



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 2018.

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, Emmanuel Castella, Hélène Mayor, David Mac Crae, Pierre Marle, Chloé Guicharnaud, et al.

► 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 2018.. [Rapport de recherche] IRSTEA; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2018. hal-02324360

HAL Id: hal-02324360

<https://hal.science/hal-02324360>

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.



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 (2018)



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, Noéline GARCIA, Paul GAUTHIER et Amandine RIGAL (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 / Jean Monnet Saint-Etienne). Travail réalisé avec la collaboration de Lise VAUDOR, Fanny ARNAUD, Kristell MICHEL, Brice NOIROT, Alexandra DUCLAUX.

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA**, **Hélène MAYOR**, **David McCRAE**, (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).

Partie signatures isotopiques du carbone et de l'azote chez les juvéniles de poissons : **Pierre MARLE** (Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique et Laboratoire de Biogéochimie Environnementale et Ecotoxicologie – Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau – Université de Genève - 66 Boulevard Carl-Vogt – CH-1211 Genève 4 Suisse), **Chloé GUICHARNAUD** (UMR CNRS 5023), **Laurent SIMON** (UMR CNRS 5023), **Amandine RIGAL**, **Paul GAUTHIER**, **Emmanuel CASTELLA**, **Jean-Michel OLIVIER** .

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

Sommaire

1	Introduction	5
2	Cadre physique : restauration et hydrologie	13
2.1	Opérations de restauration	13
2.2	Hydraulique du chenal	17
3	Organisation du suivi	19
4	Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)	24
4.1	Objectifs et méthodologie	24
4.2	Échantillonnage	24
4.3	Résultats des pêches et commentaires	25
4.3.1	Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1)	30
4.3.2	Canal de Miribel (annexe 4.2)	37
4.3.3	Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.3)	41
4.3.4	Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.4)	44
4.3.5	Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.5)	46
4.3.6	Vieux-Rhône de Montélimar (annexe 4.6)	49
4.3.7	Vieux-Rhône de Donzère (Annexe 4.7)	52
4.4	Conclusion	54
5	Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône)	56
5.1	Objectifs	56
5.2	Méthodologie	57
5.3	Bilan des campagnes d'échantillonnage	59
5.4	Evolution des communautés de trois secteurs suivis du bas Rhône	61
5.4.1	Pierre-Bénite	62
5.4.2	Baix -le-Logis-Neuf	70
5.5	Conclusion	78
6	Hydromorphologie des lônes	79
6.1	Objectifs et méthodologie	79
6.1	Collecte et mise en forme des données	81
6.1.1	Campagne de suivi 2018	81
6.1.2	Archives photographiques et cartographiques	82
6.2	Conclusions et perspectives pour 2019	89
7	Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Rhône dans le secteur du Péage-de-Roussillon (2007 – 2017)	90

7.1	Introduction	90
7.2	Sites et méthodes	91
7.2.1	Échantillonnage de la macrofaune.....	92
7.2.2	Analyse des données et calcul des métriques	93
7.3	Caractérisation globale des communautés d'invertébrés des lônes suivies dans le secteur du Péage-de-Roussillon.	94
7.4	Variations temporelles des métriques faunistiques dans les stations.	99
7.4.1	La diversité (richesse raréfiée) de la communauté totale (Figure 7.4).	99
7.4.2	La richesse en insectes EPT (Figure 7.5)	99
7.4.3	La richesse en mollusques gastéropodes (Figure 7.6).....	99
7.4.4	Les espèces exogènes (Figures 7.7, 7.8 et 7.9).....	100
7.5	Bilan.....	107
7.5.1	Les lônes étudiées au Péage-de-Roussillon dans le contexte de l'ensemble des secteurs alluviaux suivis sur le Rhône.....	107
7.5.2	Évolutions temporelles et effet de la restauration du secteur	108
8	Assemblages de poissons dans les lônes	109
8.1	Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.....	111
8.2	Secteur de Péage-de-Roussillon	115
9	Les signatures isotopiques du carbone et de l'azote chez les juvéniles de poissons permettent-elles d'évaluer le fonctionnement des annexes fluviales ?	119
9.1	Contexte.....	119
9.2	Matériel et méthodes	121
9.2.1	Choix des sites d'études	121
9.2.2	Caractérisation hydrologique et physico-chimique des stations.....	122
9.2.3	Échantillonnages relatifs aux analyses isotopiques.....	122
9.2.4	Juvéniles de poissons.....	123
9.2.5	Analyse des isotopes stables.....	124
9.2.6	Traitement des données et modélisation.....	126
9.3	Résultats.....	126
9.3.1	Ressources trophiques	126
9.4.1	Juvéniles de poissons.....	127
9.5	Contributions relatives des sources de nourriture aux régimes alimentaires des juvéniles	130
9.6	Conclusion.....	131

