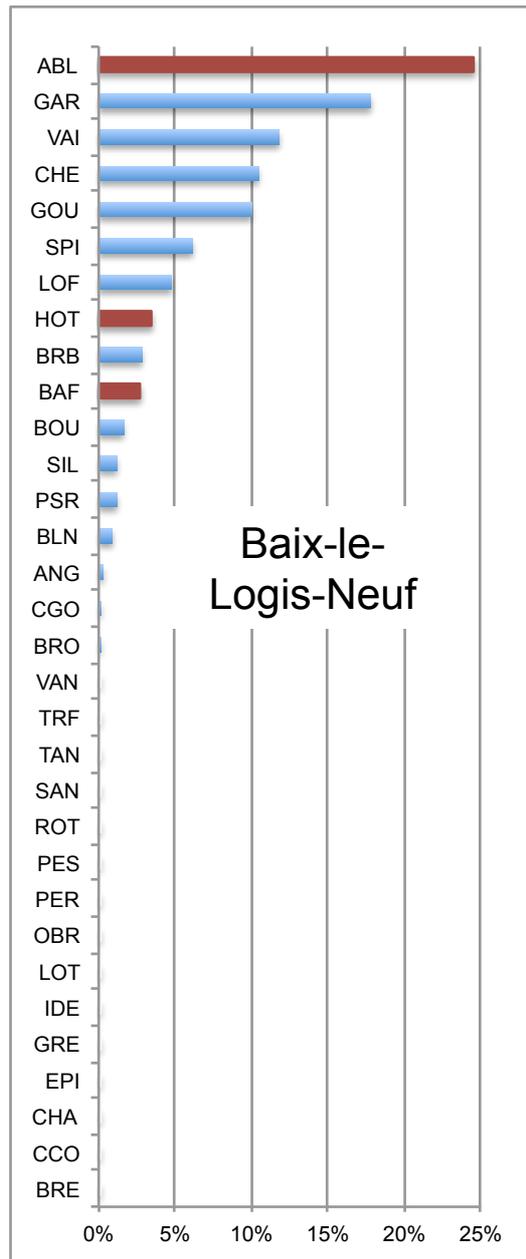


Figure 4.17 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Le débit a été fortement relevé au 1^{er} janvier 2014, seules 4 campagnes d'échantillonnage ont donc été réalisées suite à cette augmentation de débit réservé. La proportion d'espèces d'eau courante avant et après augmentation de débit est variable d'une année à l'autre (Tableau 4.18 & Figure 4-18) mais reste assez élevée depuis 3 ans en raison de proportions d'ablette relativement importantes (Tableaux 4.18 et 4.19).

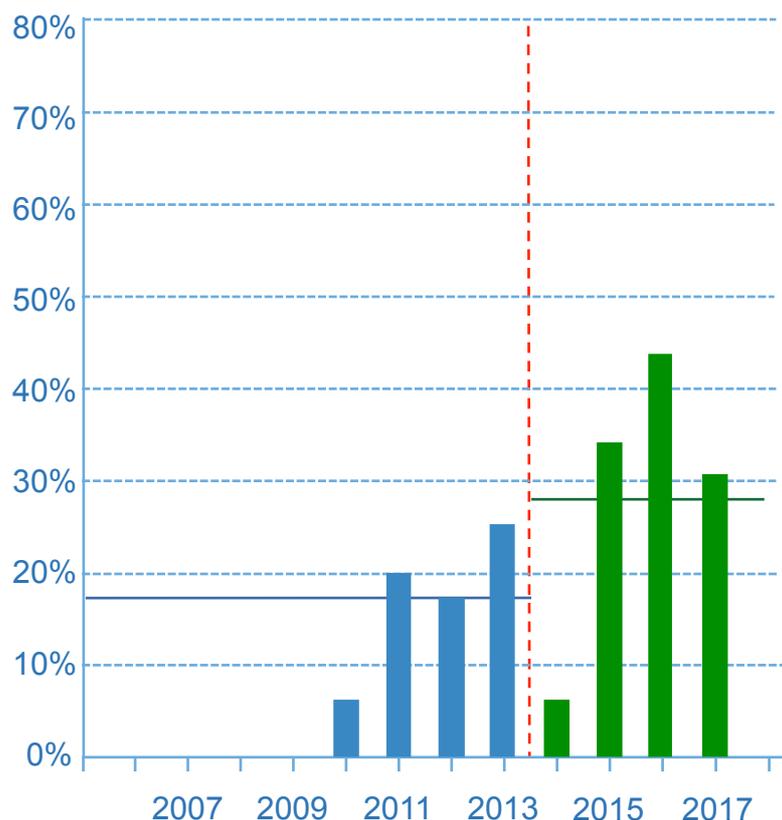


Figure 4.18 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2010-2013, la ligne verte sur la période 2014-2017.

Tableau 4.18 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf depuis 2010. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2010 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guilde des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 3 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2010-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	672	20	6,1%	2,1%	1,8%	2,2%
2011	1102	22	20,0%	9,1%	0,7%	10,2%
2012	467	14	17,3%	7,7%	4,9%	4,7%
2013	759	19	25,3%	16,6%	5,8%	2,9%
2014	273	17	6,2%	4,4%	0,4%	1,5%
2015	879	15	34,4%	25,6%	7,7%	1,0%
2016	1826	18	43,4%	39,3%	3,3%	0,8%
2017	669	17	30,6%	24,5%	2,7%	3,4%
2010-2017	6647	28	27,8%	21,0%	3,5%	3,3%
Moyenne	831	18	22,9%	16,2%	3,4%	3,3%

Tableau 4.19 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2010 à 2017 dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2010-2017 » est calculée globalement sur la période 2010-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	41	34,1%	29,3%	36,6%
2011	220	45,5%	3,6%	50,9%
2012	81	44,4%	28,4%	27,2%
2013	192	65,6%	22,9%	11,5%
2014	17	70,6%	5,9%	23,5%
2015	302	74,5%	22,5%	3,0%
2016	792	90,7%	7,6%	1,8%
2017	205	80,0%	8,8%	11,2%
2010-2017	1850	75,4%	12,6%	11,9%

4.3.6 Vieux-Rhône de Montélimar

Le suivi du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Montélimar a débuté en 2006. Entre 2006 et 2017, 29 espèces de poissons ont été échantillonnées (annexe 4.6).

Les espèces dont les abondances relatives sont les plus importantes sont : l'ablette (35,7%), le chevaine (15,3%), la brème bordelière (7,8%), le goujon et le barbeau fluviatile (7%), le gardon (5,6%), le hotu (5,7%) et la loche franche (5%).

En 2017, le nombre de poissons échantillonnés est très proche de la moyenne sur la période 2006-2017. Comme en 2016, l'abondance relative de l'ablette est très importante (72,6% ; Figure 4.19). L'abondance relative des autres espèces est inférieure à 6%.

Le débit réservé a été augmenté le 1^{er} janvier 2014 avec une valeur plancher de 75,4 m³.s⁻¹, cette modification devrait favoriser les espèces d'eau courante, en particulier l'ablette, le barbeau et le hotu. L'examen de l'évolution des proportions d'espèces d'eau courante montre une grande variabilité inter-annuelle des valeurs (Tableau 4.20 et Figure 4.20), elles sont comprises entre 26,2% (2006) et 77,8% (2017). Les variations constatées sont en majeure partie imputables à la variabilité inter-annuelle des proportions d'ablettes et dans une moindre mesure à celle des proportions de barbeaux et de hotus (Tableau 4.21).

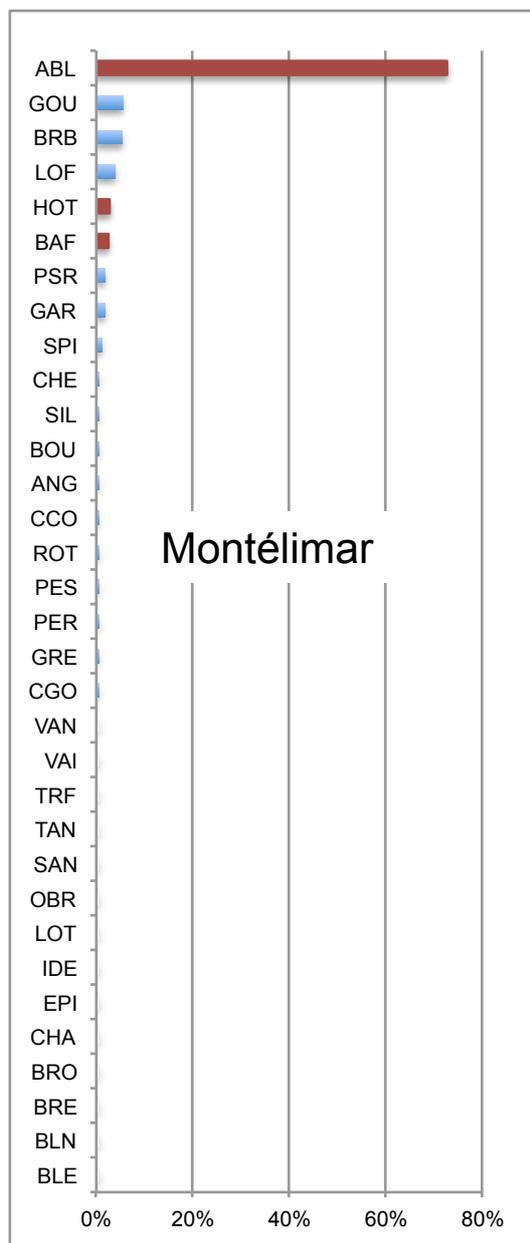


Figure 4.19 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

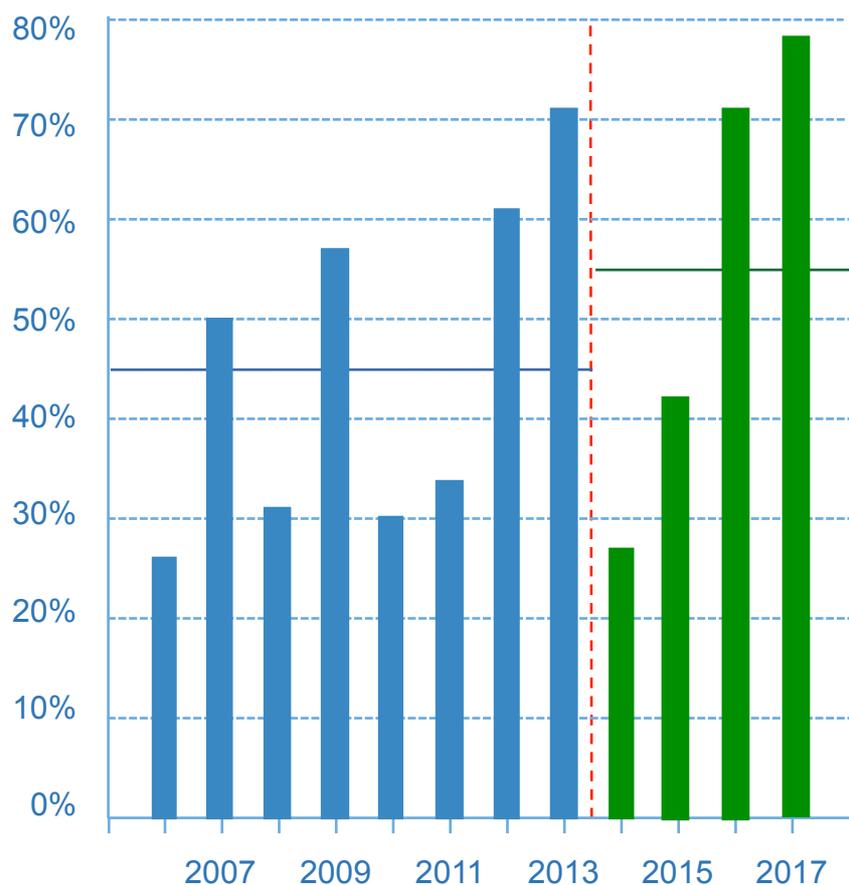


Figure 4.20 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Montélimar. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2006-2013, la ligne verte sur la période 2014-2017.

Tableau 4.20 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Montélimar depuis 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2017.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome
2006	888	24	26,2%	14,5%	7,4%	4,3%	0,0%
2007	750	18	50,0%	30,3%	4,4%	15,3%	0,0%
2008	518	21	31,5%	21,2%	4,2%	5,8%	0,2%
2009	909	19	56,5%	24,5%	16,7%	15,3%	0,0%
2010	1127	21	29,7%	21,4%	4,5%	3,8%	0,0%
2011	970	22	33,8%	21,9%	4,5%	7,4%	0,0%
2012	1046	17	61,4%	48,9%	8,3%	4,1%	0,0%
2013	606	16	70,8%	56,9%	11,9%	2,0%	0,0%
2014	980	14	27,1%	17,8%	3,0%	6,4%	0,0%
2015	959	18	42,0%	36,9%	2,7%	2,8%	0,0%
2016	1163	17	72,1%	60,4%	11,2%	0,5%	0,0%
2017	838	17	77,8%	72,6%	2,5%	2,7%	0,0%
2006-2017	10754	29	48,2%	35,7%	6,8%	5,7%	0,0%
Moyenne	896	19	48,3%	35,6%	6,8%	5,9%	0,0%

Tableau 4.21 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2017 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2006-2017 » est calculée globalement sur la période 2006-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome
2006	233	55,4%	28,3%	16,3%	0,0%
2007	375	60,5%	8,8%	30,7%	0,0%
2008	163	67,5%	13,5%	18,4%	0,6%
2009	514	43,4%	29,6%	27,0%	0,0%
2010	335	71,9%	15,2%	12,8%	0,0%
2011	328	64,6%	13,4%	22,0%	0,0%
2012	642	79,8%	13,6%	6,7%	0,0%
2013	429	80,4%	16,8%	2,8%	0,0%
2014	266	65,4%	10,9%	23,7%	0,0%
2015	407	87,0%	6,4%	6,6%	0,0%
2016	838	83,8%	15,5%	0,7%	0,0%
2017	652	93,3%	3,2%	3,5%	0,0%
2006-2017	5182	74,0%	14,1%	11,8%	0,0%

4.3.7 Vieux-Rhône de Donzère

L'échantillonnage de la faune piscicole dans le vieux-Rhône de Donzère a débuté en 2008. Les espèces numériquement dominantes dans les échantillons sont sensiblement les mêmes que celles du vieux-Rhône de Montélimar (annexe 4.7). Parmi les 28 espèces rencontrées, 7 ont une abondance relative qui dépasse 5% sur la période 2008-2016 : l'ablette (29,6%), le chevaine (13,8%), le barbeau fluviatile (10,7%), la loche franche (9,9%), le hotu (7,7%), le goujon (8,6%) et le spirin (6,4%).

La variabilité inter-annuelle des effectifs est relativement importante (annexe 4.7). Si les effectifs échantillonnés en 2015 et en 2016 étaient particulièrement élevés (respectivement 2867 ind. pour 20 espèces, et 3101 ind. Pour 17 espèces), ceux de 2017 (1553 ind.) sont proche de la moyenne sur la période 2008-2017 (1690).

En 2017, ablettes, goujons, pseudorasbora, spirins loches franches et gardons dominent dans les échantillons en représentant 82% des effectifs de poissons échantillonnés (Figure 4.21).

La proportion d'espèces d'eau courante est relativement importante dans ce vieux-Rhône et varie selon les années en fonction de l'abondance des ablettes et des barbeaux. (Tableau 4.22 et Figure 4.22). La contribution des effectifs d'ablettes à la guildes des espèces d'eau courante est toujours importante (Tableau 4.2). Néanmoins, suivant les années, les effectifs de barbeaux et de hotus peuvent également contribuer significativement. Le débit réservé a été très légèrement augmenté au 1^{er} janvier 2014 (passage de 60 m³.s⁻¹ à 75,4 m³.s⁻¹), aucun

changement significatif de structure de peuplement suite à cette modification de débit n'est donc attendu dans ce vieux-Rhône.

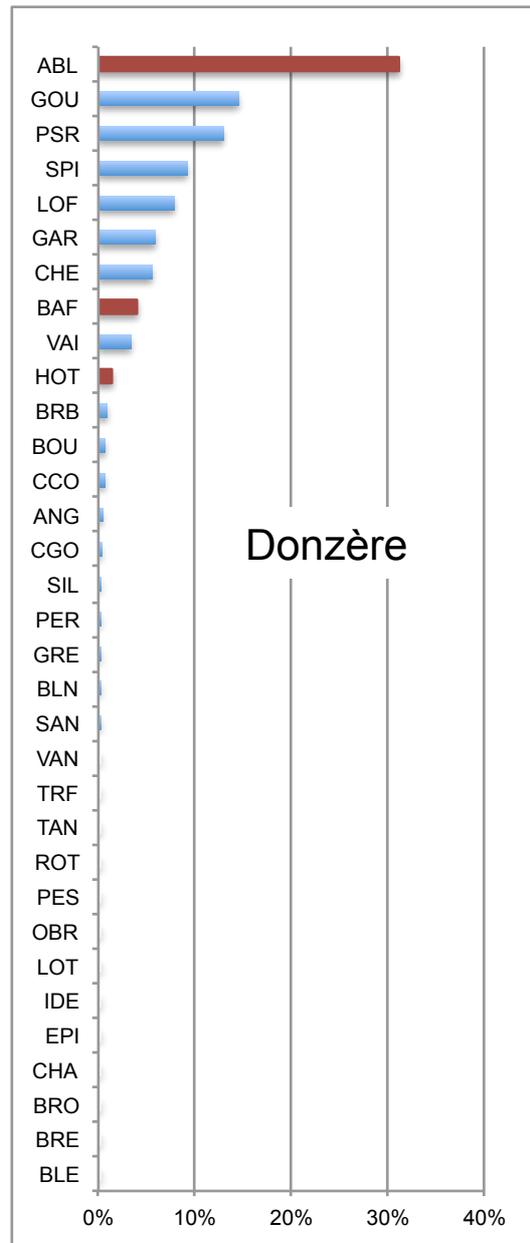


Figure 4.21 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2017 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

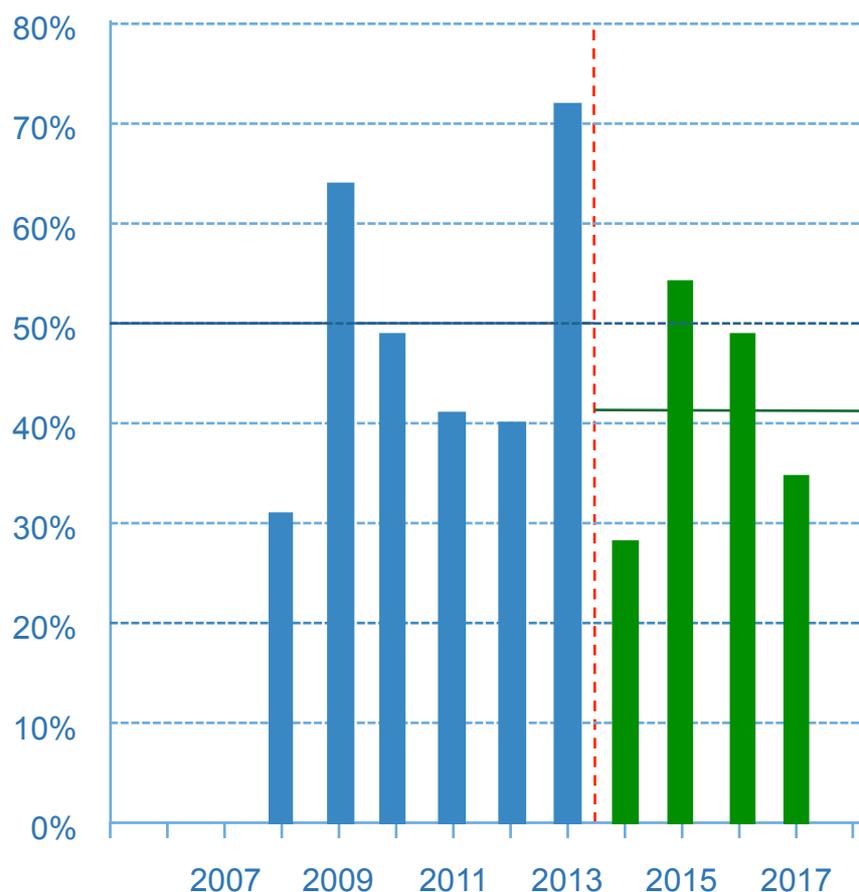


Figure 4.22 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Donzère. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2008-2013, la ligne verte sur la période 2014-2017.

Tableau 4.22 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Donzère depuis 2008. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2008 - 2017 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 3 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2008-2017.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	507	15	31,0%	13,0%	15,8%	2,2%
2009	1781	18	63,6%	12,5%	14,1%	37,0%
2010	1717	21	48,9%	34,9%	8,2%	5,8%
2011	1959	20	41,4%	19,5%	2,9%	19,0%
2012	494	18	39,7%	33,2%	5,1%	1,4%
2013	1272	17	72,5%	42,1%	29,7%	0,6%
2014	1645	18	27,9%	20,5%	2,3%	5,1%
2015	2867	20	54,0%	38,4%	14,7%	0,9%
2016	3101	17	48,2%	37,2%	11,0%	0,0%
2017	1553	20	34,4%	28,3%	4,4%	1,7%
2008-2017	16896	28	29,6%	10,7%	7,7%	1,7%
Moyenne	1690	18	46,2%	28,0%	10,8%	7,4%

Tableau 4.23 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2008 à 2017 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2008-2017 » est calculée globalement sur la période 2008-2017.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	157	42,0%	51,0%	7,0%
2009	1133	19,6%	22,2%	58,2%
2010	840	71,4%	16,7%	11,9%
2011	811	47,1%	6,9%	46,0%
2012	196	83,7%	12,8%	3,6%
2013	922	58,1%	41,0%	0,9%
2014	459	73,4%	8,3%	18,3%
2015	1549	71,1%	27,2%	1,6%
2016	1496	77,2%	22,7%	0,1%
2017	534	82,2%	12,9%	4,9%
2008-2017	8097	61,8%	22,2%	16,0%

1.1 Conclusion

L'évolution des peuplements de poissons après augmentation des débits réservés sur le Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et à Pierre Bénite montre des tendances assez claires. Il existe des différences inter-secteurs en lien avec les caractéristiques morphologiques et hydrologiques des différents tronçons court-circuités et une dynamique temporelle de la structure des peuplements en lien avec la variabilité inter-annuelle des conditions hydro-climatiques. Le suivi en place permet d'évaluer les modifications sur le moyen terme. Il permet de prendre en compte les caractéristiques biologiques des différentes espèces, notamment la durée de vie des individus en fonction des espèces et leur vulnérabilité potentielle. Ces suivis sont précieux pour relativiser le poids des variations inter-annuelles constatées sur le long terme.

Sur les sites en aval de Lyon, la restauration est récente et le suivi permettra de bien mesurer la cinétique et l'ampleur des changements en lien avec les procédures de restauration écologique du fleuve.

5 Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône)

5.1 Objectifs

La distribution des invertébrés benthiques dans le chenal des vieux-Rhône dépend fortement des conditions hydrauliques locales. Ces organismes représentent donc un matériel de choix pour évaluer la qualité de l'habitat physique du milieu. Ainsi, les études sur les invertébrés benthiques initiées dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration écologique et hydraulique du Rhône visent d'une part à étudier les relations entre les conditions hydrauliques locales et la distribution des espèces à partir de données de références (pré-restauration) et d'autre part, à établir des scénarios de modifications biocénétiques en fonction des changements hydrauliques associés aux augmentations de débit dans les Vieux-Rhône.

L'effet des augmentations de débit réservé dans les vieux-Rhône est mesuré par l'analyse des modifications des structures des communautés de macroinvertébrés benthiques. L'approche retenue pour détecter et évaluer les effets de l'augmentation des débits réservés dans les Rhône court-circuités repose sur :

- l'acquisition de données pré-restauration afin de décrire la structure et la variabilité interannuelle des communautés ;
- l'utilisation de ces données afin de modéliser les préférences pour des variables hydrauliques ayant une influence forte sur la distribution des organismes aquatiques (contraintes au fond) ;
- la description de l'évolution post-restauration de métriques décrivant la structure des communautés (densités, richesse, ...) ;
- l'identification des taxons¹ dont les densités peuvent varier en augmentant ou en diminuant de manière significative en réponse aux augmentations de débits réservés.

La réduction du débit dans les vieux Rhône suite à la construction des aménagements hydro-électriques peut avoir pour conséquence écologique une diminution de la richesse taxonomique/densité totale, de la richesse/densité en taxa sensibles (ex. EPT : Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères) (Dewson *et al.*, 2007, Poff & Zimmerman, 2010). En revanche, la restauration hydraulique dans les fleuves peut avoir comme conséquence une

¹ Un taxon désigne un groupe d'êtres vivants constituant une unité systématique d'un niveau hiérarchique donné (variété, espèce, genre, famille, classe, embranchement, etc.)

augmentation de la richesse/densité des espèces exogènes (Paillex *et al.*, 2015). Les données obtenues avant et après restauration nous permettent ainsi de valider les hypothèses posées à partir de ces métriques relatives à la richesse taxonomique ou aux préférences hydrauliques des macroinvertébrés du chenal proposées dans le cadre de cette étude (Olivier *et al.*, 2009). L'ensemble de ces métriques représente des descripteurs de l'évolution de la structure des communautés de macroinvertébrés aquatiques après restauration.

5.2 Méthodologie

Pour chaque secteur suivi (sauf Pierre-Bénite), les invertébrés ainsi que les paramètres hydrauliques sont échantillonnés sur les mêmes stations selon un tirage aléatoire sur 20 transects. Les invertébrés ont été récoltés avec un cylindre de Hess (Photo 5.1) muni d'un filet de maille de 200 μm jusqu'en 2013 puis 400 μm à partir de 2014 (voir explication plus bas). Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05 m^2 .



Photo 5.1-5.2 - Photo 5.1, à gauche, échantillonnage au cylindre de Hess (Montélimar, 24/04/2014). Photo 5.2, à droite, mesure de vitesse moyenne (Montélimar, 27/05/2012).

Des mesures fines de l'habitat hydraulique (vitesse moyenne, hauteur, composition du substrat et contraintes au fond) ont été réalisées à chaque point d'échantillonnage jusqu'en 2012 (Photo 5.2). La méthode des hémisphères HFST a été utilisée pour mesurer les contraintes hydrauliques locales au fond de la rivière au niveau du point d'échantillonnage de la faune (Olivier *et al.*, 2007). Ces forces hydrauliques peuvent induire le remaniement des sédiments et déloger les invertébrés benthiques de leurs abris ; elles sont donc de bons indicateurs de perturbation de l'habitat physique. La quantité de données acquise jusqu'en 2012 a été jugée suffisante pour améliorer les modèles de préférences d'habitat des

invertébrés. Ainsi, seuls les paramètres hydrauliques vitesse moyenne et profondeur sont estimés pour chaque point d'échantillonnage à partir de 2013.

Avant restauration, les invertébrés du chenal et les paramètres hydrauliques ont été échantillonnés dans 4 tronçons représentatifs de 4 sections court-circuitées du Haut-Rhône (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Miribel) à trois saisons (printemps, été et hiver). Pour cette phase initiale, un total de 300 échantillons choisis aléatoirement a été prélevé dans les 4 tronçons court-circuités. Les résultats de ce travail ont montré que les deux saisons printemps et été donnaient une bonne image des peuplements en place (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Ainsi, seules ces deux saisons ont été retenues pour l'échantillonnage post-restauration ainsi que pour l'échantillonnage pré-restauration des vieux-Rhône du Bas-Rhône.

De plus, au cours de la phase pré-restauration, 5 tamis de différents vides de maille (2000, 1000, 630, 400 & 200 μm) ont été utilisés au laboratoire pour séparer les organismes par classes de tailles. Les résultats de cette phase ont montré que les individus dont la taille était supérieure à 400 μm décrivaient d'une manière pertinente les peuplements en place (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Ainsi, dans le présent rapport, seuls ces individus sont pris en compte pour la présentation et l'analyse des données.

Pour le secteur de Pierre-Bénite, l'échantillonnage est réalisé dans trois stations : dans la partie amont du vieux-Rhône, au niveau de l'Ile Tabart (pk 8,4) ; sur le radier, à l'amont du pont de Vernaison (pk 9,8) ; en aval, au niveau de la station de pompage de Millery (pk 12,6). Dans chaque station, les prélèvements faunistiques sont d'une part réalisés par dragage dans le chenal (un par station, soit 3m²), d'autre part les divers types de microhabitats des rives (substrats durs, herbiers, sédiments fins), mésohabitats *sensu* Armitage *et al.* (1995), sont prospectés en fonction de leurs occurrences (Bournaud & Cogérino, 1986 ; Cogérino, 1989 ; Cogérino *et al.*, 1995) à l'aide d'un filet Surber de surface 0.05 m² et de taille de maille 500 μm . La station « aval » (pk 12.6) se situe à la limite du remous de la confluence avec le canal de dérivation et possède des berges partiellement endiguées. Ces caractéristiques pouvant limiter les effets du rehaussement des débits et biaiser l'image du secteur, seules les stations « amont » (pk 8.4) et « radier » (pk 9.8) seront conservées pour la suite de l'analyse.

Les invertébrés sont identifiés à l'espèce chaque fois que cela est possible, à l'exception des Oligochètes et des Diptères en raison des difficultés taxonomiques et du coût d'acquisition de l'information complémentaire pour ces deux groupes.

Dans une première partie ce rapport présentera les derniers résultats concernant le suivi long terme après rehaussement des débits réservés (post-restauration) des Rhône court-circuités de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

Dans une deuxième partie, les données avant rehaussement des débits réservés pour les Rhône court-circuités de Péage-de-Roussillon, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon seront présentées.

5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En 2017, 116 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 9 vieux-Rhône avant restauration et de 8 vieux-Rhône après restauration (Tableau 5.1).

Le présent rapport intègre les données pré-restauration n-3, n-2 et n-1 du secteur de Baix-Le-Logis-Neuf.

Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport d'état initial (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les vieux-Rhône (Olivier *et al.*, 2007a). Des données complémentaires ont été récoltées jusqu'en 2012 afin d'améliorer les modèles précédents. Cette revisite des modèles de préférences biologiques concerne 206 taxons parmi les 399 taxons recensés dans le cadre de ce suivi.

Tableau 5.1 - Campagnes d'échantillonnage pré-restauration et post-restauration dans les 9 vieux-Rhône pour les invertébrés du chenal. (En gris : absence de campagne ; en orange : campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours ; x : échantillonnage prévisionnel ; * données issues de la littérature ; (1) échantillonnage réalisé par l'ARALEP ; () : campagnes autofinancées ; trait rouge : opération de restauration hydraulique).

		Haut-Rhône				Bas-Rhône				
		Chautagne	Belley	Brégnier-cordon	Miribel	Pierre-Bénite (1)	Péage-de-Roussillon	Baix	Montélimar	Donzère
1995	Print					juin				
	été					octobre				
1996	Print					juin				
	été					octobre				
1997	Print									
	été	août*								
1998	Print					juin				
	été					octobre				
1999	Print	mai*				juin				
	été	août*				octobre				
2000	Print	mai*								
	été	août*								
2001	Print					juin				
	été					octobre				
2002	Print	juin	mai	juin	mai	juin				
	été	septembre	août	août	septembre	octobre				
2003	Print					juin				
	été					octobre				
2004	Print									
	été									
2005	Print									
	été									
2006	Print	juin								
	été	septembre								
2007	Print									
	été		septembre			octobre	septembre			
2008	Print	mai	mai			juin	mai		mai	
	été	août							août	
2009	Print	avril	avril	avril						avril
	été	août	septembre	septembre						juillet
2010	Print	mai			avril	mai	avril			
	été	octobre			juillet	septembre	juillet			
2011	Print	mai	mai	mai	avril		(avril)	(mai)	avril	(avril)
	été	août	septembre	août	août		(juillet)	(juillet)	juillet	(juillet)
2012	Print	mai	(mai)	(mai)		mai	avril	(avril)	(avril)	avril
	été	août	(août)	(août)		octobre	juillet	(juillet)	(juillet)	juillet
2013	Print	mai	mai	mai				(juin)		
	été	août	août	septembre				(septembre)		
2014	Print				avril		avril	avril	avril	mai
	été				août		septembre	septembre	septembre	septembre
2015	Print									
	été									
2016	Print	mai	mai	mai						
	été	août	août	août						
2017	Print				mai		mai	mai	mai	mai
	été				août		août	août	août	août
2018	Print					x				
	été					x				

5.4 Evolution des communautés de trois secteurs suivis du bas Rhône

Parmi les 5 secteurs suivis du bas-Rhône, seul l'analyse des résultats issue du suivi du vieux Rhône de Pierre-Bénite a fait l'objet d'une publication scientifique (Merigoux *et al.*, 2015). Les résultats des campagnes d'échantillonnages avant rehaussement des débits pour les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon sont présentés dans ce rapport.

Avec 3 à 4 années d'échantillonnage avant rehaussement des débits réservés, les secteurs du Bas-Rhône concernés par la restauration hydraulique ont pu bénéficier d'un suivi permettant une meilleure définition de leur état initial que les 3 secteurs suivis du Haut-Rhône.

Les métriques permettant de caractériser cet état initial sont :

- 1) **la richesse taxonomique totale et la richesse en taxons Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)** permet d'établir une valeur de référence avant restauration. Une augmentation de cette métrique est attendue avec l'augmentation des débits réservés (Dewson *et al.*, 2007). La richesse taxonomique en EPT témoigne de la qualité physico-chimique de l'eau, et la diversité spécifique et l'abondance de ces taxons, qui y sont très sensibles (Wallace *et al.*, 1996 ; Eaton *et al.*, 1991), auront tendance à augmenter suite à l'augmentation des débits réservés ;
- 2) **la composition taxonomique totale** permet de caractériser quels sont les taxons dominant le peuplement avant restauration ;
- 3) **la composition en taxons exogènes** permet de caractériser quelles sont les espèces exogènes (abondance et diversité) dominant le peuplement avant restauration ;
- 4) **l'abondance relative par groupe d'appartenance aux guildes de préférences hydrauliques** (Annexe 2) qui permet de définir l'état des communautés vis-à-vis de leur affinité pour les contraintes hydrauliques.

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (Mérigoux *et al.*, 2009), 27 devraient répondre positivement aux augmentations de débits réservés.

5.4.1 Baix-Le-Logis-Neuf

5.4.1.1 Station d'étude et contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages

Station d'étude

Le vieux Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a été échantillonné depuis 2011 dans le cadre du programme RhônEco. Un total de 10 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 200 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur une station représentative des milieux étant



susceptible de subir de fortes modifications d'environnement hydraulique suite au rehaussement de débit réservé (photo 5.3). La station a été définie en fonction des contraintes liées à notre méthode d'échantillonnage soit avec une hauteur d'eau < 70 cm et une taille de substrat < 30 cm.

Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux Rhône de Baix-Le-Logis-neuf sont :

Amont : 44.733604 , 4.764393

Aval : 44.723877 , 4.762427

Photo 5.3 : Localisation de la station d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Baix-Le Logis-Neuf (Source photo : Geoportail 15/03/2017).

Contexte hydrologique

Le contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages comporte deux aspects :

- le débit le jour de l'échantillonnage: si le débit observé le jour de l'échantillonnage est largement supérieur au débit réservé, les conditions d'échantillonnages (surface échantillonnable, profondeur moyenne, ...) peuvent être modifiées et influencer les résultats.

- la moyenne des débits 10 jours avant la date d'échantillonnage : un épisode de crue induit généralement une migration verticale des invertébrés dans la zone hyporhéique, et/ou une migration longitudinale (dérive) (Gjerløv *et al.*, 2003). Ces deux phénomènes peuvent influencer les résultats en fonction de l'ampleur de l'épisode de crue.

Les campagnes d'échantillonnage de printemps et d'été 2011, 2012, 2014 et la campagne d'été 2013 se sont déroulées dans un contexte hydrologique très stable (Annexe 5.3). La campagne de printemps 2013 s'est quant à elle déroulée peu après un épisode de fort débit. En effet, la moyenne des débits moyens journaliers 10 jours avant la date d'échantillonnage était de 130 m³/s au lieu de 20 m³/s théorique. En revanche le débit était de 20 m³/s pendant les 4 jours précédant la date d'échantillonnage.

5.4.1.2 Richesse taxonomique

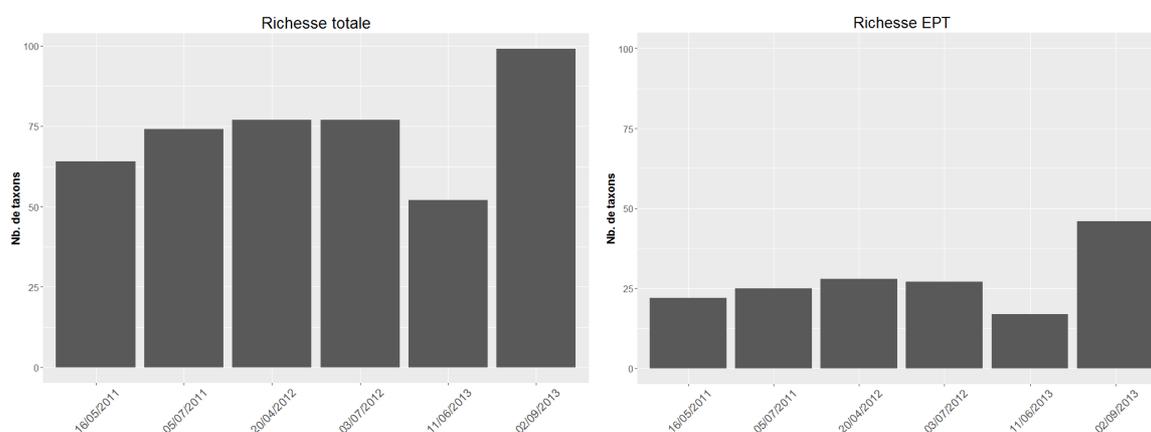


Figure 5.1 : Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. À gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en taxon EPT.

Avec en moyenne 74 taxons collectés entre 2011 et 2013 (Figure 5.1, à gauche), le vieux Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf est le plus diversifié des secteurs suivis du bas-Rhône (Péage-de-Roussillon = 70, Montélimar = 60 et Donzère-Mondragon = 69).

La richesse taxonomique moyenne en taxons EPT (Figure 5.1, à droite) sur la période 2011-2013 est de 28 taxons. L'Ordre des Trichoptères et l'Ordre des Epheméroptères sont représentés respectivement par 31 et 23 taxons alors que l'Ordre des Plécoptères n'est quant à lui représenté que par 4 taxons. En effet, les taxons EPT sont reconnus pour leur sensibilité relativement importante aux conditions chimiques et physiques du milieu et ces résultats nous informent de la qualité moyenne de l'eau dans ce secteur. Ces résultats sont sensiblement les mêmes que pour les secteurs suivis les plus proches à l'amont ou à l'aval.

5.4.1.3 Composition faunistique

Avec un total de 45 % de l'abondance totale avant rehaussement du débit réservé, ce sont les représentants de l'ordre des Diptères (Orthocladinae, Tanytarsini et Chironomini) qui constituent donc la majorité du peuplement dans le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf (Figure 5.2). Les Diptères sont en général plutôt polluo-résistants et sont d'oligo à mésotrophe. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

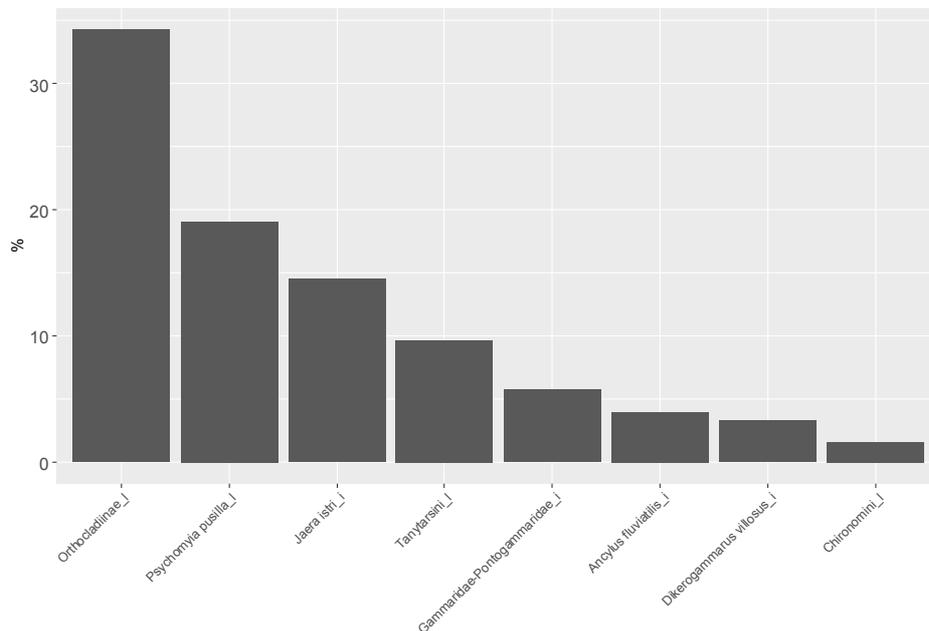


Figure 5.2 : Abondances relatives des taxons sur l'ensemble des campagnes pré-restauration. Seuls les taxons avec une abondance relative supérieure à 1% sont représentés.

Après le Trichoptère *Psychomyia pusilla* (19 %), ce sont les Crustacés exogènes *Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus*, tous les deux opportunistes qui viennent compléter la majorité du peuplement avec respectivement 15 % et 3 % des effectifs.

5.4.1.4 Composition faunistique en taxons exogènes

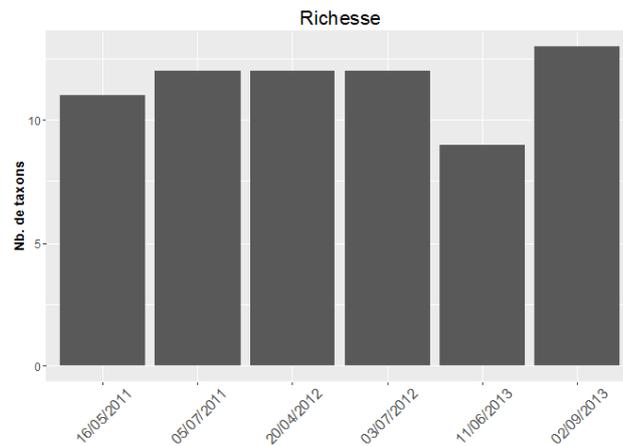


Figure 5.3 : Richesse en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage.

Avec en moyenne 12 taxons exogènes, le secteur de Baix-Le-Logis-Neufs se trouve dans la moyenne (11 taxons) des secteurs suivis du bas-Rhône.

Un total de 17 taxons exogènes a été collecté (Figure 5.3 et 5.5) sur ce secteur entre 2011 et 2013. Avec respectivement 8 et 6 taxons, ce sont les Classes des Crustacés et des Mollusques qui sont les plus représentés.

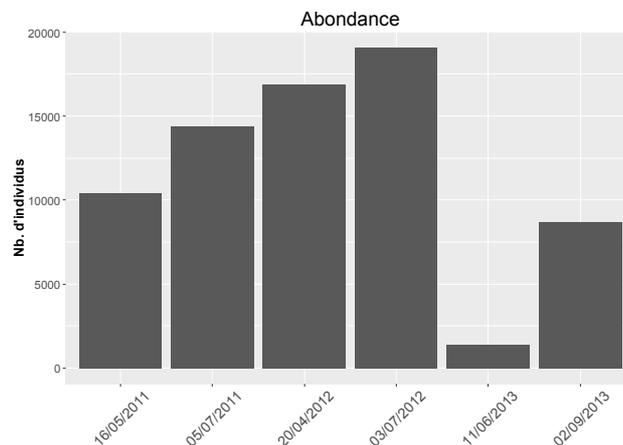


Figure 5.4 : Abondance en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage.

Les abondances du peuplement de taxons exogènes sont fortement dominées par les espèces de Crustacés *Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus*. La faible abondance observée

lors de l'échantillonnage du printemps 2013 (Figure 5.4) est à mettre en relation avec les conditions hydrologiques précédant notre échantillonnage (cf. 1.4.1.1).

En effet, le débit moyen lors des 10 jours précédant notre campagne d'échantillonnage était presque 7 fois plus important que le débit réservé et a probablement entraîné un phénomène de dérive des invertébrés qui ne permet pas pour cette année une estimation pertinente des abondances.