10	Conclusion générale	131
11	Bibliographie	133
12	Annexes	139

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

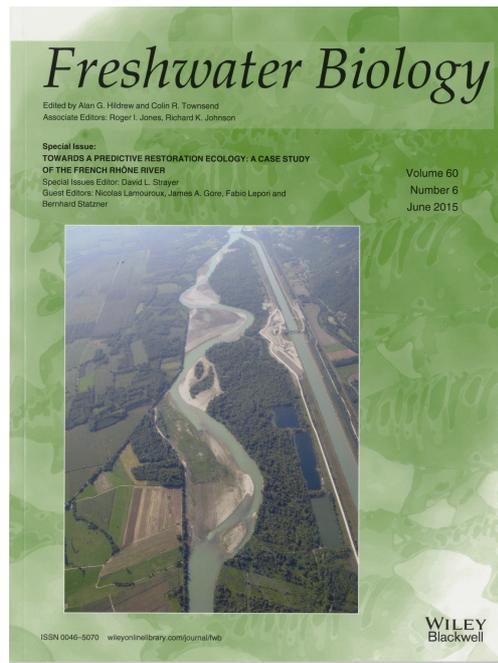
lien entre les facteurs d'habitats et la dynamique des peuplements aquatiques (Lamouroux *et al.*, 2015).

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 reconnaissance environnementale

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

8
Neuf secteurs sous haute surveillance

10
Des espèces d'eau courante favorites

12
La restauration des îlots et de leur biodiversité

14
Des éclairages 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 2018). 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 2018. 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, les modifications de régimes de débits et les travaux de réhabilitation des lînes sont encore relativement récents et la durée post-restauration limite encore 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 lînes du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration (2003-2015). Le rapport 2017 a fourni le bilan du suivi des communautés de macroinvertébrés de 12 lînes du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon (2003-2016). Le présent rapport dresse un bilan de l'évolution des communautés de macroinvertébrés benthiques des lînes du secteur de Péage-de-Roussillon. 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 lînes 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). Afin de mieux comprendre les modalités de comblement des bras, un travail d'analyse diachronique a été réalisé à partir de documents d'archives géo-référencés, permettant de comparer de situations diverses : bras restaurés *versus* bras non restaurés au sein de différents secteurs du Rhône dont les modalités d'aménagement ont peu différer au cours des 150 dernières années.

Pour la première fois dans le programme RhônEco, une première analyse des processus de transfert de matière à travers les réseaux trophiques a été réalisée dans deux lînes du secteur de Brégnier-Cordon (Molottes et Ponton) en utilisant les isotopes stables du carbone et de l'azote. Les premiers résultats mettent en évidence des différences entre les deux lînes étudiées.

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).