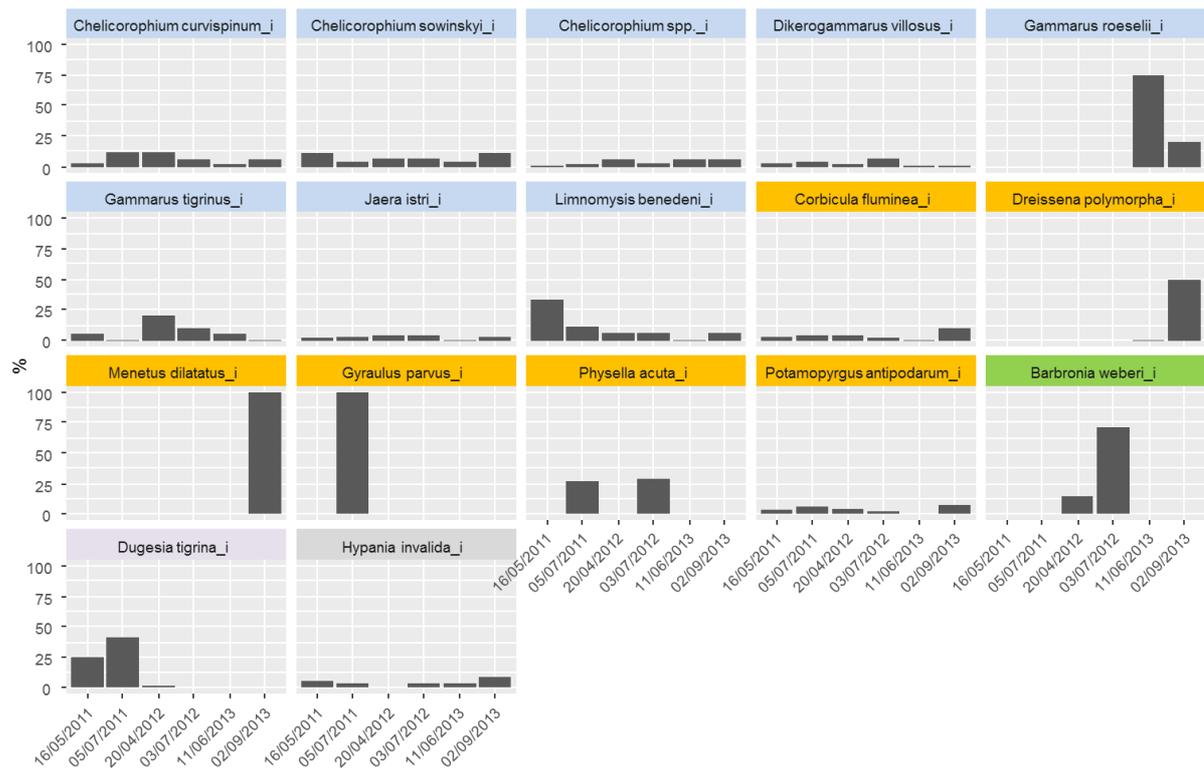


Figure 5.5 : Evolution de la proportion de l'effectif total par taxon exogène et par campagne. En bleu, les Crustacés ; en orange, les Mollusques ; en vert, l'Hirudinae ; en violet, la Planaire et en gris, le Polychète.

Il est possible de distinguer les taxons exogènes peu abondants comme par exemple les Mollusques *Gyraulus parvus* et *Menetus dilatatus* où seulement quelques individus ont été collectés, des taxons exogènes très abondants comme le crustacé *Jaera istri* avec une abondance moyenne par campagne d'environ 9 000 individus (Figure 5.5). On peut également distinguer 3 patterns dans l'évolution des abondances de ces taxons exogènes :

- 1- Les taxons rencontrés occasionnellement comme les Mollusques *Gyraulus parvus* ou *Menetus dilatatus*.
- 2- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs ont depuis fortement diminués comme la planaire *Dugesia tigrina*.

- 3- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs se maintiennent comme les Crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, *Chelicorophium sowinskyi*, *Chelicorophium* spp., *Limnomysis benedeni*, les Mollusques *Potamopyrgus antipodarum*, *Corbicula fluminea* ou encore le polychète *Hypania invalida*.

5.4.1.5 Abondances relatives par guildes de préférence hydraulique

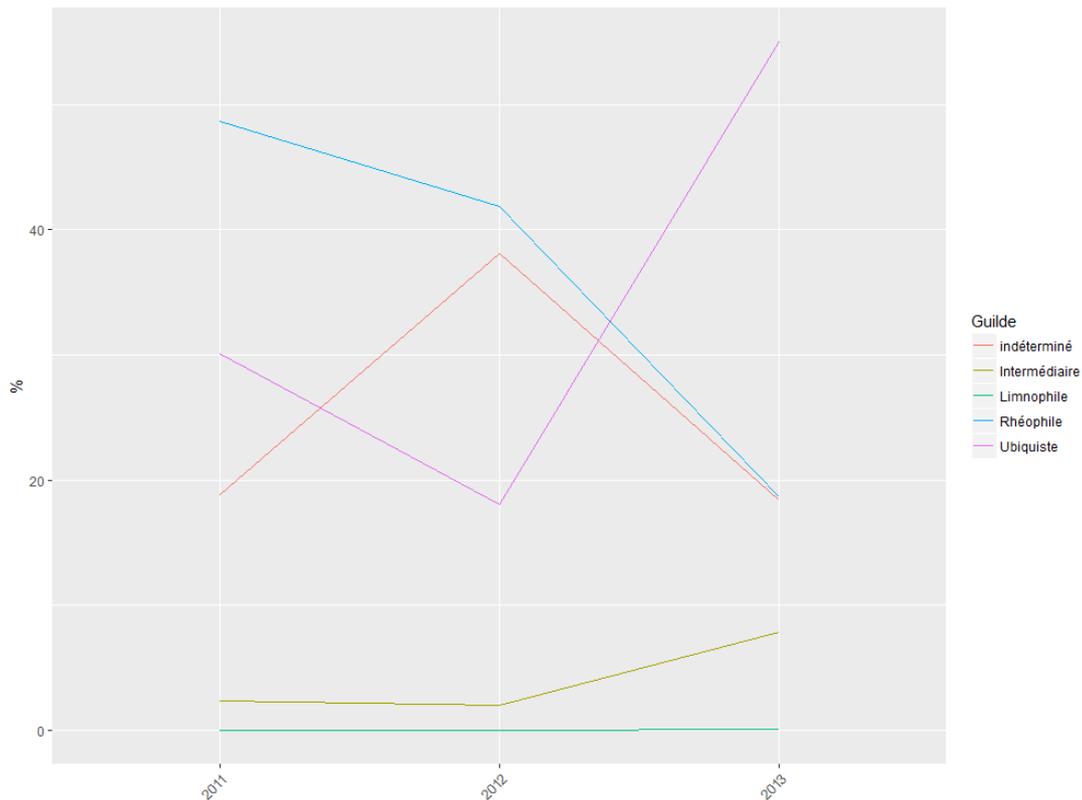


Figure 5.6 : Abondances relatives par guildes de préférence de contraintes hydrauliques pour les taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (voir Mérigoux et al., 2009).

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférences hydrauliques, 53 ont été collectés lors des 6 campagnes d'échantillonnage réalisées dans ce secteur et pour lesquelles les données sont disponibles. Avec en moyenne 37 % de l'abondance, c'est la guildes des invertébrés rhéophiles qui constitue la majorité du peuplement (Figure 5.6). Les taxons appartenant à la guildes des ubiquistes représentent en moyenne 34 % du peuplement. Les invertébrés possédant des affinités pour des contraintes hydrauliques intermédiaires à faible représentent respectivement 4 % et 0.004 %. Les estimations des abondances étant à relativiser en 2013 au regard des conditions hydrologiques encadrant l'échantillonnage, il est probable que la proportion de taxons rhéophiles soit sous-estimée dans ce secteur.

5.4.2 Montélimar

5.4.2.1 Station d'étude et contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages

Station d'étude



Le vieux Rhône de Montélimar a été échantillonné depuis 2008 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 10 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 200 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 2 stations représentatives des milieux étant susceptibles de subir de fortes modifications d'environnement hydraulique suite au rehaussement de débit réservé (photo 5.4). Les stations ont été définies en fonction des contraintes liées à notre méthode d'échantillonnage soit avec une hauteur d'eau < 70 cm et une taille de substrat < 30 cm.

Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux-Rhône de Montélimar sont :

Station 1 :

Amont : 44.58749, 4.716334

Aval : 44.583173, 4.712236

Station 2 :

Amont : 44.552937, 4.691585

Aval : 44.547653, 4.692529

Photo 5.4 : Localisation des stations d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Montélimar. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).

Contexte hydrologique

Le contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages comporte deux aspects (cf. § 5.4.1.1 pour plus de détail) :

- le débit le jour de l'échantillonnage
- la moyenne des débits 10 jours avant la date d'échantillonnage

Les campagnes d'échantillonnages de printemps et d'été 2008, 2011, 2012 et 2014 se sont déroulées dans un contexte hydrologique stable (Annexe 5.3).

5.4.2.2 Richesse taxonomique

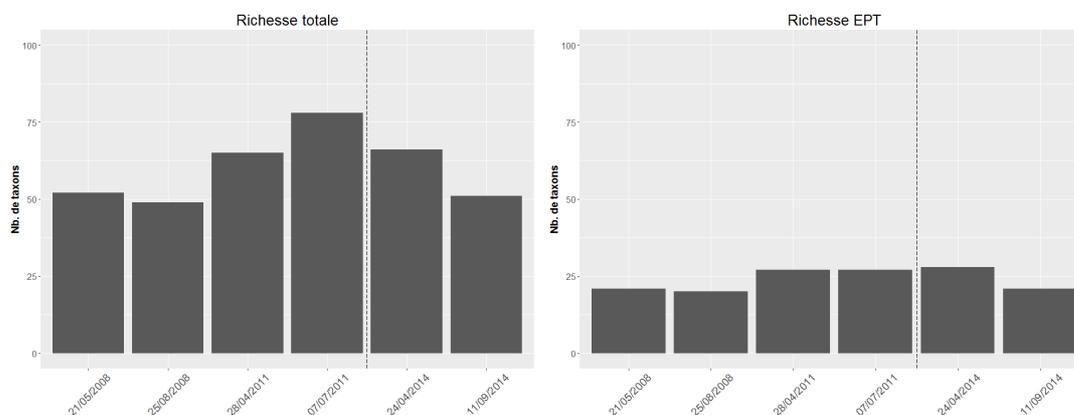


Figure 5.7 : Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Montélimar. A gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en taxon EPT. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

Avec en moyenne 60 taxons collectés avant restauration, le peuplement de macroinvertébrés du vieux Rhône de Montélimar est le moins diversifié des secteurs suivis du Bas-Rhône. Néanmoins, une forte variabilité interannuelle de la mesure de la richesse taxonomique (Figure 5.7, à gauche) est observée. En effet, la richesse taxonomique varie entre 50 taxons (2008) et 72 taxons (2011). Une année après le rehaussement des débits réservés, la richesse taxonomique a légèrement diminué avec en moyenne 59 taxons collectés.

La richesse taxonomique moyenne en taxons EPT avant restauration des débits est de 24 taxons (Figure 5.7, à droite). Cette richesse en EPT est plutôt stable depuis le début du suivi. L'Ordre des Ephéméroptères et l'Ordre des Trichoptères sont représentés respectivement par en moyenne 25 et 24 taxons depuis le début du suivi alors que l'Ordre des Plécoptères n'est quant à lui représenté que par les espèces du genre *Leuctra* et quelques individus isolés appartenant aux familles des Nemouridae et Taeniopterygidae. Les taxons EPT sont reconnus pour leur sensibilité relativement importante aux conditions chimiques et physiques du milieu et ces résultats nous informent de la qualité moyenne de l'eau dans ce secteur. En comparaison, la moyenne avant restauration des taxons EPT pour les trois sites suivis du Haut-Rhône était de 31 taxons.

5.4.2.3 Composition faunistique

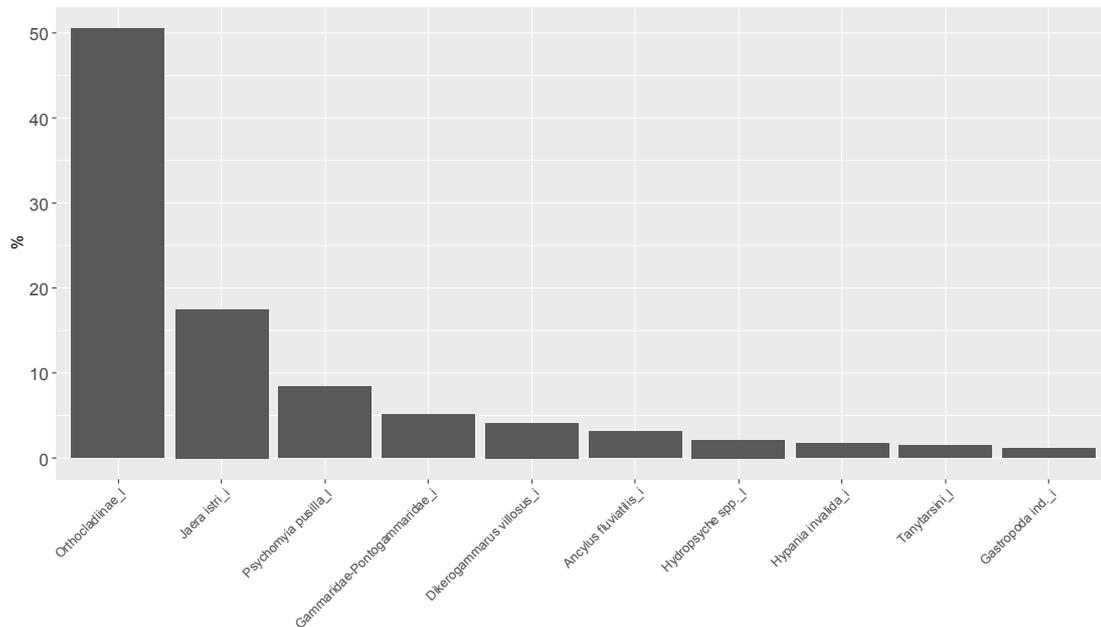


Figure 5.8 : Abondances relatives des taxons sur l'ensemble des campagnes pré-restauration. Seuls les taxons avec une abondance relative supérieure à 1% sont représentés.

Avec un total de 52 % de l'abondance totale avant rehaussement du débit réservé, ce sont les représentants de l'ordre des Diptères (Orthoclaadiinae et Tanytarsini) qui constituent la majorité du peuplement dans le secteur de Montélimar (Figure 5.8). Les Diptères sont en général polluo-résistants et sont d'oligo à mésotrophes. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

Avec 27 % de l'abondance totale c'est le groupe des Crustacés exogène *Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus* qui viennent compléter la majorité du peuplement. Ces deux taxons, très opportunistes sont, comme pour les autres secteurs du Bas-Rhône, bien implantés sur le secteur de Montélimar.

Avec environ 11 % de l'abondance totale, les Trichoptères représentent le troisième groupe le plus abondant. Le groupe des Trichoptères est représenté en majorité par les familles des Psychomiidae et des Hydropsychidae. Ces familles sont toutes les deux moyennement polluo-résistantes et leur présence témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

La bonne implantation de taxons filtreurs de particules en suspension (*Hydropsyche*), de taxons mangeurs de sédiments organiques fins (Tanytarsini) ou encore de taxons racleurs-brouteurs (Orthoclaadiinae) témoigne d'une charge importante de nourriture dérivante et de matière organique dans ces milieux.

Enfin, on notera l'absence d'Ephéméroptères et de Plécoptères dans ce classement. Ces deux ordres représentent des groupes plutôt polluo-sensibles et possédant de fortes affinités pour des vitesses de courant élevé. On peut alors émettre l'hypothèse de l'augmentation de leur proportion après restauration hydraulique.

5.4.2.4 Composition faunistique en taxons exogènes

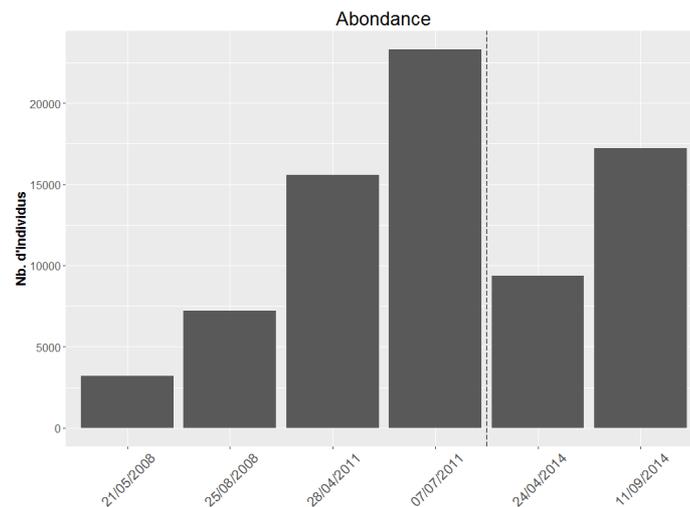


Figure 5.9 : Abondance en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

L'abondance en taxons exogènes augmente fortement depuis 2008 dans ce secteur (Figure 5.9). En effet, elle a en moyenne été multipliée par un facteur 4 entre 2008 et 2011. Cette abondance a tendance à diminuer en 2014.

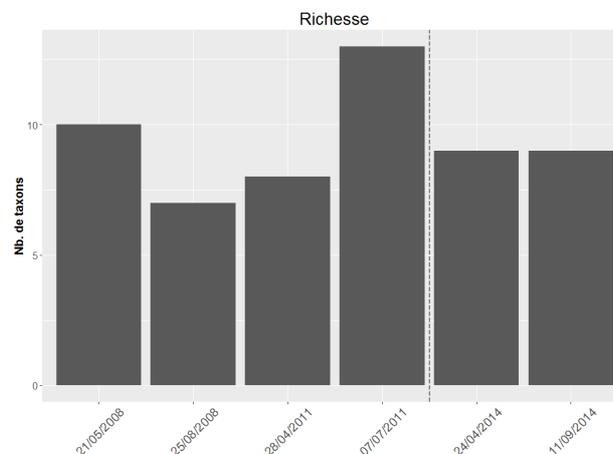


Figure 5.10 : Richesse en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

La richesse en taxons exogènes est plutôt stable dans ce secteur (9 taxons en moyenne) malgré une augmentation forte pour la campagne d'été 2011 avec 13 taxons exogènes collectés (Figure 5.10).

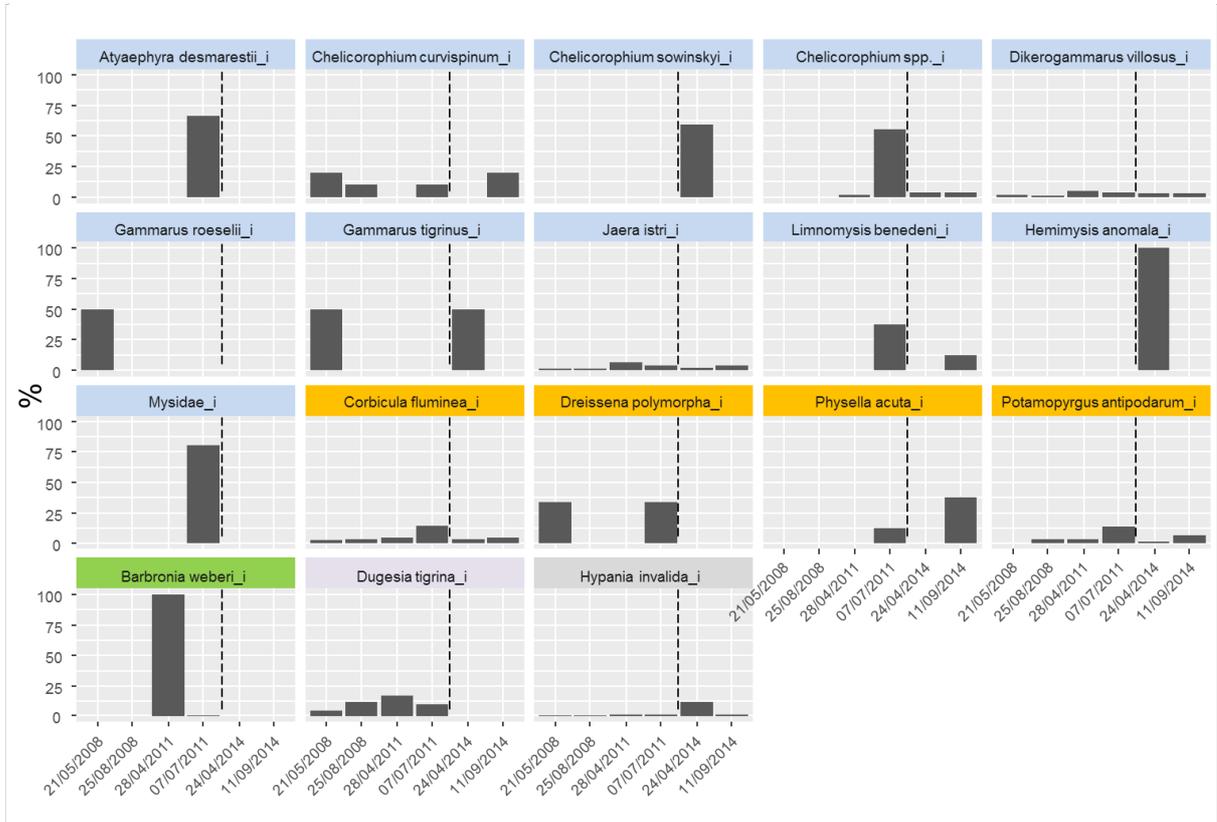


Figure 5.11 : Evolution de la proportion de l'effectif total par taxon exogène et par campagne. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne pointillée verticale. En bleu, les Crustacés ; en orange, les Mollusques ; en vert, l'Hirudinae ; en violet, la Planaire et en gris, le Polychète.

Lors des 6 campagnes d'échantillonnage réalisées dans le vieux Rhône de Montélimar pour lesquelles les données sont disponibles, un total de 18 taxons exogènes a été collecté (Figure 5.11). Avec respectivement 11 taxons et 4 taxons, ce sont les Ordres des Crustacés et des Mollusques qui sont les plus représentés.

On peut distinguer les taxons exogènes peu abondants comme par exemple le crustacé *Gammarus roeseli* ou encore la sangsue *Barbronia weberi* pour lesquels seuls quelques individus isolés ont été récoltés toutes campagnes confondues, des taxons exogènes très abondants comme le crustacé *Jaera istri* avec une abondance moyenne par campagne supérieure à 9 000 individus. On peut également distinguer 3 patterns dans l'évolution des abondances de ces taxons exogènes :

- 1- Les taxons rencontrés occasionnellement comme les Crustacés *Atyaephyra desmaresti* et *Gammarus roeseli* ou la sangsue *Barbonia weberi*.
- 2- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs ont depuis fortement diminué comme la planaire *Dugesia tigrina*.
- 3- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs se maintiennent comme les Crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, les Mollusques *Potamopyrgus antipodarum*, *Corbicula fluminea* ou encore le polychète *Hypania invalida*.

5.4.2.5 Evolution des abondances relatives par guildes de préférence hydraulique

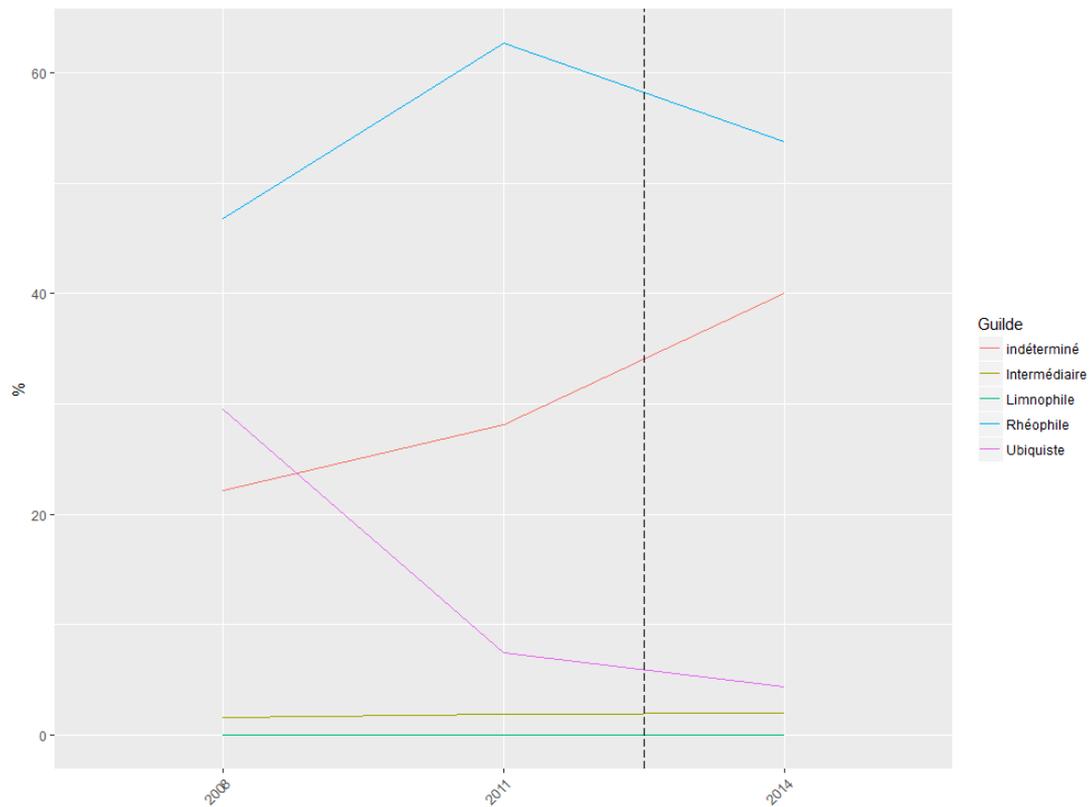


Figure 5.12 : Evolution interannuelle des abondances relatives par guildes de préférence de contraintes hydrauliques pour les taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (voir Méricoux et al., 2009). La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférence hydraulique, 49 ont été collectés lors des 6 campagnes d'échantillonnage réalisées dans ce secteur et pour lesquelles les données sont disponibles. Avec en moyenne 55% de l'abondance avant restauration, c'est la

guilde des invertébrés rhéophiles qui constitue la majorité du peuplement (Figure 5.12), ce qui témoigne d'un fonctionnement courant de l'hydrosystème. Les taxons appartenant à la guilde des ubiquistes représentent en moyenne 19% du peuplement. En revanche, les invertébrés appartenant à la guilde des intermédiaires et des limnophiles sont quant à eux très peu représentés avec en moyenne respectivement 1.6 % et 0.02 % du peuplement.

Lors des campagnes pré-restauration, la proportion des taxons appartenant aux guildes des intermédiaires et des limnophiles est restée stable. La proportion des taxons appartenant à la guilde des rhéophiles a augmenté de plus de 20% durant cette même période, tout comme la proportion des taxons dont les préférences hydrauliques sont indéterminées, qui a elle aussi, augmenté de près de 11%. En revanche, la proportion de taxons appartenant à la guilde des ubiquistes a diminué de 33 %.

Les taxons rhéophiles qui contribuent le plus à la hausse observée entre 2008 et 2011 sont le coléoptère Elmidae *Esolus* spp. ainsi que le mollusque *Ancylus fluviatilis*, les diptères Simuliidae, Orthocladinae et le trichoptère *Hydropsyche*. On peut émettre comme hypothèse que les débits plus stables mesurés en 2011 qu'en 2008 (Annexe 4) dans le vieux Rhône de Montélimar ont permis un développement de matières organiques (Algues filamenteuses, périlithon, ...) plus important et entraîné une augmentation des abondances des taxons racleurs, brouteurs (*Ancylus fluviatilis*, Orthocladinae) et filtreurs de matières organiques comme le diptère Simuliidae ou encore le trichoptère *Hydropsyche*.

Le taxon dont l'affinité pour les contraintes hydrauliques au fond est indéterminé et qui contribue le plus à la hausse observée entre 2008 et 2011 est le crustacé exogène *Dikerogammarus villosus* dont les effectifs ont été multipliés par 5 dans cette période. On peut émettre comme hypothèse que ce taxon prédateur d'invertébrés, plutôt tolérant aux conditions physico-chimiques de l'eau et possédant des traits biologiques (nombre d'œufs, nombre de reproduction par an, ...) lui conférant un avantage sur les espèces natives, a également bénéficié de l'augmentation du nombre des individus rhéophiles, constituant autant de ressources alimentaires disponibles. L'autre taxon qui contribue également à la hausse de la guilde des indéterminés est le crustacé invasif *Jaera istri* dont les effectifs ont été multipliés par 3.5 entre 2008 et 2011. Ce taxon racleur-brouteur, a pu, comme pour les Diptères et Trichoptères rhéophiles, bénéficier d'une production primaire importante en 2011 liée à la stabilité des débits réservés cette année-là.

L'augmentation importante du débit réservé opérée en 2014 dans ce secteur devrait augmenter la proportion d'habitat aux contraintes hydrauliques moyenne à forte. On s'attend donc, après rehaussement des débits réservés, à observer une augmentation de la proportion des taxons appartenant aux guildes des intermédiaires et rhéophiles.

5.4.3 Donzère-Mondragon

5.4.3.1 Station d'étude et contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages

Station d'étude

Le vieux Rhône de Donzère-Mondragon a été échantillonné depuis 2009 dans le cadre du programme RhonEco.

Un total de 10 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 200 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 4 stations représentatives des milieux étant susceptibles de subir de fortes modifications d'environnement hydraulique suite au rehaussement de débit réservé (photo 5.5).

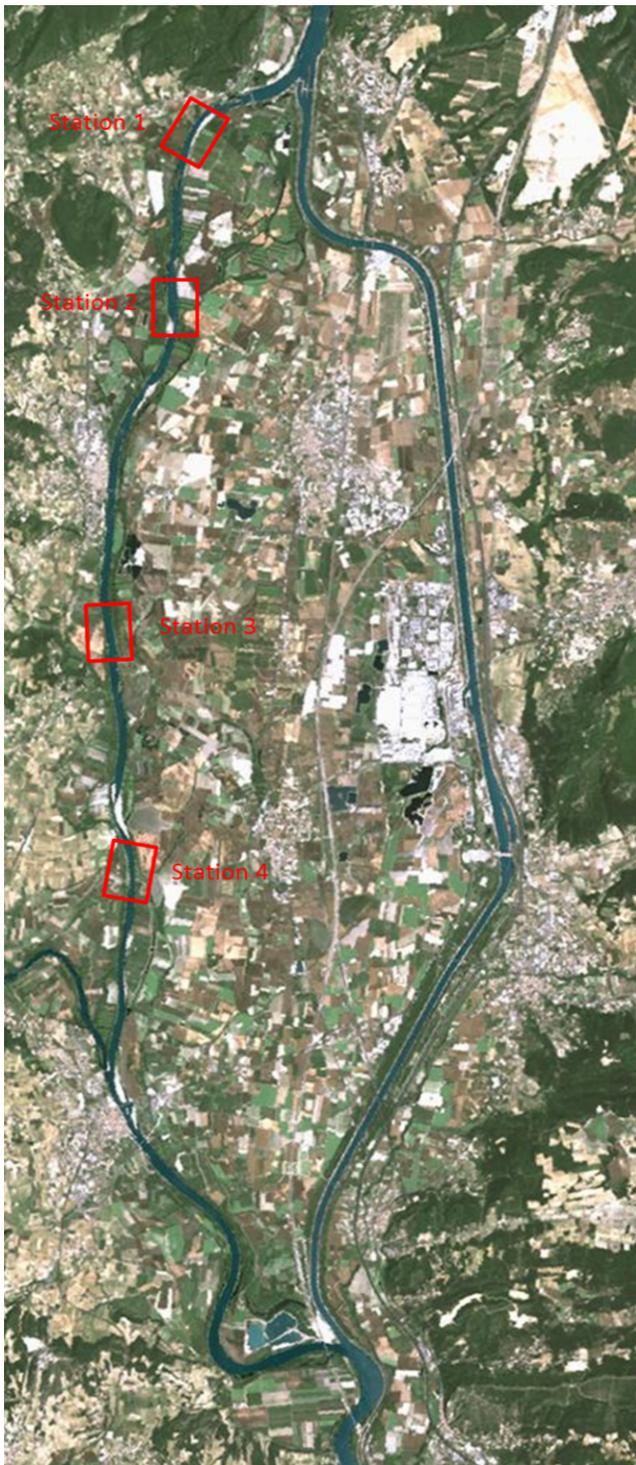


Photo 5.5 : Localisation des stations d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Donzère-Mondragon. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).

Les stations ont été définies en fonction des contraintes liées à la méthode d'échantillonnage soit avec une hauteur d'eau < 70 cm et une taille de substrat < 30 cm. Les coordonnées des stations d'échantillonnages sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon sont :

Station 1 :

Amont : 44.425456 , 4.664721

Aval : 44.421869 , 4.664253

Station 2 :

Amont : 44.399819 , 4.663239

Aval : 44.397642 , 4.66365

Station 3 :

Amont : 44.334353 , 4.650502

Aval : 44.332228 , 4.650281

Station 4 :

Amont : 44.305359 , 4.652317

Aval : 44.303019 , 4.653107

Contexte hydrologique

Le contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages comporte deux aspects (cf. 5.4.1.1 pour plus de détail) :

- le débit le jour de l'échantillonnage
- la moyenne des débits 10 jours avant la date d'échantillonnage

Les campagnes d'échantillonnage de printemps et d'été 2009, 2011, 2012 et 2014 se sont déroulées dans un contexte hydrologique très stable (Annexe 5.6).

5.4.3.2 Richesse taxonomique

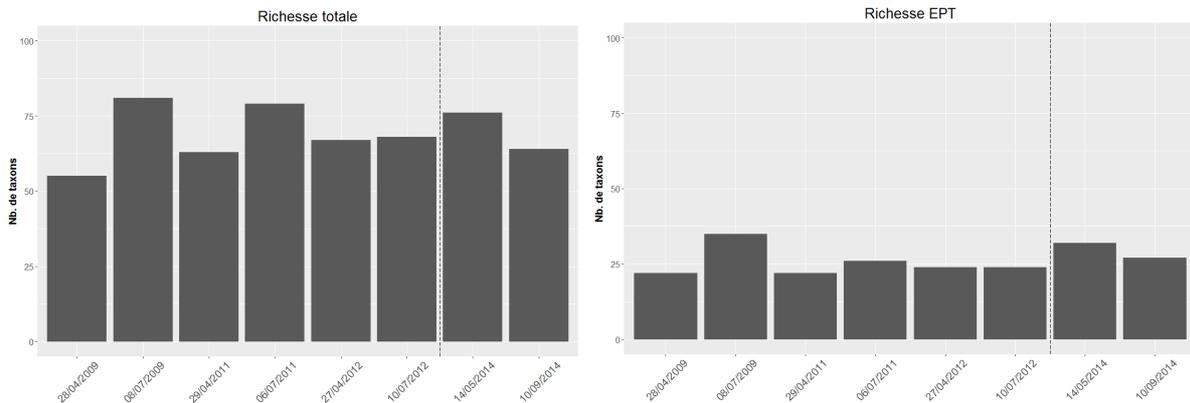


Figure 5.13 : Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Donzère-Mondragon. À gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en taxon EPT. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

Avec en moyenne 69 taxons collectés avant restauration, le vieux Rhône de Donzère-Mondragon possède une valeur de richesse taxonomique sensiblement égale à la richesse taxonomique moyenne mesurée sur les secteurs suivis du bas Rhône (68 taxons). Nous observons une variabilité saisonnière forte de la mesure de la richesse taxonomique (Figure 5.13, à gauche). En effet, il existe une différence de 26 taxons entre les campagnes de printemps et d'été 2009. La richesse taxonomique est restée stable une année après rehaussement des débits.

La richesse taxonomique moyenne en taxons EPT avant restauration des débits est de 27 taxons (Figure 5.13, à droite) et se situe dans la moyenne mesurée sur les secteurs suivis du bas Rhône (26 taxons EPT). Cette richesse en EPT est plutôt stable depuis le début du suivi. L'Ordre des Ephemeroptères et l'Ordre des Trichoptères sont représentés respectivement par en moyenne 30 et 32 taxons depuis le début du suivi alors que l'Ordre des Plécoptères n'est quant à lui représenté que par les espèces du genre *Leuctra* et quelques individus isolés appartenant à la famille des Nemouridae.

5.4.3.3 Composition faunistique

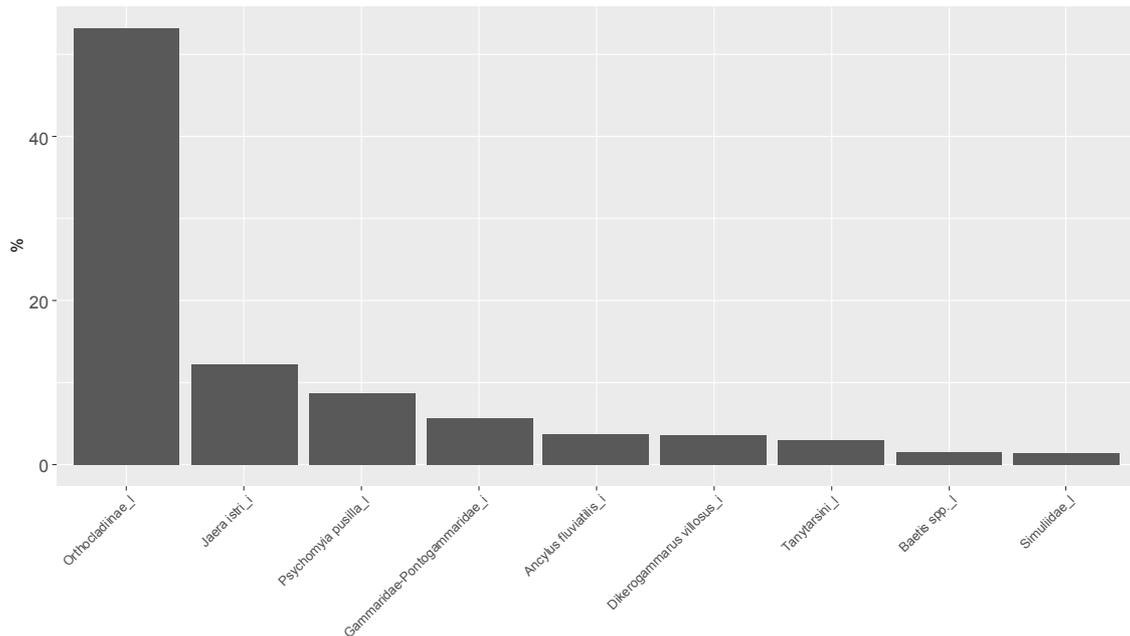


Figure 5.14 : Abondances relatives des taxons sur l'ensemble des campagnes pré-restauration. Seuls les taxons avec une abondance relative supérieure à 1% sont représentés.

Avec un total de 58 % de l'abondance totale avant rehaussement du débit réservé, ce sont les représentants de l'ordre des Diptères (Orthoclaadiinae, Tanytarsini et Simuliidae) qui constituent donc la majorité du peuplement dans le secteur de Donzère-Mondragon (Figure 5.14). Les Diptères sont en général plutôt polluo-résistants et sont d'oligo à mésotrophes. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

Avec 22 % de l'abondance totale, le groupe des Crustacés (*Jaera istri* et *Dikerogammarus villosus*) est également bien représenté dans ce secteur.

La bonne implantation de taxons filtreurs de particules en suspension (Simuliidae), de taxons mangeurs de sédiments organiques fins (Tanytarsini) ou encore de taxons racleurs-brouteurs (Orthoclaadiinae) témoigne d'une charge importante de nourriture dérivante et de matières organiques dans ces milieux.

On notera tout de même, que la présence importante des représentants de la famille des Simuliidae ainsi que ceux de l'espèce *Ancylus fluviatilis*, ayant tous les deux de fortes affinités pour les vitesses de courant élevé, témoigne d'un fonctionnement courant du secteur.

Enfin, on notera l'absence de Plécoptères dans ce classement ainsi que la faible représentation des taxons appartenant à l'Ordre des Ephéméroptères (~1.6 %). Ces deux Ordres représentent des groupes plutôt polluo-sensibles et possédant de fortes affinités pour

des vitesses de courant élevé. On peut alors émettre l'hypothèse de l'augmentation de leur proportion après restauration hydraulique.

5.4.3.4 Composition faunistique en taxons exogènes

L'abondance en taxons exogènes augmente fortement depuis 2009 dans ce secteur (Figure 5.15). En effet, elle a en moyenne été multipliée par un facteur 3 entre 2009 et 2012. L'abondance mesurée pour l'année 2014 a légèrement diminué.

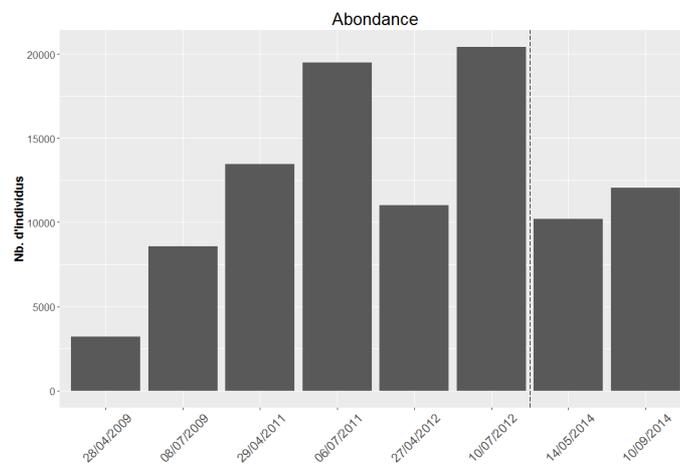


Figure 5.15 : Abondance en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

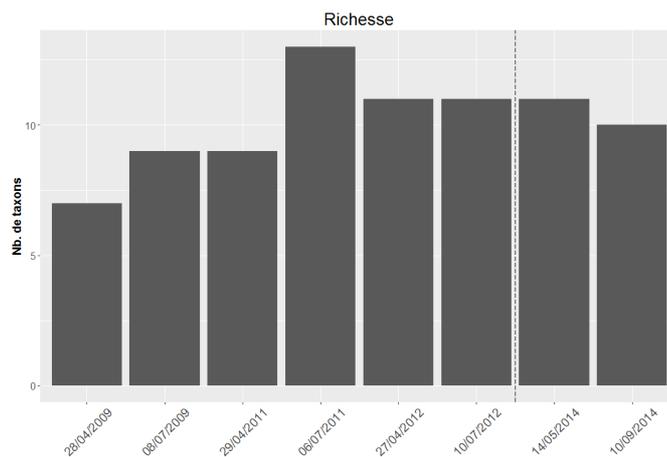


Figure 5.16 : Richesse en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

La richesse en taxons exogènes a également augmenté entre 2009 et 2012 (Figure 5.16) avec en moyenne respectivement 8 et 12 taxons. Le nombre de taxons exogènes est resté stable en 2014.

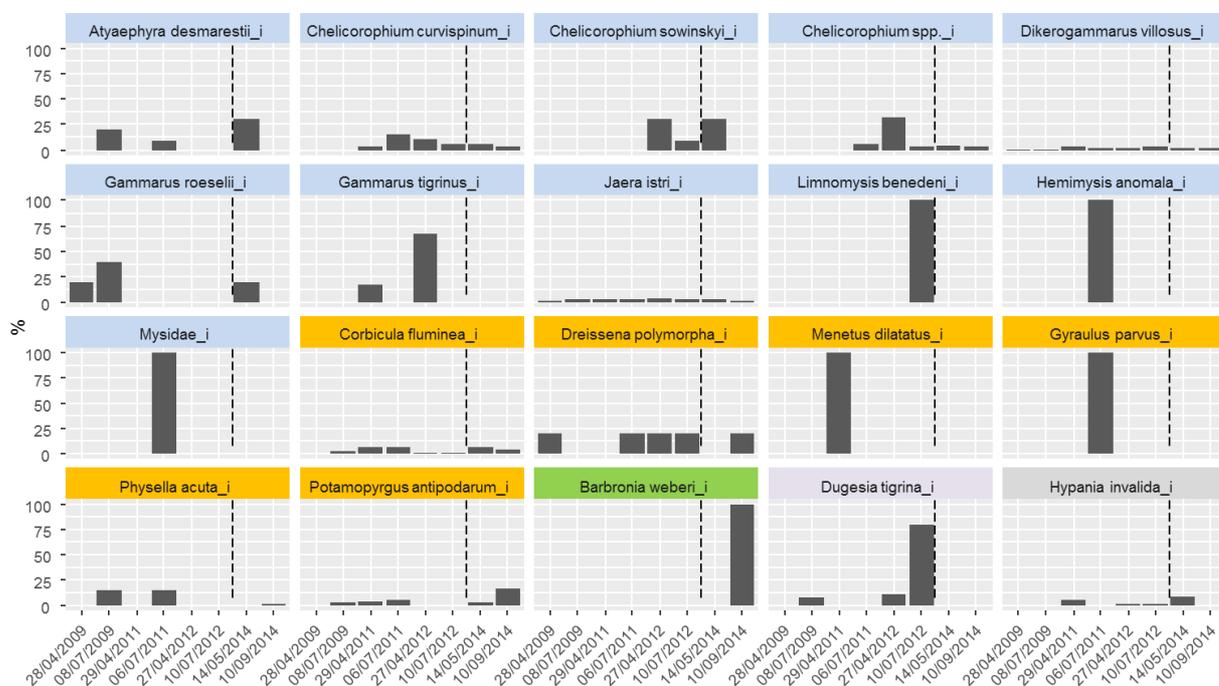


Figure 5.17 : Evolution de la proportion de l'effectif total par taxon exogène et par campagne. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne pointillée verticale. En bleu, les Crustacés ; en orange, les Mollusques ; en vert, l'Hirudinae ; en violet, la Planaire et en gris, le Polychaete.

Lors des 8 campagnes d'échantillonnage réalisées dans le vieux Rhône de Donzère-Mondragon, un total de 20 taxons exogènes a été collecté (Figure 5.17). Avec respectivement 11 taxons et 6 taxons, ce sont les Ordres des Crustacés et des Mollusques qui sont les plus représentés.

On peut distinguer les taxons exogènes peu abondants comme par exemple le crustacé *Gammarus roeseli* ou encore les mollusques *Dreissena polymorpha*, *Menetus dilatatus* pour lesquels seuls quelques individus isolés ont été récoltés toutes campagnes confondues, des taxons exogènes très abondants comme le crustacé *Jaera istri* avec une abondance moyenne par campagne supérieure à 8 000 individus. On peut également distinguer 3 patterns dans l'évolution des abondances de ces taxons exogènes :

- 1- Les taxons rencontrés occasionnellement comme les crustacés *Atyaephyra desmaresti* et *Gammarus roeseli* ou la sangsue *Barbonia weberi*.
- 2- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs ont depuis fortement diminué comme les crustacés *Chelicorophium curvispinum* et *Chelicorophium spp.*

- 4- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs se maintiennent comme les crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, les mollusques *Potamopyrgus antipodarum*, *Corbicula fluminea* ou encore le polychète *Hypania invalida*.

5.4.3.5 Evolution des abondances relatives par guildes de préférence hydraulique

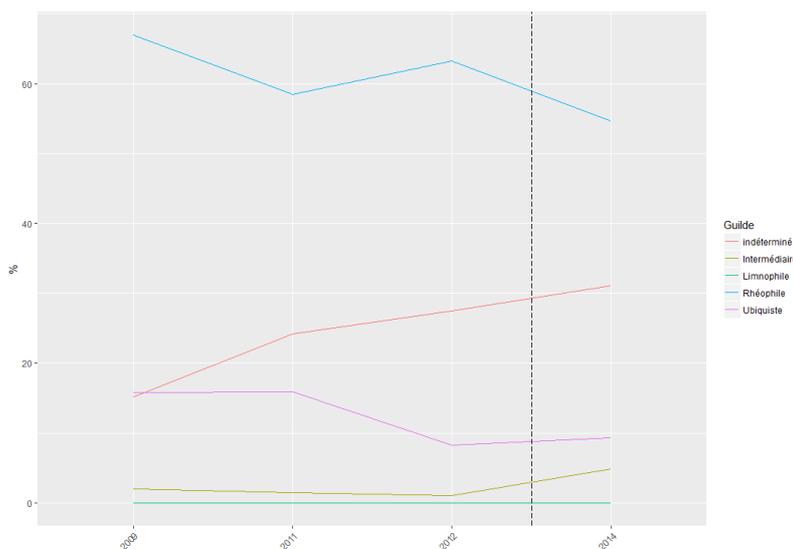


Figure 5.18 : Evolution interannuelle des abondances relatives par guildes de préférence de contraintes hydrauliques pour les taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (voir Méricoux et al., 2009). La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférences hydrauliques, 50 ont été collectés lors des 8 campagnes d'échantillonnage réalisées dans ce secteur. Avec en moyenne 63 % de l'abondance avant restauration, c'est la guildes des invertébrés rhéophiles qui constitue la majorité du peuplement (Figure 5.18), ce qui témoigne d'un fonctionnement courant de l'hydrosystème. Les taxons appartenant à la guildes des ubiquistes représentent en moyenne 13% du peuplement. En revanche, les invertébrés appartenant à la guildes des intermédiaires et des limnophiles sont quant à eux très peu représentés avec en moyenne respectivement 1.5 % et 0.01 % du peuplement.

Lors des campagnes pré-restauration, la proportion des taxons appartenant aux guildes des rhéophiles, des intermédiaires et des limnophiles est restée stable. En revanche, les taxons appartenant à la guildes des ubiquistes a quant à elle diminué de 7 % au profit des taxons aux préférences hydrauliques indéterminées.

Les taxons ubiquistes qui contribuent le plus à la baisse mesurée entre 2011 et 2012 sont le trichoptère *Psychomyia pusilla* ainsi que le mollusque *Corbicula fluminea*. Le taxon dont les affinités pour les contraintes hydrauliques au fond sont indéterminées et qui contribue le plus à la hausse observée entre 2009 et 2012 est les crustacés exogènes *Jaera istri* dont les effectifs ont été multipliés par 2,5 sur la même période.

5.5 Conclusion

Les échantillonnages réalisés sur les 4 secteurs du Bas-Rhône (Péage-de-Roussillon, Baix-le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon) entre 2008 et 2013 nous ont permis d'acquérir une quantité de données suffisantes pour établir un état initial de ces secteurs satisfaisant. Les communautés d'invertébrés de ces secteurs sont assez proches. Les taxons dominants sont les Diptères et les Crustacés exogènes. Même si dans ces secteurs l'abondance relative des taxons rhéophiles domine le peuplement, l'abondance relative des taxons tolérant un niveau trophique de moyen à fort témoigne d'une qualité moyenne de l'eau.

Les résultats issus des campagnes d'échantillonnages réalisées en 2014, c'est-à-dire tout de suite après l'augmentation des débits réservés, ne montrent pas de changement significatif des métriques suivies (richesse, guildes, ..). L'échantillonnage de ces secteurs prévus en 2017 devrait nous éclairer sur l'évolution des communautés d'invertébrés suite à la restauration hydraulique. L'augmentation des débits réservés en 2014 n'ayant pas été la même dans tous les vieux-Rhône concernés par les opérations de restauration, les changements attendus devraient être plus importants dans les secteurs où la différence de débits avant/après augmentation est la plus forte, notamment dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf.

6 Hydromorphologie des lônes

6.1 Objectifs et méthodologie

Depuis son lancement, le suivi scientifique aborde deux questions majeures en matière de dynamique hydromorphologique des lônes :

1) Quelle est la durée de vie d'une lône restaurée ? En d'autres termes, y a-t-il un comblement du bras par sédimentation ? Existe-t-il des phénomènes de décapage des sédiments ralentissant le processus, voire l'inversant ? Cette durée de vie est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne (disponible par ailleurs) de la lône qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

2) La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans la lône ? Ces conditions d'habitat dépendent des caractéristiques de l'écoulement et de la granulométrie du lit. L'objectif est ici de déterminer si les conditions d'habitat sont modifiées par rapport aux conditions initiales et si ces nouvelles conditions vont se maintenir durablement. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la granulométrie moyenne et de la variabilité granulométrique intra-lône est réalisé. Il est complété par un suivi automatisé des hauteurs d'eau.

Les avancées récentes sur ces deux problématiques historiques du programme RhônEco permettent à présent de les aborder sous de nouveaux angles. Par exemple, nous allons pouvoir traiter ces thématiques de recherche en comparant les conditions observées sur les bras restaurés et non restaurés à la fois sur le Haut-Rhône et sur le Rhône médian, ou bien encore observer les trajectoires évolutives.

D'un point de vue méthodologique, le protocole repose sur un suivi piézométrique continu et une campagne de terrain réalisée en moyenne tous les deux ans durant laquelle deux types de relevés sont effectués :

(i) **Mesure de l'épaisseur de la sédimentation fine et de la hauteur d'eau.** La sédimentation a été observée à partir d'un réseau de points d'observation (mesure par carottage de l'épaisseur du dépôt de sédiments fins dans la zone en eau), distribués le long de l'axe médian de chacune des lônes (1 point tous les 10 m. de linéaire, soit entre 19 et 291 points par lône). Ces mesures permettent de calculer la durée de vie de la lône au fur et à

mesure de son vieillissement. Un protocole "extensif" (un point tous les 30 m. ou bien tous les 20 m.) a été mis en place sur la lône de Malaubert et la lône de la Roussette, étant donné l'étendue du linéaire prospecté (3860 m.). D'autre part des secteurs exondés au moment des mesures ont été sondés à la tarière pédologique ou au pénétromètre. C'est le cas sur ROUS, MALU, REPU lors de la caractérisation de l'état initial de 2009 et de 2011 à Montélimar et Donzère-Mondragon.

(ii) **Mesure de la distribution granulométrique.** Cinq prélèvements équi-répartis longitudinalement sont réalisés dans l'axe de la lône à la benne d'Eckmann afin de mesurer la taille médiane des sédiments de surface et sa variabilité longitudinale. Pour les lônes atterries, les cinq prélèvements ont été réalisés à la tarière pédologique, la taille médiane des sédiments de surface étant ensuite mesurée.

Ces investigations s'accompagnent également d'une étude quantifiée des archives photographiques et cartographiques permettant notamment de caractériser l'évolution des bras au cours du temps. Cet investissement est important pour mieux comprendre les états initiaux avant restauration et les comparer ensuite avec les états restaurés. Ce travail permet également de préciser la date de déconnexion de ces bras et d'estimer ainsi le taux de sédimentation (et non plus seulement l'épaisseur de fine), ce qui permet des comparaisons entre les états initiaux et les états restaurés.

L'objectif du présent rapport est de fournir une synthèse des nouveaux traitements qui ont été initiés au cours de l'année 2017. Les points suivants sont résumés dans la suite du rapport :

- développement d'une nouvelle approche pour prédire les vitesses de comblement des bras du Rhône par les alluvions fines
- synthèse de l'incidence des chasses de 2012 et de l'APAVÉR (Abaissement PArtiel de la retenue de VERbois) de 2016 sur le comblement des bras restaurés du Haut-Rhône.

6.2 Développement d'une nouvelle approche pour prédire les vitesses de comblement des bras du Rhône par les alluvions fines.

Dans le cadre du suivi post-restauration menés sur les bras du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite, nous avons pu démontré que les patrons granulométriques (i.e. les conditions d'habitat), les vitesses de comblement des bras par les alluvions fines et de fait leur durée de vie potentielle en tant qu'habitats aquatiques peuvent être relativement bien estimés à partir de descripteurs simples de l'hydrodynamisme des écoulements de crue transitant dans les bras (fréquence de fonctionnement lotique des bras, capacité de reflux et intensité des écoulements

en fonctionnement lotique). L'intérêt de ces métriques 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 devraient permettre de mieux encadrer la conception technique des futures actions de restauration sur le Rhône.

Actuellement, les efforts de restauration des bras se poursuivent sur le Bas-Rhône, à l'aval de la confluence du fleuve avec l'Isère - principal affluent contributeur de matières en suspension (MES) du fleuve. En l'état, les modèles établis sur les bras du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite ne sont pas généralisables à des contextes différents (cas des bras non restaurés ou des bras situés sur des secteurs du fleuve qui enregistrent des flux sédimentaires différents, en termes de granulométrie et de quantité de la charge sédimentaire en transit).

Dans cet esprit, nous avons entamé une refonte des modèles statistiques existants. La priorité a été donnée à la modélisation des vitesses de comblement des bras par les fines (ou taux de sédimentation). Les analyses portant sur les patrons granulométriques des bras seront réalisées prochainement. La nouvelle approche développée permet de s'affranchir du statut des bras (restaurés vs non restaurés), de leur âge (temps écoulé depuis la restauration ou la déconnexion amont des bras non restaurés) et de leur localisation sur le corridor rhodanien (amont/aval de l'Isère notamment).

Pour être en mesure de comparer l'ensemble des taux de sédimentation $[\overline{FSR}, \text{cm}]$ mesurés dans les bras suivis dans le cadre de RhônEco, nous avons créé un référentiel régional. En pratique, nous avons déterminé une loi statistique reflétant les vitesses maximales de comblement des bras par les fines observées sur le Rhône $[\overline{FSR}_{max}, \text{cm}]$ (Figure 6.1). Nous avons utilisé cette référence pour calculer des taux de sédimentation normalisée $[\overline{FSR}^*, \text{\%}]$, où pour chaque bras et chaque campagne les taux de sédimentation sont exprimés en part relative de la sédimentation maximale observée le long du Rhône selon l'âge des bras :

$$\overline{FSR}^* = \frac{\overline{FSR} \times 100}{\overline{FSR}_{max}}$$

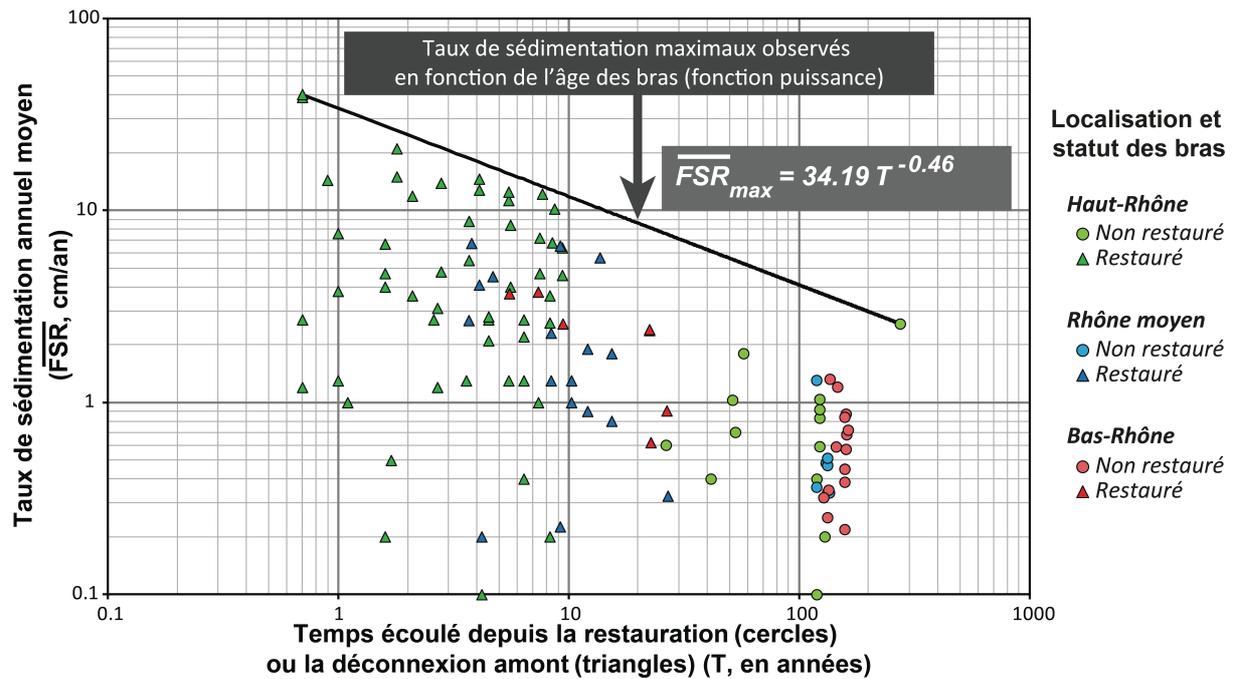


Figure 6.1 - Relation entre taux de sédimentation observés dans des bras restaurés et non restaurés localisés le long du corridor rhodanien en fonction de leur âge. L'analyse permet de mettre en évidence les vitesses maximales de comblement des bras par les fines observées sur le Rhône.

Ainsi, dans le cadre de cette nouvelle démarche de modélisation, le taux de sédimentation normalisé $[\overline{FSR}^*]$ constitue la variable à prédire et les variables reflétant l'hydrodynamisme de crue des bras sont les variables explicatives, avec dans le détail :

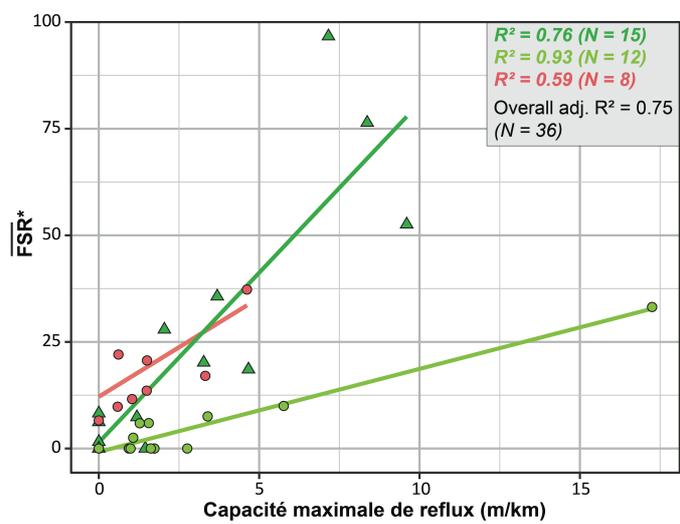
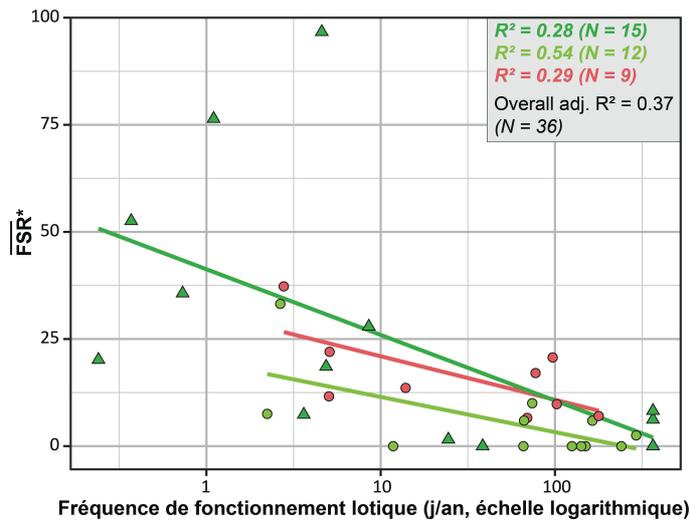
- la **fréquence de fonctionnement lotique** des bras (j/an) qui renseigne le potentiel de décapage des bras (capacité de rajeunissement voire d'auto-entretien) et le potentiel de sédimentation durant les évènements de crue ;
- la **capacité maximale de reflux** (m/km) qui constitue un proxy de la propension des bras à accumuler des alluvions fines ;
- l'**intensité maximale des crues** en fonctionnement courant (valeurs de contraintes de cisaillement, N/m^2) **pour les évènements compris entre la crue biennale et la crue décennale** qui renseigne le potentiel de décapage des bras.

Les nouveaux modèles (Figure 6.2) reposent sur des analyses de covariance (ANCOVA). Ce type de modèle permet de considérer à la fois des variables explicatives quantitatives (fréquence de fonctionnement lotique, capacité maximale de reflux et intensité maximale de crues pour les évènements compris entre la crue biennale et la crue décennale) et des variables qualitatives (dans notre cas les différents secteurs du Rhône). Nous avons par la suite déterminé s'il existait des différences statistiques significatives entre les secteurs testés (tests DSH - Différence Significative Honnête - de Tukey) selon les différentes variables

quantitatives introduites dans les modèles (Figure 6.3). Trois populations distinctes ont été introduites dans les modèles : les bras restaurés du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), les bras du Haut-Rhône dans leur état non restauré (Belley et Brégnier-Cordon) et les bras non restaurés du Bas-Rhône (Montélimar et Donzère-Mondragon).

Nous n'observons pas de différences significatives entre les bras des différentes populations testées en termes de relations entre la fréquence de fonctionnement lotique / intensité des écoulements en crue et taux de sédimentation normalisé (Figures 6.2 et 6.3). En revanche, les bras du Haut-Rhône dans leur état non restauré présentent des taux de sédimentation normalisés significativement plus faibles que ceux observés dans les bras non restaurés du Bas-Rhône (secteurs de Montélimar et de Donzère-Mondragon) à capacité de reflux équivalente. Ce résultat met clairement en évidence l'impact de l'augmentation substantielle de la charge en MES, à l'aval de la confluence du Rhône avec l'Isère, sur les vitesses de comblement des bras de ces deux secteurs dans leur état non restauré.

D'autre part, on observe que les bras restaurés du Haut-Rhône présentent des taux de sédimentation normalisé significativement plus élevés que ceux observés sur les bras non restaurés de ce même secteur du fleuve. Il semble très probable que les travaux d'excavation / curage des alluvions en lien avec la restauration ait engendré une forte augmentation de leur capacité de piégeage des alluvions fines, dans la mesure où ces derniers enregistrent des taux de sédimentation normalisés proches de ceux observés dans les bras non restaurés du Bas-Rhône.



Trois groupes testés :

1) ▲ Bras restaurés du Haut-Rhône	] Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon
2) ● Bras non restaurés du Haut-Rhône	
3) ● Bras non restaurés du Bas-Rhône	] Montélimar et Donzère-Mondragon

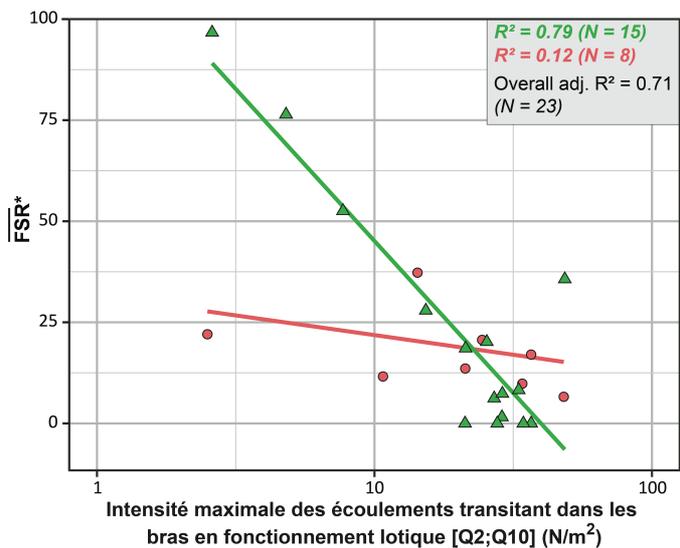


Figure 6.2 - Relations statistiques liant les taux de sédimentation normalisés et les métriques caractérisant l'hydrodynamisme des écoulements de bras restaurés et non restaurés dans différents secteurs du Rhône. N.B. : les valeurs de contrainte de cisaillement sont en cours de calcul pour les bras du Haut-Rhône dans leur état non restauré.

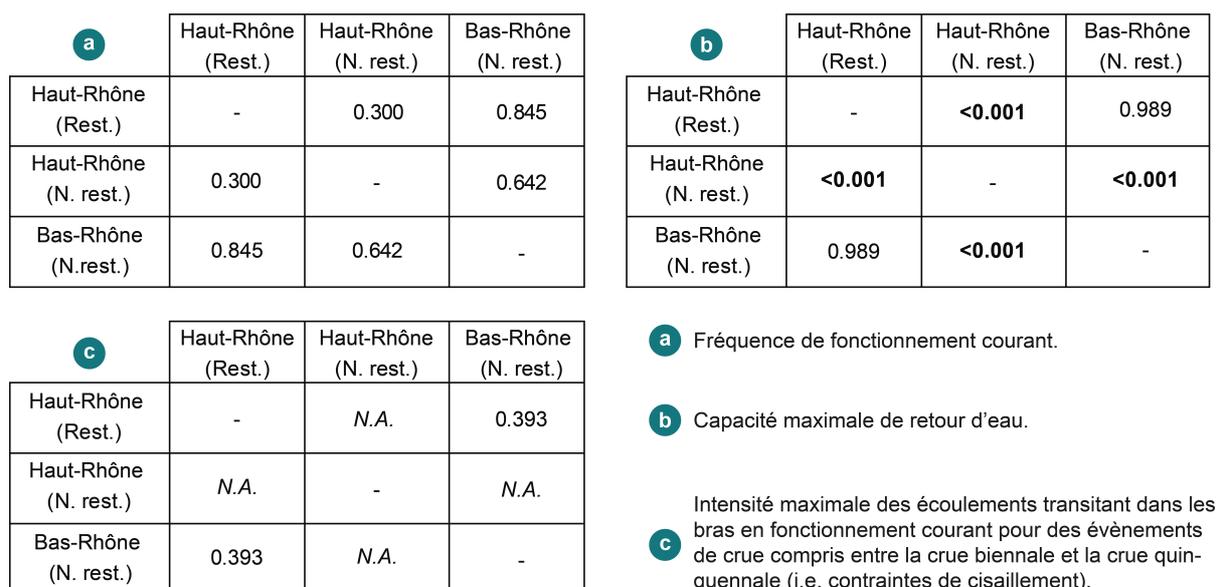


Figure 6.3 - Comparaison inter-secteurs des relations statistiques établies entre taux de sédimentation normalisés et métriques caractérisant l'hydrodynamisme des écoulements de bras restaurés et non restaurés (Rest = bras restaurés ; N. rest. = bras non restaurés). Les p-values affichées en gras soulignent les différences statistiquement significatives.

6.3 Evaluation de l'incidence des chasses de 2012 et de l'APAVÉR (Abaissement PARTiel de la retenue de VERbois) de 2016 sur le comblement des bras restaurés du Haut-Rhône.

Cette problématique a été traitée dans le cadre d'une étude commandée par la CNR. Nous pensons qu'il est opportun de résumer ici les principales conclusions de ce travail. Il illustre parfaitement l'intérêt du rôle d'observatoire du programme RhônEco pour aborder des problématiques pour lesquelles il n'était pas prédestiné.

Sur les 15 bras du Haut-Rhône habituellement suivis dans le cadre de RhônEco, seule la lône de la Malourdie située sur le vieux-Rhône de Chautagne n'a pas été intégrée à cette étude. (Abaissement PARTiel de la retenue de VERbois). Les 14 bras retenus (Tableau 6.1) ont fait l'objet d'une campagne de relevés financée par la CNR en 2016 (post-événement APAVER), reprenant le protocole RhônEco. Ces données supplémentaires ont été intégrées à celles obtenues préalablement obtenues dans le cadre du programme.

Le tableau 6.1 met en évidence deux groupes de bras. Le premier groupe (en bleu) rassemble des bras qui sont, a priori, capables de s'auto-entretenir sur le long terme. Ils ne sont pas concernés par la problématique de comblement par les fines, du fait qu'ils enregistrent des écoulements très actifs assurant l'auto-entretien de leurs fonds. Les 8 autres bras (en marron)

tendent à accumuler de plus en plus de sédiments fins au fur et à mesure que le temps depuis la restauration s'écoule. Les processus de décapage dans ces bras peuvent les rajeunir épisodiquement, sans pour autant assurer leur auto-entretien. Ces 8 bras sensibles à la sédimentation fine ont fait l'objet d'analyses plus poussées.

Tableau 6.1 – Analyse des relations entre épaisseur moyenne des sédiments fins et le temps écoulé depuis la restauration des bras (T0) pour différentes périodes. En marron : bras/période présentant une dépendance significative vis-à-vis du temps écoulé depuis la restauration ($P < 0.05$). En bleu : bras/période ne présentant pas de dépendance significative ($P > 0.05$) - résultats issus de tests de permutation.

Bras suivis		Période et nombre d'observés considérés dans le test de permutation		
Tronçon	Nom	T0 / 2013 ou 2014*	T0 / 2015	T0 / 2016
Chautagne	Brotalet	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Luisettes	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Moiroud	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Béard	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Fournier	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Lucey	N = 6	N = 7	N = 8
Belley	Lône d'en l'île	N = 6	N = 7	N = 8
Brégnier-Cordon	Granges	N = 5	N = 6	N = 7
Brégnier-Cordon	Vachon	N = 5	N = 6	N = 7
Brégnier-Cordon	Cerisiers	N = 5	N = 6	N = 7
Brégnier-Cordon	Mathan	N = 5	N = 6	N = 7
Brégnier-Cordon	Molottes	N = 5	N = 6	N = 7
Brégnier-Cordon	Ponton	N = 5	N = 6	N = 7

Pour chacun de ces 8 bras, nous avons tout d'abord modélisé les trajectoires évolutives pré-événement de l'épaisseur moyenne des sédiments fins accumulés en fond de bras en fonction du temps écoulé depuis la restauration (i.e. en ne considérant que les données disponibles avant les chasses de 2012 / ou avant l'APAVÉR de 2016). Puis, nous avons mesuré les écarts constatés entre ces trajectoires évolutives modélisées et les mesures réalisées à la suite de ces événements (Figure 6.4). Cette approche nous a permis de mettre en évidence d'éventuelles « sur-sédimentation » directement imputables à ces deux événements et de comparer leur incidence respective.

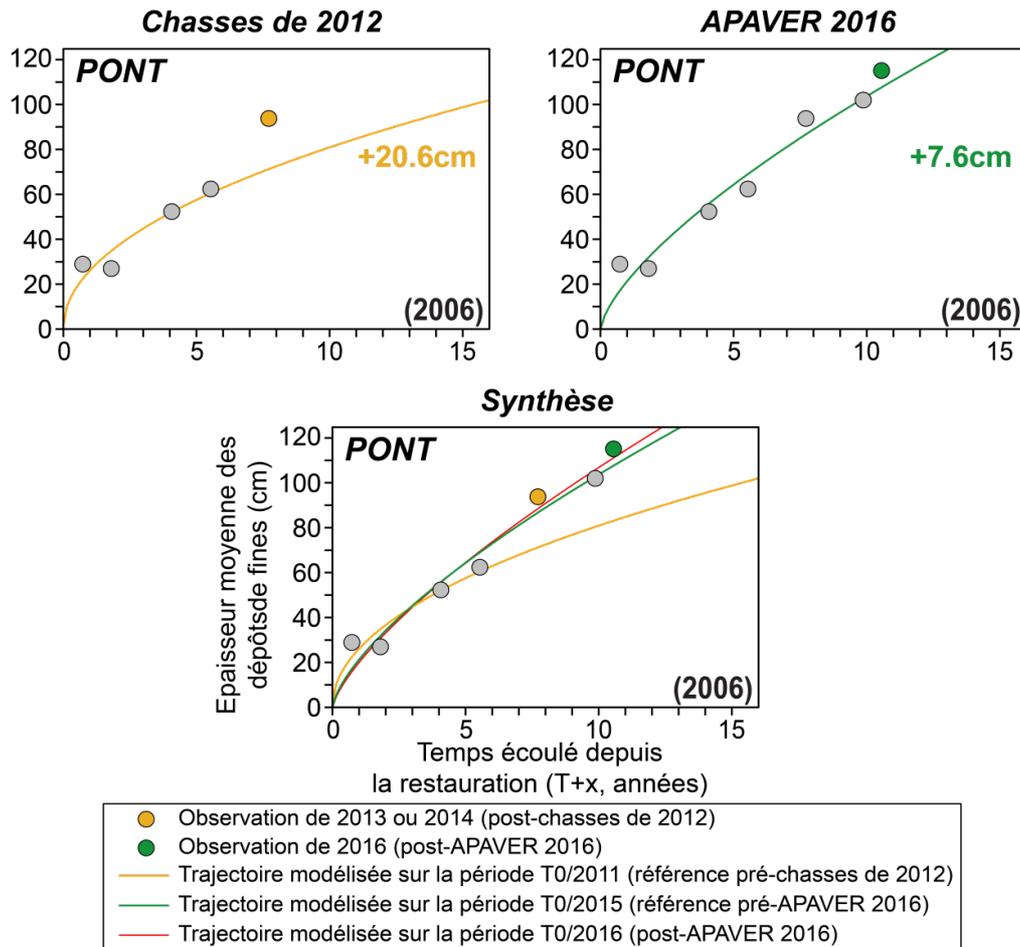


Figure 6.4 - Illustration de la méthodologie développée pour évaluer l'incidence des chasses de 2012 et de l'APAVER de 2016 sur le comblement des bras restaurés du Haut-Rhône

Sur les 8 bras présentant une sensibilité avérée à la sédimentation fine, 4 (Moiroud, Béard, Molottes et Ponton) présentent une accélération de leur comblement à la suite des opérations d'Abaissement Partiel de la retenue de VERbois de 2016 (Tableau 6.2). En ce qui concerne la "légère" sur-sédimentation observée sur la lône de Lucey à la suite de l'APAVER de 2016, d'autres facteurs de contrôle potentiels sont à considérer. Nous avons également pu démontrer que lors des opérations de chasses de 2012 (vidange totale de Verbois), seuls ces 4 bras présentaient également un excès de sédimentation fine à la suite de l'évènement. Les excès de sédimentation observés sur ces bras sont globalement bien plus faibles à la suite de l'APAVER que lors des opérations de chasses de 2012. Ainsi, les « chasses de 2012 » ont significativement modifié les tendances observées sur ces bras, alors que L'APAVER de 2016 engendre, quant à lui un surcroît de sédimentation qui ne remet pas fondamentalement en question les lois établies en pré-APAVER. Ceci illustre bien que les flux de MES ont été bien plus faibles en 2016 comparativement à ceux observés en 2012.

Enfin, au regard de l'ensemble des régimes de connectivité de crue observés sur les bras suivis du Haut-Rhône (Figure 6.5), ces 4 bras ont pour caractéristique commune de posséder un fonctionnement lotique relativement peu fréquent, épisode au cours desquels les écoulements transitant en leur sein demeurent relativement peu puissants. C'est particulièrement le cas des lônes Moiroud, Molottes et Ponton, pour lesquelles les ajustements post-événements constatés ici sont pour l'essentiel irréversibles. En revanche, Béard possède une certaine capacité d'auto-entretien. Cependant, les épisodes de rajeunissement potentiels observés sur ce bras demeurent relativement rares et brefs.

Tableau 6.2 - Analyse comparative de l'incidence des opérations de chasses de 2012 et de l'APAVÉR de 2016 sur la dynamique de comblement des 8 bras présentant une sensibilité avérée à la sédimentation fine : comparaison des écarts aux modèles constatés. Les cellules grisées mettent en évidence les bras / événements pour lesquels une « sur-sédimentation » a été détectée.

Bras	Chasses 2012	APAVÉR 2016
	Ecart aux modèles (cm)	Ecart aux modèles (cm)
Brotalet	-0.9	-0.3
Moiroud	+10.4	+4.7
Béard	+3.9	+4.2
Lucey	-1.6	+2.3
Granges	-2.6	-1.9
Cerisiers	-2.9	-3.1
Molottes	+3.2	+0.8
Ponton	+20.6	+7.6

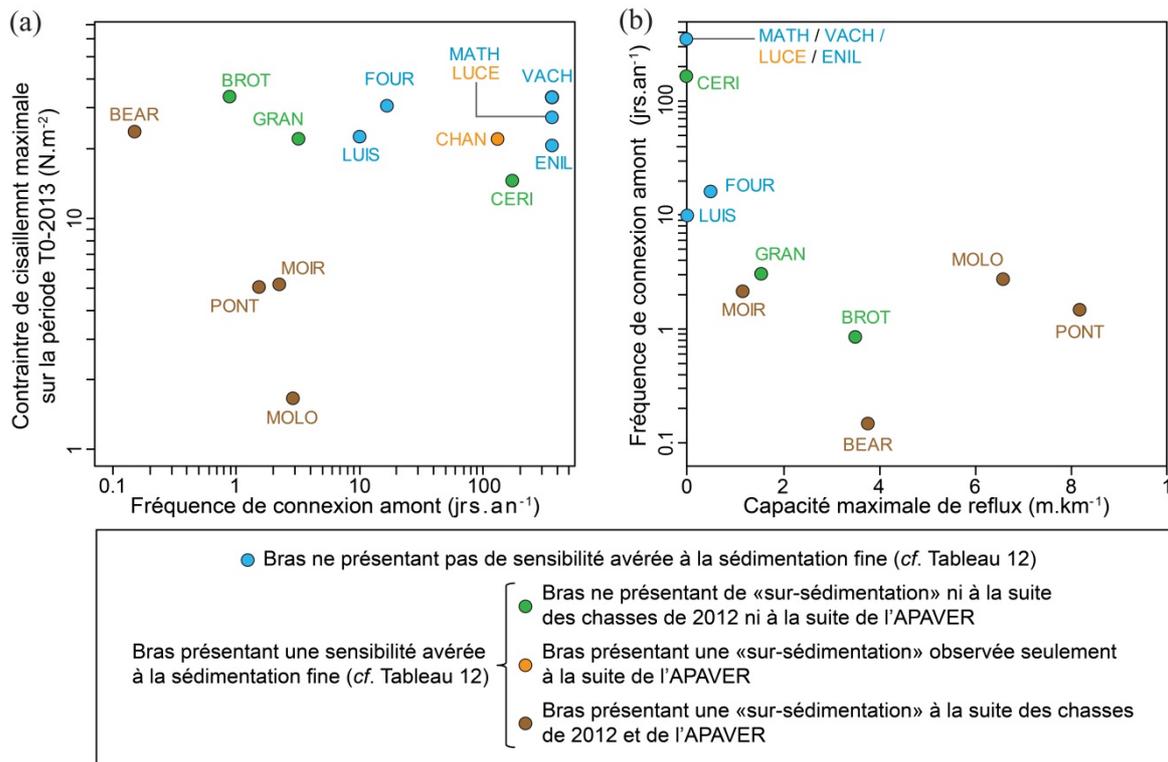


Figure 6.5 – Liens entre sensibilité à la sédimentation des bras suivis lors des chasses de 2012 et de l'APAVER et hydrodynamisme des écoulements de crue transitant en leur sein.

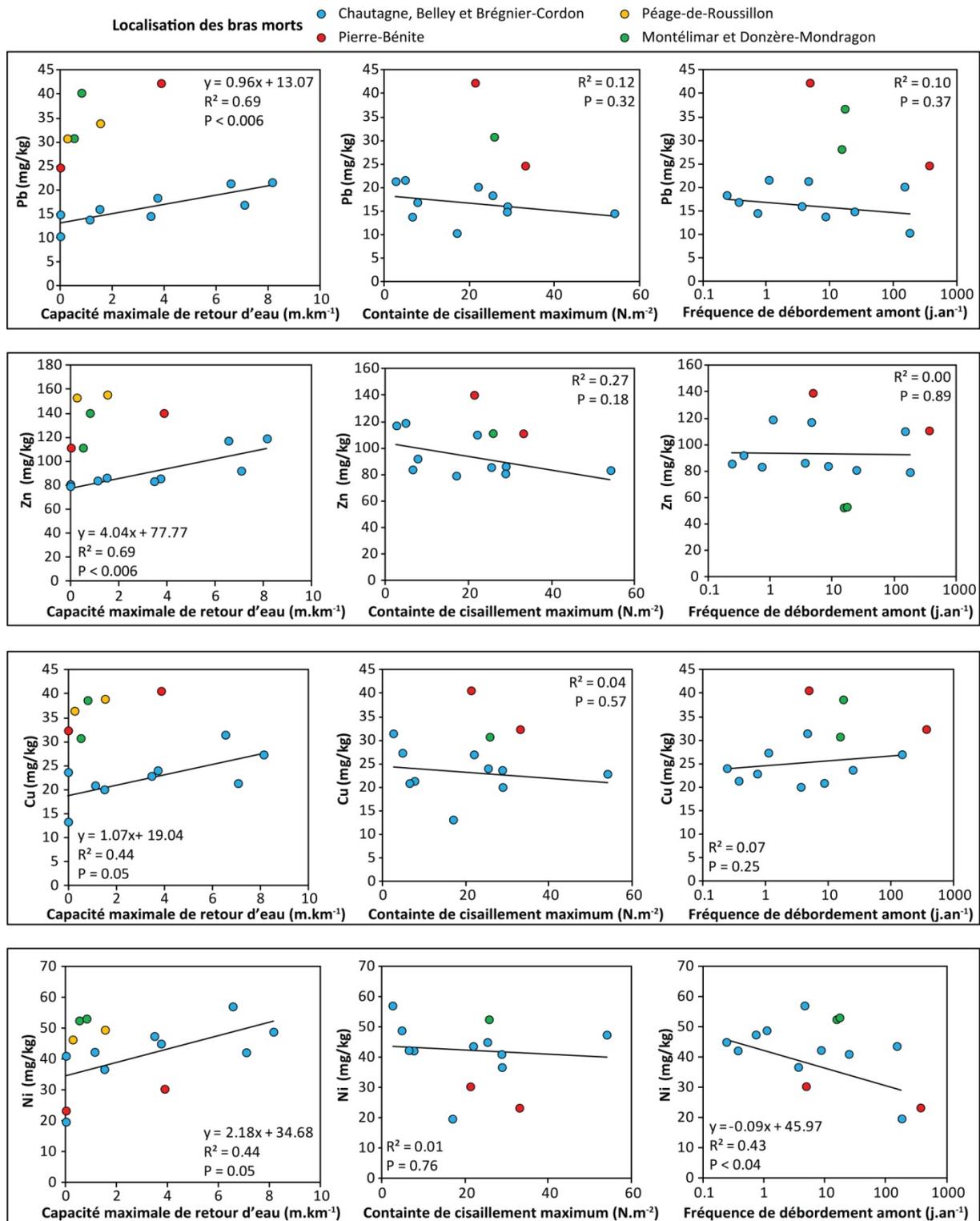


Figure 6.5 - Relation entre concentration moyenne en plomb, zinc, cuivre et nickel dans les bras et leur régime de connectivité de crue. Chaque point représente la concentration moyenne mesurée dans un bras (généralement issue de 5 échantillons). Seul les bras morts ont été retenus dans cette analyse ; les bras vifs n'ont pas été intégrés. Les ajustements affichés ont été réalisés en ne considérant que les bras du Haut-Rhône. Les données disponibles sur les autres secteurs sont affichées pour permettre une première comparaison. Les relations sont jugées significatives lorsque la p-value (noté P) est inférieure ou égale à 0.05.

6.4 Conclusions et perspectives pour 2018

Une nouvelle approche a été développée pour modéliser les vitesses de comblement des bras, permettant de considérer à la fois le statut des bras (restaurés vs non restaurés), leur âge (temps écoulé depuis la restauration ou la déconnexion amont des bras non restaurés) et leur localisation sur le corridor rhodanien (amont/aval de l'Isère notamment). La version bêta de cette nouvelle approche donne d'ores et déjà des résultats très encourageants. Il nous faut encore incorporer dans ces modèles l'ensemble des bras suivis du Rhône médian (secteurs de Pierre-Bénite et de Péage-de-Roussillon). Dans le même esprit, une refonte des modèles permettant de prédire les patrons granulométriques est actuellement en cours. Ces données constitueront une base solide sur laquelle s'appuiera l'application "Shiny" (outil d'aide à la décision/gestion des bras du Rhône sous la forme d'une interface web "presse bouton"). La production de cet outil a été initiée récemment.

L'évacuation des sédiments accumulés dans la retenue de Verbois a donné lieu en 2016 à un nouveau mode de gestion. L'abaissement de la retenue de Verbois, complet en 2012, n'a été que partiel en 2016. L'étude réalisée a permis de mettre en évidence que les nouvelles modalités de gestion de l'évacuation des sédiments de l'ouvrage de Verbois associées aux mesures d'accompagnement mises en œuvre par la CNR ont permis de limiter l'impact de l'APAVÉR sur le comblement des bras morts restaurés du Haut-Rhône. Ce travail illustre parfaitement l'intérêt du rôle d'observatoire du programme RhônEco pour aborder des problématiques pour lesquelles il n'était pas prédestiné.

7 Suivi des invertébrés des annexes fluviales

7.1 Introduction

Dans le cadre du suivi scientifique du programme décennal de restauration du Rhône, puis du programme RhônEco, les macroinvertébrés aquatiques des annexes fluviales (lônes) ont été pris en compte afin de suivre les conséquences des travaux de restauration sur la diversité biologique de ces milieux.

Les macroinvertébrés accomplissent des fonctions primordiales dans la fragmentation et la décomposition de la matière organique. Les peuplements de macroinvertébrés reflètent en outre la productivité des milieux et sont un maillon important de la chaîne trophique, particulièrement pour les poissons. Par des modifications du régime hydraulique (fréquence et durée des connexions avec le fleuve, contraintes hydrauliques s'exerçant lors des connexions, connexion avec les eaux souterraines) et de l'habitat (« rajeunissement » du sédiment, réinitialisation des successions végétales aquatiques, les travaux de restauration réalisés sur le Rhône entraînent des modifications quantitatives et qualitatives des communautés d'invertébrés aquatiques.

Parmi les invertébrés aquatiques, plusieurs groupes permettent de porter un diagnostic sur la gamme complète d'habitats en contexte alluvial : des habitats lotiques (chenal principal et bras latéraux courants) aux habitats semi-aquatiques. Ils traduisent donc non seulement les changements ayant lieu dans chaque lône considérée isolément, mais ils fournissent également une "vision de site" et permettent de diagnostiquer – à l'échelle des secteurs alluviaux - les conséquences sur la diversité biologique des modifications de communication entre les lônes et le chenal principal.

A la suite du document de restitution (Castella *et al.*, 2016) qui traduisait l'état des lônes étudiées dans le secteur de Belley dix ans après sa restauration, le présent rapport propose une première synthèse sur l'état des communautés des lônes suivies dans le secteur de Brégnier-Cordon, dix ans après la restauration du secteur. L'accent est mis sur la présentation pour chaque lône restaurée, de l'évolution des métriques décrivant la richesse et la diversité des communautés d'invertébrés et la contribution des espèces exogènes. Plusieurs lônes non restaurées ont également été suivies à Brégnier-Cordon. Elles constituent des « témoins »

lotiques et lentiques qui permettent d'évaluer comparativement les changements observés dans les lônes restaurées.

Un état général des suivis effectués sur les cinq secteurs étudiés sur le Rhône à la date du présent rapport est fourni en annexe.

7.2 Sites et méthodes

7.2.1 Sites et dates

Douze lônes suivies à Brégnier-Cordon sont analysées dans le présent rapport (Tableau 7.1). Les périodes effectives d'échantillonnage peuvent varier entre lônes, en particulier en ce qui concerne les dates précédant la restauration (2003-2005). Sont intégrées à l'analyse les données acquises dans le cadre du suivi des épisodes de chasse (2012) et d'abaissement partiel (APAVER 2016) de la retenue de Verbois, ainsi que de suivis effectués dans le cadre de travaux de master ou de l'étude du mollusque gastéropode *Anisus vorticulus*. Au cours de la période d'étude, cette espèce a en effet été trouvée dans les sites ROSS, CRBL, NAPP, PLAI et VILO, parmi ceux qui sont analysés ici.

Tableau 7.1 – Plan d'échantillonnage des 12 lônes suivies dans le secteur de Brégnier-Cordon (2003 – 2016).
P et E : campagnes d'échantillonnage de Printemps (mi-mars – mi-avril) et d'été (mi-juin – mi-juillet).

	Nb de stations	2003	2004	2005	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2016
Lônes restaurées par reconnexion aval & recreusements locaux												
Granges – GRAN	2		E	P		P/E	P/E		P/E		P/E	P/E
Molottes – MOLO	2		E	P		P/E	P/E		P/E			P/E
Ponton – PONT	2		E	P		P/E	P/E		P/E		P/E	P/E
Lônes restaurées par reconnexion complète amont-aval												
Mathan – MATH	2	E	P			P/E		P/E	P/E			P/E
Vachon – VACH	2	E	P			P/E	P	P/E	P	P		P/E
Lône « témoin » lotique												
Tonkin – TONK	2				P/E	P/E	P/E		P/E			P/E
Lônes « témoins » à connexion aval												
Mortier – MORT	2	P/E				P/E	P/E		P/E		P/E	P/E
Rossillon – ROSS	2	P/E				P/E	P/E		P/E		P/E	P/E
Lônes « témoins » déconnectées												
Creux de Bleu – CRBL	1	P/E				P/E	P/E		P/E			P/E
Nappes – NAPP	1	P/E		P/E			P/E		P/E		P/E	P/E
Plaine – PLAI	2		E	P		P/E	P/E		P/E		P/E	P/E
Vieille Lône – VILO	2			P/E		P/E	P/E		P/E		P/E	P/E

Deux stations d'échantillonnage sont sélectionnées à l'intérieur de chaque lône. Ces stations sont des zones géomorphologiquement homogènes et présentant généralement une unité du point de vue de la végétation aquatique lorsque celle-ci est présente. Elles représentent généralement les deux "pôles" caractéristiques de ces anciens chenaux de type parapotamique : une station amont (abrégée – am) représentant les secteurs les moins profonds (éventuellement temporaires), déconnectés du Rhône en débit moyen, une station aval (abrégée – av), représentant les secteurs les plus profonds et généralement connectés au Rhône.