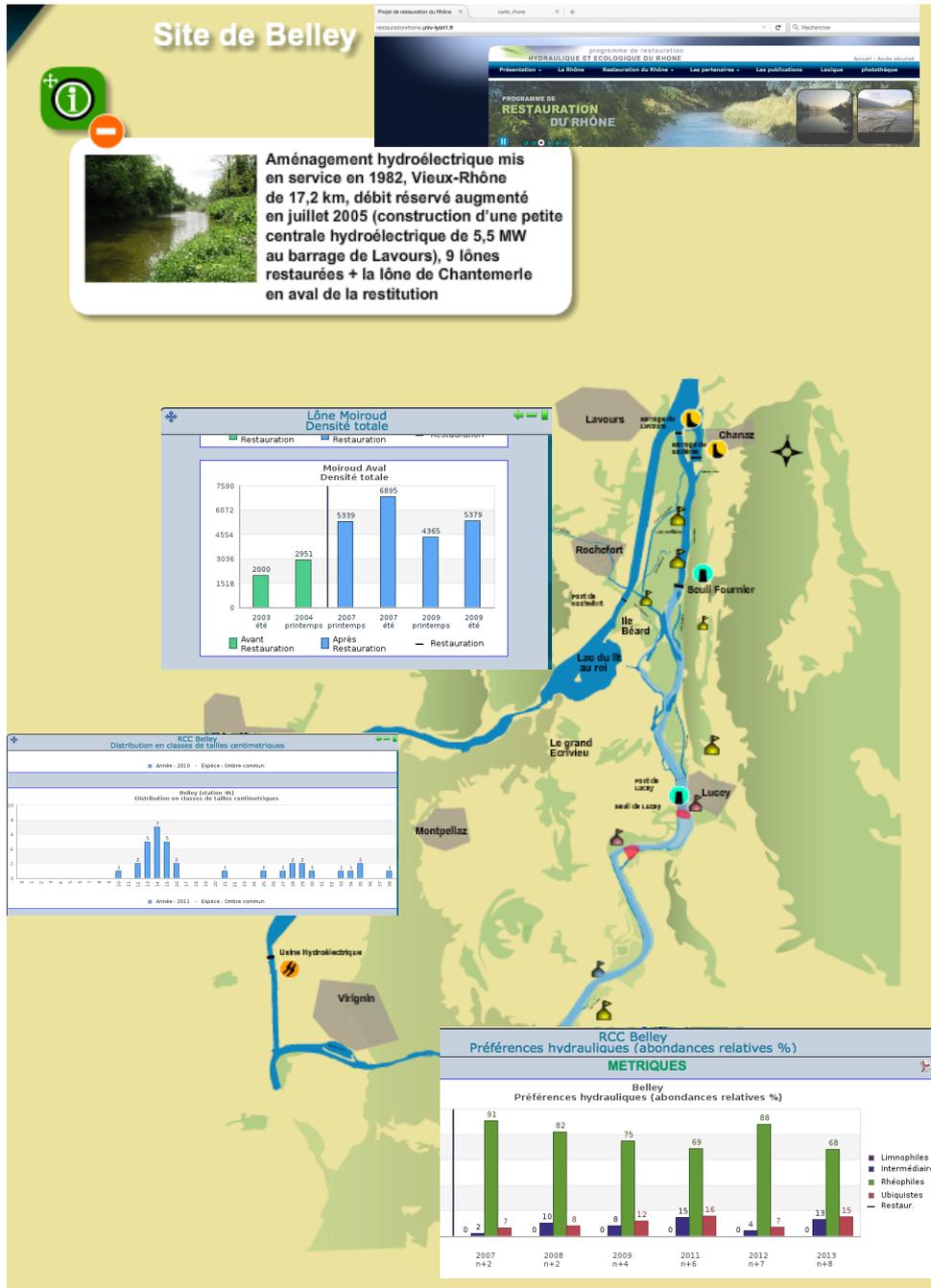


Figure 1.1 - Le site web du suivi de la restauration du Rhône : un outil de consultation cartographique partagé sur le web (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).

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 Séran,
- 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.