Les 12 lônes suivies représentent un total de 22 stations (Tableau 7.1). Elles peuvent être classées *a priori* en 5 groupes en fonction du fait qu'elles aient été restaurées ou non, ainsi que de leur état de connexion avec le fleuve (Tableau 7.1). La lône de Rossillon est un cas particulier, sa connexion aval ayant lieu avec le contre-canal et non pas avec le Rhône. Les deux stations étudiées sur les lônes restaurées n'ont pas nécessairement été directement touchées par les opérations de restauration. Ainsi, les stations MOLOam et PONTam peuvent être considérées comme des témoins non restaurés.

7.2.2 Échantillonnage de la macrofaune

A l'intérieur de chaque station, un tronçon de 30 mètres (selon l'axe amont-aval de la lône) a été choisi pour l'échantillonnage de la macrofaune aquatique. A l'intérieur de chaque tronçon de 30 m, 4 points de prélèvement sont tirés au hasard. En chacun des 4 points une description de la structure de l'habitat (profondeur, courant, sédiment, végétation aquatique, ombrage) est effectuée selon un protocole standard à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50cm. Dans ces mêmes points, la macrofaune aquatique est échantillonnée de la façon la plus exhaustive possible à l'épuisette (ouverture 15 x 12cm) à l'intérieur du quadrat. Le vide de maille est 0.5mm. La limite de profondeur est d'environ 190cm (manche de l'épuisette). Les échantillons sont effectués à pied ou en bateau gonflable léger selon l'accessibilité et la profondeur d'eau. Le matériel est fixé à l'alcool. Au laboratoire la fraction grossière des prélèvements est triée à vue. La fraction fine est triée sous une loupe binoculaire. Les invertébrés sont déterminés au niveau le plus fin permis par l'ouvrage de Tachet *et al.* (2000), à l'exception des macrocrustacés, gastéropodes et insectes (autres que diptères et hémiptères) dont la détermination est poussée à l'espèce dans la mesure du possible. Les Annélides Oligochètes ne sont pas pris en compte.

Les analyses qui suivent sont basées sur l'exploitation de 3 échantillons par site et par période. Un total de 729 échantillons élémentaires est analysé ici.

7.2.3 Analyse des données et calcul des métriques

Quatre métriques sont utilisées ici pour décrire la diversité des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lînes et ses changements.

(1) une mesure de la diversité taxonomique: la richesse dite "raréfiée". C'est le nombre de taxons obtenus pour un nombre fixé d'individus. Cette mesure permet une comparaison entre échantillons / stations, non biaisée par les différences d'abondances entre ceux-ci (Heck *et al.*, 1975 ; Krebs, 1999). Cette métrique est très proche des indices de diversité « classiques » (indices de Shannon ou Simpson).

(2) la richesse EPT. C'est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, groupes pour lesquels un niveau de détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu (qualité de l'eau, diversité des ressources trophiques, hétérogénéité des microhabitats) et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.

(3) la richesse en mollusques gastéropodes. C'est le nombre d'espèces appartenant à ce groupe. Il diminue avec la permanence et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux. Dans les milieux stagnants ou peu perturbés par des crues à forte action "décapante", la richesse en gastéropode peut être vue comme un indicateur de la qualité du milieu (diversité des végétaux aquatiques, complexité structurale de l'habitat).

(4) le pourcentage d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien calculé par rapport à l'abondance totale dans les relevés.

Malgré la brièveté de la période d'étude pré-restauration, la médiane (Q50) et l'intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration de ces métriques pour les 12 lînes analysées ont été utilisés à titre indicatif comme références pour la visualisation des résultats post-restauration. Pour chaque station les analyses ont été réalisées sur des synthèses par période: les données analysées sont les moyennes (ordination des relevés, représentation de l'abondance des taxons) ou des sommes (richesse raréfiée, proportion d'exogènes) des périodes de printemps (somme de 3 échantillons) et d'été (somme de 3 échantillons) d'une même année. Lors de la période pré-restauration (2003-2005), des saisons appartenant à des

années consécutives ont pu être sommées ou moyennées (par exemple été 2003 et printemps 2004).

Des analyses en composantes principales (ACP) ont été utilisées pour décrire les similarités faunistiques entre sites et décrire les changements temporels de la composition des communautés. Ces calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le logiciel R (R Core Team, 2018) et le jeu de fonctions *ade4* sous R (Dray & Dufour, 2007).

7.3 Description globale de la diversité des communautés d'invertébrés des lônes suivies dans le secteur de Brégnier-Cordon de 2003 à 2016.

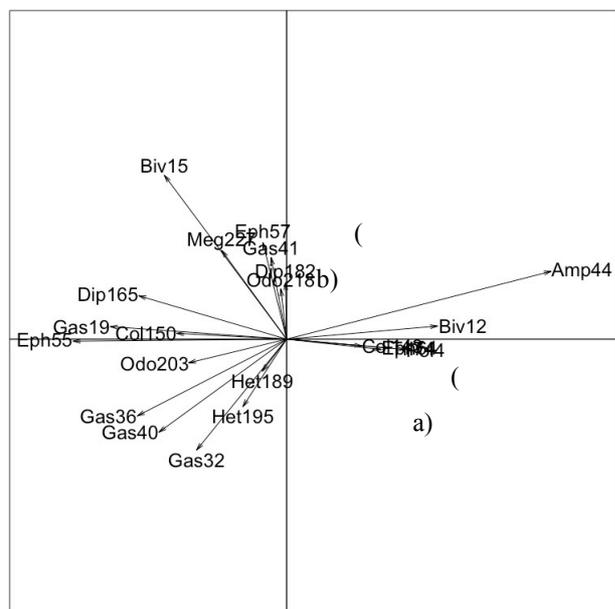
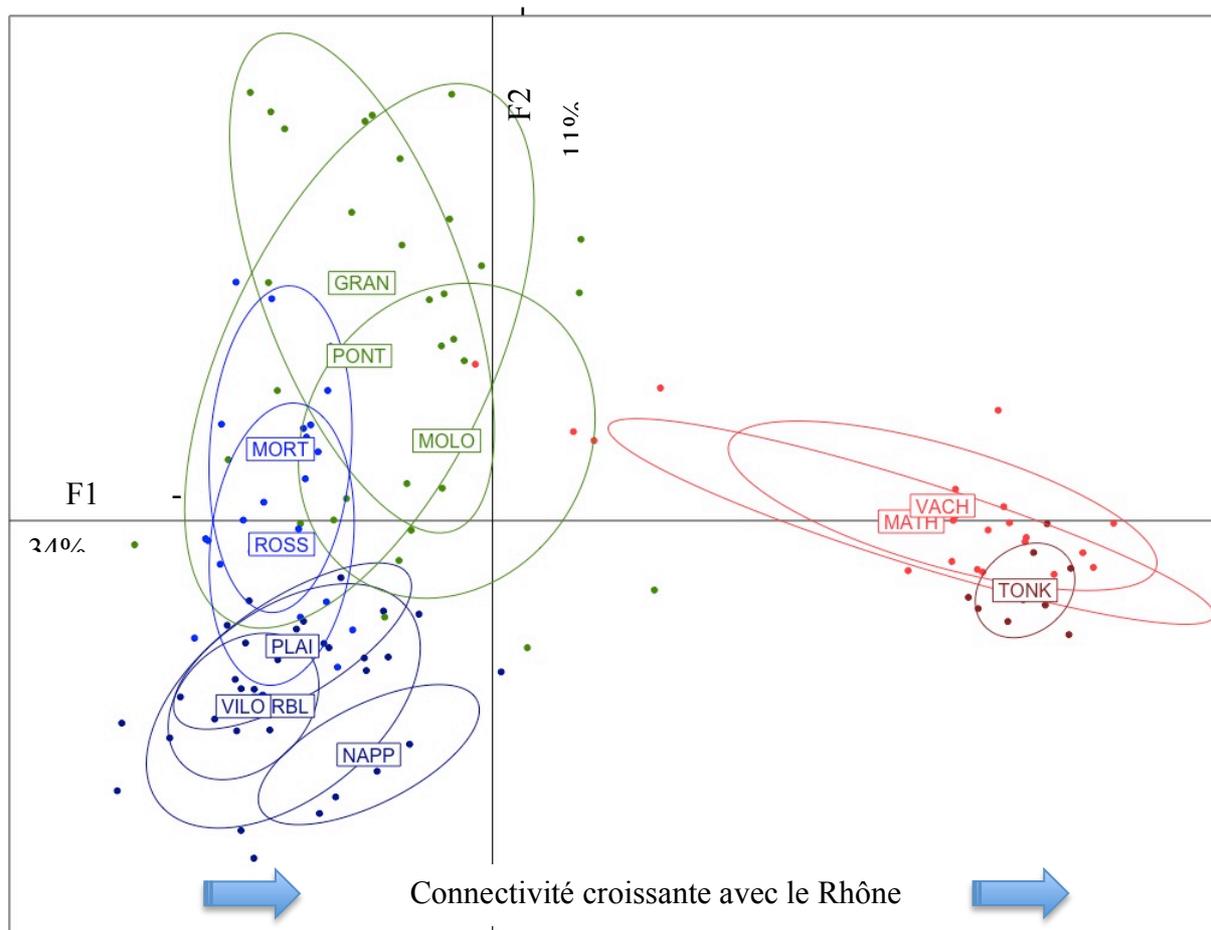
Les données utilisées sont constituées par l'abondance des 201 taxons présents dans au moins 2 stations*années sur un total de 124 stations*années (22 stations échantillonnées 5 ou 6 années). Elles sont décrites par une analyse en composantes principales (ACP) qui montre une forte opposition entre les lônes lotiques totalement connectées au Rhône (ellipses rouges : TONK, VACH, MATH) et les autres (Figure 7.1). Cette opposition est matérialisée le long de l'axe horizontal de l'ACP, elle est due à l'opposition entre :

- d'une part les crustacés *Gammarus pulex* et *fossarum* associés à d'autres taxons rhéophiles comme *Corbicula fluminea* (bivalve exogène), *Esolus parallelepipedus* (coléoptère), *Heptagenia sulphurea* (éphéméroptère) ou *Hypania invalida* (annélide exogène), qui caractérisent les stations connectées et,

- d'autre part les taxons lénitophiles comme *Cloeon dipterum* (éphéméroptère) et les gastéropodes *Bithynia tentaculata* ou *Hippeutis complanatus*.

L'axe vertical de cette même analyse ordonne les lônes depuis les plus isolées (NAPP, CRBL, VILO, PLAI) jusqu'aux lônes restaurées par reconnexion aval (MOLO, PONT, GRAN), en passant par les lônes non restaurées possédant encore une connexion aval (ROSS, MORT) qui occupent une position centrale dans ce gradient. Les taxons responsables de ce gradient par leurs variations d'abondance sont essentiellement les *Pisidium sp.* (bivalves), *Sialis lutaria* (mégaloptère), *Caenis horaria* (éphéméroptère), *Valvata piscinalis* (gastéropode) pour les lônes restaurées, le gastéropode *Anisus vorticulus* (espèce listée dans la Directive Habitats), *Valvata cristata* (gastéropode), *Plea minutissima* (hétéroptère) pour les sites isolés et non restaurés.

Les lônes restaurées montrent des variabilités supérieures à celles des lônes « témoins », comme le traduisent bien la taille des ellipses des lônes GRAN, MOLO, PONT, MATH et VACH sur la Figure 7.1. On peut en particulier comparer le regroupement des points de la lône du Tonkin (TONK), lotique non restaurée par rapport à VACH et MATH. La distinction des stations constituant les lônes (Figure 7.2) permet de visualiser les variations faunistiques interannuelles importantes induites par la restauration comparativement aux stations non restaurées. Cet effet est particulièrement visible si l'on compare les stations amont (non restaurées) et aval (restaurées) des lônes des Molottes et du Ponton. Il est par ailleurs notable que les stations reconnectées à l'aval par la restauration (GRANav, PONTav, MOLOav) ont une position traduisant l'augmentation de la ressemblance de leurs communautés avec celles des stations les plus connectées (Figure 7.2). Ces stations sont également caractérisées par les abondances maximales de taxons caractéristiques de niveaux de connectivité latérale « intermédiaires » comme *Pisidium sp.*, *Sialis lutaria*, *Caenis horaria*, *Valvata piscinalis* et *Platycnemis pennipes* (voir ci-après les courbes de réponse à la connectivité latérale de ces taxons, Figure 7.5).



Axe horizontal	
Amp44	<i>Gammarus pulex/fossarum</i>
Biv12	<i>Corbicula fluminea</i>
Col143 a	<i>Esolus parallelepipeds</i>
Col150	<i>Halipus sp</i>
Dip165	Ceratopogonidae ind
Eph55	<i>Cloeon dipterum</i>
Eph64 a	<i>Heptagenia sulphurea</i>
Gas19	<i>Bithynia tentaculata</i>
Gas36	<i>Hippeutis complanatus</i>
Gas40	<i>Valvata cristata</i>
Odo203	<i>Coenagrion sp</i>
Pol4 a	<i>Hypania invalida</i>
Tri74 a	<i>Silo nigricornis</i>
Axe vertical	
Biv15	<i>Pisidium sp</i>
Dip182 b	Tabanidae ind
Eph57 b	<i>Caenis horaria</i>
Gas32	<i>Anisus vorticulus</i>
Gas40	<i>Valvata cristata</i>
Gas41 b	<i>Valvata piscinalis</i>
Het189	<i>Ilyocoris cimicoides</i>
Het195	<i>Plea minutissima</i>
Meg227 b	<i>Sialis lutaria</i>
Odo218 b	<i>Platycnemis pennipes</i>

Figure 7.1 – Ordination de 12 lônes du secteur de Brégner (2003-2016). Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les données d'abondance des taxons log_e-transformées (201 taxons x 22 stations x 5 ou 6 années). Les taxons les plus contributifs sont indiqués et l'augmentation de leur abondance matérialisée par des flèches. (a) et (b) permettent d'identifier les taxons superposés.

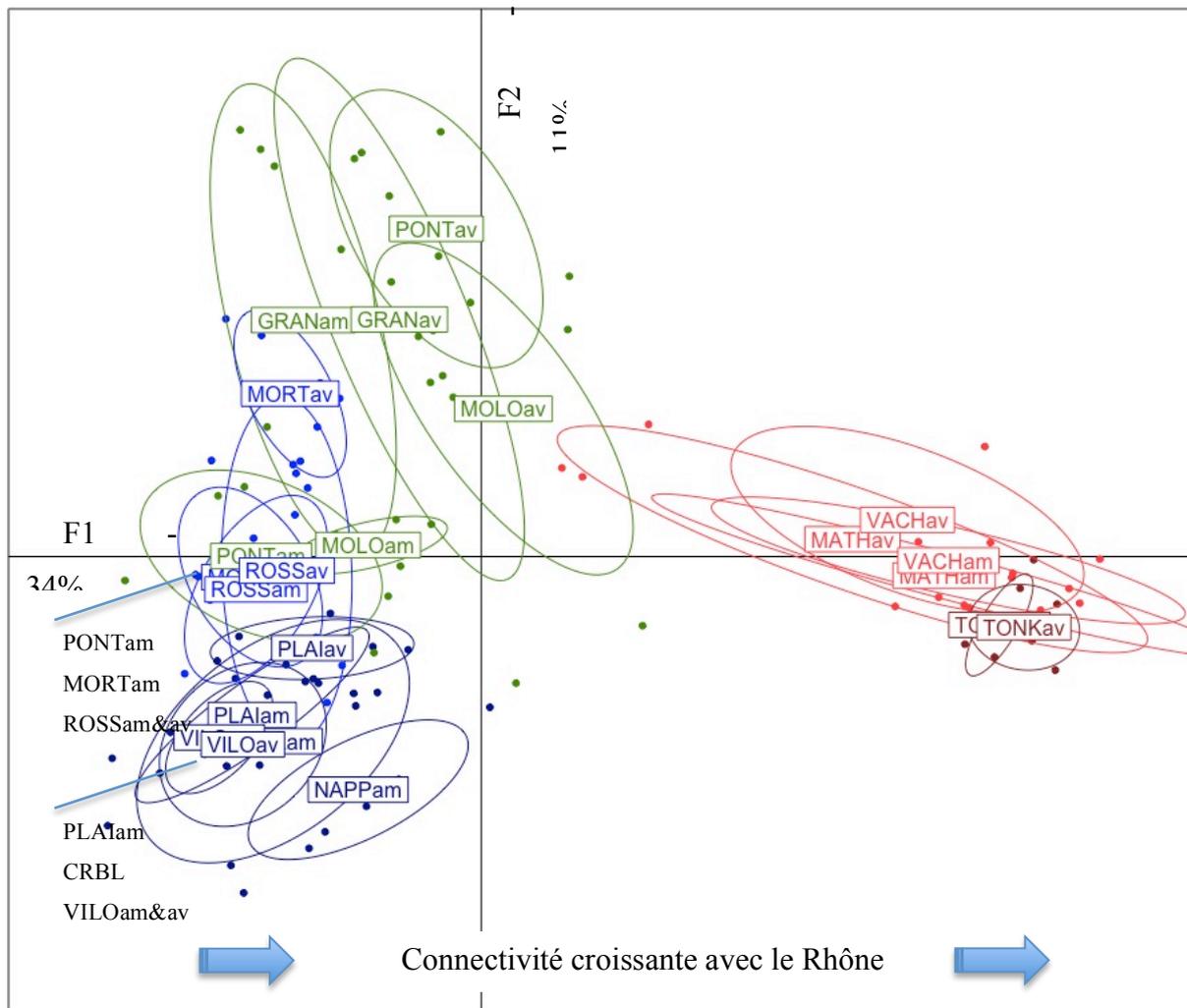


Figure 7.2 – Ordination de 12 lónes du secteur de Brégnier (2003-2016). Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les données d'abondance des taxons \log_e -transformées (201 taxons x 22 stations x 5 ou 6 années). L'image est la même qu'en Figure 7.1, mais les points sont regroupés par station.

Comme dans le cas des résultats obtenus à Belley (Castella *et al.*, 2016), la stabilité temporelle de la structure inter-lônes et la quantité de données maintenant disponibles permettent d'identifier des taxons "indicateurs" dont les variations d'abondances sont caractéristiques de niveaux de connectivité avec le fleuve. Trois ensembles de taxons sont proposés ici pour des niveaux faibles (Figure 7.3), élevés (Figure 7.4) et intermédiaires (Figure 7.5) de connectivité latérale. Le gradient de connectivité latérale utilisé ici est bâti sur le calcul de l'indice de connectivité de Paillex *et al.* (2007) qui combine les variations de quatre variables environnementales (conductivité électrique de l'eau, teneur en matière organique du sédiment, diversité granulométrique du substrat minéral, recouvrement horizontal par la végétation aquatique submergée). Riquier *et al.* (2015) ont montré la cohérence de cet indice avec des métriques hydrauliques de connectivité.

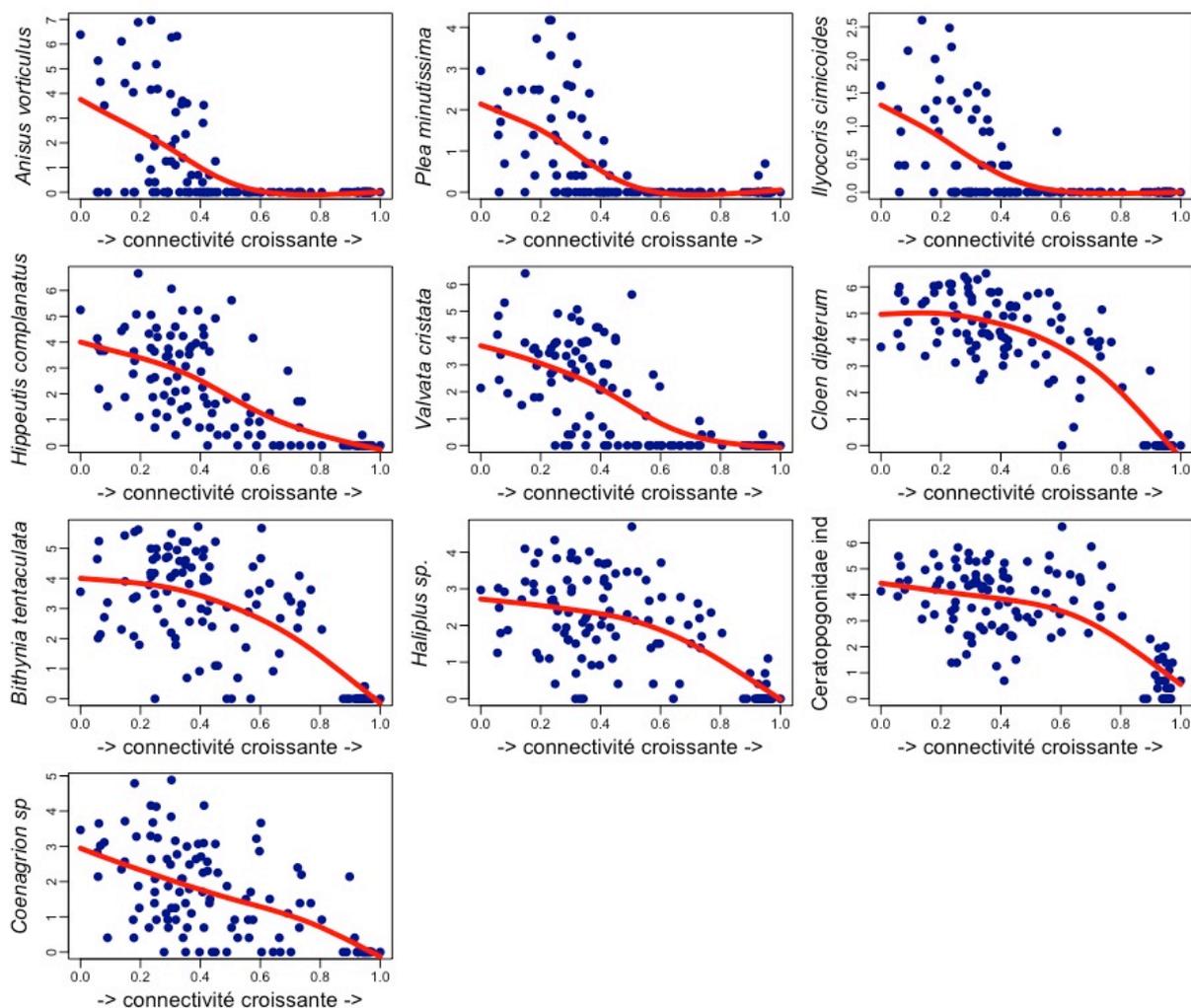


Figure 7.3 – Variations d'abondance de 10 taxons indicateurs de connectivité latérale faible avec le Rhône.

Indice de connectivité latérale selon Paillex et al. (2007).

$n = 124$ stations * années (12 lônes de Brégnier-Cordon, 2003 - 2016). Sur les axes verticaux, les abondances sont \log_e -transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 ind.; 3 = 19 ind.; 4 = 54 ind.; 5 = 148 ind.; 6 = 402 ind.; 7 = 1095 ind.), elles sont les moyennes des abondances collectées dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit dans $1.5m^2$. Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 ou 4 degrés de liberté.

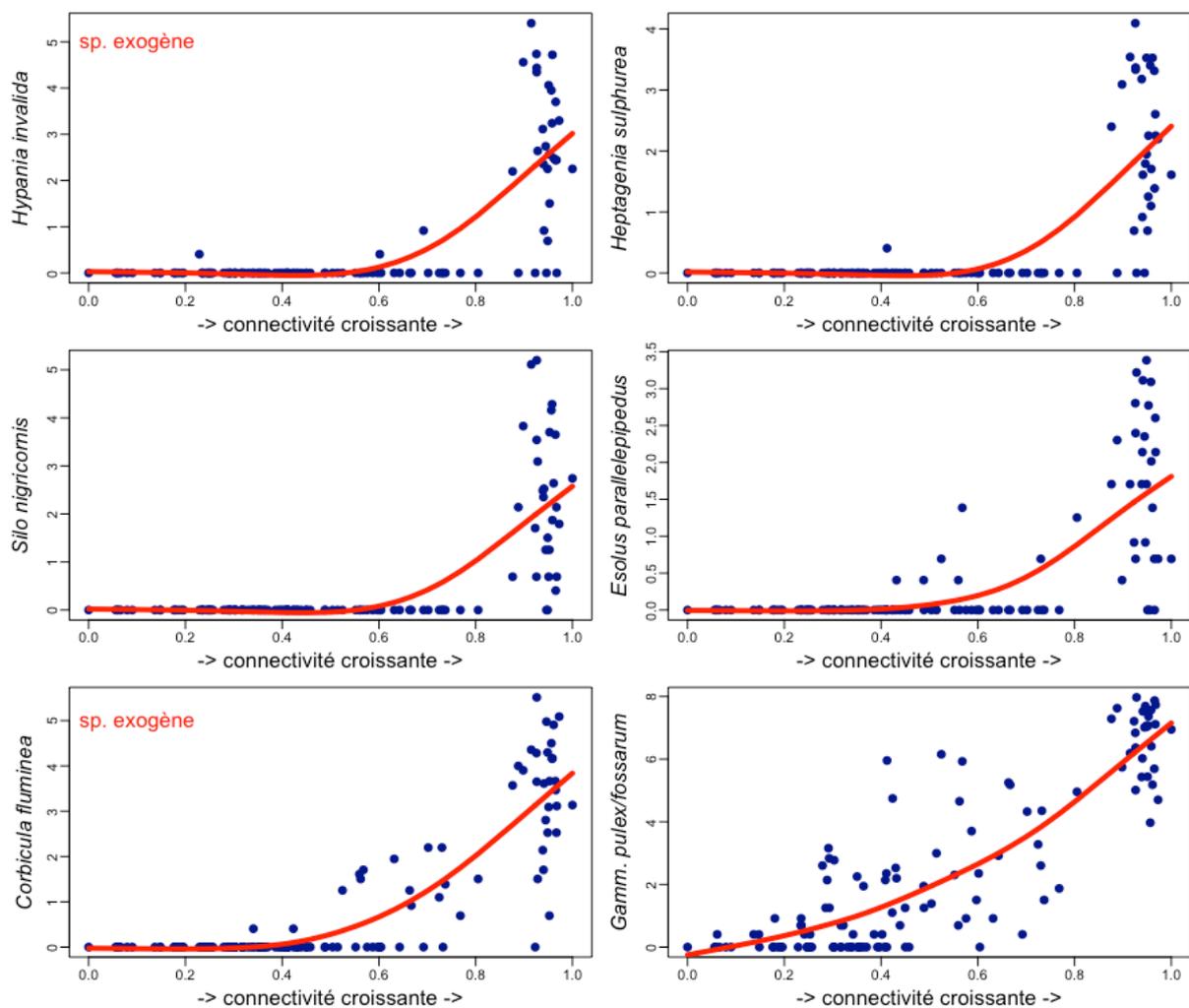


Figure 7.4 – Variations d'abondance de 6 taxons indicateurs de connectivité latérale forte avec le Rhône. Indice de connectivité latérale selon Paillex et al. (2007).

$n = 124$ stations * années (12 lônes de Brégner-Cordon, 2003 - 2016). Sur les axes verticaux, les abondances sont \log_e -transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 ind.; 3 = 19 ind.; 4 = 54 ind.; 5 = 148 ind.; 6 = 402 ind.; 7 = 1095 ind.), elles sont les moyennes des abondances collectées dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit dans $1.5m^2$. Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 ou 4 degrés de liberté.

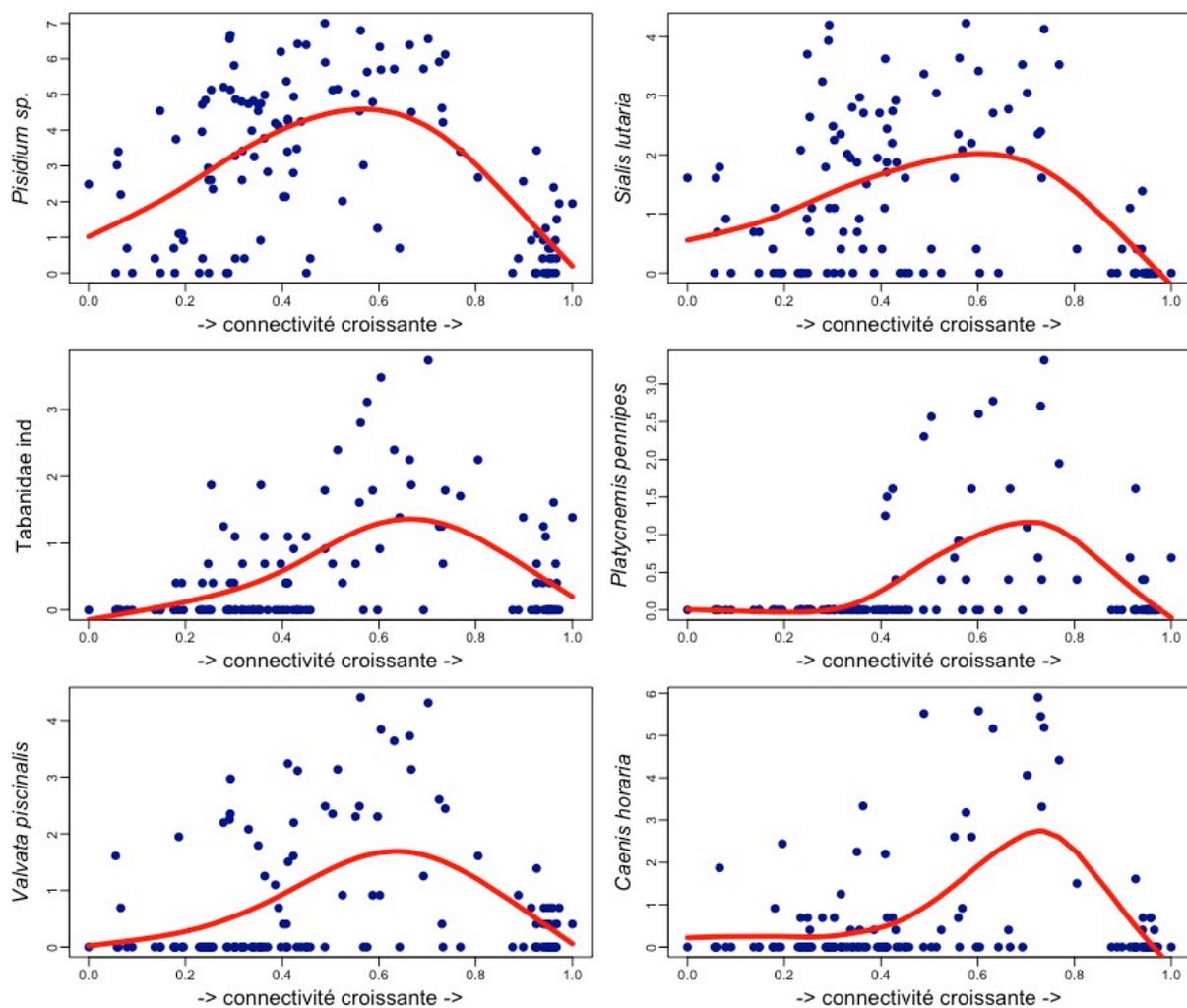


Figure 7.5 – Variations d'abondance de 6 taxons indicateurs de connectivité latérale moyenne avec le Rhône. Indice de connectivité latérale selon Paillex *et al.* (2007).

$n = 124$ stations * années (12 lônes de Brégner-Cordon, 2003 - 2016). Sur les axes verticaux, les abondances sont \log_e -transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 ind.; 3 = 19 ind.; 4 = 54 ind.; 5 = 148 ind. ; 6 = 402 ind. ; 7 = 1095 ind.), elles sont les moyennes des abondances collectées dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit dans $1.5m^2$. Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 ou 4 degrés de liberté.

Les réponses de ces 22 taxons indicateurs de gammes de connectivités (Figures 7.3 à 7.5) sont largement cohérentes avec celles qui avaient été mises en évidence dans l'analyse des sites de Belley (Castella *et al.*, 2016). Cette cohérence permettra la mise en commun des données des deux secteurs et le développement de modèles associant abondance des taxons et connectivité latérale avec plus de robustesse que dans Castella *et al.* (2015) et la confrontation avec des variables exprimant directement la connectivité de façon hydrologique (P. Marle, travail de thèse en cours).

Les quatre métriques de diversité calculées dans ce suivi montrent également des tendances très nettes en relation avec la connectivité latérale des sites (Figure 7.6). Les richesses en mollusques gastéropodes et en insectes EPT évoluent logiquement de façons opposées lorsque la connectivité augmente. La diversité de la communauté complète, mesurée par la richesse raréfiée pour 1000 individus, montre un maximum pour une gamme intermédiaire de l'indice de connectivité (0.4 - 0.5). Cette tendance peut être interprétée comme traduisant la juxtaposition dans les stations à connectivité intermédiaire de taxons ayant leur préférendum à l'une ou l'autre des deux extrémités du gradient de connectivité et de taxons caractéristiques de valeurs intermédiaires (Figure 7.5). Enfin, la proportion de l'abondance totale représentée par les espèces exogènes montre une courbe en "U", interprétable par l'existence de deux cortèges caractéristiques d'espèces exogènes : celles associées aux conditions d'eau calme et aux valeurs de connectivité faible (*Physella acuta*, *Gyraulus parvus*) et celles associées aux conditions lotiques à l'autre extrémité du gradient de connectivité (*Corbicula fluminea*, *Hypania invalida*, *Dikerogammarus villosus*, *Potamopyrgus antipodarum*). Ces courbes de tendance soutiennent l'idée que c'est la coexistence de lûnes représentant des niveaux de connectivité distincts qui permet la diversification optimale des conditions d'habitat et des communautés à l'échelle d'un secteur alluvial considéré dans son ensemble.

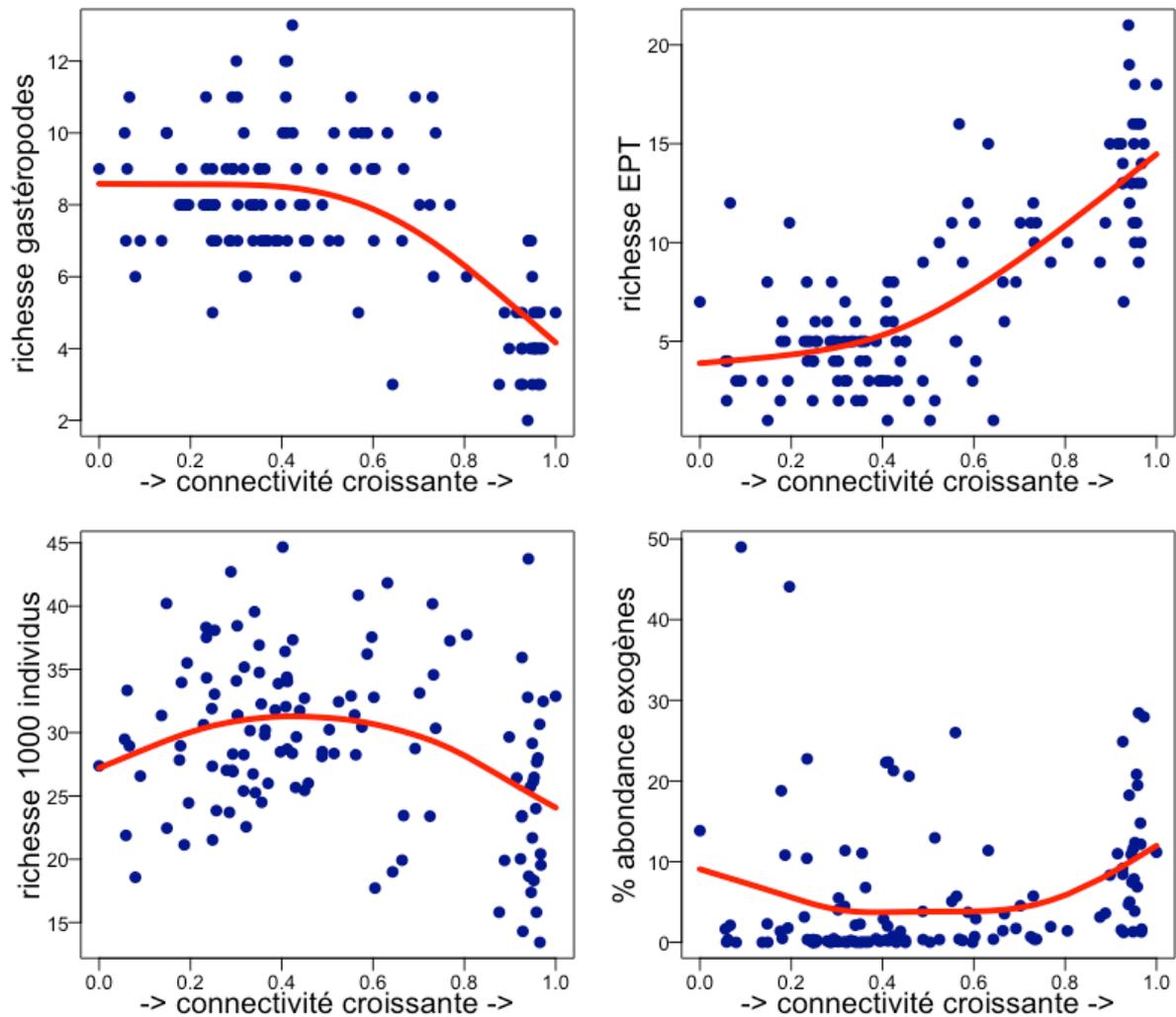


Figure 7.6 – Variations de la richesse standardisée pour 1'000 individus (richesse raréfiée), de la richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT et de la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et fonction de l'indice de connectivité latérale de Paillex et al. (2007).

n= 124 stations * années (12 lônes de Brégner-Cordon, 2003 - 2016). Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 ou 4 degrés de liberté.

7.4 Changements temporels de la diversité des communautés d'invertébrés par lône (secteur de Brégner-Cordon 2003 - 2016).

Une description des changements temporels des communautés est effectuée pour les 5 lônes suivies ayant été restaurées, soit par reconnexion complète (Vachon, Mathan), soit par reconnexion aval et recreusements locaux (Ponton, Molottes, Granges).

7.4.1 Lône des Granges

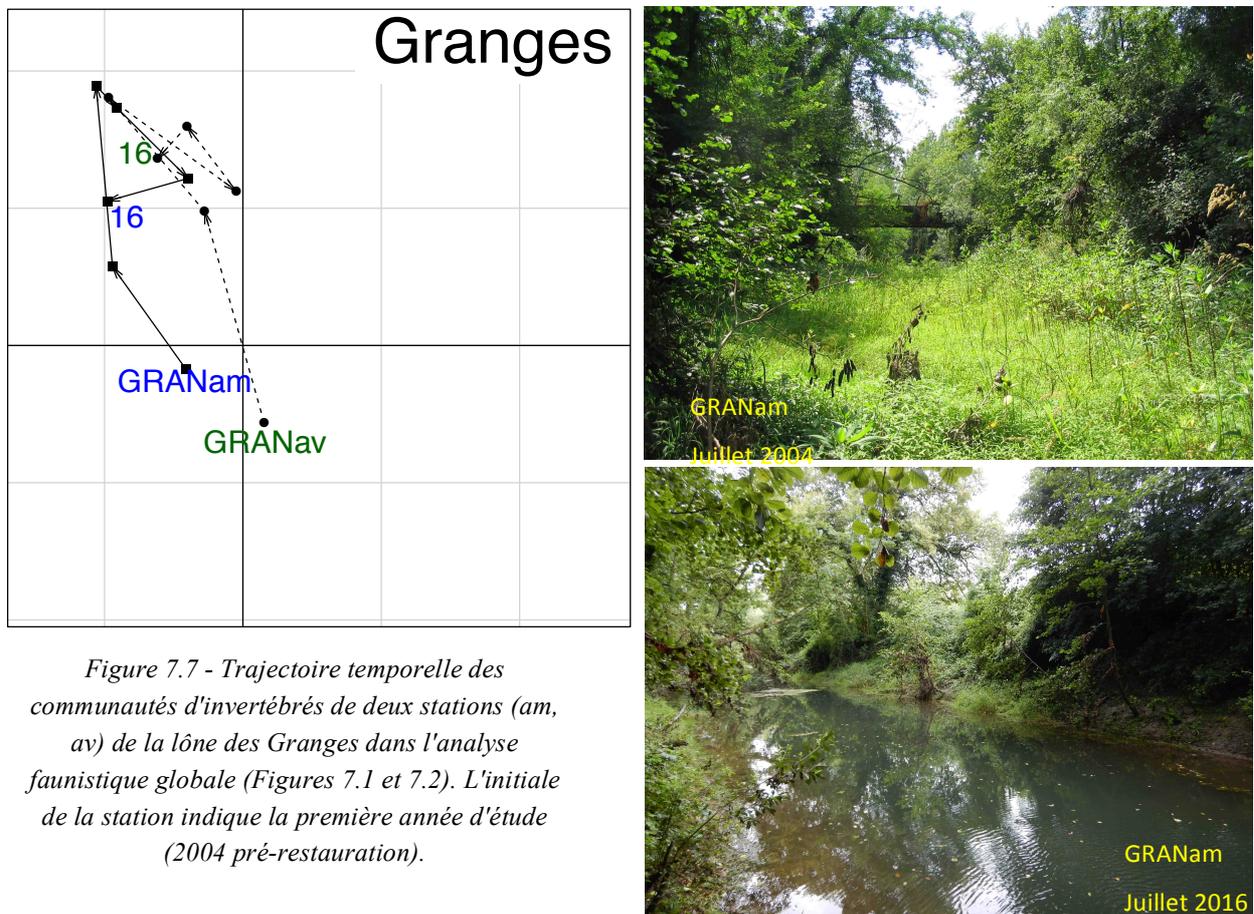


Figure 7.7 - Trajectoire temporelle des communautés d'invertébrés de deux stations (am, av) de la lône des Granges dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.1 et 7.2). L'initiale de la station indique la première année d'étude (2004 pré-restauration).

Dans la lône des Granges, les assemblages d'invertébrés des deux stations amont et aval, suivent des trajectoires très voisines après restauration (Figure 7.7). Ils évoluent dans le sens d'une augmentation des taxons semi-lotiques caractéristiques comme *Caenis horaria*, *Valvata piscinalis*, *Platycnemis pennipes* et les *Pisidium* (Figure 7.1) qui traduisent bien l'augmentation des mouvements d'eau par augmentation du drainage phréatique en période de déconnexion amont. Les quatre métriques présentées (Figure 7.8) témoignent globalement d'un niveau de diversité élevé après restauration. La richesse raréfiée tend à augmenter à partir de 2008, les richesses sont élevées par rapport au référentiel pré-restauration, tant pour les insectes EPT que pour les mollusques gastéropodes. La contribution des espèces exogènes à l'abondance totale demeure très limitée, en particulier dans la station amont.

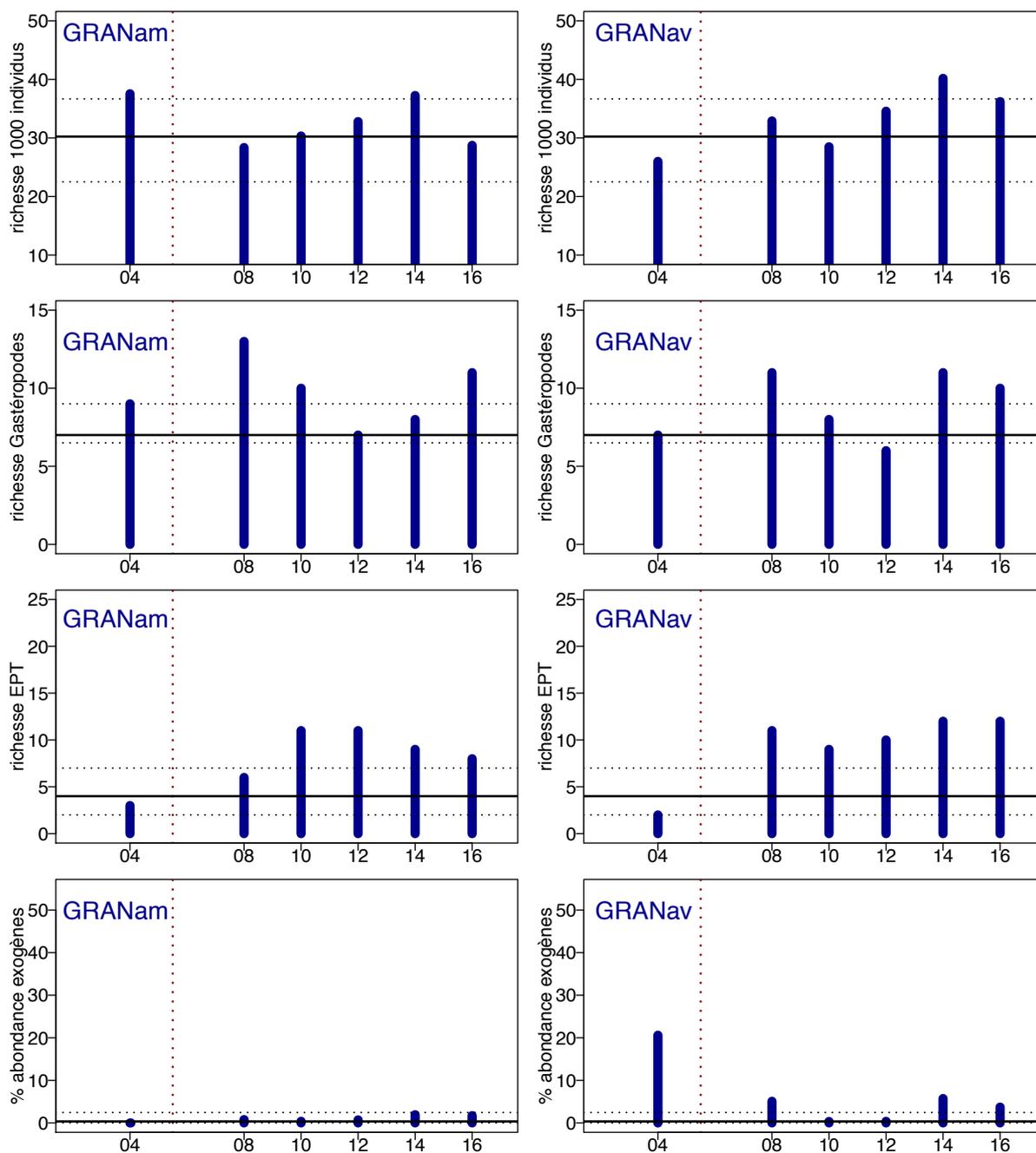
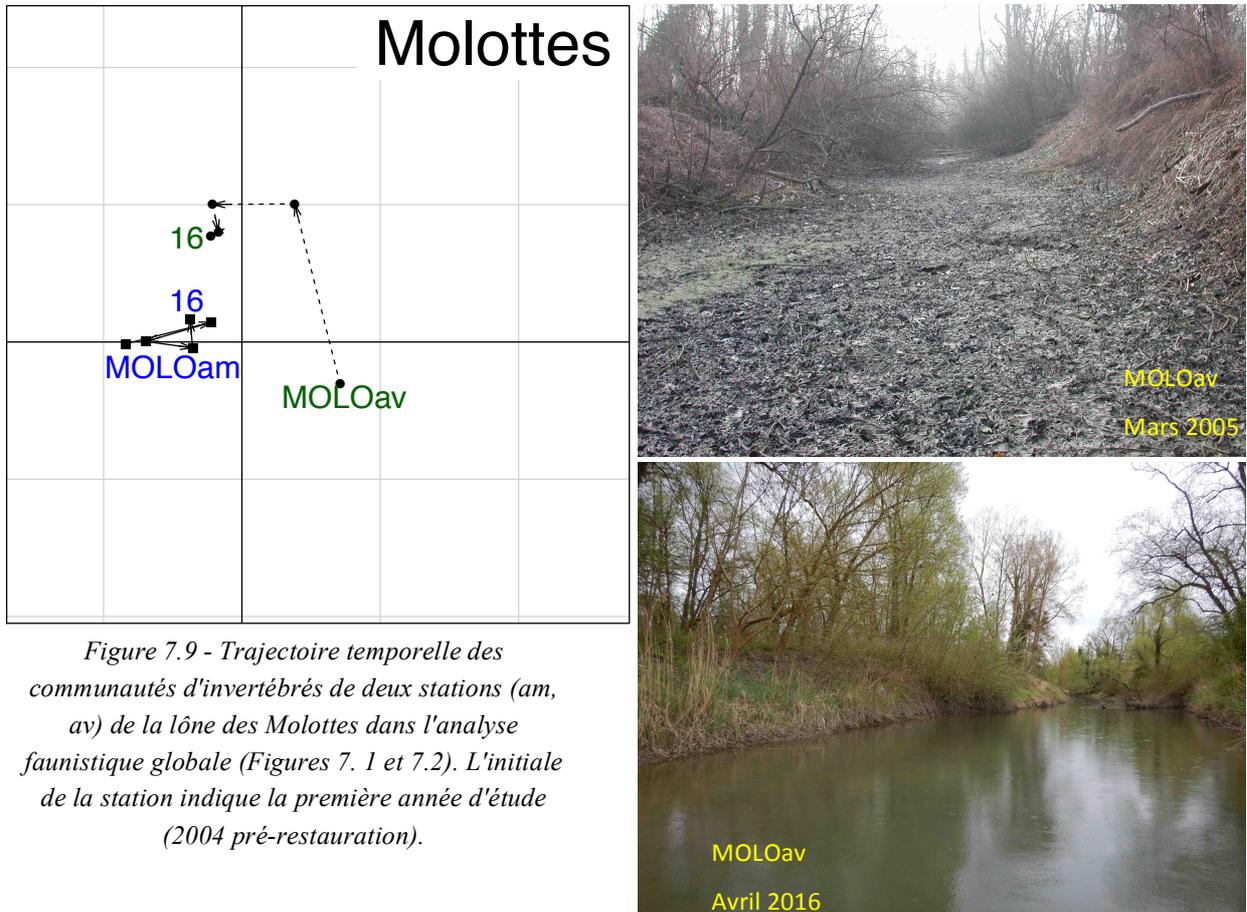


Figure 7.8 - Lône des Granges - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégner. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude.

7.4.2 Lône des Molottes.



Les deux stations étudiées le long de la lône des Molottes ont des histoires très différentes. La station amont (MOLOam) est une petite mouille peu profonde, isolée à l'amont du thalweg. Elle n'a pas été touchée par la restauration. La station aval (MOLOav), en eau de façon temporaire pour une large portion de sa surface avant restauration, a été curée et reconnectée à l'aval avec le système courant que constitue la lône du Tonkin (= de la Fonde) à proximité de sa confluence avec la lône des Gravieres Grand Jean. Les assemblages d'invertébrés traduisent ces évolutions contrastées. A la station amont, la stabilité temporelle est grande de 2004 à 2016, tant du point de vue de la composition taxonomique (Figure 7.9), que des métriques (Figure 7.10). La contribution des espèces exogènes à l'abondance totale est très faible. A l'opposé, les changements temporels sont importants dans la station aval. La composition taxonomique incorpore après restauration des éléments typiques de milieux connectés à l'aval avec le Rhône et tend à ressembler à celle décrite pour la lône des Granges. La diversité (richesse raréfiée) et les richesses en insectes EPT et en gastéropodes augmentent et dépassent la borne supérieure du référentiel pré-restauration (Figure 7.10). A partir de

2010, la contribution des espèces exogènes devient importante (entre 20 et 30% de l'abondance de la communauté). Cette contribution est essentiellement le fait de trois espèces de gastéropodes exogènes d'eau calme: *Physella acuta*, *Gyraulus parvus* et *Menetus dilatatus*. La présence de cette dernière mérite d'être soulignée. *Menetus dilatatus* est un petit gastéropode Planorbidae originaire d'Amérique du Nord. Introduit en Europe continentale via le Rhin au début des années 1980 (Mouthon, 1986; Devin et al. 2005), elle est bien représentée dans la Saône et le Rhône à l'aval de Lyon. Sur l'ensemble des lônes suivies à Belley et Brégnier, elle n'a été trouvée que dans la lône Moiroud à Belley (première mention en 2009) et l'aval de la lône Molotte à Brégnier où elle a été trouvée de 2012 à 2016. C'est au printemps 2012 que les densités les plus élevées ont été notées (14 individus / 0.25m² en moyenne).

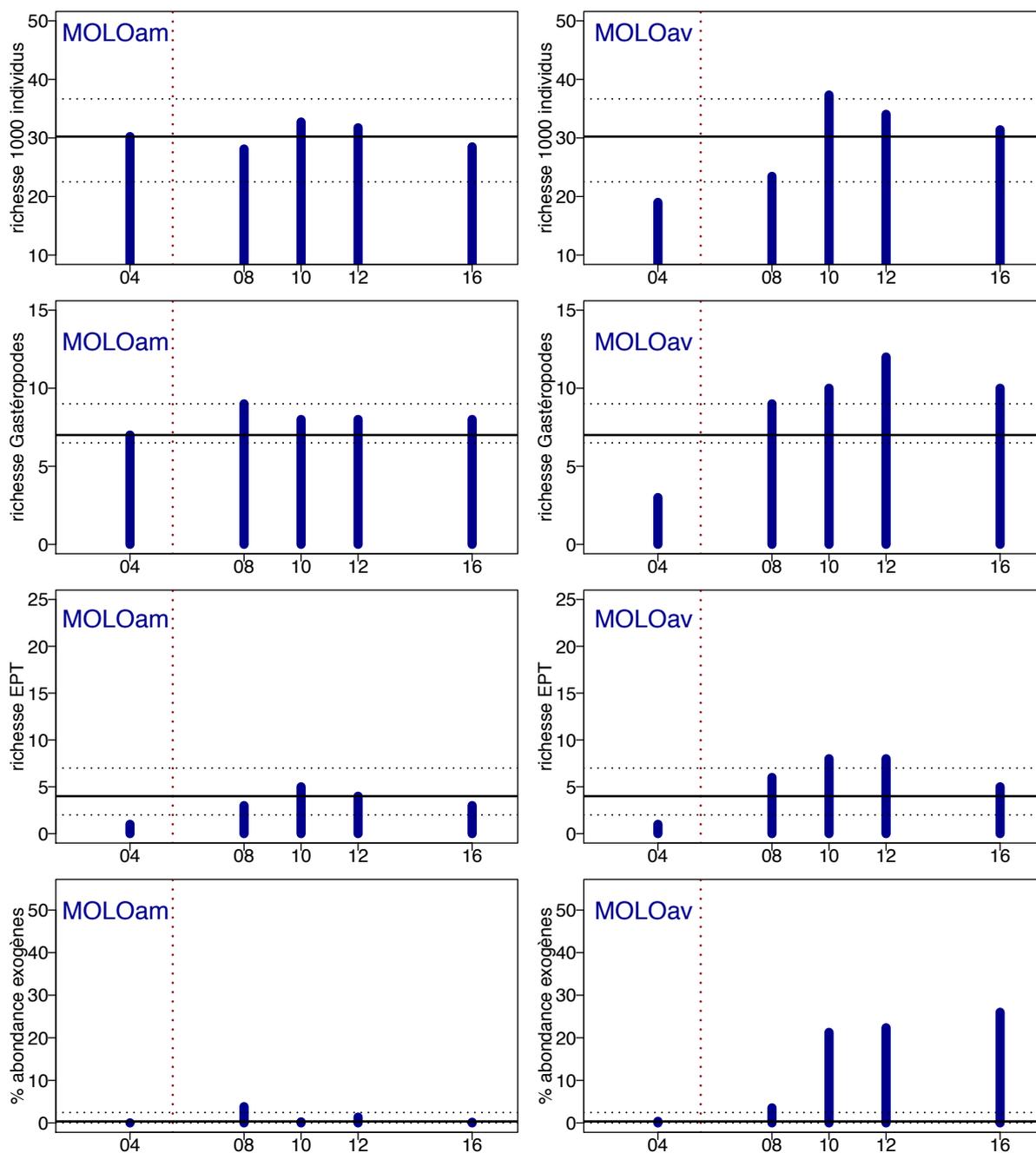


Figure 7.10 - Lône des Molottes - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégner. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude.

7.4.3 Lône Ponton.

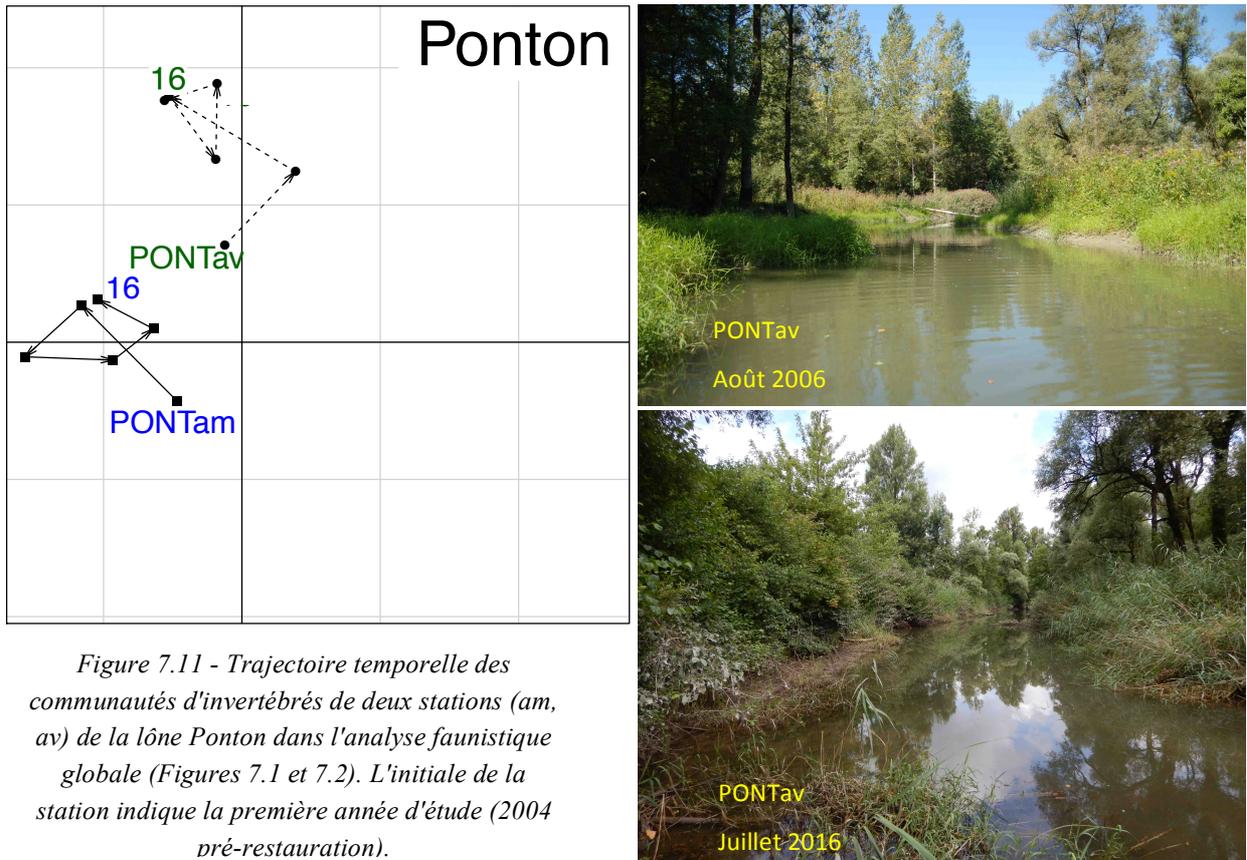


Figure 7.11 - Trajectoire temporelle des communautés d'invertébrés de deux stations (am, av) de la lône Ponton dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.1 et 7.2). L'initiale de la station indique la première année d'étude (2004 pré-restauration).

Comme dans le cas de la lône des Molottes, les deux stations suivies sur la lône Ponton ont des histoires contrastées. La station amont, PONTam est également une mouille isolée, non concernée par la restauration, alors que la station aval, PONTav, est située dans la partie reconnectée au Rhône à l'aval uniquement. Comme dans le cas de la station MOLOav, les assemblages échantillonnés dans la station PONTav montrent une dérive vers le haut de l'axe vertical de l'ordination de l'ensemble des sites (Figures 7.2 et 7.11), traduisant une augmentation des taxons caractéristiques des conditions de mouvements d'eau associées à l'augmentation de la connectivité aval avec le fleuve. Dans cette station, la diversité (richesse raréfiée) et la richesse des insectes EPT augmentent de façon nette après restauration (Figure 7.12). L'augmentation de la fraction exogène de la communauté est moins marquée qu'à l'aval de la lône des Molottes. Comme à la station MOLOam, les métriques mesurées à la station amont PONTam, sont très stables au cours du temps, restant à l'intérieur de l'intervalle de référence (Figure 7.12) et la proportion exogène est extrêmement faible.

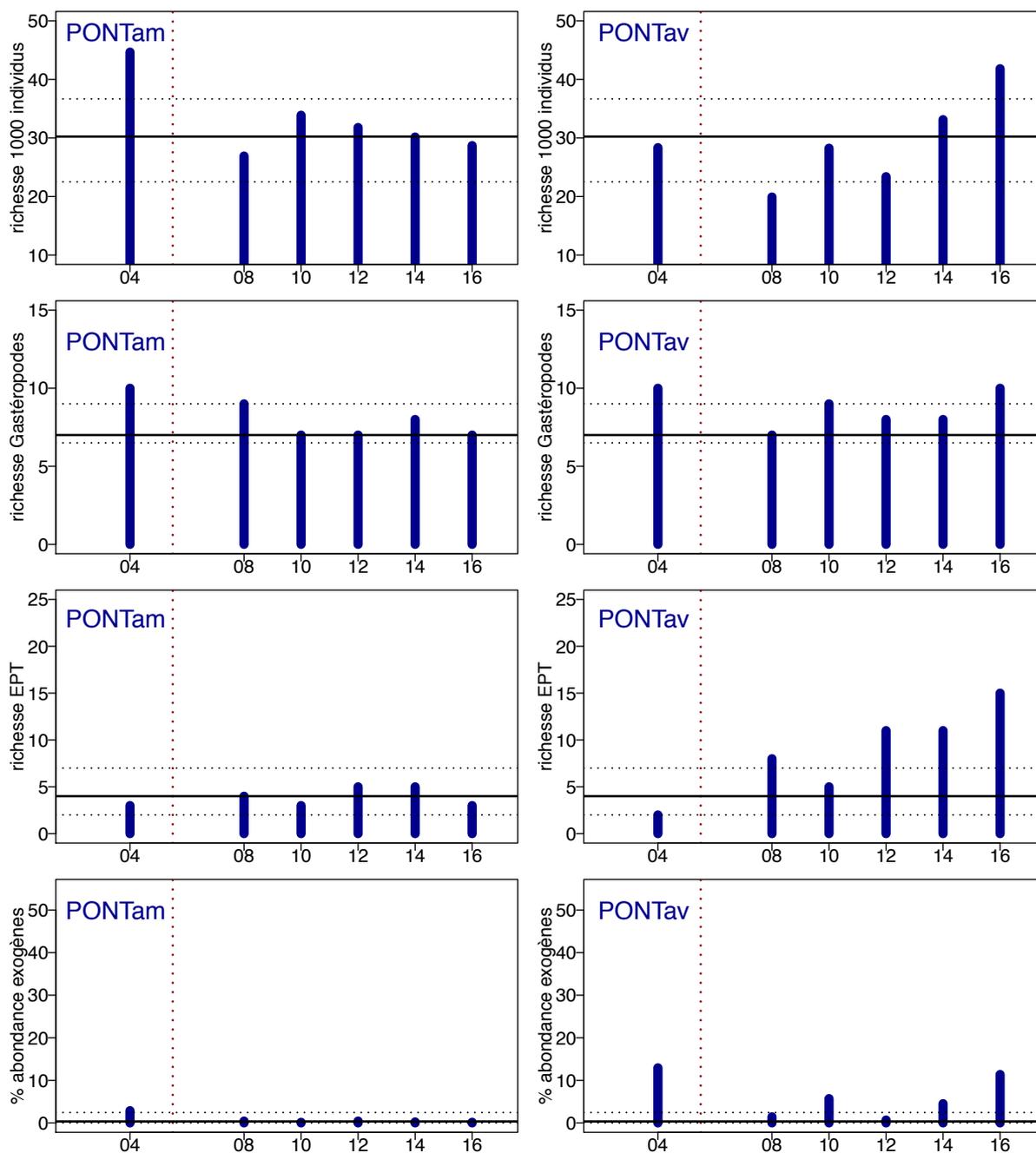


Figure 7.12 - Lône Ponton - Richesse standardisée pour l'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude.

7.4.4 Lône Vachon.

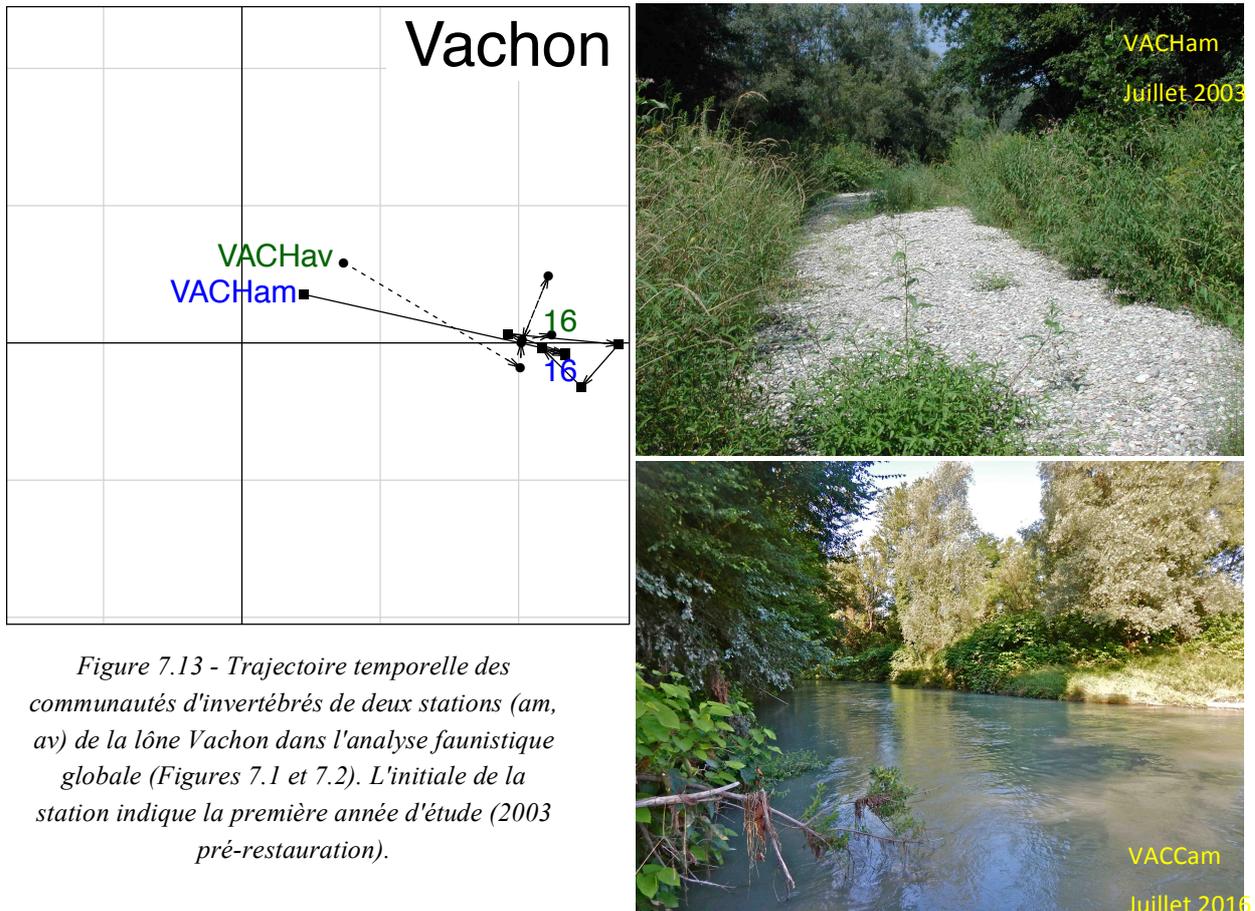


Figure 7.13 - Trajectoire temporelle des communautés d'invertébrés de deux stations (am, av) de la lône Vachon dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.1 et 7.2). L'initiale de la station indique la première année d'étude (2003 pré-restauration).

Avec la lône Mathan, la lône Vachon a été reconnectée complètement au Rhône court-circuité lors de la restauration. La partie amont de la lône (station VACHam) qui était composée de mouilles isolées séparées de bancs de galets à sec en débit moyen, a donc connu une transformation en chenal courant (photos de la figure 7.13). Les assemblages faunistiques des deux stations VACHam et VACHav traduisent donc un changement radical entre 2003 et 2008 (figure 13) avec l'établissement de communautés rhéophiles typiques dominées par les crustacés *Gammarus spp.*, des coléoptères Elmidae, l'éphéméroptère *Heptagenia sulphurea* et des espèces exogènes rhéophiles comme l'annélide *Hypania invalida* et le bivalve *Corbicula fluminea*. Les trajectoires temporelles des communautés des deux stations sont très similaires et demeurent très stables dès la première année de suivi post-restauration (2008). Les métriques de diversité (figure 7.14) montrent à partir de 2008 l'augmentation de la diversité (richesse raréfiée), de la richesse des insectes EPT et de la proportion de la communauté constituée d'espèces exogènes. Ces dernières, qui sont des espèces d'eau courante,

contrairement à ce qui est observé à la lône Molotte, peuvent également représenter jusqu'à 30% des effectifs échantillonnés.

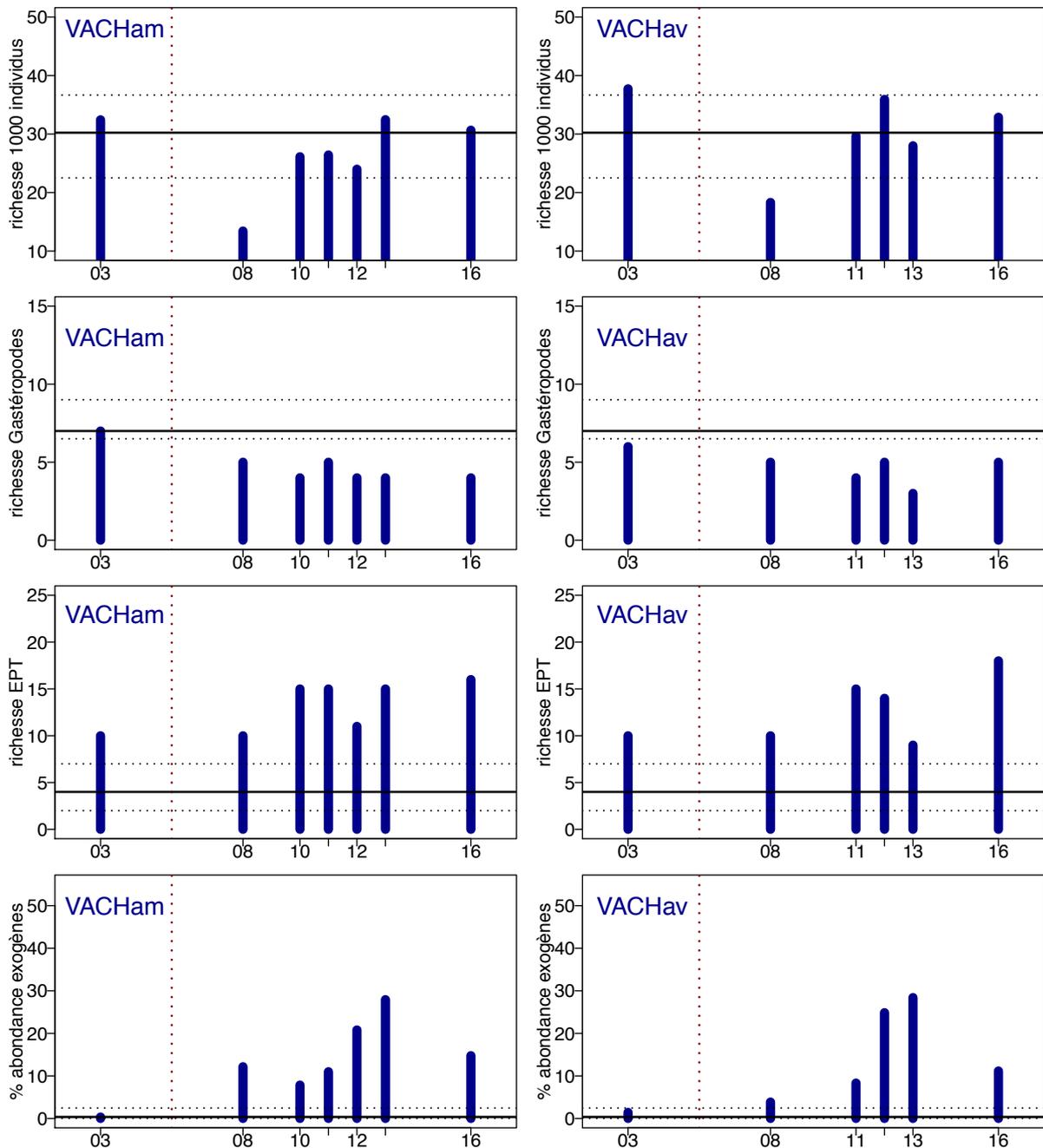


Figure 7.14 - Lône Vachon - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégner. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude.

7.4.5 Lône Mathan.

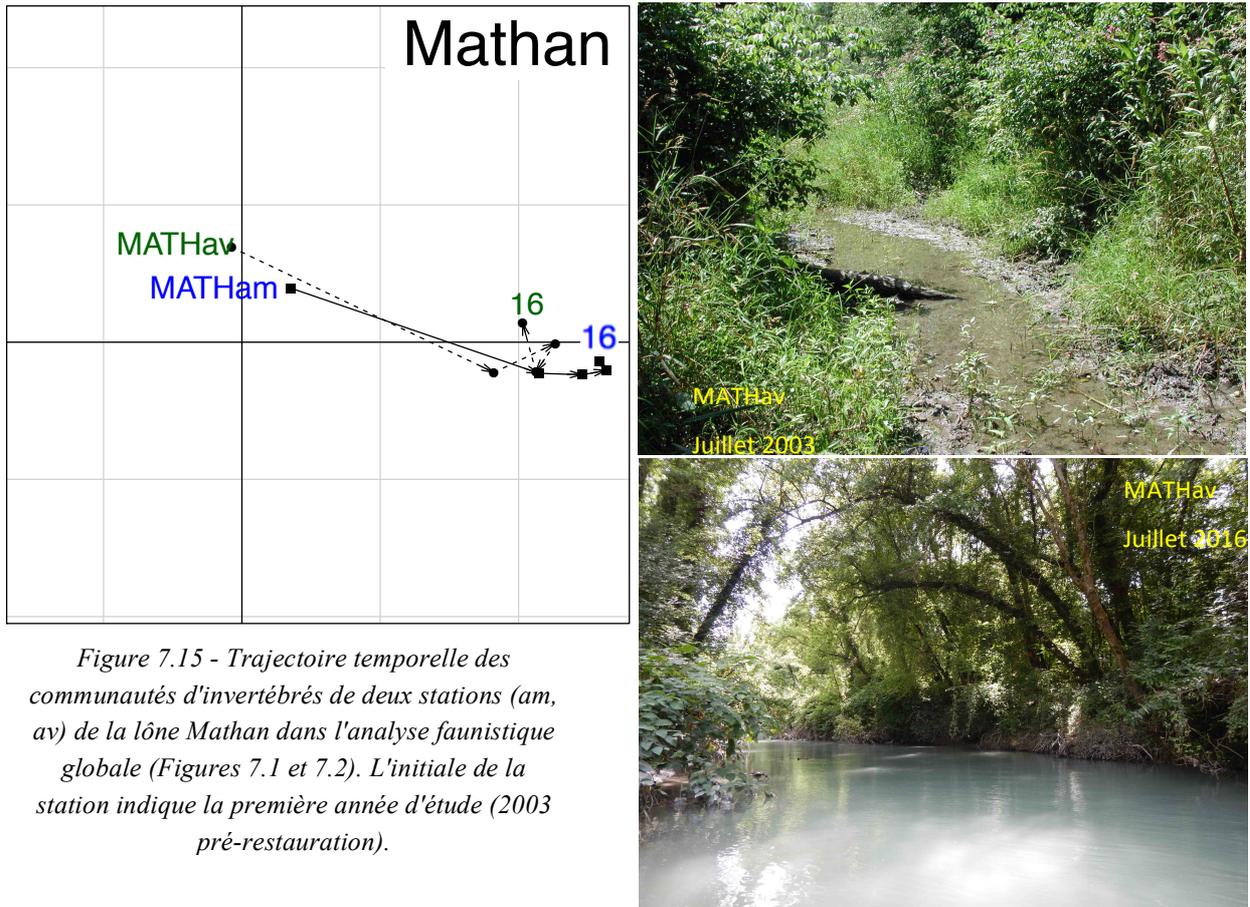


Figure 7.15 - Trajectoire temporelle des communautés d'invertébrés de deux stations (am, av) de la lône Mathan dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.1 et 7.2). L'initiale de la station indique la première année d'étude (2003 pré-restauration).

Les changements hydro-morphologiques induits par la restauration sur la lône Mathan sont très similaires à ceux de la lône Vachon. Ils y ont toutefois un caractère plus exacerbé dans la mesure où l'ensemble du linéaire du thalweg de la lône Mathan était à sec et ne présentait que quelques mouilles en eau avant restauration. Le changement faunistique observé est donc superposé à celui de la lône Vachon, il a lieu dans la même direction, mais avec une amplitude plus grande (Figure 7.15). Là encore, les trajectoires de deux stations suivies (MATHam et av) sont superposées et montrent une grande stabilité dès 2008. Les métriques de diversité (Figure 7.16) traduisent, mais de façon moins nette qu'à Vachon, l'augmentation de la richesse EPT et la croissance des espèces exogènes. Un examen fin de la colonisation par les taxons de la lône Mathan après sa reconnexion complète révèle par contre, et de façon plus nette que dans la lône Vachon, l'établissement d'espèces très caractéristiques de milieux courants bien oxygénés, possédant une bonne connexion avec la zone phréatique et une complexité structurale de microhabitats (bois morts). Parmi ces espèces il convient de citer le coléoptère Elmidae *Esolus parallelepipedus* proposé comme indicateur d'échanges entre le milieu de surface et les eaux interstitielles (Richoux et Forestier, 1989) dont la larve

benthique utilise le milieu interstitiel. L'espèce est présente dans 92% des échantillons de la station amont après restauration et dans 63% de ceux de la station aval (n=24 dans les deux cas). Elle y atteint localement des densités de 10 à 20 individus pour 0.25m². Avec des abondances et des fréquences moindres, l'installation de Plécoptères (trois mentions de *Leuctra* sp. à MATHam) est notable, ainsi que la présence du rare coléoptère Elmidae *Macronychus quadrituberculatus*. Cette espèce xylophage (qui dépend donc de la présence de bois submergés) est caractéristique de tronçons bien oxygénés et non régulés de cours d'eau moyens à grands. Elle possède la particularité d'avoir une durée de vie "très longue" pour un invertébré de ce type (jusqu'à 5 ans) (Ciampor & Kodala, 1998; Kalisiak *et al.*, 2003) et n'a pas été trouvée hors de la lône Mathan dans l'ensemble du suivi des lônes du Rhône depuis 2002 (9 individus ont été trouvés à la station MATHav en 2010 et 2012).

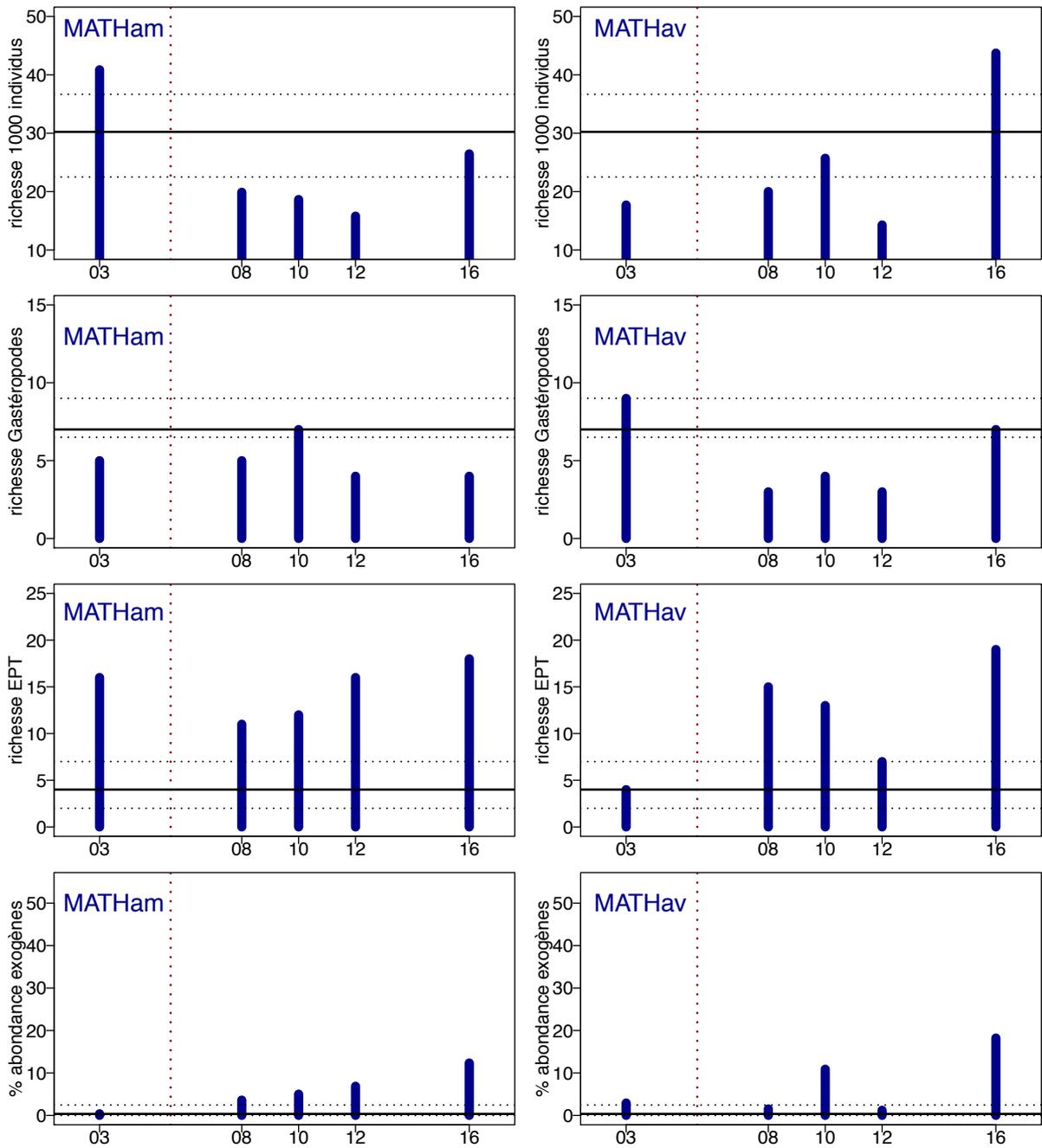


Figure 7.16 - Lône Mathan - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude.

7.5 Une synthèse des changements temporels de deux métriques dans cinq lônes restaurées à Brégnier-Cordon.

Les deux métriques présentant les plus fortes variations inter-annuelles, la richesse raréfiée et la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes, ont été retenues pour proposer une image comparative des changements observés dans les cinq lônes restaurées (Figure 7.17). Les éléments majeurs de cette comparaison sont:

- une tendance globale à l'augmentation de la diversité (richesse raréfiée) après restauration dans les lônes reconnectées à l'aval (Ponton, Granges, Molottes), matérialisée par le déplacement horizontal de gauche à droite des communautés après restauration. Des valeurs de diversité élevées ont pu être enregistrées avant restauration dans des mouilles isolées (PONTam, MATHam) dans des situations où une crue y avait précédemment amené des taxons rhéophiles qui se trouvaient alors associés aux taxons lénitophiles typiques de ces mouilles (un phénomène décrit par Paillex *et al.*, 2007);

- le caractère "erratique" des tendances relatives aux espèces exogènes, un point souligné également pour le secteur de Belley (Castella *et al.*, 2016). Des proportions basses et stables d'exogènes sont notées dans des stations non restaurées (MOLOam, PONTam), mais également dans des stations restaurées (GRANam). Lorsque les proportions changent au cours du suivi, des trajectoires temporelles sont observables majoritairement à la hausse (MOLOav, VACHam et av, MATHam), mais également à la baisse (GRANav).

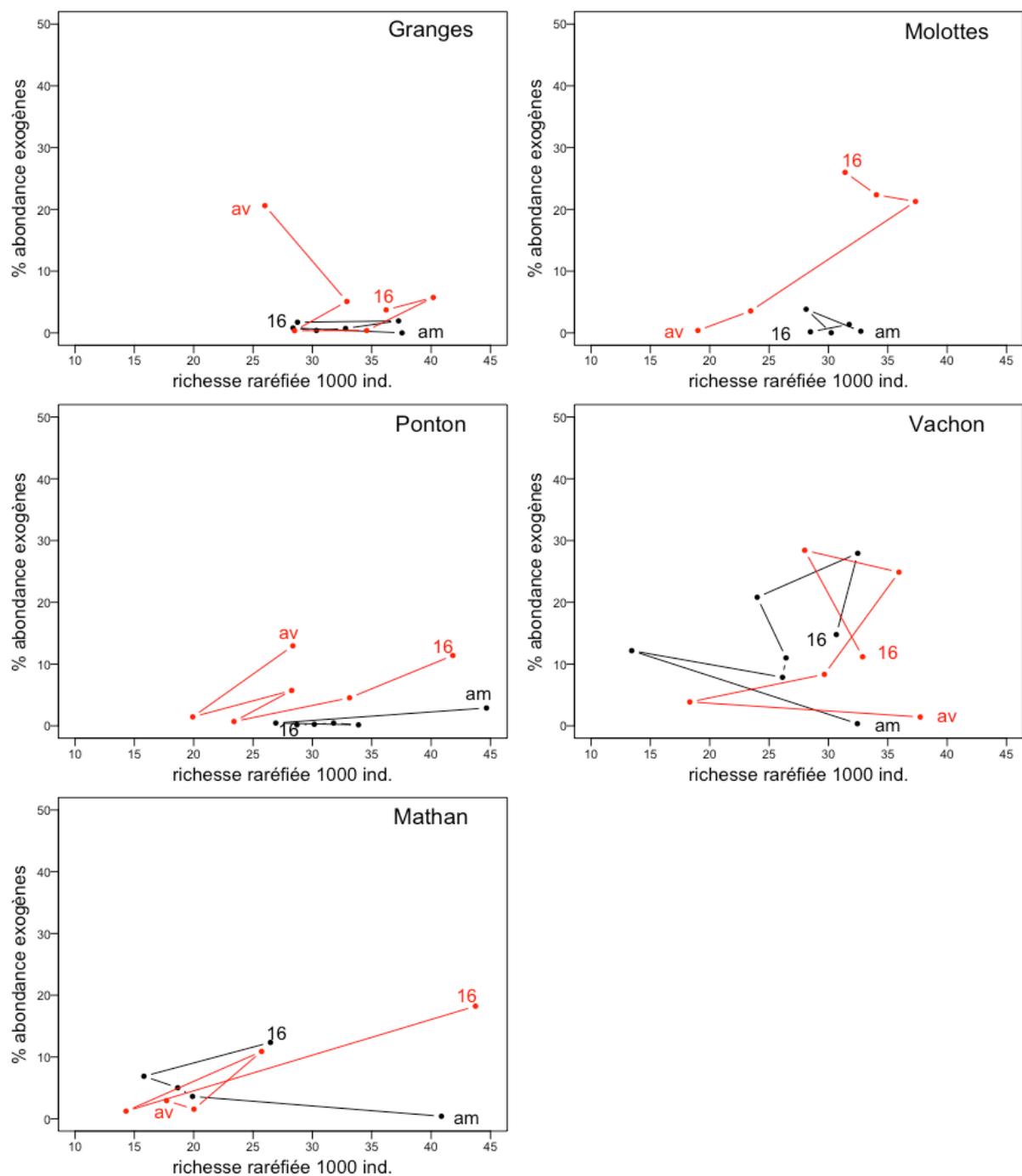


Figure 7.17 - Trajectoires temporelles de 10 stations appartenant à 5 lônes restaurées du secteur de Brègnier-Cordon (2003 - 2016), représentées du point de vue des variations de la richesse rarifiée pour 1000 individus et de la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. L'initiale "am" ou "av" matérialise la première année d'étude pré-restauration (2003 ou 2004).

7.6 Deux espèces emblématiques aux extrêmes du gradient de connectivité latérale: *Anisus vorticulus* et *Theodoxus fluviatilis* (Mollusques Gastéropodes).

Le suivi des lônes de Brégnier-Cordon depuis 2003 a permis la mise en évidence de deux espèces "emblématiques" appartenant au groupe des mollusques gastéropodes.

Anisus vorticulus est listée en annexe de la Directive Habitats. Par la fréquence de l'espèce et les niveaux d'abondance atteints dans certaines stations (Terrier *et al.*, 2006 ; Castella *et al.*, 2005), le secteur de Brégnier-Cordon est exceptionnel à un niveau national et européen. C'est le seul secteur du Rhône, suivi dans le cadre du programme RhônEco, dans lequel l'espèce a été rencontrée. *Anisus vorticulus* peut être considérée comme une espèce indicatrice de milieux de très bonne qualité à l'extrémité "déconnectée" du gradient de connectivité latérale avec le Rhône (Figure 7.3).

L'espèce est présente de façon récurrente et à des niveaux d'abondance élevés dans 5 lônes suivies ici: le Creux de Bleu, les Nappes, la lône de la Plaine, la lône de Rossillon et la Vieille Lône. Les stations CRBLam, PLAIam, ROSSam, VILOam et av sont les plus remarquables en termes d'effectifs. Le suivi temporel fait apparaître des fluctuations inter-annuelles importantes qu'il est souvent difficile d'interpréter (Figure 7.18). Dans le cas des Nappes, des modifications profondes (assèchement de 2003 suivi de curage et d'un déboisement) semblent permettre d'interpréter la (quasi) disparition de l'espèce. Cependant, les tendances marquées observées en particulier à PLAIam (déboisement en hiver 2008-09) et ROSSam (pas de changements environnementaux notables) ne peuvent être interprétés simplement. Les sites en situation récente de déclin (PLAIam, ROSSam) ou de disparition dans les échantillons (ROSSav) doivent faire l'objet d'un suivi. Une étude de l'ADN environnemental de l'espèce est en cours (travail de master de J. Boutten).

Theodoxus fluviatilis est un mollusque gastéropode de la famille des Neritidae caractéristique des milieux lotiques et de la zone de battement des lacs. Il occupe, dans le gradient de connectivité latérale des lônes, l'extrémité opposée à celle d'*Anisus vorticulus*. Il vit sur la surface de substrats stables (blocs, galets, bois morts) où il consomme par raclage les algues périlthiques, principalement des diatomées. Il est connu pour être extrêmement sensible à la qualité de ce périlithon et est affecté négativement par le recouvrement et le colmatage du substrat par les particules fines. Il est considéré comme très menacé, voir proche

de la disparition en Allemagne et en Suisse (Neumann, 1961 ; Turner *et al.*, 1998 ; Colling *et al.*, 2008 ; Glöer, 2002).