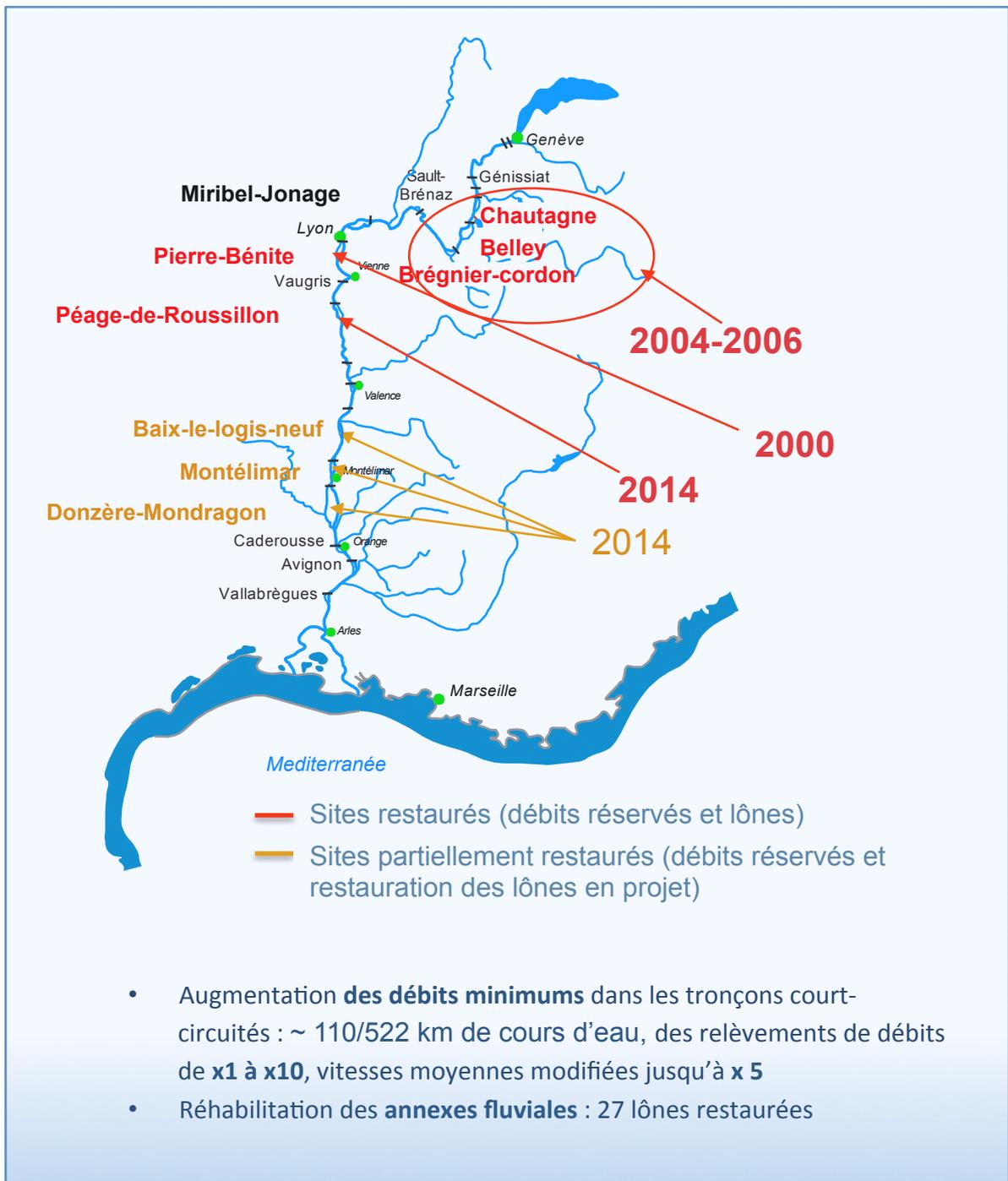


Figure 2.1 - Carte du Rhône montrant les 8 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites partiellement restaurés (augmentation du débit réservé en janvier 2014 en orange, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné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

A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration des lônes se sont terminés en 2014 (restauration de 9 lônes 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 lône de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

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

Les travaux sur la lône de Dion et de Malaubert ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017. Les travaux sur les lône du Banc rouge, des Dames et de la Grange écrasée se sont achevés fin 2018 début 2019. La lône de la Désirade sera restaurée au cours des années à venir.