Les suivis temporels disponibles sont très courts et ne permettent pas de décrire les fluctuations interannuelles de densité de l'espèce dans les lônes des secteurs de Belley et de Brégner-Cordon avant restauration. Parmi les stations suivies ici, seule la lône du Tonkin représentait alors un milieu favorable pour l'espèce. La lône n'a pas été échantillonnée avant 2006, mais n'ayant pas été modifiée lors de la restauration, elle peut être considérée comme une référence. Les densités moyennes y sont remarquables (supérieures à 53 ind./0.25m²) (Figure 7.19). Après la restauration, des conditions lotiques permanentes sont créées par reconnexion amont avec le Rhône dans les lônes de Mathan et Vachon. L'espèce s'établit alors rapidement et atteint des densités moyennes également remarquables (supérieures à 150 ind./0.25m²) dans les deux lônes. Cette installation paraît un peu plus tardive à Vachon qu'à Mathan (Figure 7.19). Ce phénomène peut être interprété comme un succès certain de la restauration. Les niveaux de densité mesurés à Vachon et Mathan sont alors proches de ceux de la lône du Tonkin. Après les chasses du printemps 2012, les densités mesurées immédiatement après l'événement (juillet 2102), sont comparables à celles qui le précèdent. Par contre, l'espèce disparaît totalement des échantillonnages postérieurs à juillet 2012 et n'a pas été retrouvée en 2016 dans aucune des trois lônes. Le même effet a été observé dans les stations hébergeant l'espèce à Belley. La disparition totale de l'espèce dans les échantillons indique une détérioration générale de la qualité de l'habitat benthique dans les chenaux latéraux totalement connectés au vieux-Rhône. Cet effet se manifeste notamment dans des chenaux restaurés où l'installation de l'espèce et les densités très élevées qu'elle y atteignait, pouvaient être interprétées comme des signes du succès de la restauration.

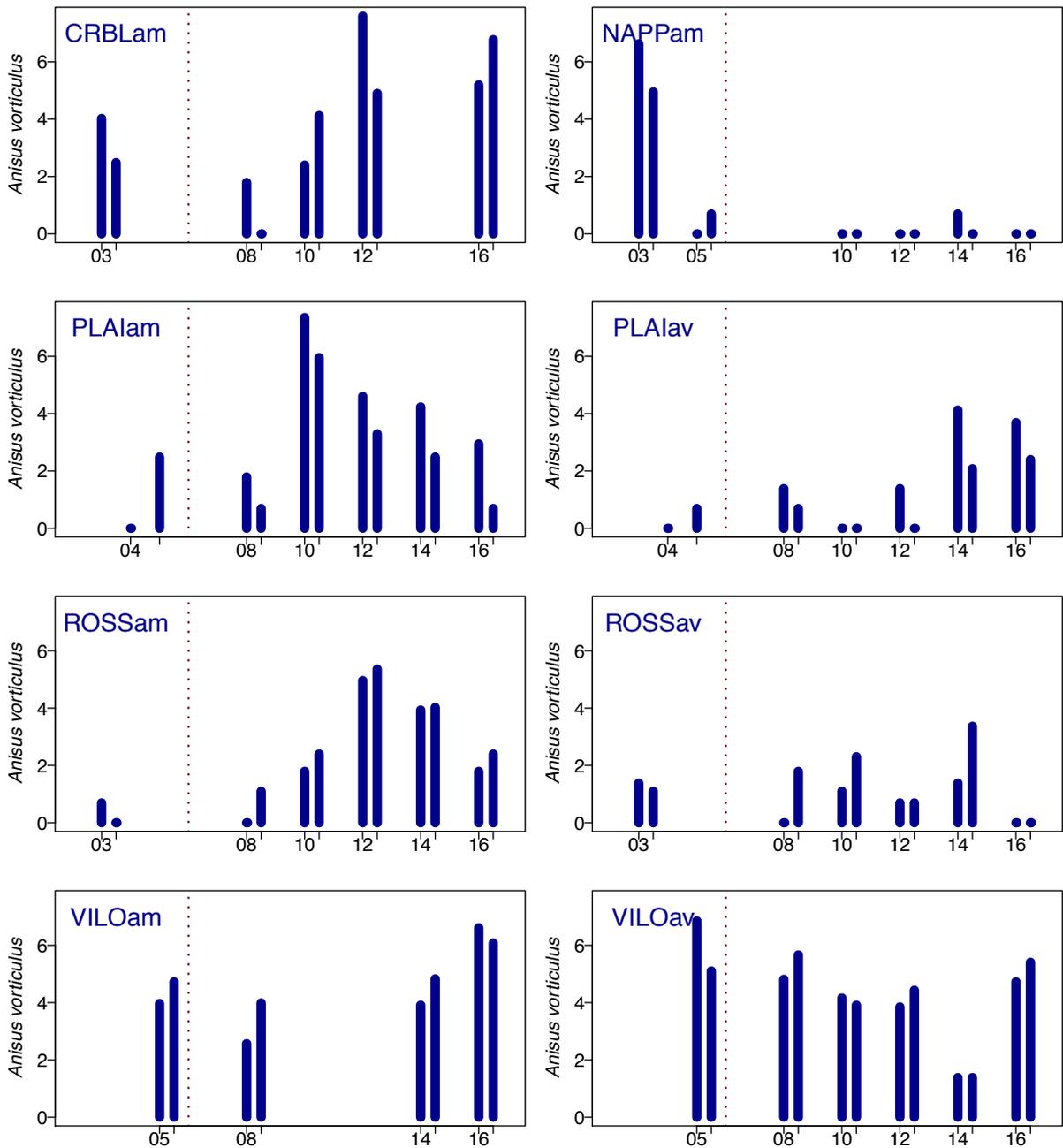


Figure 7.18 - Variations de l'abondance du mollusque gastéropode *Anisus vorticulus* dans huit stations du secteur de Brégner-Cordon. Droite verticale pointillée: restauration du secteur. L'axe horizontal montre les années d'étude avec pour chacune une période de printemps (mars-avril) et une période estivale (juin-juillet). Sur les axes verticaux, les abondances sont log_e-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 ind.; 3 = 19 ind.; 4 = 54 ind.; 5 = 148 ind. ; 6 = 402 ind.), elles sont les sommes des abondances collectées dans trois échantillons, soit dans 1.5m² à chaque date.

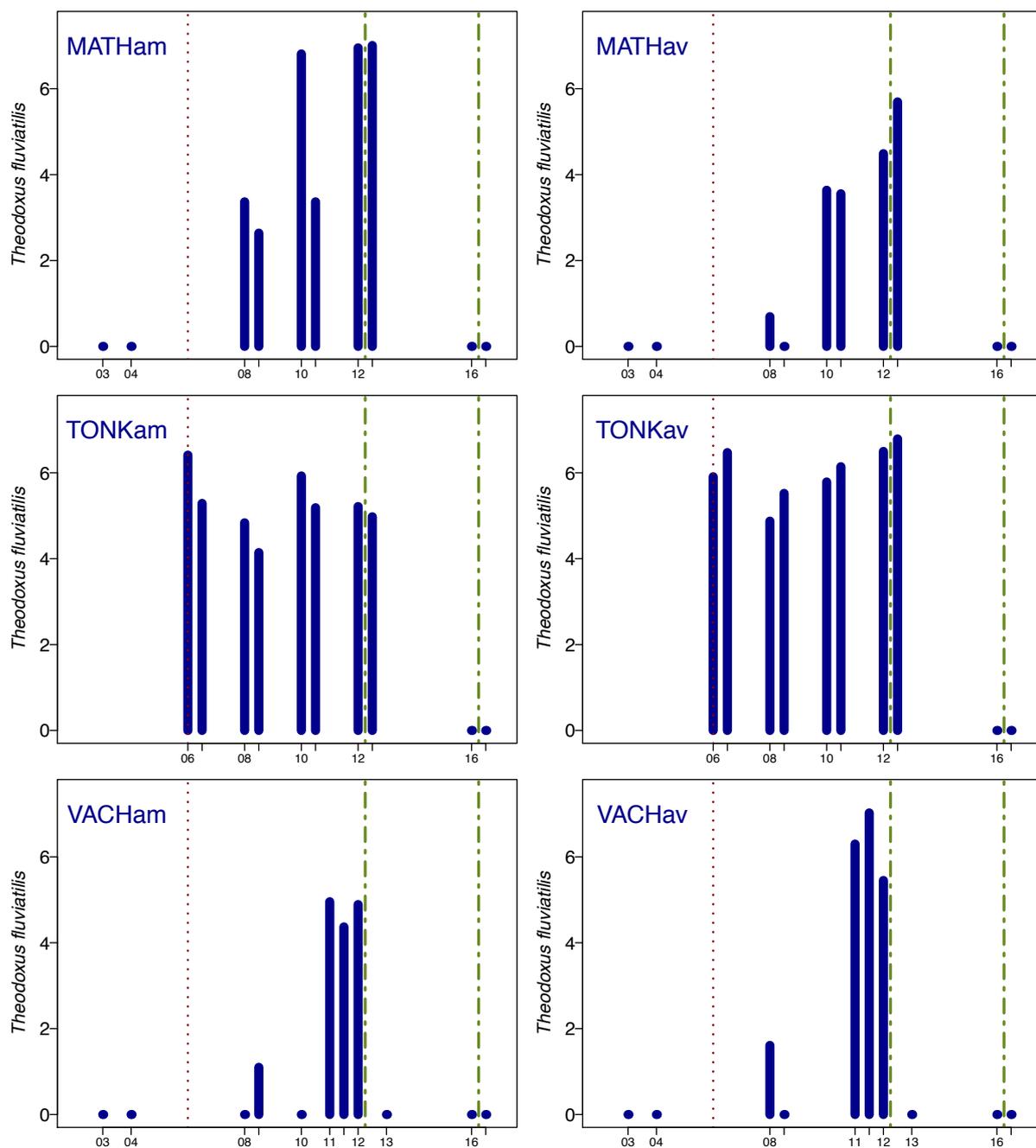


Figure 7.19 - Variations de l'abondance du mollusque gastéropode *Theodoxus fluviatilis* dans six stations du secteur de Brégner-Cordon. Droite verticale pointillée rouge: restauration du secteur. Droites verticales tiretées vertes: vidange (2012) et abaissement (2016) de la retenue de Verbois. L'axe horizontal montre les années d'étude avec, dans la plupart des cas, une période de printemps (mars-avril) et une période estivale (juin-juillet). Sur les axes verticaux, les abondances sont log_e-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 ind.; 3 = 19 ind.; 4 = 54 ind.; 5 = 148 ind.; 6 = 402 ind.), elles sont les sommes des abondances collectées dans trois échantillons, soit dans 1.5m² à chaque date.

7.7 Bilan synthétique.

Le suivi des lônes restaurées dans le secteur de Brégner-Cordon apporte des informations concernant deux modes de restauration. Dans les deux cas, les résultats après 10 ans peuvent être considérés comme positifs par rapport aux objectifs de la restauration :

- les trois exemples de reconnexion par l'aval (Lônes des Granges, des Molottes et du Ponton) présentent plusieurs similitudes dont les plus marquantes sont une tendance à l'augmentation de la diversité des assemblages d'invertébrés (mesurée par leur richesse raréfiée) et à l'augmentation de la richesse des insectes EPT. Les assemblages de mollusques gastéropodes demeurent riches. Une communauté typique de milieux « semi-lotiques » s'établit, dont les espèces caractéristiques sont *Valvata piscinalis*, *Platycnemis pennipes* ou *Caenis horaria* ;

- les deux exemples de reconnexion totale (amont – aval) (Lônes Mathan et Vachon) montrent également une convergence de tendances comme l'augmentation claire de la richesse des insectes EPT. Des espèces rhéophiles témoignant de la très bonne qualité du milieu (oxygénation de l'eau, complexité de l'habitat, qualité du périlithon, échanges avec le domaine hyporhéique) s'installent rapidement après restauration et atteignent des densités élevées. C'est le cas du coléoptère *Esohis parallelepipedus* et du gastéropode *Theodoxus fluviatilis*. L'installation d'autres taxons moins fréquents et moins abondants témoignent également de la même évolution (larves de Plécoptères *Leuctra*, coléoptère *Macronychus quadrituberculatus*). Ces tendances très positives paraissent plus marquées dans le cas de la lône Mathan, comparée à la situation observée à Vachon.

- confirmant les tendances observées dans le secteur de Belley, les espèces exogènes montrent essentiellement des tendances temporelles assez erratiques. Si plusieurs communautés montrent à certaines dates des proportions élevées d'abondance exogène (jusqu'à 30% environ des individus), plusieurs sites suivis conservent des communautés où ces espèces sont absentes où ont une abondance relative très faible.

Le suivi du secteur de Brégnier-Cordon permet également :

- de confirmer l'extrême richesse de cette zone alluviale en formes fluviales diversifiées soutenant un gradient complet de communautés d'invertébrés aquatiques allant des habitats temporaires aux habitats lotiques permanents. Sont notamment représentés des anciens chenaux de tressage à très faible connectivité avec le cours principal qui abritent le mollusque gastéropode patrimonial *Anisus vorticulus* qui trouve là des conditions de développement optimales. Les fluctuations d'effectif de cette espèce dans un contexte de connectivité restreinte entre populations nécessitent d'être suivies ;
- d'illustrer, à travers la croissance puis l'effondrement des populations du mollusque gastéropode *Theodoxus fluviatilis*, l'interférence négative ayant eu lieu entre la restauration de chenaux lotiques et les opérations de chasse de la retenue de Verbois en 2012. Là encore, la recherche et le suivi de cette espèce emblématique, indicatrice de la qualité de son habitat restauré, sont des objectifs importants.

8 Assemblages de poissons dans les lônes

L'objectif principal de la restauration des lônes est de recréer des annexes fluviales dans une plaine alluviale dans laquelle elles ont disparu à la suite de l'endiguement et de l'aménagement hydroélectrique du fleuve. Dans un système naturel, ces annexes participent au fonctionnement écologique du fleuve en ajoutant des fonctionnalités complémentaires de celles du chenal courant.

Les caractéristiques de l'habitat (peu ou pas de contraintes hydrauliques, granulométrie du substrat, diversification des habitats, présence/absence de végétation aquatique, nature des végétaux...) confèrent à ces milieux des capacités d'accueil pour la reproduction et la croissance des juvéniles de poissons différentes de celles du chenal principal. L'analyse de la composition faunistique, de la structure en tailles des populations (en particulier l'importance de la classe d'âge de l'année), des exigences des espèces présentes par rapport au substrat de reproduction (guildes de Balon, 1975), et notamment l'importance du rôle de la végétation immergée permet de comprendre globalement les fonctions remplies par ces annexes.

L'objectif poursuivi dans le cadre du suivi est de mesurer la fréquence des différentes espèces et guildes de reproduction au cours du temps afin d'apprécier le rôle potentiel des lônes en tant qu'habitat de nurserie et de refuge pour les poissons.

L'échantillonnage est réalisé en automne, tous les ans. Il est effectué par pêche électrique. En général, 25 échantillons ponctuels sont réalisés dans chaque lône en bateau ou à pied selon les modalités d'accès à la lône. Les points de pêche sont répartis dans la lône. Pour les lônes de très petite dimension (lône du Noyer Nord et Sud et Ilon à Péage-de-Roussillon), un nombre de points de pêche plus restreint est réalisé. En revanche, lorsque la dimension des lônes est importante et/ou que la structuration physique est complexe (présence de digues, de seuils etc...) comme c'est le cas pour la Lône de Dion, la Lône Malaubert ou la Lône de la Désirade à Donzère, le nombre de point est porté à 50.

L'échantillonnage a été réalisé entre le 28/08 et le 16/10/2017 (Tableau 8.1).

En raison de l'étiage sévère et prolongé en automne 2017, la Lône de la Sainte n'a pas pu être échantillonnée, l'entrée étant déconnectée quasiment en permanence.

Tableau 8.1 - Dates d'échantillonnage et effort d'échantillonnage (nombre d'échantillons ponctuels d'abondance) pour les 19 lômes suivies.

Secteur	Lômes	Dates	Nb Points
Chautagne	Brotalet	28/08/17	25
Belley	Lôme Moiroud	12/09/17	25
	Anse de Yenne	12/09/17	25
Brégnier-Cordon	Lôme Vachon	20/09/17	25
	Lôme des cerisiers	24/09/17	25
	Lôme des Molottes	20/09/17	25
	Lôme Mattant	24/09/17	25
	Lôme du Ponton	20/09/17	25
Péage-de-Roussillon	Lôme de la Platière	27/09/17	30
	Lôme Noyé nord	27/09/17	15
	Lôme Noyé Sud	27/09/17	10
	Ilon	27/09/17	10
	Lôme de la Boussarde	16/10/17	25
	Lôme de la Sainte		
Donzère	Lôme Malaubert	10/10/17	50
	Lôme Grange écrasée	16/10/17	25
	Lôme de Dion	15/10/17	50
	Lôme du Banc Rouge		
	Lôme de La Désirade	10/10/17	50

Les données post-restauration du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) ont été analysées en détail en raison du déroulement en mai 2016 des opérations de gestion sédimentaire des barrages suisses de Verbois et Chancy-Pougny (APAVR).

Seuls les résultats bruts des pêches seront présentés pour les secteurs de Péage-de-Roussillon et Donzère.

L'ensemble des données collectées avant (Bas-Rhône) et après –restauration sera analysé fin 2018 lors du travail de synthèse qui clôtura le programme RhônEco sur la période 2014-2018.

8.1 Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon

Les résultats des pêches (Tableaux 8.2 et 8.3) montrent que les effectifs capturés en 2017 sont relativement faibles dans la lôme du Brotalet, la lôme Vachon, la lôme Mattant, la lôme des Molottes (forte baisse par rapport aux effectifs de 2012, 2013, 2015 et 2016) et la lôme du Ponton. Le nombre d'espèces échantillonnées varie entre 8 (Brotalet, Moiroud) et 17 (Cerisiers). Les bras secondaires, Anse de Yenne, Vachon, Cerisiers et Mattant, accueillent des espèces aux exigences écologiques variées et notamment des espèces rhéophiles dont les

classes de tailles intermédiaires ont une préférence pour ce type de bras (barbeau, hotu, vandoise). Dans la lône Moiroud, très peu connectée au vieux-Rhône, la richesse spécifique est très faible et deux espèces dominant numériquement : la bouvière (45% des effectifs) et l'épinoche (47%).

Les proportions de juvéniles de l'année (0+) restent importantes en 2017 dans la lône du Brotalet, la lône Moiroud, l'Anse de Yenne, la lône des Molottes et la lône du Ponton. Dans les bras secondaires, les plus fortes proportions de juvéniles de l'année concernent des espèces rhéophiles comme l'ablette, le barbeau fluviatile, le chevaine et le goujon. Dans les bras déconnectés à l'amont, Brotalet, Moiroud, Molottes et Ponton, les juvéniles d'espèces lénitophiles dominant (bouvière, brèmes, pseudorasbora et tanche) (Tableau 8.4). Des effectifs relativement importants d'épinoches ont été enregistrés dans la lône Moiroud et la lône des Cerisiers (dont un ombre commun). Des juvéniles d'ablettes ont été échantillonnés, comme chaque année, dans la lône du Ponton.

Tableau 8.2 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2017. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lônes	Brotalet	Anse de Yenne	Lône Moiroud	Lône des cerisiers	Lône des Molottes	Lône Mattant	Lône Vachon	Lône du Ponton	Total
ABL	4	12	0	12	8	1	0	48	85
BAF	0	1	0	3	0	40	7	0	51
BLE	1	0	0	0	0	1	1	0	3
BOU	0	0	53	2	103	3	0	84	245
BRB	0	0	0	18	100	0	0	0	118
BRE	0	0	0	0	106	0	0	0	106
BRO	0	0	0	0	1	0	0	2	3
CGO	0	0	0	0	0	0	0	1	1
CHA	0	1	0	0	0	0	2	0	3
CHE	14	54	2	21	22	22	30	0	165
EPI	0	0	55	30	6	0	1	1	93
GAR	1	4	1	22	0	0	0	0	28
GOU	8	46	0	10	4	51	9	0	128
HOT	0	0	0	17	0	2	1	0	20
LOF	0	4	0	14	0	6	0	0	24
OBR	0	0	0	1	0	0	0	0	1
PCH	0	0	0	0	15	0	0	0	15
PER	0	0	0	3	0	4	3	2	12
PES	2	0	1	0	14	0	4	6	27
PSR	0	0	1	0	121	0	0	32	154
ROT	0	0	1	1	45	0	0	12	59
SAN	0	0	0	1	0	0	0	0	1
SIL	0	0	0	0	0	3	0	0	3
SPI	0	9	0	0	0	5	0	0	14
TAN	50	7	3	2	39	0	0	20	121
VAI	6	5	0	3	0	0	4	0	18
VAN	0	12	0	19	0	0	0	0	31
Total	86	155	117	179	584	138	62	208	1529
N.B. E.P.A.	25	25	25	25	25	25	25	25	
NB Sp.	8	11	8	17	13	11	10	10	

Tableau 8.3 - : Évolution de trois variables permettant de caractériser les assemblages de poissons échantillonnés dans les lônes du Haut-Rhône après restauration : effectif pêché, abondance relative des espèces lithophiles et lithophytophiles (espèces utilisant exclusivement ou non un substrat végétal comme support de ponte) et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons pour chaque lône.

Lônes		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Lône du Brotalet	Effect. Total	500	160	210	262	121	125	82	64	140	55	123	1334	90	86
	%age Lith.Phyt. & Phyto	7,0%	26,0%	17,0%	12,2%	30,6%	40,2%	40,2%	0,0%	35,0%	27,0%	9,8%	58,9%	13,3%	64,0%
	% 0+	66,0%	56,0%	80,0%	90,0%	79,0%	98,0%	67,1%	100,0%	50,0%	76,0%	97,6%	89,2%	93,3%	87,2%
Lône de la Malourdie	Effect. Total	58	72	401	122	135	48	66	50	305	277	-	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	0,0%	2,8%	8,0%	0,8%	9,6%	1,5%	1,5%	20,0%	2,0%	1,0%	-	-	-	-
	% 0+	86,0%	69,0%	76,0%	71,0%	60,0%	83,0%	78,8%	36,0%	53,0%	67,0%	-	-	-	-
Lône des Luisettes	Effect. Total	-	58	156	68	41	19	8	33	176	105	28	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	53,0%	38,0%	50,0%	14,6%	12,5%	12,5%	6,0%	16,0%	7,0%	3,6%	-	-	-
	% 0+	-	67,0%	47,0%	28,0%	78,0%	68,0%	62,5%	48,0%	55,0%	55,0%	39,3%	-	-	-
Lône Moiroud	Effect. Total	-	10	195	32	60	6	13	62	114	38	61	127	136	117
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	50,0%	34,0%	25,0%	1,7%	38,5%	38,5%	0,0%	4,0%	3,0%	13,1%	32,3%	8,1%	4,3%
	% 0+	-	30,0%	58,0%	44,0%	72,0%	83,0%	0,0%	73,0%	47,0%	45,0%	72,1%	11,0%	19,9%	69,2%
Lône Béard	Effect. Total	-	178	13	4	12	8	1	1	26	60	-	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	7,0%	31,0%	50,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	85,0%	60,0%	-	-	-	-
	% 0+	-	38,0%	8,0%	0,0%	25,0%	50,0%	100,0%	0,0%	23,0%	10,0%	-	-	-	-
Lône Fourmier	Effect. Total	-	142	69	89	69	58	16	17	674	509	-	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	5,0%	4,0%	20,0%	8,7%	25,0%	25,0%	0,0%	50,0%	1,0%	-	-	-	-
	% 0+	-	88,0%	94,0%	57,0%	83,0%	69,0%	25,0%	18,0%	79,0%	79,0%	-	-	-	-
Anse de Yenne	Effect. Total	-	276	176	89	228	27	18	42	261	215	94	428	94	155
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	9,0%	20,0%	2,2%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	16,0%	19,0%	34,0%	16,4%	10,6%	14,8%
	% 0+	-	92,0%	93,0%	24,0%	41,0%	70,0%	61,1%	59,0%	59,0%	48,0%	81,9%	49,5%	51,1%	70,6%
Lône de Chantemerle	Effect. Total	-	-	192	56	25	22	135	3	330	281	-	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	15,0%	25,0%	80,0%	96,3%	96,3%	33,0%	49,0%	20,0%	-	-	-	-
	% 0+	-	-	86,0%	30,0%	96,0%	82,0%	94,1%	0,0%	75,0%	91,0%	-	-	-	-
Lône des granges	Effect. Total	-	-	68	220	5	16	44	41	104	197	-	-	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	45,0%	20,0%	20,0%	11,4%	11,4%	37,0%	67,0%	33,0%	-	-	-	-
	% 0+	-	-	76,0%	49,0%	60,0%	31,0%	40,9%	29,0%	62,0%	49,0%	-	-	-	-
Lône Vachon	Effect. Total	-	-	201	51	6	73	67	185	67	302	127	273	62	62
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	19,0%	12,0%	0,0%	16,4%	16,4%	16,0%	39,0%	18,0%	4,7%	17,2%	4,8%	4,8%
	% 0+	-	-	79,0%	27,0%	0,0%	53,0%	35,8%	17,0%	22,0%	51,0%	31,5%	50,2%	29,0%	26,9%
Lône des cerisiers	Effect. Total	-	-	425	248	22	180	68	385	287	296	199	198	63	179
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	5,0%	21,0%	13,6%	5,9%	5,9%	34,0%	8,0%	4,0%	2,5%	0,5%	6,3%	33,0%
	% 0+	-	-	49,0%	56,0%	50,0%	57,0%	17,6%	37,0%	45,0%	38,0%	52,3%	72,2%	19,0%	33,5%
Lône Mattant	Effect. Total	-	-	76	145	31	143	53	683	258	243	284	202	125	138
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	16,0%	3,0%	3,2%	13,2%	13,2%	8,0%	43,0%	2,0%	10,9%	8,4%	11,2%	3,6%
	% 0+	-	-	48,0%	28,0%	35,0%	20,0%	15,1%	48,0%	12,0%	67,0%	32,4%	56,4%	27,2%	42,0%
Lône des Molottes	Effect. Total	-	-	68	513	411	246	180	35	1016	1772	748	1875	1292	584
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	54,0%	43,0%	11,2%	16,7%	16,7%	71,0%	45,0%	46,0%	14,6%	17,4%	8,8%	51,2%
	% 0+	-	-	90,0%	88,0%	96,0%	66,0%	97,2%	49,0%	81,0%	89,0%	93,9%	91,6%	50,7%	87,2%
Lône du Ponton	Effect. Total	-	-	201	421	632	300	222	14	676	355	363	372	272	208
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	61,0%	24,0%	63,9%	42,3%	42,3%	93,0%	43,0%	49,0%	65,8%	20,4%	38,6%	40,9%
	% 0+	-	-	86,0%	71,0%	99,0%	90,0%	96,8%	71,0%	96,0%	74,0%	94,8%	80,4%	73,4%	57,0%

Tableau 8.4 - Effectifs et proportions de juvéniles de l'année échantillonnés dans les lônes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2017. La contribution (%age) des juvéniles de l'année de chacune des espèces présentes est indiquée pour chaque lône (effectifs de 0+ de l'espèce / effectif total de 0+) ainsi que le nombre d'espèces pour lesquelles des poissons de l'année ont été échantillonnés sont indiqués. Les valeurs supérieures à 10% ont été surlignées en bleu.

2017	Brotalet	Moiroud	Anse de Yenne	Vachon	Cerisiers	Mattant	Molottes	Ponton
Eff 0+	75	81	96	36	60	58	509	118
%age 0+	87,2%	69,2%	70,6%	26,9%	33,5%	42,0%	87,2%	57,0%
ABL	5,3%	0	12,5%	0	0	1,7%	1,6%	40,7%
BAF	0	0	0	16,7%	0	56,9%	0	0
BLE	1,3%	0	0	0	0	1,7%	0	0
BLN	0	0	0	0	0	0	0	0
BOU	0	59,3%	0	8,3%	3,3%	0	11,8%	16,1%
BRB	0	0	0	2,8%	23,3%	0	19,6%	0
BRE	0	0	0	0	0	0	20,8%	0
BRO	1,3%	0	0	0	0	0	0,2%	1,7%
CCO	0	0	0	0	0	0	0	0
CHA	0	0	1,0%	0	0	0	0	0
CHE	18,7%	0	26,0%	25,0%	16,7%	6,9%	4,1%	0
EPI	0	38,3%	0	0,0%	21,7%	0	1,0%	0,8%
GAR	0	1,2%	1,0%	0	1,7%	0	0	0
GOU	10,7%	0	46,9%	16,7%	11,7%	22,4%	0,6%	0
GRE	0	0	0	0	0	0	0	0
HOT	0	0	0	0	3,3%	3,4%	0	0
LOF	0	0	3,1%	0	8,3%	1,7%	0	0
OBR	0	0	0	0	1,7%	0	0	0
PCH	0	0	0	0	0	0	1,6%	0
PER	0	0	0	16,7%	0	0	0	0
PES	0	0	0	0	0	0	1,6%	1,7%
PSR	0	1,2%	0	0	0	0	22,8%	18,6%
ROT	0	0	0	0	1,7%	0	7,9%	6,8%
SAN	0	0	0	0	1,7%	0	0	0
SIL	0	0	0	5,6%	0	0	0	0
SPI	0	0	0	0	0	5,2%	0	0
TAN	54,7%	0	0	0	0	0	6,5%	13,6%
TRF	0	0	0	0	0	0	0	0
VAI	8,0%	0	2,1%	0	5,0%	0	0	0
VAN	0	0	7,3%	8,3%	0	0	0	0
Nb esp	7	4	8	8	12	8	13	8

Afin de fournir une image synthétique de l'évolution des assemblages de poissons dans les lônes restaurées et mettre en évidence la complémentarité de ces types de milieu et des vieux-Rhône courants, une analyse regroupant l'ensemble des données post-restauration (2004-2017) a été effectuée. Afin de mettre en évidence les liens potentiels entre les espèces et les différents types de milieux échantillonnés (vieux-Rhône, bras secondaires restaurés et lônes ouvertes à l'aval), une analyse des structures en classes de tailles a été réalisée sur l'ensemble des poissons mesurés et pour chaque année d'échantillonnage. La première classe de tailles concerne les poissons issus de la reproduction de l'année (0+), pour les poissons d'âge supérieur et pour les espèces numériquement bien représentées, un découpage en plusieurs (2 à 4) classes de tailles a été réalisé afin de mieux décrire la structure du peuplement (Tableau 8.5). Ce découpage permet d'identifier la part de la variabilité temporelle des effectifs imputable au succès de reproduction pour une année donnée et de mettre en évidence l'affinité potentielle des 0+ d'une espèce donnée pour des types de milieux particuliers.

Le tableau traité contient les effectifs des poissons appartenant à une classe de tailles donnée pour une espèce donnée (en colonne) pour chacun des secteurs (vieux-Rhône et lônes) et chacune des années d'échantillonnage (en ligne), soit 70 colonnes correspondant aux différentes entités faunistiques (espèces-classes-de-tailles) et 139 campagnes automnales de pêches (couples station-date). Les effectifs par classe de tailles pour chacune des espèces ont été recalculés en standardisant l'effort d'échantillonnage (50 E.P.A.) pour toutes les stations (vieux-Rhône et lônes).

Analyse

Une analyse en composantes principales centrée par colonne (ACP) intra-secteurs (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon) (Dolédec & Chessel, 1989) a été effectuée sur ce jeu de données. L'analyse a pour objectif d'optimiser la description de la variabilité temporelle au sein de chaque secteur, de mettre en évidence les différences potentielles entre les assemblages de poissons dans les vieux-Rhône et les lônes d'un secteur donné, et de comparer l'évolution temporelle du peuplement entre les différents secteurs et les différents types de milieux (chenaux courants et lônes). L'analyse statistique a été réalisée sur des données préalablement transformées (Log (effectif +1) afin de réduire l'impact des très forts effectifs (essentiellement conditionnés par le caractère généralement grégaire des juvéniles de poissons) sur les résultats observés.

Tableau 8.5 - Effectifs caractéristiques des classes de tailles retenues pour chacune des espèces. 0+ désigne les poissons de l'année, les limites supérieures des classes de tailles des poissons d'âge 0+ (x dans le tableau) sont variables suivant la station et l'année considérées.

Espèce	Classes de tailles			
	1	2	3	4
ABL	0+	[x,12[	>12	
ANG	toutes tailles			
BAF	0+	[x,12[	[12,18[	>18
BBG	toutes tailles			
BLE	0+	>x		
BLN	0+	>x		
BOU	0+	>x		
BRB	0+	>x		
BRE	0+	>x		
BRO	0+	>x		
CGO	toutes tailles			
CCO	0+	>x		
CHA	0+	>x		
CHE	0+	[x,12[	[12,18[	>18
EPI	0+	>x		
GAR	0+	[x,12[	[12,18[	>18
GOU	0+	[x,12[	>12	
GRE	0+	>x		
HOT	0+	[x,12[	[12,18[	>18
LOF	0+	>x		
LOT	toutes tailles			
LPP	toutes tailles			
OBR	0+	>x		
PCH	0+	>x		
PER	0+	>x		
PES	0+	>x		
PSR	0+	>x		
ROT	0+	>x		
SAN	toutes tailles			
SIL	0+	>x		
SPI	0+	>x		
TAN	0+	>x		
TRF	0+	[x,16[	>16	
VAI	0+	>x		
VAN	0+	>x		

Résultats

Les deux premiers axes de l'analyse prennent en compte 45% de l'inertie du tableau de données (axe 1 : 28,1%, axe 2 : 16.9%).

La projection des entités ‘espèces – classes de tailles’ dans le plan défini par les deux premiers axes de l’analyse (Figure 8.1) sépare globalement les espèces plutôt rhéophiles (à droite du plan, coordonnées positives sur le premier axe) et les espèces plutôt limnophiles (à gauche du plan, coordonnées négatives sur l’axe 1). L’axe 2 discrimine plutôt les juvéniles de l’année (en bas, coordonnées négatives sur l’axe 2) des poissons plus âgés (coordonnées proches de 0 sur l’axe 2).

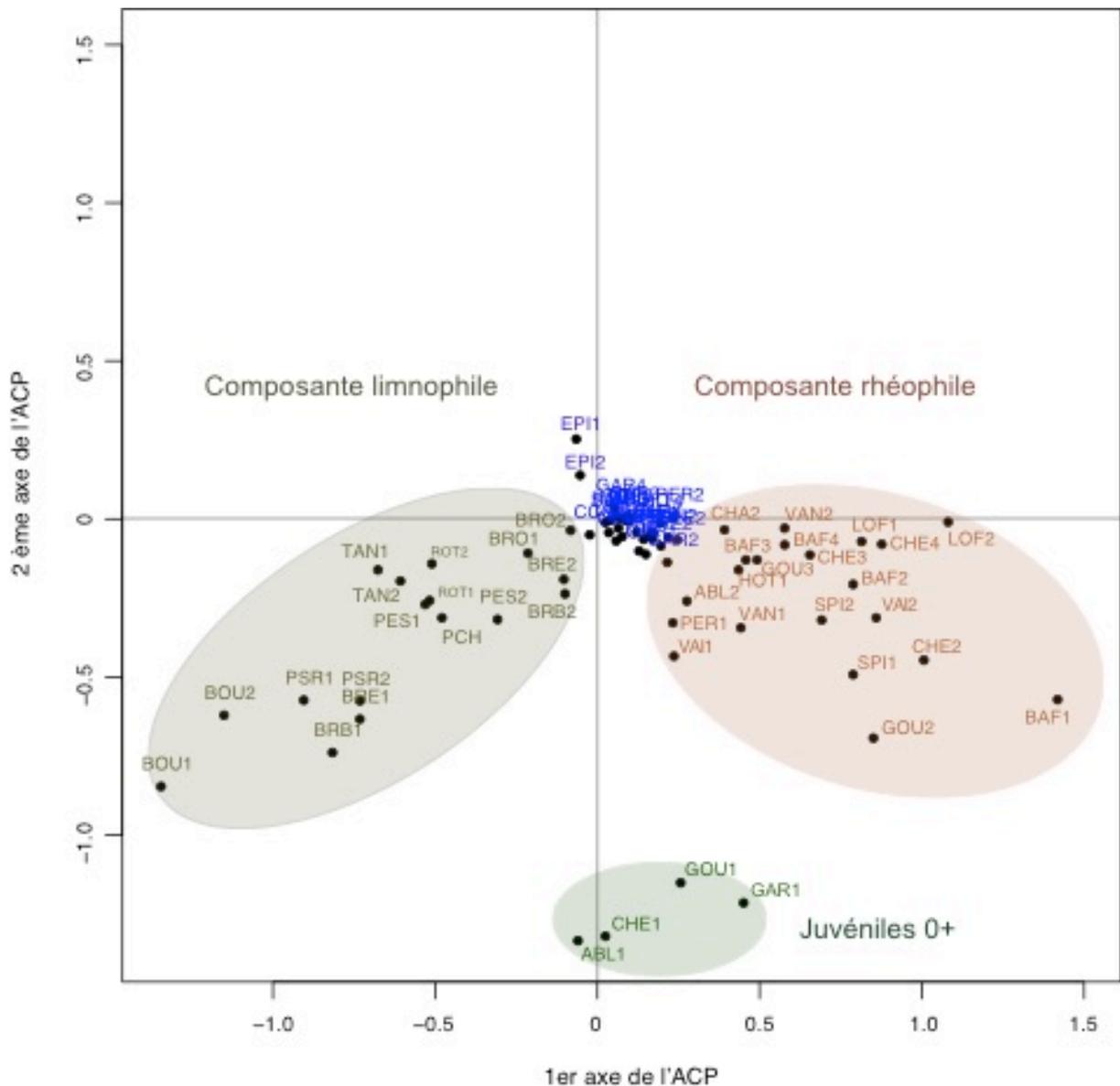


Figure 8.1 – Projection des entités faunistiques (couples ‘espèces-classes de tailles’) dans le plan F1xF2 de l’ACP intra-secteurs.

La représentation de l’évolution temporelle des coordonnées factorielles des lignes (pêches) sur le premier axe montre que le principal facteur de variabilité concerne les différences d’assemblages d’espèces de poissons entre les différents types de chenaux : la

structure des assemblages des bras secondaires courants (Anse Yenne, Vachon, Mattant et Cerisiers) est assez proche de celles des vieux-Rhône et très différentes de celles des lônes connectées par l'aval (Figure 8.2). Les coordonnées factorielles des premiers sont majoritairement positives et témoignent donc de l'importance de la composante rhéophile de l'assemblage d'espèces dans ces milieux. Inversement, les coordonnées factorielles des pêches réalisées dans les lônes du Brotalet, Moiroud, Molottes et Ponton sont négatives à l'exception de celle du Brotalet en 2016 en raison de la très faible proportion d'espèces lénitophiles cette année-là.

Les variations inter-annuelles sont engendrées par des différences dans le succès de reproduction mises en évidence sur l'axe 2 de l'ACP (Figure 8.3).

L'analyse de l'évolution temporelle des assemblages de poissons dans les 3 secteurs restaurés du Haut-Rhône met en évidence que la diversité des types de bras restaurés offre des conditions d'habitats complémentaire depuis les chenaux courants des vieux-Rhône jusqu'aux lônes connectées uniquement par l'aval.

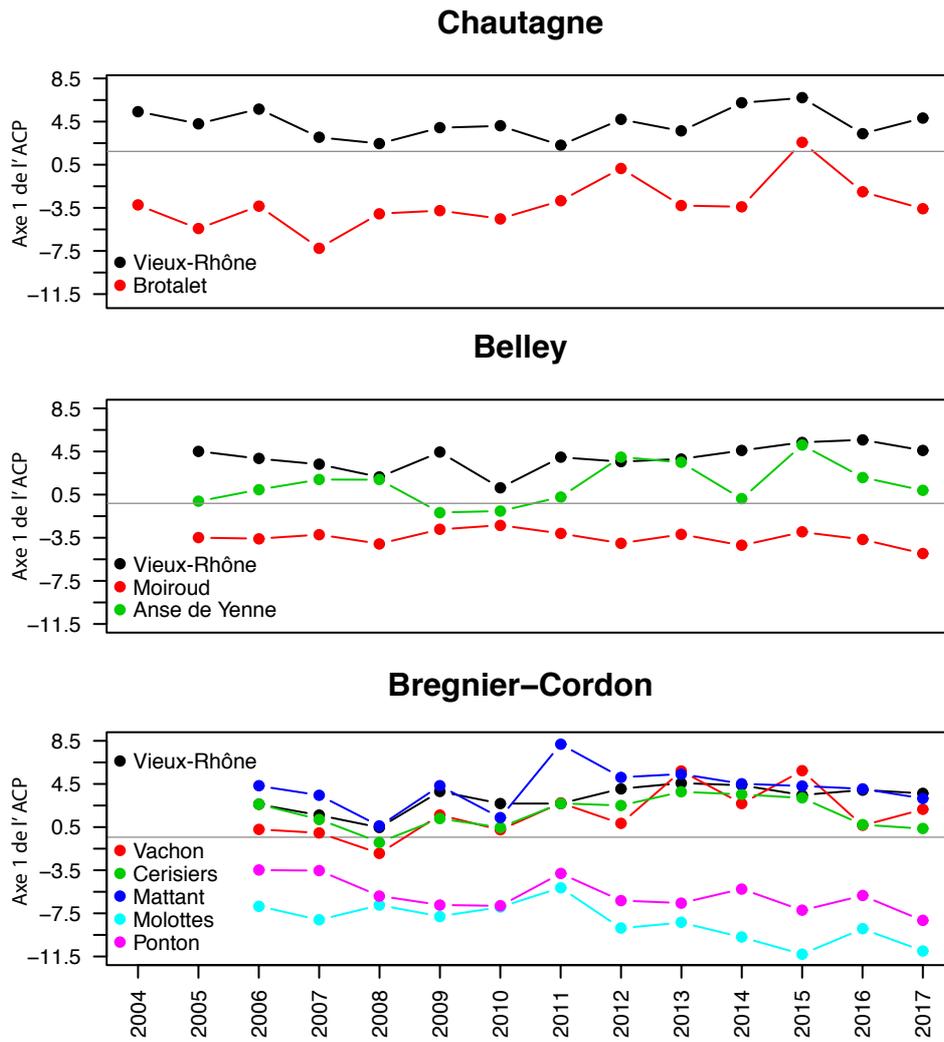


Figure 8.2 – Projection des coordonnées factorielles des campagnes de pêches annuelles réalisées dans les vieux-Rhône et les lônes sur l'axe 1 de l'ACP intra-secteurs.

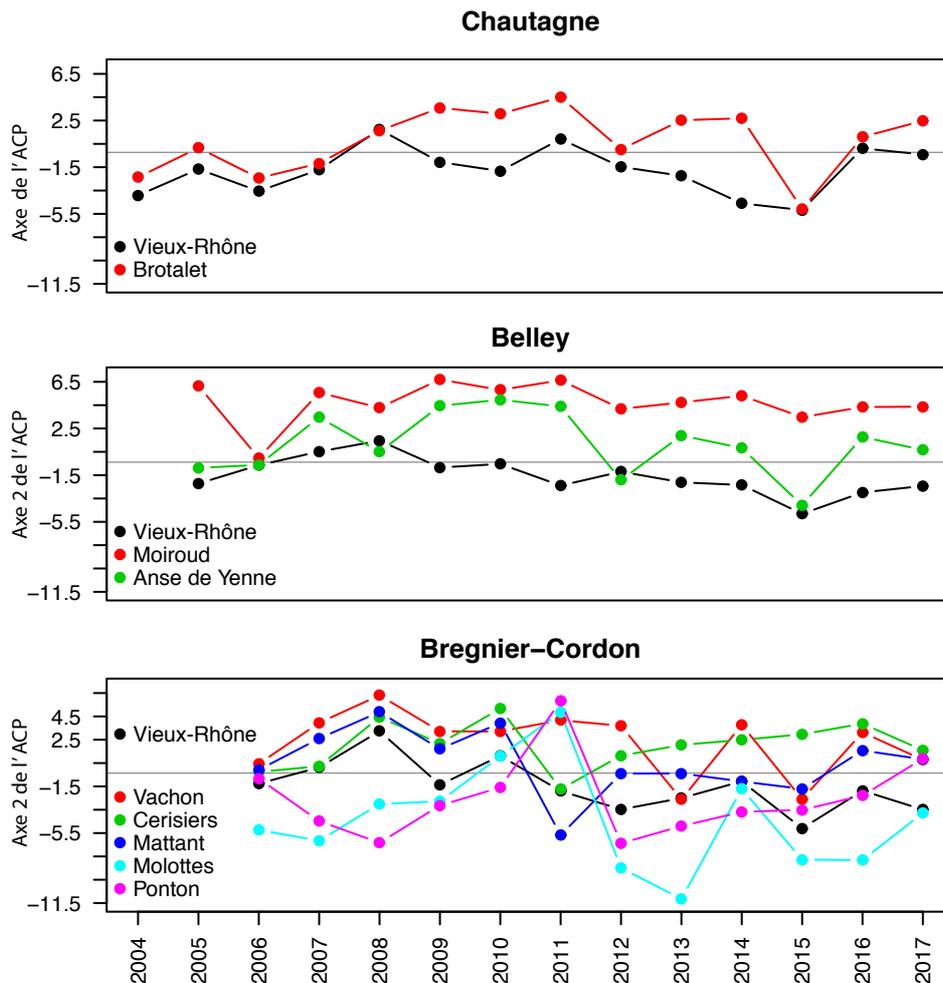


Figure 8.3 – Projection des coordonnées factorielles des campagnes de pêches annuelles réalisées dans les vieux-Rhône et les lônes sur l'axe 2 de l'ACP intra-secteurs.