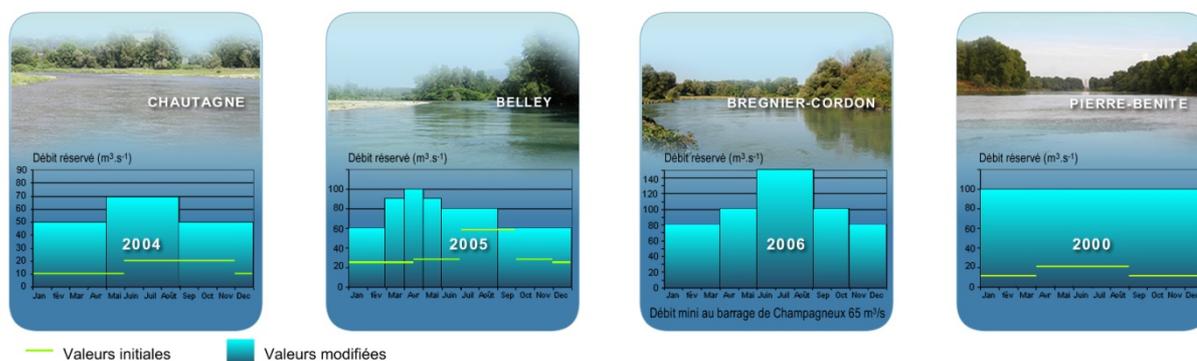


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

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
Brégnier-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

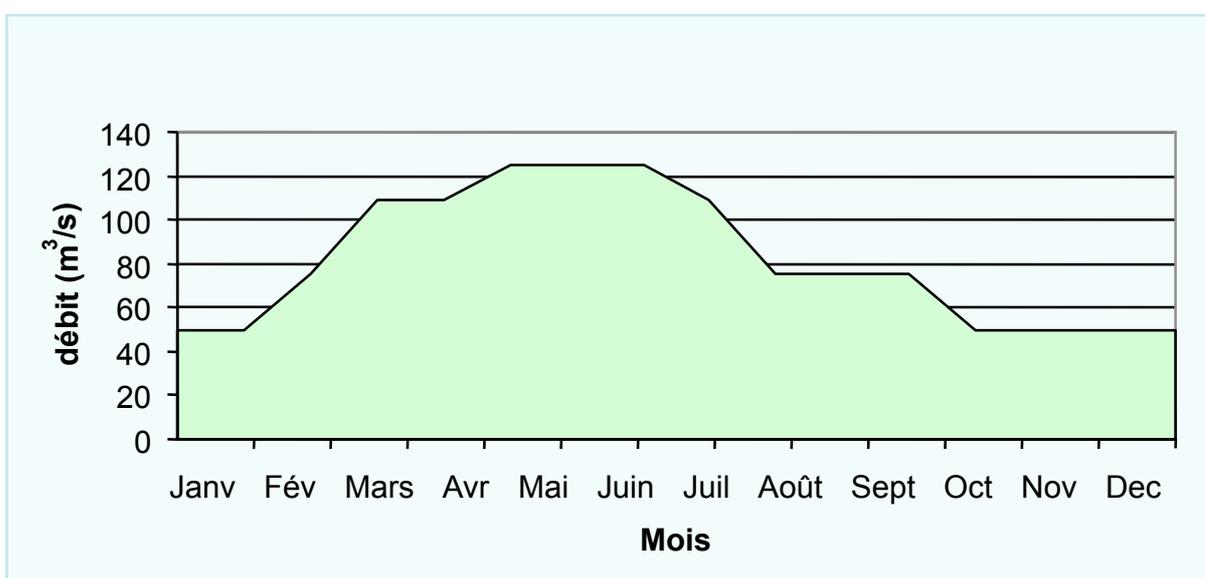


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1^{er} janvier 2014.

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.

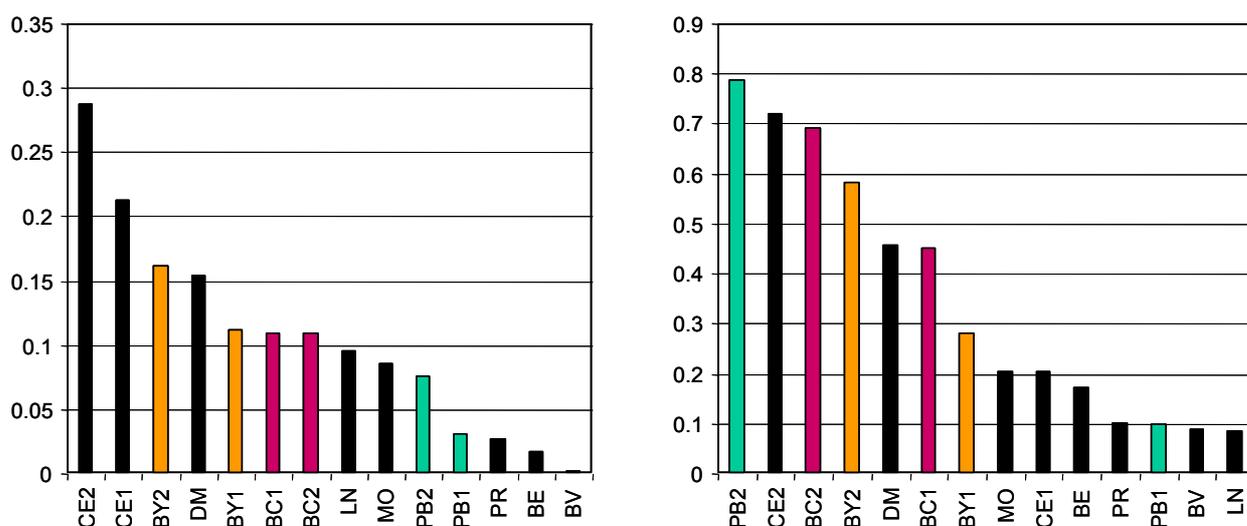


Figure 2.6 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l’annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d’autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes 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 lînes, **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 lînes 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 lînes 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 lînes 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 lînes 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 2018).

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 2018 ont été réalisés de fin août à début octobre (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	22-23/08/2018
Vieux-Rhône de Belley	26-27/09/2018
Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon	27-28/08/2018
Canal de Miribel	03-04/10/2018
Vieux-Rhône de Pierre-Bénite	10/09/2018
Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon	30/08/2018
Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf	11/09/2018
Vieux-Rhône de Montélimar	12/09/2018
Vieux-Rhône de Donzère	13/09/2018

4.3 Résultats des pêches et commentaires

Trente et une espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les vieux-Rhône en 2018 (Tableau 4.2). L'épinoche, la lote et la truite fario n'ont pas été échantillonnées dans les vieux-Rhône en 2018.

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône varie de 13 (dans le vieux-Rhône de Chautagne) à 24 (Belley et Brégnier-Cordon) (Tableau 4.3).

Les quatre espèces les plus abondantes dans les échantillons en 2018 sont : l'ablette (20,8%), le barbeau fluviatile (16,3%), le chevaine (15,7%) et le goujon (14,3%).

Au sein de chaque vieux-Rhône, le nombre d'espèces dont l'abondance relative excède 10% varie entre 1 (Pierre-Bénite) et 5 (Belley) (Tableau 4.4).