8.2 Secteur de Péage-de-Roussillon

Le système de lônes de l'Île de la Platière offre une diversité importante d'habitats pour les poissons avec des bras semi-courants (amont de la Platière, du Noyer Nord et du Noyer Sud) et secteurs très lenticques (Platière, Ilon). 21 espèces ont donc été échantillonnées en 2017, dont 18 dans la lône de la Platière et dans la lône de la Boussarde (Tableau 8.6). Les deux bras courants ré-ouverts dans la Platière (lône du Noyer Nord et lône du Noyer Sud) offrent, comme c'est le cas sur le Haut-Rhône, des habitats favorables pour les classes intermédiaires des cyprinidés rhéophiles (hotus de tailles comprises entre 15,8 et 28,9 cm et barbeaux de tailles comprises entre 12,4 et 21,4 cm dans la lône du Noyer Sud en 2017). Les effectifs échantillonnés dans la lône de l'Ilon ont été relativement élevés en 2017 avec notamment une abondance marquée de la bouvière (33% des effectifs) et du pseudorasbora (17%). L'ouverture de la lône de la Boussarde en fait un bras secondaire du vieux-Rhône et les

résultats des pêches montrent une forte similarité avec les données collectées dans le vieux-Rhône (gardon 42% des effectifs, ablette 24%, pseudorasbora 12%).

Tableau 8.6 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du secteur de Péage-de-Roussillon en 2017. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lômes	Lone Platière	Noyé Nord	Noyé sud	Ilon	Boussarde	Total
ABL	69	0	53	5	128	255
BAF	11	4	11	0	0	26
BOU	29	0	0	114	46	189
BRB	10	1	0	61	23	95
BRE	0	0	0	4	2	6
BRO	0	0	0	0	2	2
CGO	1	0	0	17	1	19
CCO	0	0	0	0	1	1
CHE	22	23	12	6	9	72
GAR	58	13	18	45	221	355
GOU	89	19	9	12	17	146
GRE	1	0	0	0	0	1
HOT	8	0	9	0	1	18
LOF	3	24	5	0	2	34
PER	3	2	0	3	0	8
PES	1	3	0	4	1	9
PSR	22	0	0	58	62	142
ROT	2	0	0	10	7	19
SIL	4	2	2	0	1	9
TAN	2	0	0	9	4	15
VAI	1	0	2	0	1	4
Total	336	91	121	348	529	1425
N.B. E.P.A.	30	15	10	10	25	
NB Sp.	18	9	9	13	18	

8.3 Secteur de Donzère

Le choix des lômes suivies avant restauration a été revu suite à la sélection des lômes candidates à la restauration fin 2014. Seule la lôme de la Grange écrasée et celle de Malaubert étaient suivies initialement (depuis 2010), les lômes de Dion, de la Désirade et du Banc rouge ont été échantillonnées pour la première fois en 2015.

La lôme du Banc rouge n'a pas pu être échantillonnée, l'accès étant fermé pour cause de début des travaux de réhabilitation en septembre 2017.

Les résultats des pêches de 2017 sont consignés dans le Tableau 8.7. 23 espèces ont été échantillonnées dans les 4 lômes suivies

Les effectifs capturés sont du même ordre de grandeur que ceux de 2016 excepté pour la lôme de Dion où ils sont très inférieurs en raison de la très faible quantité d'ablettes échantillonnées, des plus faibles effectifs de chevaine et de spirilins. Le nombre d'espèces

échantillonnées est plus importants deux lônes courantes, Dion et Malaubert avec respectivement 19 et 20 espèces. La lône de Malaubert est très hétérogène et la partie de la lône, en amont de la confluence avec la Berre, abrite des espèces typiquement limnophiles comme la tanche, le Rotengle et la bouvière.

Tableau 8.7 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Donzère en 2017. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lônes	Lône Grange écrasée	Lône Malaubert	Lône de La Désirade	Lône de Dion	Total
ABL	2	68	1	8	79
ANG	0	1	12	4	17
BAF	0	2	0	10	12
BOU	30	85	16	53	184
BRB	1	0	3	1	5
BRE	3	0	16	0	19
BRO	7	2	0	0	9
CGO	1	0	23	2	26
CCO	0	1	3	1	5
CHE	6	55	65	182	308
GAR	30	37	9	42	118
GOU	0	23	30	174	227
GRE	0	1	1	0	2
HOT	0	8	0	27	35
LOF	0	19	0	10	29
PER	2	3	7	4	16
PES	62	12	243	21	338
PSR	1	30	75	18	124
ROT	48	30	0	2	80
SIL	0	1	8	2	11
SPI	0	55	0	36	91
TAN	9	13	0	0	22
VAI	0	5	0	5	10
Total	202	451	512	602	1767
N.B. E.P.A.	25	50	50	50	
NB Sp.	13	20	15	19	

8.4 Conclusion

Le jeu de données sur les lônes du Haut-Rhône permet d'établir une typologie des lônes après restauration basée sur les assemblages de poissons qui met en évidence la complémentarité des différents milieux (vieux-Rhône, bras secondaires restaurés et lônes ouvertes à l'aval). Cette typologie est retrouvée à Péage-de-Roussillon bien que seul le système des lônes de l'Île de la Platière soit concerné. Les travaux de réhabilitation en cours à Donzère ont pour objectif de recréer des bras secondaires courants (Banc rouge, lône des Dames, Grange écrasée), le suivi après restauration permettra d'évaluer leur rôle fonctionnel pour le peuplement de poissons.

9 Conclusion générale

Le suivi du Rhône réalisé dans le cadre du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 1995 sur le site de Pierre-Bénite. Il s'est ensuite poursuivi, d'abord sur les sites de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon dans le cadre de la restauration écologique du Haut-Rhône, et a été rapidement étendu aux autres secteurs candidats à la restauration en aval de Lyon. La méthodologie d'acquisition de données a été standardisée dès le début du suivi et la base de données contient aujourd'hui un jeu de données d'une grande valeur scientifique en regard du linéaire de fleuve couvert (dans ses dimensions longitudinale et latérale) et de la durée prise en compte. La recherche méthodologique qui a été mise en œuvre, centrée sur le développement d'une approche prédictive, a permis une évaluation des changements consécutifs à la restauration des débits et des annexes fluviales, ces travaux ont été publiés en 2015 dans un numéro spécial de la revue *Freshwater Biology*. Ce retour d'expérience par rapport à la restauration écologique des grands fleuves est relativement original à l'échelle internationale. Si l'approche a d'abord été centrée sur les relations entre les caractéristiques de l'habitat physique (contrainte hydrauliques dans les vieux-Rhône et connectivité hydrologique dans les îles) et les préférences écologiques des espèces aquatiques avec le développement de modèles d'habitats dédiés à la problématique de la restauration physique des habitats du fleuve, les recherches ont pour objectifs aujourd'hui d'améliorer les connaissances concernant les processus et leur modifications dans les systèmes restaurés. Cela concerne aussi bien les processus physiques (érosion –dépôts) que biologiques (réseaux trophiques). L'objectif est de mieux comprendre comment les procédures de restauration écologiques modifient ces processus et d'appréhender les changements fonctionnels à l'échelle des plaines alluviales. Comme dans le cas des modèles mis au point antérieurement, l'objectif final est de produire des outils d'aide à la décision efficaces dans le cadre du montage de projets de restauration écologiques à venir. Ces travaux devraient trouver une finalité dans les discussions opérationnelles autour de la restauration des grands fleuves et de la définition des objectifs de bon potentiel écologique du Rhône.

Le programme RhônEco est un des programmes de l'Observatoire Homme-Milieu (OHM) Vallée du Rhône (<https://ohm-vr.org/recherches.php>) et dans ce cadre, des recherches plutôt centrées sur les thématiques des Sciences Humaines et Sociales sont développées en parallèle à RhônEco.

10 Bibliographie

- André S. & Olivier J.M. (2003). Mise en place du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du fleuve Rhône. Convention de prestation d'étude n° 2002.69.174 DIREN/EZUS. Rapport à la Diren Délégation de Bassin RM & C.
- Armitage P. D., Pardo I. & Brown A. (1995). Temporal Constancy of Faunal Assemblages in Mesohabitats - Application to Management. *Archiv Fur Hydrobiologie*, **133(3)**, 367-387.
- Balon E.K. (1975). Reproductive Guilds of Fishes : A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **32**, 821-864.
- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N. & Bonhomme F. (1996-2004) GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5171, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. 2010. Alien aquatic macroinvertebrates along the lateral dimension of a large floodplain. *Biological Invasions*. 12 : 2219-2231.
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. (2012) Short-term impacts of lateral hydrological connectivity restoration on aquatic macroinvertebrates. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2597.
- Bonada N., Doledec S. & Statzner B. (2012) Spatial autocorrelation patterns of stream invertebrates: exogenous and endogenous factors. *Journal of Biogeography*, **39**, 56-68.
- Bournaud M., & Cogérino L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **22(03)**, 285-294. doi: doi:10.1051/limn/1986026.
- Castella E. (1987) *Apport des macroinvertébrés aquatiques au diagnostic écologique des écosystèmes abandonnés par les fleuves. Recherches méthodologiques sur le Haut-Rhône français*. Université de Lyon I.
- Castella E. 1987. Larval Odonata distribution as a descriptor of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain rivers , France. *Advances in Odonatology*. 3: 23-40.
- Castella E., Terrier A., Pellaud M. & Paillex A. 2005. *Anisus vorticulus* (Troschel, 1834) dans la plaine alluviale du Haut-Rhône français: un Gastéropode Planorbidae listé en annexe de la "Directive habitats". *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*. 74 (7/8): 255-269.
- Castella E., Béguin O., Bertholet E., Mayor H. & McCrae D. 2011. Les communautés de macroinvertébrés de 14 lônes du Bas-Rhône dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère. Etat initial avant restauration (années 2007-2010). Rapport d'étude de l'accompagnement scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. 35p.
- Castella E., Béguin O., Besacier-Monbertrand A.L., Hug Peter D., Mayor H., McCrae D., & Paillex A. 2012. Les communautés de macroinvertébrés de 18 lônes du Rhône dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon, quatre ans après restauration. (2003 - 2010). Rapport du Programme Décennal de Restauration Ecologique du Rhône. 60p.

- Castella E., Béguin O., Besacier Monbertrand A.L., Hug Peter D., Lamouroux N., Mayor Siméant H., McCrae D., Olivier J.M. & Paillex A. 2015. Realised and predicted changes in the invertebrate benthos after restoration of connectivity to the floodplain of a large river. *Freshwater Biology*. 60 : 1131-1146.
- Castella E., Mayor H., McCrae D., Marle P. & Timoner P. 2016. Les communautés de macroinvertébrés de sept lônes du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration. (2003 - 2015). Rapport du Programme RhonEco. 28p.
- Ciampor F. & Kodala J. 1998. Elmidae: 1. Taxonomic revision of the genus *Macronychus* Müller (Coleoptera). Jäch M.A. & Ji L. (eds.) Water beetles of China. 2: 219-287.
- Cogérino L., 1989. Les rives aquatiques des grands cours d'eau : caractérisation mésologique et faunistique. Thèse de Doctorat, Univ. Lyon 1, 329 p.
- Cogerino L., Cellot B., & Bournaud M. (1995). Microhabitat Diversity and Associated Macroinvertebrates in Aquatic Banks of a Large European River. *Hydrobiologia*, **304(2)**, 103-115.
- Colling M., Falkner G., Groh K., Jungbluth J.H., Klemm M., Niederhöfer H.J. *et al.* 2008. *Rote Liste und Artenverzeichnis der Schnecken und Muscheln Baden-Württembergs*. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe. 185p.
- Devin S., Bollache L., Noël P.Y. & Beisel J.N. 2005. Patterns of biological invasions in French freshwater systems by non-indigenous macroinvertebrates. *Hydrobiologia*. 551:137-146.
- Dray S. & Dufour A.B. 2007: The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. **22(4)**, 1-20.
- Den Hartog C., Van Den Brink F. W. B. & Van Der Velde G. (1992) Why was the invasion of the river Rhine by *Corophium curvispinum* and *Corbicula* species so successful? *Journal of Natural History*, **26(6)**, 1121-1129
- Dewson, Z. S., James, A. B. W., & Death, R. G. (2007). A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **26(3)**, 401-415.
- Do C., Waples R.S., Peel D., Macbeth G.M., Tillett B.J. & Ovenden J.R. (2014) NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size (N_e) from genetic data. *Molecular Ecology Resources*, **14**, 209-214.
- Dolédec, S., Chessel D. (1989). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Œcologica, Œcologia Generalis* 10:207-232.
- Doledec S., Lamouroux N., Fuchs U. & Merigoux S. (2007) Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European streams. *Freshwater Biology*, **52(1)**, 145-164.
- Dray S. & Dufour A.B. (2007) The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, **22**, 1-20.

- Eaton L. E. & Lenat D. R. (1991) Comparison of a rapid bioassessment method with North Carolina's qualitative macroinvertebrate collection method. *Journal of the North American Benthological Society*, **10**(3), 335-338.
- Elliott J. Malcolm (2008) The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews*, **1**, 189-203.
- Gjerlov C., Hildrew A. G., & Jones J. I. (2003) Mobility of stream invertebrates in relation to disturbance and refugia: a test of habitat templet theory. *Journal of the North American Benthological Society*, **22**(2), 207-223.
- Glöer P. 2002. Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Conchbooks. 327p.
- Heck K.L., Jr., G. van Belle and D. Simberloff (1975) Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* **56**: 1459-1461.
- Kalisiak J., Jaskula R. & Tonczyk G. 2003. Rare or undiscovered: *Macronychus quadrimaculatus* [sic!] Müller, 1806 (Coleoptera, Elmidae) in Poland - comments on distribution in the Central and Eastern Europe. *Baltic Journal of Coleopterology*. 3: 29-34.
- Krebs C.J. (1999). Ecological methodology. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.
- Lamouroux N., Olivier J.-M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y. & Statzner B. (1999) Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, **42**, 275–299.
- Lamouroux N. & Capra H. (2002) simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, **47**, 1543–1556.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandèsris A. & Roger P. (2006) Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, **51**, 1730-1743.
- Lamouroux N. & Olivier J.-M. (2015) Testing predictions of changes in fish abundance and community structure after flow restoration in four reaches of a large river (French Rhône). *Freshwater Biology*, **60**, 1118-1130.
- Lamouroux N., Gore J.A., Lepori F. & Statzner B. (Eds). 2015. Towards a predictive restoration ecology: a case study of the French Rhône River. Special Issue. *Freshwater Biology*. **60**(6), 1069-1236.
- Mérigoux S., Lamouroux N., Olivier J.-M., & Dolédec S. (2009). Invertebrate hydraulic preferences and predicted impacts of changes in discharge in a large river. *Freshwater Biology*, **54**(6), 1343 – 1356.
- Mouthon J. 1986. *Emericia patula* (Gasteropoda, Emmericiidae) et *Menetus dilatatus* (Gasteropoda, Planorbidae), deux espèces nouvelles pour la faune de France. *Basteria*. 50: 181-188.
- Nelva, A., H. Persat, Chessel D. (1979). Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences. Paris, D* 289:1295-1298.

- Neumann D. 1961. Ernährungsbiologie einer rhipidoglossen Kiemenschnecke. *Hydrobiologia*, **17**: 133-151.
- Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R., Cambin D. & Lachavanne J.B. (2002) Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation*, **104**, 59-70.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E. & Wagner H.. 2017. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olivier J.M. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.-M., André S., Dolédec S., Lamouroux N., Méricoux S. 2004a - Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et îles de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Méricoux S, Piégay H. 2004b - Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et îles de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier, J.M., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Méricoux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.
- Olivier J.M., Lamouroux N., Sagnes P., Méricoux S., Piégay H., Bornette G., Castella E., Paillex A., Béguin O., Montbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du 189 Rhône. Rapport de synthèse 2003-2008, Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Paillex A., Castella E. & Carron G. 2007. Aquatic macroinvertebrate response along a gradient of lateral connectivity in river floodplain channels. *Journal of the North American Benthological Society*. **26** : 779-796.
- Paillex A., Castella E., zu Ermgassen P. S. E. & Aldridge D. C. (2015) Testing predictions of changes in alien and native macroinvertebrate communities and their interaction after the restoration of a large river floodplain (French Rhone). **Freshwater Biology**, **60(6)**, 1162-1175.
- Pickavance J. R. (1971) The diet of the immigrant planarian *Dugesia tigrina* (Girard): I. Feeding in the laboratory. *The Journal of Animal Ecology*, **40(3)**, 623-635.

- Poff N. L. & Zimmerman J. K. H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, **55(1)**, 194-205.
- R Core Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Riquier J., Piégay H. & Sulc Michalkova M. 2015. Hydromorphological conditions in eighteen restored floodplain channels of a large river: linking patterns to processes. *Freshwater Biology*. 60 : 1085-1103.
- Riquier J. (2015). *Réponses hydrosédimentaires de chenaux latéraux restaurés du Rhône français. Structures spatiales et dynamiques temporelles des patrons et des processus, durabilité et recommandations opérationnelles*. Thèse de doctorat de l'Université Lumière - Lyon 2.
- Russier J. & Lascombe C. (1970) La planaire américaine *Dugesia tigrina* dans la région lyonnaise: écologie et tolérance thermique. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **39**, 197-206.
- Straka M. & Špaček J. (2009) First record of alien crustaceans *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) and *Jaera istri* Veuille, 1979 from the Czech Republic. *Aquatic Invasions*, **4(2)**, 397-399.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Poletta P. (2010) *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*, 2nd ed. CNRS éditions.
- Terrier A., Castella E., Falkner G., Killeen I. 2006. Species Account for *Anisus vorticulus* (Troschel, 1834) (Gastropoda, Planorbidae), a species listed in Annexe II and IV of the Habitats Directive. *Journal of Conchology* 39(2) 193-205.
- Turner H., Kuiper J.G.J, Thew N., Bernasconi R., Rüetschi J. & Wütrich M. 1998. *Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins*. Fauna Helvetica: 121, Neuchâtel. 527p.
- Wallace J. B., Jack W. Grubaugh J.W. & Matt R. Whiles (1996) Biotic indices and stream ecosystem processes: results from an experimental study. *Ecological applications*, **6(1)**, 140-151.

Annexes

Annexe 1

Les travaux réalisés au cours de la période 2003-2006 ont permis de définir les métriques et les indicateurs. Pour chacun des deux grands types de restauration les indicateurs retenus sont les suivants.

Mesure des effets des modifications du régime des débits réservés (peuplements des vieux-Rhône courants)

Peuplement piscicole

Indicateurs	Métriques
Richesse spécifique	Nombre d'espèces
Structure du peuplement	Fréquence des différentes espèces
Espèces cibles	Distribution en classes de la taille des espèces cibles
Proportion d'espèces eaux vives	Effectifs des espèces : BAF, SPI, BLN, LOF, CHA*
Proportion d'espèces eaux courantes	Effectifs des espèces : OBR, BAF, ABL, HOT, TOX, VAN*

* BAF : barbeau fluviatile, SPI : spiralin, BLN : Blageon, LOF : loche franche, CHA : chabot, OBR : ombre commun, ABL : ablette, HOT : hotu, TOX : toxostome, VAN : vandoise.

Les indicateurs résultent des travaux réalisés avant restauration (Lamouroux *et al.*, 1999).

L'augmentation des valeurs de débits réservés devrait engendrer une augmentation de la proportion « d'espèces d'eaux courantes ».

Peuplement d'invertébrés du chenal

Indicateurs	Métriques
Proportion d'espèces des habitats lotiques	Abondance relative des espèces rhéophiles
Proportion d'espèces des habitats lenticques	Abondance relative des espèces limnophiles

Ces indicateurs ont été développés dans le présent programme avec les données collectées avant restauration.

Le modèle d'habitat statistique FSTress (Lamouroux, 1997), adapté aux invertébrés benthiques, permet de prédire des densités d'espèces à un débit donné à l'échelle du tronçon et donc de prévoir des changements faunistiques et de fonctionnement du milieu induits par des modifications de débits. Les courbes de préférence hydrauliques de 66 taxons ont été réalisées. Les deux métriques utilisées résultent de ces travaux.

Les taxons rhéophiles sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques fortes ($FST \geq 8$ soit une force minimum exercée au fond du cours d'eau supérieure à $3.93 \cdot 10^{-1} N \cdot m^{-2}$). Ces taxons devraient être favorisés par les augmentations de débits dans le chenal principal et dans les lônes courantes.

Les taxons "intermédiaires" sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques moyennes ($FST \geq 5$ et $FST < 8$).

Les taxons limnophiles sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques faibles ($FST < 5$ soit une force minimum exercée au fond du cours d'eau inférieure à $1.66 \cdot 10^{-1} N \cdot m^{-2}$). Ces taxons devraient être défavorisés par les augmentations de débits dans le chenal principal et dans les lônes courantes mais devraient trouver des conditions favorables dans les lônes plus stagnantes.

Par exemple, le couplage des modèles biologiques et hydrauliques par FSTress prévoit pour les 3 secteurs du Haut-Rhône :

- qu'une **augmentation des débits induira une augmentation des densités des taxons rhéophiles** tels que par exemple *Ancylus fluviatilis*, *Dreissena polymorpha*, *Baetis vardarensis* et *Hydropsyche contubernalis*.

- qu'une **augmentation des débits induirait une diminution des densités des taxons limnophiles** tels que par exemple *Caenis luctuosa*, *Micronecta spp.*, *Polycentropus flavomaculatus* et *Potamopyrgus antipodarum*.

- que sur les 39 taxons présentant des préférences hydrauliques marquées, 27 devraient répondre positivement aux augmentations de débits.

Mesure des effets de la réhabilitation physique des lônes (annexes fluviales)

Géomorphologie des lônes

Les deux questions posées dans le programme sont :

- Quelle est la durée de vie d'une lône restaurée ? Y a-t-il un comblement du bras par sédimentation ? Existe-t-il des phénomènes de décapage ralentissant le processus, voire l'inversant ? Cette durée est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne de la lône qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

- La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans la lône ? Ces conditions d'habitat dépendent de l'écoulement et des caractéristiques granulométriques du lit. L'objectif est ici de déterminer si les conditions d'habitat sont modifiées par rapport aux conditions initiales et si ces nouvelles conditions vont se maintenir durablement. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la granulométrie moyenne et de la variabilité granulométrique intra-lône est réalisé. Il est complété par un suivi automatisé des hauteurs d'eau.

Indicateurs	Métriques
Espérance de vie de l'état restauré	Comblement post-restauration
Conditions d'habitat intra-lône	Granulométrie du substrat

Les résultats obtenus permettent d'établir une première typologie des lônes restaurées et de proposer les premiers modèles d'évolution (comblement) post-restauration.

Végétation aquatique des lônes

Indicateurs	Métriques
Influence des perturbations hydrauliques	Degré de perturbation (5 classes)
Trophie	Degré de trophie (3 à 4 classes)
Colmatage	Alimentation en eau souterraine (oui / non)
Richesse spécifique en espèces végétales aquatiques	Richesse par lône
Diversification végétale	Abondance relative des espèces rares

Un *diagnostic du fonctionnement écologique* de chaque zone humide est réalisé à chaque date d'échantillonnage, à partir des données floristiques et environnementales collectées sur la zone humide. Ce diagnostic repose sur la méthode mise au point par Bornette *et al.* (1996). Pour l'établir, on procède à la mise en relation des espèces dominantes de la zone humide à une date donnée avec ses exigences écologiques (Amoros *et al.*, 2000). Les exigences considérées sont la tolérance des espèces à la charge des eaux en phosphates et ammoniac, leur tolérance au décapage ou au dépôt de sédiments lors des crues (degré de perturbation), et leur association aux milieux alimentés par les eaux souterraines.

Les critères pris en compte sont :

- **le niveau de perturbation** par les crues qui conditionne la richesse spécifique dans l'écosystème. Lorsque le milieu est très perturbé, seules les espèces pionnières se maintiennent. Ces espèces ont en général une faible aptitude compétitive, et sont exclues des écosystèmes les plus stables (peu perturbés), dans lesquels les espèces les plus compétitives dominent le peuplement. Une annexe fluviale fréquemment parcourue par les crues décapantes a une durée de vie potentiellement importante.
- **le niveau de ressources disponibles** dans les écosystèmes aquatiques qui va jouer un rôle prépondérant sur la structure et la dynamique des communautés végétales. Les espèces aquatiques ne sont pas distribuées de manière aléatoire dans les écosystèmes et l'on peut associer la plupart des espèces à des niveaux de ressources donnés. Pour des niveaux de ressources élevés, sont souvent associées des espèces de grande taille et à croissance rapide ; lorsque les niveaux de ressources sont faibles, sont souvent associées des espèces capables de supporter ce stress (croissance lente, conservation des ressources, taille plutôt faible).
- **L'existence d'apports d'eaux souterraines**, paramètre important pour le fonctionnement de la zone humide, peut augmenter la durée de vie des annexes fluviales. Ces eaux contribuent, par leurs caractères sténothermes et froids, au maintien de températures fraîches, ce qui limite la production végétale et notamment la prolifération algale. En fonction de la capacité hydraulique de la lône, elles réduisent l'accumulation de matière organique ce qui favorise sa durée de vie.

Richesse spécifique : le nombre d'espèces présentes sur la lône dépend principalement des conditions de perturbations. La richesse atteint une valeur maximale pour une fréquence et une intensité moyenne de perturbations permettant la co-occurrence d'espèces compétitives et d'espèces pionnières.

L'abondance relative des espèces renseigne sur la structure du peuplement et en particulier la dominance (ou l'absence) de certaines espèces, qui par leurs exigences écologiques (Amoros *et al.*, 2000) sont utilisées pour le diagnostic fonctionnel.

L'évolution de *l'abondance moyenne des espèces invasives* renseigne sur l'augmentation, la régression, ou la stabilité de ces espèces dans les annexes fluviales. Très compétitives, elles tendent à occuper les habitats laissés

libres post-restauration en formant des peuplements monospécifiques, ce qui entraîne une diminution de la richesse spécifique.

La *proportion des espèces d'hydrophytes, d'hélophytes et terrestres* renseigne la composition du peuplement en types biologiques (plantes aquatiques, amphibies, ou terrestres). Elle permet d'évaluer le degré de permanence des eaux dans la zone humide. Une augmentation de la part relative en hélophytes (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) et terrestres est un indicateur de la fréquence des exondations (atterrissements progressifs).

La *liste des espèces rares* est établie à partir de la liste rouge de la région Rhône-Alpes et renseigne le degré de rareté (menace de disparition) des espèces végétales au niveau régional non prises en compte par des mesures législatives. La présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation des zones humides.

La *liste des espèces protégées au niveau local* renseigne la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes par l'arrêté du 4 décembre 1990, complétant la liste nationale. La présence de ces espèces est un indicateur de la valeur patrimoniale de la zone humide.

La *liste des espèces protégées au niveau national* renseigne la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national par l'arrêté du 20 janvier 1982 modifié. Menacées de disparition à cette échelle (territoire national), la présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation de leurs biotopes correspondants (constituant tout ou partie de la zone humide).

La *liste des espèces protégées au niveau européen* renseigne la liste des espèces végétales présentes en annexe II et IV de la Directive Habitat Faune Flore. Par le regroupement d'espèces en danger d'extinction, vulnérables, rares ou endémiques au niveau européen, elle est un indicateur de l'intérêt communautaire de la zone humide.

La *liste des espèces rares* est établie à partir de la liste rouge de la région Rhône-Alpes et renseigne le degré de rareté (menace de disparition) des espèces végétales au niveau régional non prises en compte par des mesures législatives. La présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation des zones humides.

La *liste des espèces protégées au niveau local* renseigne la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes par l'arrêté du 4 décembre 1990, complétant la liste nationale. La présence de ces espèces est un indicateur de la valeur patrimoniale de la zone humide.

La *liste des espèces protégées au niveau national* renseigne la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national par l'arrêté du 20 janvier 1982 modifié. Menacées de disparition à cette échelle (territoire national), la présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation de leurs biotopes correspondants (constituant tout ou partie de la zone humide).

La *liste des espèces protégées au niveau européen* renseigne la liste des espèces végétales présentes en annexe II et IV de la Directive Habitat Faune Flore. Par le regroupement d'espèces en danger d'extinction, vulnérables, rares ou endémiques au niveau européen, elle est un indicateur de l'intérêt communautaire de la zone humide.

Peuplement d'invertébrés des lônes

Indicateurs	Métriques
Richesse taxonomique et statut des espèces	Richesse taxonomique totale Richesse spécifique des taxons Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères Richesse spécifique des mollusques gastéropodes % d'individus appartenant à des espèces non-indigènes Nombre d'espèces exogènes par site Densité moyenne (en nombre d'individus / m ²) des espèces exogènes par site
Caractéristiques biologiques et écologiques des taxons	% broyeurs % collecteurs filtreurs % prédateurs % taxons plurivoltins % taxons se déplaçant à la surface du substrat % taxons à dérive comportementale

(1) *richesse taxonomique totale* : obtenue sur les données brutes (déterminées sur des niveaux taxonomiques hétérogènes)

(2) *richesse en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)* : nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, groupes pour lesquels un niveau de détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu et avec l'intensité du courant.

(3) *richesse en mollusques gastéropodes* : le nombre d'espèces appartenant à ce groupe diminue avec l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux. C'est un bon indicateur de la qualité et de la complexité de l'habitat en milieu stagnant.

Du fait de l'hétérogénéité de nombreux invertébrés récoltés dans chaque prélèvement et du lien entre l'abondance et la richesse taxonomique, un calcul de richesses taxonomiques mesurées sur des échantillons égaux du point de vue de l'abondance a été effectué par la technique dite "de raréfaction" (Heck et al., 1975 ; Krebs, 1999). Cette technique simule le tirage aléatoire d'un nombre fixé d'individus à l'intérieur de chaque échantillon à comparer. Le nombre d'individus est déterminé à partir de l'effectif du moins abondant des échantillons comparés. Les richesses raréfiées ont une valeur comparative entre sites et non une valeur absolue. Les calculs ont été faits avec la fonction "rarefy" du jeu de fonctions "vegan" développé pour le logiciel R (Ihaka & Gentleman, 1996) par J. Oksanen et B. O'Hara. La fonction calcule une richesse raréfiée pour un nombre d'individus donné à partir de la formule de Hurlbert (1971) et l'accompagne d'une erreur standard calculée selon Heck et al (1975).

(4) *densité des EPT* : nombre d'individus au m² des insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (cf métrique 2).

(5) *densité totale* : nombre total d'individus au m²

Quatre métriques ont été consacrées à décrire les espèces exogènes au bassin du Rhône. Ces espèces appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes), des mollusques (bivalves et gastéropodes) et des annélides polychètes.

(6) *l'abondance relative des espèces exogènes* au bassin rhodanien a été calculée par rapport à l'abondance totale dans les relevés.

(7) *l'abondance relative des espèces exogènes* (sans *Gyraulus parvus*) Le mollusque gastéropode exogène *Gyraulus parvus* colonise préférentiellement les milieux stagnants où il peut atteindre de très fortes densités. Cette métrique a été calculée pour mieux caractériser le comportement des espèces exogènes dans les milieux courants.

(8) *la densité des espèces exogènes* : nombre d'individus au m² des espèces appartenant à ce groupe

(9) *la richesse en espèces exogènes* : le nombre d'espèces appartenant à ce groupe

A la suite des propositions de Merritt et al. (2002) pour adapter aux milieux aquatiques alluviaux des métriques développées pour les systèmes d'eau courante, six métriques basées sur les caractéristiques biologiques des taxons (traits) ont été employées ici :

(10) *le pourcentage de taxons épibenthiques* se déplaçant à la surface du substrat sans mode de fixation spécifique ("sprawlers") exprime la disponibilité en proies pour les oiseaux et les poissons à alimentation benthique.

(11) *le pourcentage de filtreurs* exprime l'importance relative de la matière organique en suspension.

(12) *le pourcentage de broyeurs* renseigne sur la disponibilité en matière organique grossière.

(13) *le pourcentage de taxons plurivoltins* (pouvant accomplir plus d'un cycle de développement par an) exprime la proportion d'espèces potentiellement pionnières à développement rapide.

(14) *le pourcentage de dérivants* (taxons possédant une aptitude moyenne à forte à la dérive comportementale) exprime la disponibilité en proies pour les poissons se nourrissant dans la colonne d'eau.

(15) *le pourcentage de prédateurs* exprime l'intensité du contrôle des prédateurs sur les proies.

Ces métriques sont calculées à partir des nombres d'individus totaux. Les informations relatives au calcul de ces métriques ont été essentiellement tirées de Tachet *et al.* (2000) (voltinisme), Colling (1996) (groupes trophiques), Merritt & Cummins (1996) (relation au substrat), De Crespin De Billy & Usseglio-Polatera (2002) (mode de dérive) et localement adaptées à l'aide d'autres sources pour certains taxons.

Sauf en cas d'indication contraire, les calculs ont été effectués au niveau des sites en amalgamant les résultats des deux saisons d'échantillonnage (mars-mai et juillet-septembre) pour une même situation (pré- ou différentes dates post-restauration).

Ces métriques ont été testées sur le jeu de données pré et post-restauration en prenant en compte des annexes témoins non-restaurées.

Peuplement piscicole des lônes

Indicateurs	Métriques
Richesse spécifique piscicole	Nombre d'espèces
Indicateur d'eaux stagnantes	Abondance relative des espèces phytophiles et litho-phytophiles
Espèces cibles	Abondance absolue des espèces cibles

Richesse spécifique : le nombre d'espèces présentes renseigne sur la fréquentation des annexes fluviales par les différentes espèces de poissons en particulier pour la reproduction et la phase de croissance des jeunes stades de développement.

La proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles (Balon, 1975) renseigne sur la fréquentation des annexes par les espèces déposant leurs œufs sur des supports végétaux (caractéristiques des annexes fluviales : tanche, perche, brochet...)

L'abondance des espèces cibles : bouvière, rotengle, tanche et brochet renseigne sur l'évolution de ces populations dans les annexes fluviales et devrait augmenter au cours du temps en période post-restauration.

Annexe 2

Calendriers des suivis passés et futurs (prévisionnel)

Annexe 2.1 Suivis pré- et post-restauration (prévision 2014-2018) des peuplements de poissons dans les chenaux court-circuités et dans les lônes. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

Annexe 2.2 Suivis pré- et post-restauration (prévision 2014-2018) des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans les chenaux court-circuités. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration. * : campagnes d'échantillonnage non-financées dans le cadre du suivi scientifique de la restauration du Rhône (les campagnes de 2012 à Belley et Brégnier-Cordon ont été financées par la CNR dans le cadre du suivi des chasses 2012, NR : campagnes non-réalisées pour cause de conditions hydrologiques défavorables).

Annexe 2.3 Suivis hydro-morpho-sédimentaires pré- et post-restauration dans les lônes. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

Annexe 2.4 Suivis pré- et post-restauration des peuplements de macroinvertébrés benthiques des lônes du Bas-Rhône. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

Annexe 2.1

Secteurs	Lônes et RCC	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Chautagne	RCC de Chautagne						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône Malourdie									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Lône Brotalet									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belley	RCC de Belley									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône des Luisettes										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Lône Moiroud										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône Béard										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	lône Fournier										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Anse de Yenne										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brégnier-Cordon	RCC Brégnier-Cordon										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône de Chantemerle										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Lône des Granges										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Lône Vachon										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône des Cerisiers										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône Mattant											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône des Molottes											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône du Ponton											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Canal de Miribel	RCC													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pierre-Bénite	RCC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône de Ciselande																	X							
	Lône de jaricot																	X							
	Lône de Table Ronde																	X							
Péage de Roussillon	RCC													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône de la Platière													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône du Noyer Nord													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône du Noyer Sud																		X	X	X	X	X	X	X
	Lône de L'Ilon													X	X				X	X	X	X	X	X	X
	Lône de la Boussarde																			X		X	X	X	X
	Lône de La Sainte																			X		X	X	X	X
Montélimar	RCC												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône de la Roussette															X	X	X		X					
Donzere-Mondragon	RCC														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lônes de Malaubert & Surelle																	X	X	X	X		X		
	Lône du Carré																	X	X	X	X				
	Lône des Joncs																	X	X	X	X				
	Lône de Caderousse																	X	X	X	X				
	Lône de la Grange Ecrasée																	X	X	X	X		X		
	Lône du Bayard																	X	X	X	X				
	Dames																					X		X	
	Dion																					X		X	
	Banc Rouge																					X		X	
	Désirade																					X		X	

Annexes 2.2

Secteurs	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
RCC de Chautagne					X	X		X				X		X	X	X	X	X	X			X		
RCC de Belley								X						X	X		X	*	X			X		
RCC de Brégnier-Cordon								X							X		X	*	X			X		
Canal de Miribel								X								X	X		NR	X			X	
RCC de Pierre-Bénite	X	X		X	X		X	X	X					X		X		X						X
RCC de Péage-de-Roussillon														X		X	*	X	*NR	X			X	
RCC de Baix-Le-Logis-Neuf																	*	*	*	X			X	
RCC de Montélimar														X			X	*	NR	X			X	
RCC de Donzère															X		*	X	*NR	X			X	

Annexe 2.3

Secteur	Lône	2003	2004	2005	fév. 2006	oct. 2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Chautagne	Malourdie		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	
	Brotalet		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
Belley	Luisettes		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Moiroud		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	
	Fournier		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		Apr T
	Béard		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	
	Lucey		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Anse de Yenne		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
Brégnier-Cordon	Chantemerle		Apr T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Granges		Avt T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	
	Vachon		Avt T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		Apr T
	Cerisier		Avt T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Mattant		Avt T			Apr T			Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Mollotes		Avt T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
	Ponton		Avt T			Apr T	Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	Apr T		
Miribel	lône Plançon															Avt T	Apr T	
	lône Grella															Avt T	Apr T	
	lône Vieux-Rhône															Avt T	Apr T	
Pierre-Bénite	Ciselande	Apr T	Apr T				Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T			
	Jaricot	Apr T					Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T	
	Table-Ronde	Apr T			Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T		Apr T			Apr T
Péage-de-Roussillon	Sainte						Avt T				Avt T					Apr T	Apr T	
	Ilon						Avt T					Avt T				Apr T	Apr T	
	Noyer Nord										Apr T		Apr T			Apr T	Apr T	
	Noyer Sud						Avt T				Avt T		Apr T			Apr T	Apr T	
	Casier d'Arcoules						Avt T											
	Platière amont						Avt T									Apr T	Apr T	
	Boussarde								Avt T		Avt T		Avt T			Apr T	Apr T	
Montélimar	Roussette								Avt T		Avt T		Apr T			Apr T	Apr T	
Donzère-Mondragon	Bayard								Avt T		Avt T		Avt T					
	Caderousse								Avt T		Avt T		Avt T					
	Malaubert								Avt T		Avt T		Avt T					Apr T
	Grange écrasée								Avt T		Avt T		Avt T			Avt T		Apr T
	Malatras								Apr T		Apr T		Apr T			Apr T		Apr T
	Jons								Avt T		Avt T		Avt T					
	Carré								Avt T		Avt T		Avt T					
	République								Avt T				Avt T					
	Dames														Avt T			Apr T
	Lascombe														Avt T			Apr T
	Surelle								Avt T		Avt T		Avt T			Avt T		Apr T
	Dion														Avt T			Apr T
	Banc Rouge														Avt T			Apr T
	Désirade														Avt T			Apr T

Annexe 2.4

Secteur	Lône	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Belley	Béard	*1		*3		*		*		*	*2	*		*			
	Chantemerle		*			*		*		*	*2	*		*			
	En L'île (Yenne)	*1		*3		*		*		*	*2	*		*			
	Fournier	*1				*		*		*	*2	*		*			
	Lucey	*1				*		*		*	*2	*		*			
	Luisettes	*1				*		*		*	*2	*		*			
	Moiroud	*1					*		*		*	*2	*		*		
Brégnier-Cordon	Cerisier	*															
	Creux de Bleu	*					*		*		*					*	
	Dahomey	*															
	Dauphine								*								
	Eau Morte	*															
	Granges		*4				*		*		*					*	
	Mathan	*1					*		*		*					*	
	Molottes		*4				*		*		*					*	
	Morte de Brégnier	*															
	Morte de Glandieu	*							*								
	Mortier	*						*		*		*				*	
	Nappes	*			*					*		*				*	
	Plaine		*4					*		*		*				*	
	Ponton		*4					*		*		*				*	
	Rossillon	*						*		*		*				*	
	Sauge				*												
	Terres Basses	*															
Tonkin					*		*		*		*				*		
Vachon	*1						*		*	*	*	*			*		
Vieille Lône				*			*		*		*				*		
Miribel	lône Plançon											#	#	#		#	
	lône Grella											#	#	#		#	
	lône Vieux-Rhône											#	#	#		#	
	cours eau Rizan											#	#	#		#	
	étang LIB1											#	#	#		#	
	étang LIB2											#	#	#		#	

Annexe 2.4 (suite)

Secteur	Lône	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Péage de Roussillon	Boussarde							*6		*		*			*			
	Ilon					*5				*		*			*			
	Noyé Nord					*5						*			*			
	Noyé Sud												*		*			
	Platière Saintes					*5 *5				*		*	*		*	*		
Montélimar	Roussette							*		*		*	*		*			
Donzère-Mondragon	Bayard							*		*		*					(*)	
	Caderousse							*		*		*					(*)	
	Carré							*		*		*	*				(*)	
	Grange Ecrasée							*		*		*		*			*	
	Joncs							*		*		*					(*)	
	Malatras							*		*		*	*				(*)	
	Malaubert & Surelle							*		*		*		*			*	
	République							*		*		*						(*)
	Lascombe											*	*	*				*
	Dames											*	*	*	*	*	*	*
	Dion											*	*	*	*	*	*	*
	Banc Rouge											*	*	*	*	*	*	*
	Désirade											*	*	*	*	*	*	*

- * moyens UniGE
- # suivis invertébrés et odonates adultes
- 1 2003-04
- 2 suivi chasses 2012 Verbois
- 3 2005-06
- 4 2004-05
- 5 2007-08
- 6 2009-10

(*) Donzère post-restauration: lônes "témoins" non restaurées (3-4) à choisir; date à déterminer en fonction de la restauration effective des lônes

Annexe 4

Annexe 4.1 : résultats des pêches effectuées dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon après augmentation du débit réservé. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
RCC Chautagne	2004	36	0	85	0	0	1	0	0	2	3	0	0	439	4	301	275	17	1	0	225	0	0	9	0	4	3	0	0	0	59	1	4	272	34	1775	20		
RCC Chautagne	2005	243	0	108	0	0	0	4	0	2	0	0	0	272	25	49	128	8	81	0	82	0	0	1	0	5	1	2	0	0	2	9	1	384	2	1409	20		
RCC Chautagne	2006	20	0	174	0	0	0	0	1	1	0	0	0	593	13	41	124	1	2	0	102	0	0	0	0	23	5	4	0	0	117	5	1	326	13	1566	19		
RCC Chautagne	2007	143	1	16	0	0	0	0	0	3	0	0	0	165	5	9	41	22	8	0	40	0	0	12	0	5	13	2	0	0	63	0	0	121	38	707	18		
RCC Chautagne	2008	4	3	134	0	0	0	0	0	1	0	0	0	132	6	2	1	2	43	0	187	0	0	2	0	2	16	4	0	0	1	0	1	130	1	672	19		
RCC Chautagne	2009	41	0	266	0	0	0	2	2	0	0	0	0	355	5	10	25	13	0	50	0	0	7	0	0	27	0	0	0	0	9	1	0	173	0	986	15		
RCC Chautagne	2010	58	3	183	0	0	2	0	0	1	0	0	0	317	0	37	14	8	5	0	35	0	0	0	7	3	1	0	0	1	13	2	7	440	3	1140	20		
RCC Chautagne	2011	7	0	21	0	1	1	0	0	1	4	0	0	140	7	10	79	0	0	35	0	0	9	0	10	0	0	0	0	4	1	2	124	0	456	17			
RCC Chautagne	2012	48	1	353	0	2	6	0	0	0	0	0	0	175	11	167	89	2	1	0	39	0	0	0	17	16	0	0	0	0	21	4	6	367	1	1326	19		
RCC Chautagne	2013	193	3	104	0	8	0	0	3	0	2	0	0	93	0	235	26	7	44	0	70	0	0	1	0	9	0	3	0	1	1	22	1	0	47	0	873	20	
RCC Chautagne	2014	18	0	635	0	10	3	3	0	0	1	2	0	692	62	347	193	3	1	0	224	0	0	3	0	12	3	15	0	0	1	7	0	3	522	5	2765	23	
RCC Chautagne	2015	51	1	404	0	3	0	0	0	1	0	0	0	765	41	335	300	13	0	0	238	0	0	2	0	24	4	6	0	0	0	135	1	2	217	2	2545	20	
RCC Chautagne	2016	6	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	2	221	5	0	0	0	40	0	0	1	0	8	3	0	0	0	1	27	0	0	50	1	648	14	
RCC Chautagne	2017	0	0	242	0	2	14	0	0	0	3	0	0	632	18	1	81	4	0	0	77	0	0	7	0	1	2	0	0	0	6	9	4	0	300	10	1413	18	
Total		868	12	2906	0	26	27	3	10	7	20	2	0	4872	199	1765	1381	100	186	0	1444	0	0	54	0	127	96	37	0	1	10	489	29	27	3473	110	18281	28	
Abond. Rel.		4,7%	0,1%	15,9%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	26,7%	1,1%	9,7%	7,6%	0,5%	1,0%	0,0%	7,9%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,7%	0,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,1%	19,0%	0,6%				
Abond. Moy.		62	1	208	0	2	2	0	1	1	1	0	0	348	14	126	99	7	13	0	103	0	0	4	0	9	7	3	0	0	1	35	2	2	248	8	1306		

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces			
RCC Belley	2005	69	1	177	0	0	0	14	2	0	1	0	0	322	26	74	175	16	151	0	80	0	0	5	0	17	2	1	0	0	65	0	7	187	221	1614	22				
RCC Belley	2006	79	3	165	0	0	0	10	0	0	0	0	1	252	5	19	192	19	13	0	9	1	0	0	0	13	2	0	0	3	0	93	2	17	14	117	1029	21			
RCC Belley	2007	36	0	72	0	2	4	4	1	0	4	0	0	178	11	87	93	19	10	0	48	1	0	5	0	8	9	0	0	0	0	74	4	6	113	2	794	24			
RCC Belley	2008	6	2	93	0	0	0	0	0	1	2	0	0	139	9	97	24	1	13	0	53	0	0	7	0	1	2	0	0	1	0	17	0	12	14	48	543	21			
RCC Belley	2009	12	1	300	0	1	9	15	1	0	5	0	0	374	34	16	156	10	0	55	1	0	6	0	3	0	1	0	0	0	140	2	12	27	92	1276	24				
RCC Belley	2010	20	1	180	0	0	0	62	1	7	9	1	0	7	340	9	24	65	1	5	0	17	6	1	9	0	13	1	1	0	1	0	18	1	8	17	14	839	28		
RCC Belley	2011	202	0	172	0	6	0	16	0	0	12	0	0	15	438	15	37	150	1	11	0	48	15	0	35	0	10	0	2	0	0	185	10	14	45	36	1475	22			
RCC Belley	2012	4	1	250	0	9	0	11	4	1	2	0	0	14	121	3	323	304	5	12	0	11	8	0	22	0	13	2	0	3	0	0	46	8	16	36	38	1267	26		
RCC Belley	2013	23	1	494	0	5	0	0	12	24	1	0	0	23	282	31	607	89	1	57	0	14	4	0	14	0	37	3	0	0	2	0	47	4	16	11	71	1873	25		
RCC Belley	2014	72	0	283	0	12	0	10	0	0	2	0	0	13	357	45	201	129	26	4	0	71	5	0	15	0	2	0	0	0	3	159	1	11	23	163	1607	22			
RCC Belley	2015	106	0	1115	0	9	0	8	3	0	0	0	0	8	1266	11	659	319	13	3	0	81	0	0	20	0	12	4	0	1	0	2	306	27	14	66	37	4090	23		
RCC Belley	2016	15	0	649	0	7	1	6	0	3	1	0	0	13	675	6	327	154	9	11	0	46	2	0	17	0	20	7	1	5	0	16	163	3	8	88	18	2271	27		
RCC Belley	2017	174	0	536	0	1	0	1	0	1	8	0	0	7	346	3	120	121	0	42	0	73	1	0	7	0	3	0	0	1	0	19	113	13	6	16	59	1671	23		
Total		818	10	4486	0	52	14	157	24	37	47	1	0	109	5090	208	2591	1971	121	332	0	606	44	1	162	0	152	32	4	12	7	40	1426	75	147	657	916	20349	32		
Abond. Rel.		4,0%	0,0%	22,0%	0,0%	0,3%	0,1%	0,8%	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,5%	25,0%	1,0%	12,7%	9,7%	0,6%	1,6%	0,0%	3,0%	0,2%	0,0%	0,8%	0,0%	0,7%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	7,0%	0,4%	0,7%	3,2%	4,5%				
Abond. Moy.		63	1	345	0	4	1	12	2	3	4	0	0	8	392	16	199	152	9	26	0	47	3	0	12	0	12	2	0	1	1	3	110	6	11	51	70	1565			

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
RCC Brégnier-Cordon	2006	179	1	189	0	0	0	7	22	2	1	0	0	265	1	9	169	14	47	0	28	0	0	0	1	8	9	0	0	0	96	9	0	4	23	1084	21		
RCC Brégnier-Cordon	2007	68	3	33	0	0	11	20	5	1	9	0	0	7	322	14	20	66	1	21	0	26	0	0	1	22	29	0	0	0	0	7	14	7	11	24	742	24	
RCC Brégnier-Cordon	2008	1	0	34	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	95	4	1	8	0	3	0	27	0	0	0	1	29	2	1	0	0	0	26	1	1	101	3	343	19
RCC Brégnier-Cordon	2009	62	1	208	0	0	0	1	3	0	5	0	0	2	370	3	64	77	15	10	0	57	0	0	0	103	24	1	0	2	0	145	4	0	19	24	1200	22	
RCC Brégnier-Cordon	2010	17	4	150	0	0	4	0	7	3	3	0	0	14	243	5	18	92	8	8	0	11	0	2	0	0	56	33	0	1	0	0	41	7	3	4	14	748	24
RCC Brégnier-Cordon	2011	89	1	48	0	4	4	5	12	0	8	0	1	5	368	0	251	49	0	7	0	16	0	0</															

Annexe 4.2 : résultats des pêches effectuées dans le Canal de Miribel. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	2	0	79	0	7	0	6	0	0	0	1	48	0	3	33	0	8	0	105	5	0	2	0	11	224	0	253	1	788	16	11,4%
2008	5	0	57	0	12	0	0	0	0	0	0	23	1	1	17	0	65	0	147	1	0	1	0	14	394	1	900	0	1639	15	7,7%
2009	10	0	102	0	9	0	0	0	1	0	3	42	1	3	8	0	28	0	62	4	0	2	0	8	558	1	528	13	1383	18	11,1%
2010	19	4	438	0	3	0	1	1	0	0	34	111	0	0	16	0	119	0	125	4	0	10	0	33	617	0	1095	0	2630	16	21,9%
2011	143	4	546	0	0	1	17	0	1	0	10	231	0	5	30	0	487	0	62	12	0	8	0	49	944	0	574	2	3126	18	37,7%
2012	43	1	221	4	1	1	3	0	0	0	7	174	0	4	4	1	79	1	2	8	12	3	0	14	253	0	170	3	1009	22	34,3%
2013	25	1	531	0	1	2	6	1	0	0	6	299	0	5	50	0	22	0	10	3	4	11	0	24	1737	0	287	2	3027	20	19,2%
2014	37	0	336	2	72	0	1	0	0	0	36	83	0	5	28	1	177	0	64	17	1	16	1	47	836	0	267	0	2027	19	27,1%
2015	36	0	661	2	1	0	6	0	0	1	6	279	0	1	223	0	6	0	70	5	2	0	1	46	1221	0	615	0	3182	18	22,0%
2016	63	0	224	2	0	3	7	0	0	0	5	212	0	7	56	0	6	0	25	0	6	2	0	45	454	0	287	0	1404	16	22,0%
2017	35	0	223	0	6	0	25	3	2	0	1	260	3	2	34	0	25	0	53	0	8	14	0	23	394	4	881	1	1997	20	14,2%
Abondance totale	418	10	3418	10	112	7	72	5	4	1	109	1762	5	36	499	2	1022	1	725	59	33	69	2	314	7632	6	5857	22	22212	28	22,0%
Abondance relative	1,9%	0,0%	15,4%	0,0%	0,5%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	7,9%	0,0%	0,2%	2,2%	0,0%	4,6%	0,0%	3,3%	0,3%	0,1%	0,3%	0,0%	1,4%	34,4%	0,0%	26,4%	0,1%			
Abondance moyenne	38	1	311	1	10	1	7	0	0	0	10	160	0	3	45	0	93	0	66	5	3	6	0	29	694	1	532	2	2019		

Annexe 4.3 : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite après augmentation du débit réservé. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BOU	BRB	BRO	CAG	CAS	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC	
2001	155	2	38	0	0	29	0	0	0	0	2	151	0	7	131	4	23	28	2	12	3	0	2	1	2	19	2	0	0	613	19	35,2%	
2002	133	3	23	0	2	117	2	0	0	0	3	290	3	407	82	6	38	43	1	7	10	0	3	0	8	17	2	37	0	1237	22	15,7%	
2003	174	2	104	0	4	37	0	0	5	0	3	159	0	141	58	0	38	16	4	5	27	1	3	1	9	25	13	0	17	846	22	39,4%	
2004	130	2	35	1	0	35	0	0	1	0	8	37	1	134	23	0	14	7	2	5	31	1	1	1	2	11	1	0	12	495	23	38,6%	
2005	463	3	16	0	0	16	0	0	3	0	1	43	0	110	17	0	8	9	4	3	12	4	4	1	5	11	0	0	2	735	20	66,5%	
2006	1017	2	48	1	0	22	2	0	0	0	1	201	0	125	107	0	12	22	0	14	26	1	0	1	3	12	0	0	0	1617	18	66,6%	
2007	277	0	8	0	0	11	0	0	0	0	6	53	0	41	39	1	4	19	0	6	10	0	0	0	2	8	0	0	1	486	15	59,7%	
2008	96	5	33	1	0	41	3	0	0	0	4	206	4	71	18	16	9	19	0	38	19	0	0	1	5	108	0	1	2	700	21	20,0%	
2009	61	1	42	0	0	12	0	0	0	0	4	41	0	62	17	2	4	17	0	3	0	0	1	1	1	53	0	0	0	322	16	33,2%	
2010	40	3	49	0	0	4	0	0	0	0	0	85	0	35	9	6	82	2	0	17	7	0	0	0	5	115	0	4	10	473	16	38,3%	
2011	341	1	31	0	0	41	1	3	0	1	1	57	0	217	26	1	86	3	0	12	2	0	0	1	3	0	0	1	3	832	20	55,4%	
2012	45	1	11	0	0	12	1	0	0	1	0	73	0	35	5	0	3	0	0	10	5	2	0	0	0	8	0	4	0	216	15	27,3%	
2013	203	0	15	0	0	77	0	0	0	0	0	23	0	29	8	3	0	0	0	3	9	0	0	0	1	1	40	0	1	413	13	53,0%	
2014	268	1	18	0	2	21	0	0	0	0	1	86	0	483	67	6	339	12	0	9	3	0	0	0	0	0	17	0	0	6	1339	16	47,1%
2015	1197	0	65	0	0	36	0	0	0	0	0	81	0	102	15	1	47	4	0	3	2	0	0	0	2	84	0	1	6	1646	15	79,9%	
2016	652	1	30	0	2	3	0	0	0	0	0	57	0	59	13	3	23	5	0	3	21	0	0	0	7	8	0	0	1	888	16	86,3%	
2017	159	1	10	1	1	10	1	1	0	0	0	149	0	183	62	2	29	28	0	16	19	4	0	0	0	38	6	0	25	745	20	26,6%	
Abondance totale	5411	28	576	4	11	524	10	4	9	2	34	1792	8	2241	697	51	759	234	13	166	206	13	14	9	55	574	24	48	86	13603	29	49,6%	
Abondance relative	39,8%	0,2%	4,2%	0,0%	0,1%	3,9%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	13,2%	0,1%	16,5%	5,1%	0,4%	5,6%	1,7%	0,1%	1,2%	1,5%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	4,2%	0,2%	0,4%	0,6%				
Abondance moyenne	318	2	34	0	1	31	1	0	1	0	2	105	0	132	41	3	45	14	1	10	12	1	1	1	3	34	1	3	5	800			

Annexe 4.4 : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	345	12	14	0	0	57	1	0	0	0	0	0	115	0	383	94	4	15	0	107	49	48	72	19	0	0	3	0	0	0	0	1338	16	28,0%
2008	515	11	23	0	0	92	35	6	0	4	0	0	293	0	386	75	12	3	0	138	8	12	26	69	7	1	8	0	0	0	0	1724	20	31,4%
2009	550	4	4	0	0	315	6	48	3	59	17	0	385	1	708	91	6	83	0	169	1	31	87	325	118	0	9	1	3	0	1	3025	25	21,1%
2010	186	2	11	0	0	197	23	4	1	13	0	0	141	0	196	63	13	32	0	61	6	21	235	158	15	0	11	2	5	1	0	1397	23	16,4%
2011	229	3	5	1	0	251	20	3	8	18	1	0	196	15	560	53	5	17	0	133	1	68	151	65	24	1	11	0	4	0	0	1843	25	13,6%
2012	393	2	34	0	0	172	3	0	0	3	2	2	112	0	168	140	4	123	1	28	1	19	63	10	2	0	5	0	0	0	0	1287	21	42,7%
2013	866	1	32	0	0	438	44	1	0	0	0	0	214	0	46	320	2	7	0	19	2	0	94	102	3	0	2	2	1	1	0	2197	20	41,2%
2014	623	2	6	0	0	715	6	4	1	6	2	1	205	8	520	171	0	82	2	162	0	8	41	208	9	0	19	1	0	0	0	2802	23	25,4%
2015	2590	2	72	1	0	794	188	1	0	39	26	0	246	0	93	709	0	104	0	20	1	7	42	934	0	0	55	16	1	3	2	5946	23	46,6%
2016	411	0	44	0	1	888	35	2	0	6	0	0	261	0	41	400	6	2	0	16	0	5	51	274	2	0	22	39	0	0	0	2506	19	18,2%
2017	678	0	15	0	0	224	248	11	5	8	0	0	72	1	2859	285	5	36	4	18	0	5	13	271	26	0	22	1	1	0	2	4810	23	15,2%
Abondance totale	7386	39	260	2	1	4143	609	80	18	156	48	3	2240	25	5960	2401	57	504	7	871	69	224	875	2435	206	2	167	62	15	5	5	28875	31	28,2%
Abondance relative	25,6%	0,1%	0,9%	0,0%	0,0%	14,3%	2,1%	0,3%	0,1%	0,5%	0,2%	0,0%	7,8%	0,1%	20,6%	8,3%	0,2%	1,7%	0,0%	3,0%	0,2%	0,8%	3,0%	8,4%	0,7%	0,0%	0,6%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%			
Abondance moyenne	671	4	24	0	0	377	55	7	2	14	4	0	204	2	542	218	5	46	1	79	6	20	80	221	19	0	15	6	1	0	0	2625		

Annexe 4.5 : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC			
2010	14	7	12	2	18	4	1	0	5	1	2	0	76	0	6	35	0	15	74	4	0	29	0	0	2	0	1	1	364	672	20	6,1%		
2011	100	1	8	0	6	5	0	1	0	3	1	1	98	6	122	139	1	112	85	2	0	34	0	0	2	1	1	373	1102	22	20,0%			
2012	36	5	23	0	39	0	3	0	0	0	0	0	56	0	23	12	0	22	15	0	0	17	0	0	2	3	0	211	467	14	17,3%			
2013	126	8	44	2	31	27	0	1	0	0	1	1	99	1	6	112	0	22	100	0	0	46	0	1	0	11	0	120	759	19	25,3%			
2014	12	3	1	0	39	6	0	0	0	0	0	2	27	0	19	29	0	4	77	3	2	9	1	0	1	0	0	38	273	17	6,2%			
2015	225	1	68	0	6	15	0	0	0	0	0	0	74	0	14	72	0	9	81	3	0	16	0	0	3	6	0	286	879	15	34,4%			
2016	718	4	60	3	58	8	0	0	0	0	0	0	103	0	2	50	0	14	95	3	6	47	1	0	5	371	0	278	1826	18	43,4%			
2017	164	2	18	6	11	0	19	1	0	1	0	0	70	0	119	67	0	23	32	0	0	8	0	0	8	41	0	79	669	17	30,6%			
Abondance totale	1395	31	234	13	208	65	23	3	5	5	4	4	603	7	311	516	1	221	559	15	8	206	2	1	23	433	2	1749	6647	28	27,8%			
Abondance relative	21,0%	0,5%	3,5%	0,2%	3,1%	1,0%	0,3%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	9,1%	0,1%	4,7%	7,8%	0,0%	3,3%	8,4%	0,2%	0,1%	3,1%	0,0%	0,0%	0,3%	6,5%	0,0%	26,3%						
Abondance moyenne	174	4	29	2	26	8	3	0	1	1	1	1	75	1	39	65	0	28	70	2	1	26	0	0	3	54	0	219	831					

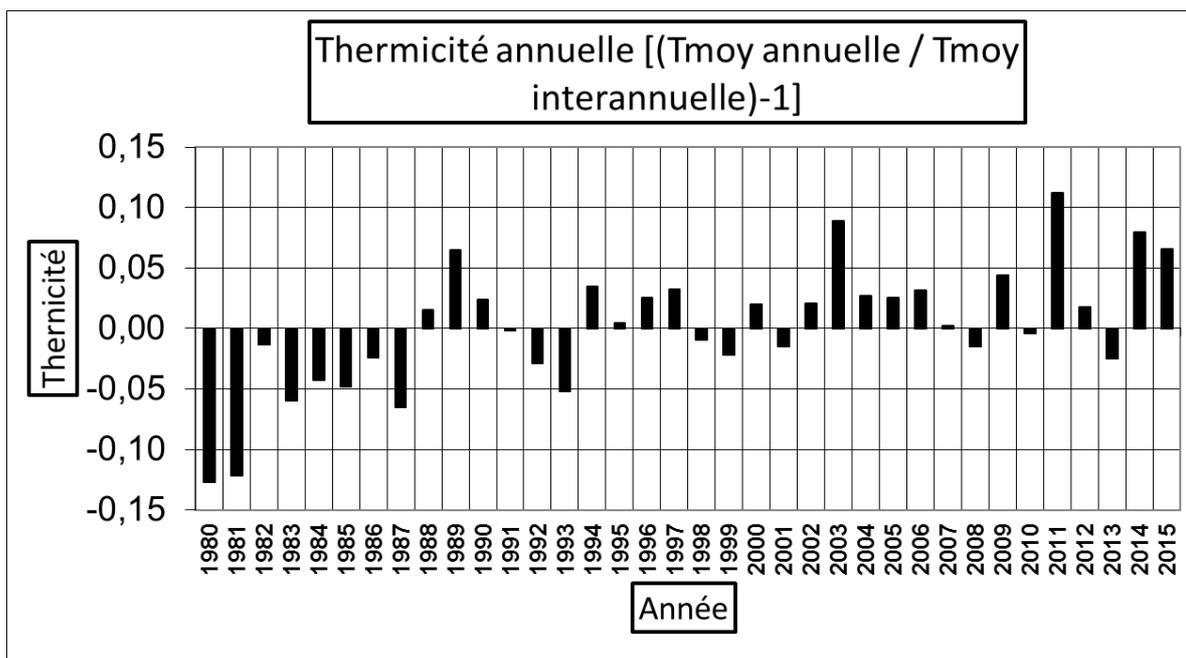
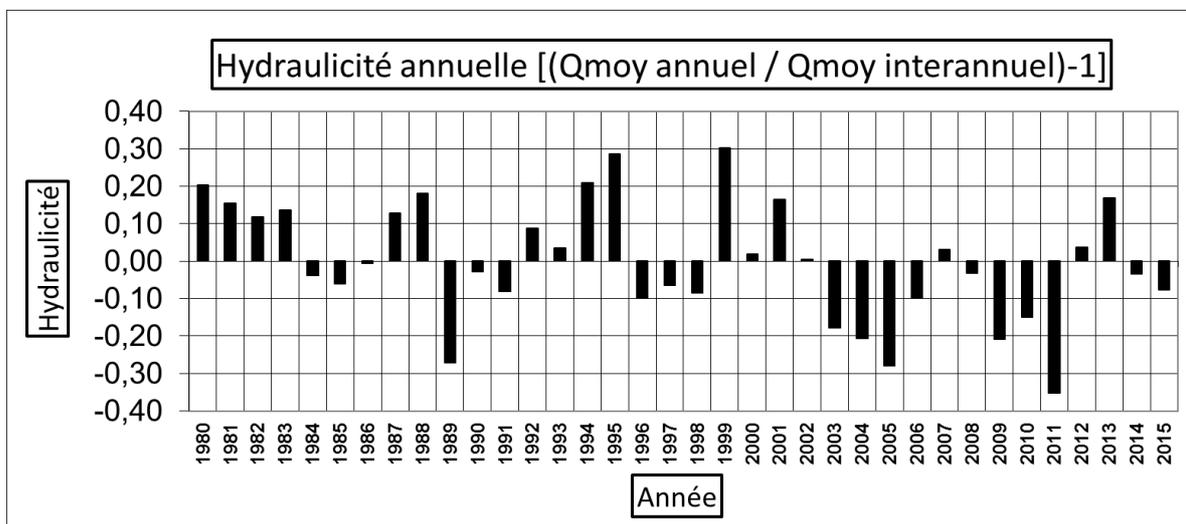
Annexe 4.6 : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TOX	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2006	129	9	66	17	174	9	0	2	2	3	0	140	0	87	38	2	38	15	0	18	6	31	3	2	1	93	2	0	3	888	24	26,2%
2007	227	35	33	0	6	4	0	0	0	0	1	129	0	21	19	2	115	130	0	10	1	0	1	0	1	14	0	1	1	750	18	50,0%
2008	110	23	22	2	17	0	0	3	0	0	1	148	2	69	14	0	30	22	1	11	0	17	0	1	3	20	1	1	0	518	21	31,5%
2009	223	12	152	2	63	1	0	3	0	1	0	159	0	23	15	0	139	63	0	11	2	2	0	3	5	30	0	0	0	909	19	56,5%
2010	241	26	51	1	382	1	1	0	3	1	0	196	0	10	67	13	43	40	0	15	2	12	0	0	7	9	0	6	1127	21	29,7%	
2011	212	10	44	8	75	2	0	0	5	1	2	253	0	63	122	1	72	48	0	5	11	22	5	0	5	3	0	0	1	970	22	33,8%
2012	512	6	87	13	13	0	0	0	2	0	3	184	0	64	94	0	43	11	0	4	1	4	1	0	0	4	0	0	0	1046	17	61,4%
2013	345	4	72	2	10	0	0	0	0	2	0	68	0	25	17	0	12	14	0	5	0	1	0	1	4	24	0	0	606	16	70,8%	
2014	174	7	29	5	7	0	0	0	0	0	1	187	0	204	81	0	63	87	0	0	0	81	0	0	3	51	0	0	0	980	14	27,1%
2015	354	2	26	24	39	1	1	0	0	0	0	125	0	22	145	0	27	14	0	37	6	77	0	0	5	52	0	0	2	959	18	42,0%
2016	702	4	130	19	7	0	0	0	0	1	0	55	0	1	107	0	6	54	0	1	1	5	0	0	2	67	1	0	0	1163	17	72,1%
2017	608	3	21	3	45	0	0	1	0	2	0	5	0	15	46	1	23	33	0	1	1	15	1	0	4	10	0	0	0	838	17	77,8%
Abondance totale	3837	141	733	96	838	18	2	9	12	11	8	1649	2	604	765	19	611	531	1	118	31	267	11	7	40	377	4	1	13	10754	29	48,2%
Abondance relative	35,7%	1,3%	6,8%	0,9%	7,8%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	15,3%	0,0%	5,6%	7,1%	0,2%	5,7%	4,9%	0,0%	1,1%	0,3%	2,5%	0,1%	0,1%	0,4%	3,5%	0,0%	0,0%	0,1%			
Abondance moyenne	320	12	61	8	70	2	0	1	1	1	1	137	0	50	64	2	51	44	0	10	3	22	1	1	3	31	0	0	1	896		

Annexe 4.7 : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Donzère. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2008	66	33	80	0	2	0	0	1	0	0	2	0	103	0	10	12	0	11	110	0	0	0	1	0	4	69	0	3	507	15	31,0%
2009	222	11	252	0	0	12	0	0	3	0	0	2	263	0	51	87	0	659	184	1	3	2	16	0	3	2	0	8	1781	18	63,6%
2010	600	14	140	1	4	13	0	0	0	7	3	3	412	0	25	100	0	100	159	0	7	4	43	0	8	47	5	22	1717	21	48,9%
2011	382	9	56	0	42	65	1	0	0	0	5	2	392	1	126	163	1	373	158	0	5	0	41	0	3	17	0	117	1959	20	41,4%
2012	164	10	25	0	4	5	0	0	0	0	1	0	152	0	8	40	0	7	4	0	3	0	1	1	3	53	1	12	494	18	39,7%
2013	536	9	378	0	4	13	0	0	0	4	2	0	119	0	5	45	0	8	37	0	1	0	20	0	10	80	0	1	1272	17	72,5%
2014	337	36	38	0	9	7	0	0	0	2	1	3	374	0	82	55	0	84	521	0	5	0	42	0	4	35	0	10	1645	18	27,9%
2015	1102	9	422	0	57	26	0	0	0	1	10	2	297	0	7	416	0	25	152	0	2	1	184	0	1	148	1	4	2867	20	54,0%
2016	1155	11	340	0	9	2	0	0	0	9	28	0	128	0	0	271	0	1	231	0	1	1	396	0	5	466	0	47	3101	17	48,2%
2017	439	9	69	2	11	14	0	0	0	6	11	0	97	0	72	266	2	26	122	0	4	0	178	2	3	160	0	60	1553	20	34,4%
Abondance totale	5003	151	1800	3	142	157	1	1	3	29	63	12	2337	1	386	1455	3	1294	1678	1	31	8	922	3	44	1077	7	284	16896	28	47,9%
Abondance relative	29,6%	0,9%	10,7%	0,0%	0,8%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	13,8%	0,0%	2,3%	8,6%	0,0%	7,7%	9,9%	0,0%	0,2%	0,0%	5,5%	0,0%	0,3%	6,4%	0,0%	1,7%			
Abondance moyenne	500	15	180	0	14	16	0	0	0	3	6	1	234	0	39	146	0	129	168	0	3	1	92	0	4	108	1	28	1690		

ANNEXE 5.1 : Hydraulicité du Rhône au niveau de Saint-Vulbas de 1980 à 2016. Données source EDF-CNPE. (Q_{moy} = moyenne annuelle des débits moyens journaliers, T_{moy} = température journalière moyenne de l'eau du Rhône en amont, i.e. non r chauff e par le CNPE de Bugey).



ANNEXE 5.2 : Guildes de préférences hydrauliques

Les campagnes pré-restauration dans les secteurs du Haut-Rhône dans le chenal et dans les lônes (Mérigoux et al., 2009) ainsi que les données de la littérature (Tachet et al., 2010 ; Dolédec et al., 2007) ont permis de coder les préférences hydrauliques de tous les taxons rencontrés dans les échantillons du chenal et des lônes en 7 catégories (Tableau 2).

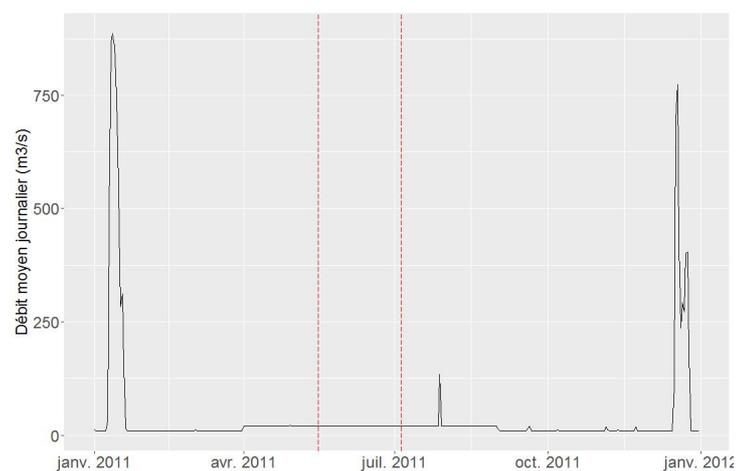
- Les taxons limnophiles de la catégorie 1 sont inféodés à des milieux lenticques et sont par exemple les Trichoptères du genre *Agraylea* ou les Coléoptères de la famille des Hydraenidae.
- Les taxons de la catégorie 2 aussi limnophiles, sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles (Tableau 4). Ils sont représentés par exemple, par les Diptères Dasyheleinae ou Dolichopodidae.
- Les espèces de la famille des Hydroptilidae ou des Asellidae préfèrent les conditions hydrauliques intermédiaires (catégorie 3).
- Les taxons rhéophiles sont soit inféodés à des contraintes hydrauliques fortes; e.g. *Hydropsyche modesta*, *Potamanthus luteus* ou les diptères Orthocladiinae (catégorie 4); soit très fortes (catégorie 5) comme par exemple *Theodoxus fluviatilis*, *Ancylus fluviatilis*, *Baetis vardarensis*, *Elmis* spp. ou *Hydropsyche siltalai*.
- Les taxons ubiquistes ne présentent pas de préférences hydrauliques (catégorie 6) comme par exemple *Dendrocoelum lacteum*, *Athripsodes albifrons* et *Gammarus fossarum*.
- Enfin la catégorie 7 (indéterminés) regroupe tous les taxons pour lesquels aucune information n'est disponible.

Le couplage des modèles biologiques et hydrauliques par FSTress prévoit, pour les trois secteurs du Haut-Rhône, qu'une augmentation des débits induira une augmentation des densités des taxons rhéophiles et au contraire, une diminution des densités des taxons intermédiaires et limnophiles. Sur les 39 taxons présentant des préférences hydrauliques marquées, 27 devraient répondre positivement aux augmentations de débits.

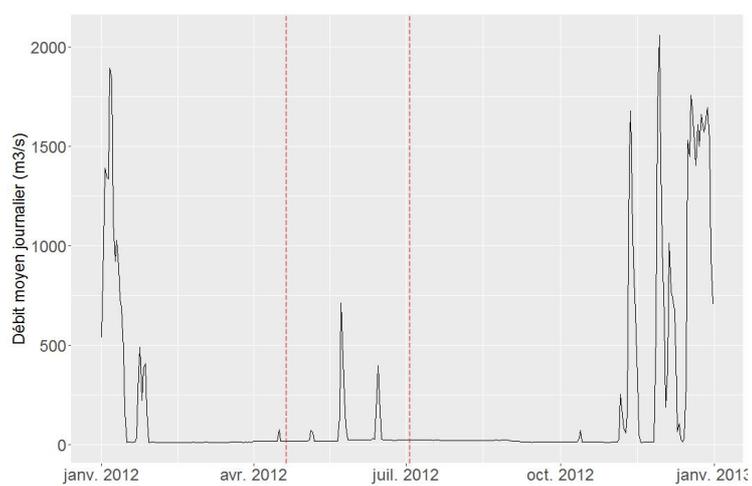
Catégories	FST	Vitesse moyenne (m.s ⁻¹)	Préférences
cat 1	0	0	Limnophile
cat 2	[1-5[	]0-0.5]	
cat 3	[5-8[	]0.5-0.75]	Intermédiaire
cat 4	[8-11]	]0.75-1.05]	Rhéophile
cat 5	>11	>1.05	
cat 6	pas de préférence		Ubiquiste
cat 7	pas de donnée		Indéterminé

ANNEXE 5.3 : Contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnage sur le vieux Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les dates des campagnes d'échantillonnage sont signalées par une ligne verticale rouge.

Campagnes 2011

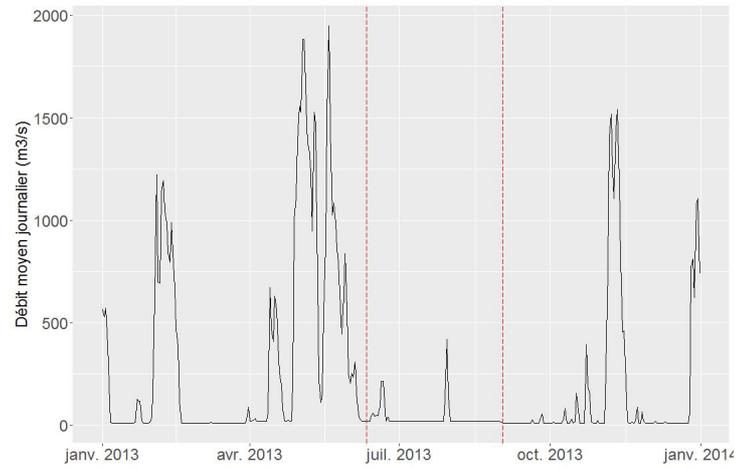


Campagnes 2012

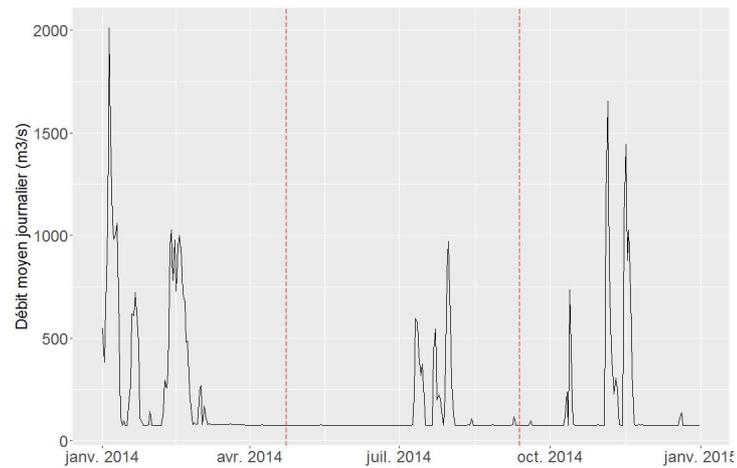


ANNEXE 5.3 (Suite)

Campagnes 2013

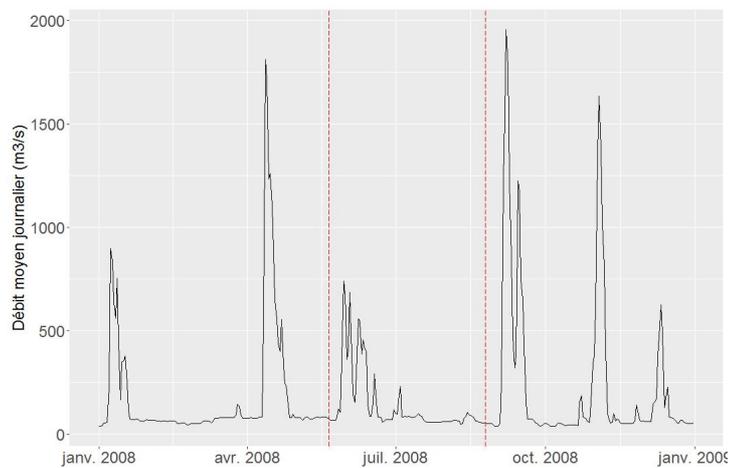


Campagnes 2014

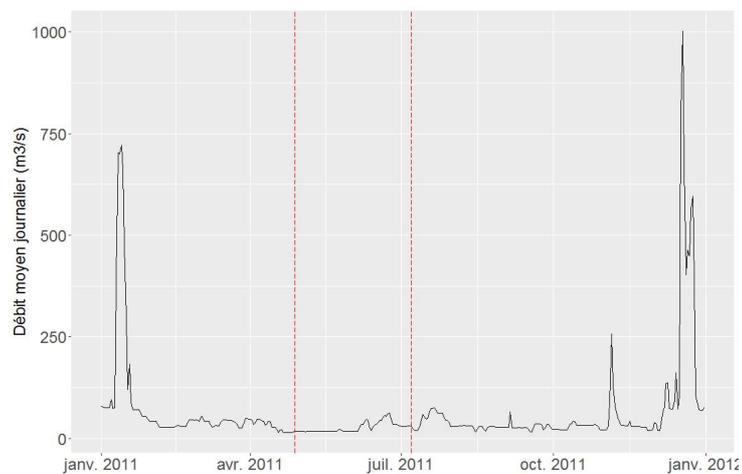


ANNEXE 5.4 : Contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnage sur le vieux Rhône de Montélimar. Les dates des campagnes d'échantillonnage sont signalées par une ligne verticale rouge.

Campagnes 2008

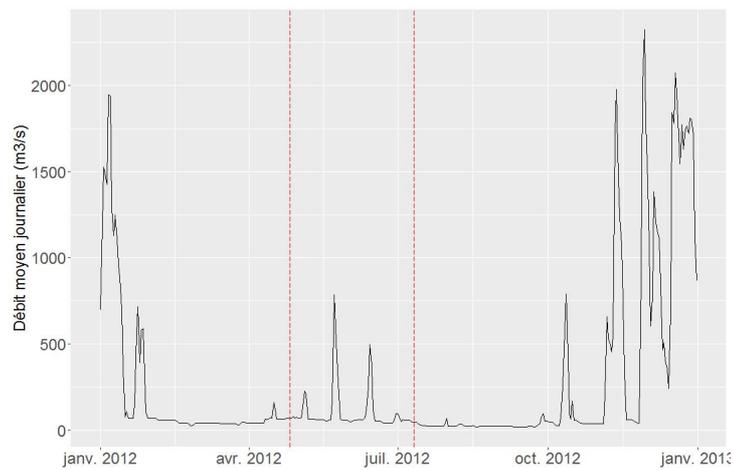


Campagnes 2011

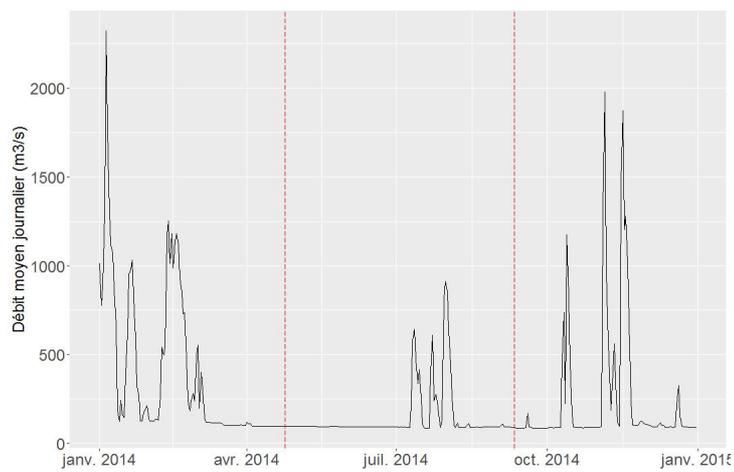


ANNEXE 5.4 (Suite)

Campagnes 2012

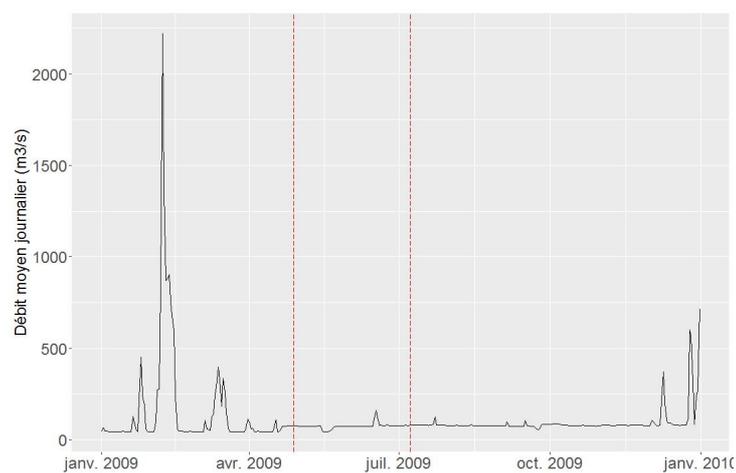


Campagnes 2014

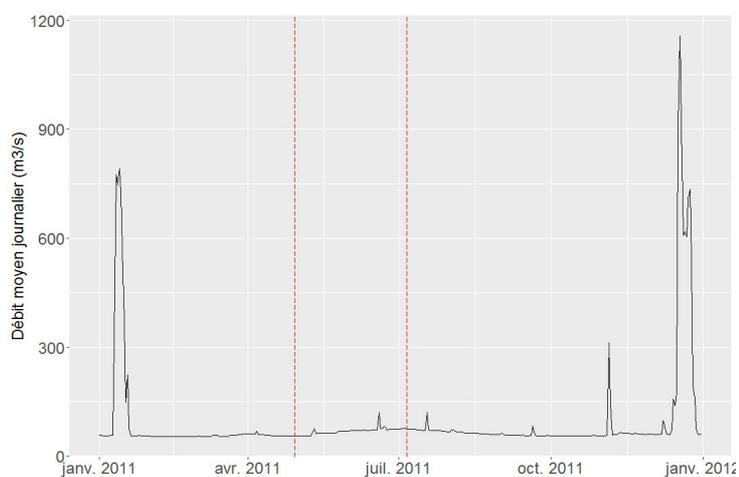


ANNEXE 5.5 : Contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnage sur le vieux Rhône de Donzère-Mondragon. Les dates des campagnes d'échantillonnage sont signalées par une ligne verticale rouge.

Campagnes 2009

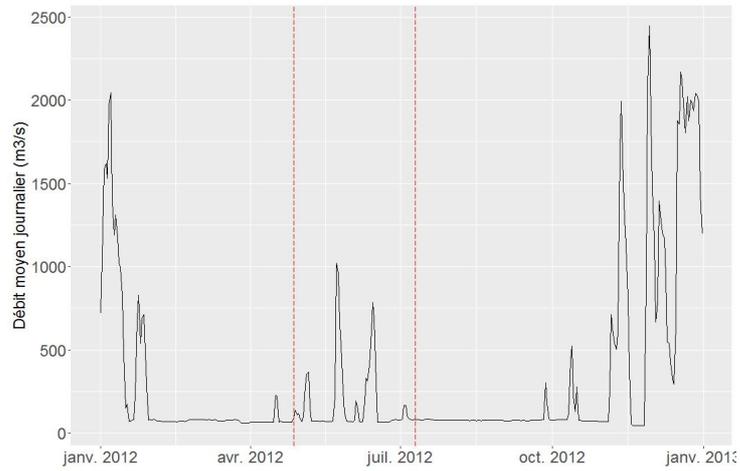


Campagnes 2011

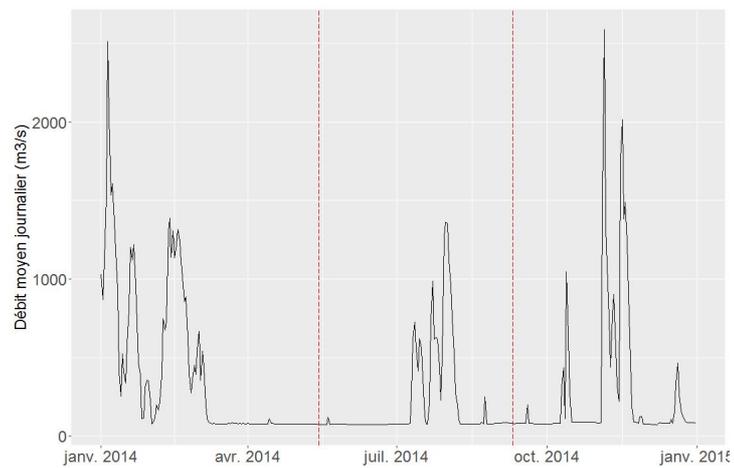


ANNEXE 5.5 (Suite)

Campagnes 2012



Campagnes 2014



Annexe 7 - Etat des suivis des communautés d'invertébrés des lômes du Rhône (prélèvements effectués à fin juin 2018).

P : Printemps ; E : Eté

	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009
	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
BELLEY														
Béard		X	X			X	X		X	X			X	X
Chantemerle			X	X		X	X		X	X			X	X
En L'île (Yenne)		X	X			X	X		X	X			X	X
Fourrier		X	X						X	X			X	X
Lucey		X	X						X	X			X	X
Luisettes		X	X						X	X			X	X
Moiroud		X	X						X	X			X	X
BREGNIER														
Cerisier	X	X												
Creux de Bleu	X	X									X	X		
Dahomey	X	X												
Granges			X	X							X	X		
Les Nappes	X	X			X	X								
Mathan		X	X								X	X		
Molottes				X	X						X	X		
Mortier	X	X									X	X		
Plaine				X	X						X	X		
Ponton				X	X						X	X		
Rossillon	X	X	X	X							X	X		
Terres Basses	X	X												
Tonkin							X	X			X	X		
Vachon		X	X								X	X		
Vieille Lôme					X	X					X	X		
PEAGE-de-R.														
Boussarde														X
Ilon										X	X			
Noyé Nord										X	X			
Noyé Sud														
Platière										X	X			
Saintes										X	X			X
MONTELIMAR														
Roussette													X	X
DONZERE														
Banc Rouge														
Bayard													X	X
Caderousse													X	X
Carré													X	X
Dames														
Désirade														
Dion														
Grange Ecrasée													X	X
Joncs													X	X
Lascombe														
Malatras													X	X
Malaubert													X	X
République													X	X

	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017
	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
BELLEY																
Béard			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
Chantemerle			X	X	X	X	X		X		X	X	X	X		
En L'île (Yenne)			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
Fournier			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
Lucey			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
Luisettes			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
Moiroud			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
BREGNIER																
Cerisier													X	X		
Creux de Bleu	X	X			X	X							X	X		
Dahomey													X	X		
Granges	X	X			X	X			X	X			X	X		
Les Nappes	X	X			X	X			X	X			X	X		
Mathan	X	X			X	X							X	X		
Molottes	X	X			X	X							X	X		
Mortier	X	X			X	X			X	X			X	X		
Plaine	X	X			X	X			X	X			X	X		
Ponton	X	X			X	X			X	X			X	X		
Rossillon	X	X			X	X			X	X			X	X		
Terres Basses													X	X		
Tonkin	X	X			X	X							X	X		
Vachon	X		X	X	X		X						X	X		
Vieille Lône	X	X			X	X			X	X			X	X		
PEAGE-de-R.																
Boussarde	X		X	X			X	X							X	X
Ilon			X	X			X	X			X	X			X	X
Noyé Nord							X	X			X	X			X	X
Noyé Sud											X	X			X	X
Platière			X	X			X	X			X	X			X	X
Saintes			X	X			X	X	X	X	X	X			X	X
MONTELIMAR																
Roussette			X	X					X	X	X	X	X	X		
DONZERE																
Banc Rouge									X	X	X	X	X	X		
Bayard			X	X			X	X					X	X		
Caderousse			X	X			X	X								
Carré							X	X	X	X						
Dames									X	X	X	X	X	X		
Désirade									X	X	X	X	X	X		
Dion									X	X	X	X	X	X		
Grange Ecrasée			X	X			X	X			X	X				
Joncs			X	X			X	X					X	X		
Lascombe							X	X	X	X			X	X		
Malatras							X	X	X	X						
Malaubert			X	X			X	X			X	X	X	X		
République			X	X			X	X								

Le tableau ci-dessus recense non seulement les prélèvements effectués au titre du programme décennal du suivi de la restauration, puis du programme Rhôneco, mais aussi ceux ayant été effectués dans le cadre d'autres projets (suivi de la chasse de Verbois 2012 et APAVER 2016 (CNR)), suivi des populations d'*Anisus vorticulus* (SHR et Département de l'Isère), travaux de Master et de Thèse de Doctorat (Université de Genève)).