Huit espèces ont été échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône : l'ablette, le barbeau fluviatile, le chevaine, le gardon, le goujon, le hotu, le silure et le spirilin.

L'anguille a été échantillonnée dans les vieux-Rhône de Belley, Brégnier-Cordon, Baix-le-Logis-Neuf et Donzère.

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

L'ombre commun n'a été échantillonné que dans le vieux-Rhône de Belley.

Après de nombreuses années d'absence dans les échantillons de pêche électrique, le poisson-chat a été trouvé dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Cette espèce est

régulièrement échantillonnée dans la lône des Molottes depuis 2006 avec des effectifs relativement importants depuis 2012.

L'ide mélanote (espèce introduite) n'a été capturée qu'à Péage-de-Roussillon (1 seul individu) et la lote uniquement dans le vieux-Rhône de Belley. Le brochet, le sandre et la tanche n'ont été échantillonnés que dans les vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon.

98% des effectifs de vandoise (soit 520 ind./526) ont été capturés dans les vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon.

Le vairon est très abondant dans le vieux-Rhône de Chautagne et le Canal de Miribel et dans une moindre mesure dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf.

L'abondance du spiralin est marquée dans le Canal de Miribel où il représente 63% des effectifs échantillonnés.

Tableau 4.2 - Liste des 35 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi (vieux-Rhône et îlons) et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône (Prés. VR 2018) 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 2018	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 2018 (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	63	491	10	449	507	488	219	122	390	2739	9
ANG	0	1	1	0	0	0	5	0	8	15	4
BAF	311	965	175	471	32	5	9	19	163	2150	9
BLE	2	4	11	0	0	0	0	0	0	17	3
BLN	0	2	2	1	0	0	0	0	1	6	4
BOU	0	4	14	1	0	73	49	21	7	169	7
BRB	0	0	0	1	15	34	74	149	56	329	6
BRE	0	2	3	1	0	2	0	0	0	8	4
BRO	0	3	4	0	0	0	0	0	0	7	2
CGO	0	0	0	0	0	0	5	1	1	7	3
CCO	0	0	0	4	1	0	1	0	4	10	4
CHA	0	2	3	4	0	0	0	0	0	9	3
CHE	481	443	481	177	72	134	35	117	127	2067	9
GAR	24	223	11	3	48	278	33	36	24	680	9
GOU	20	566	550	228	4	292	106	51	75	1892	9
GRE	0	7	4	0	1	14	0	0	0	26	4
HOT	4	126	7	2	14	7	52	18	11	241	9
IDE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
LOF	32	28	4	46	2	12	5	22	11	162	9
OBR	0	22	0	0	0	0	0	0	0	22	1
PCH	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1
PER	8	19	62	3	11	33	0	6	15	157	8
PES	2	4	55	1	9	83	1	2	0	157	8
PSR	0	0	2	0	0	29	11	27	96	165	5
ROT	0	0	0	0	0	7	1	1	0	9	3
SAN	0	1	6	0	0	0	0	0	0	7	2
SIL	5	35	13	18	1	24	3	8	6	113	9
SPI	16	123	140	655	4	3	42	14	36	1033	9
TAN	0	5	1	0	0	0	0	0	0	6	2
VAI	190	22	0	164	0	0	78	0	3	457	5
VAN	0	482	38	0	1	3	0	2	0	526	5
Total	1158	3580	1599	2229	722	1522	729	616	1034	13189	
Nb esp.	13	24	24	18	15	19	18	17	18	31	
Nb E.P.A.	100	200	200	100	100	100	80	180	200		
%age EC	33%	58%	14%	41%	77%	33%	38%	26%	55%		
%age EV	31%	31%	20%	53%	5%	1%	8%	9%	20%		

Tableau 4.4 – Proportions des espèces dont l’abondance relative dépasse 2% (calcul par tronçon court-circuité) dans les 9 vieux-Rhône échantillonnés en 2018. Les valeurs supérieures à 10% sont surlignées.

Chautagne		Belley		Bregnier		Miribel		Pierre-Bénite		Péage		Baix		Montélimar		Donzère	
Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age
CHE	41,54	BAF	26,96	GOU	34,40	SPI	29,39	ABL	70,22	ABL	32,06	ABL	30,04	BRB	24,19	ABL	37,72
BAF	26,86	GOU	15,81	CHE	30,08	BAF	21,13	CHE	9,97	GOU	19,19	GOU	14,54	ABL	19,81	BAF	15,76
VAI	16,41	ABL	13,72	BAF	10,94	ABL	20,14	GAR	6,65	GAR	18,27	VAI	10,70	CHE	18,99	CHE	12,28
ABL	5,44	VAN	13,46	SPI	8,76	GOU	10,23	BAF	4,43	CHE	8,80	BRB	10,15	GOU	8,28	PSR	9,28
LOF	2,76	CHE	12,37	PER	3,88	CHE	7,94	BRB	2,08	PES	5,45	HOT	7,13	GAR	5,84	GOU	7,25
GAR	2,07	GAR	6,23	PES	3,44	VAI	7,36			BOU	4,80	BOU	6,72	PSR	4,38	BRB	5,42
GOU	1,73	HOT	3,52	VAN	2,38	LOF	2,06			BRB	2,23	SPI	5,76	LOF	3,57	SPI	3,48
SPI	1,38	SPI	3,44							PER	2,17	CHE	4,80	BOU	3,41	GAR	2,32
												GAR	4,53	BAF	3,08		
														HOT	2,92		
														SPI	2,27		

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

Dans le vieux-Rhône de **Chautagne**, le nombre d'espèces échantillonnées en 2018 a été particulièrement faible (13) et les effectifs (1158 ind.) étaient légèrement inférieurs à la moyenne 2004-2017 (1306). Seules 3 espèces avaient une abondance relative qui dépassait 10% (Tableau 4.4 et Figure 4.1) : le chevaine, le barbeau fluviatile et le vairon, ces trois espèces cumulant 85% des poissons échantillonnés. La proportion d'ablettes a été de 5,4%. Pour ces 4 espèces, la proportion de juvéniles de l'année (poissons d'âge 0+) a varié entre 18,9% (vairon) et 96,8% (ablette) (Tableau 4.5), mettant en évidence un bon succès de reproduction pour le barbeau fluviatile et le chevaine. 63,3% des poissons capturés toutes espèces confondues étaient des juvéniles de l'année (Tableau 4.5). Ni la truite, ni l'ombre commun n'ont été échantillonnées.

Dans le vieux-Rhône de **Belley**, le nombre d'individus échantillonnés en 2018 (3580 ind.) a été très supérieur à la moyenne 2005-2017 (1565). Cinq espèces ont une abondance relative dépassant 10% (Tableau 4.4 et Figure 4.1) : le barbeau fluviatile, le goujon, l'ablette, la vandoise et le chevaine. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons (toutes espèces confondues) a été de 58,1 %. Pour les espèces les plus abondantes, cette proportion de 0+ est très importante pour l'ablette (94,9%), un peu moins pour le barbeau fluviatile (64%) et la vandoise (63,3%) et inférieure à 50% pour le chevaine et le goujon. Les effectifs de gardons ont été relativement importants en 2018 avec 75% des individus issus de la reproduction de l'année. Pour la plupart des espèces, toutes les classes de tailles ont été échantillonnées ce qui témoigne de la bonne diversité d'habitats dans ce vieux-Rhône et de la capacité pour les espèces fluviales ciblées par l'augmentation du débit réservé de pouvoir accomplir leur cycle de vie au sein de ce tronçon du Rhône. Les ombres communs échantillonnés étaient essentiellement des juvéniles de l'année (tailles comprises entre 10 et 13,6 cm) et seulement 1 adulte (23,7 cm) a été capturé.

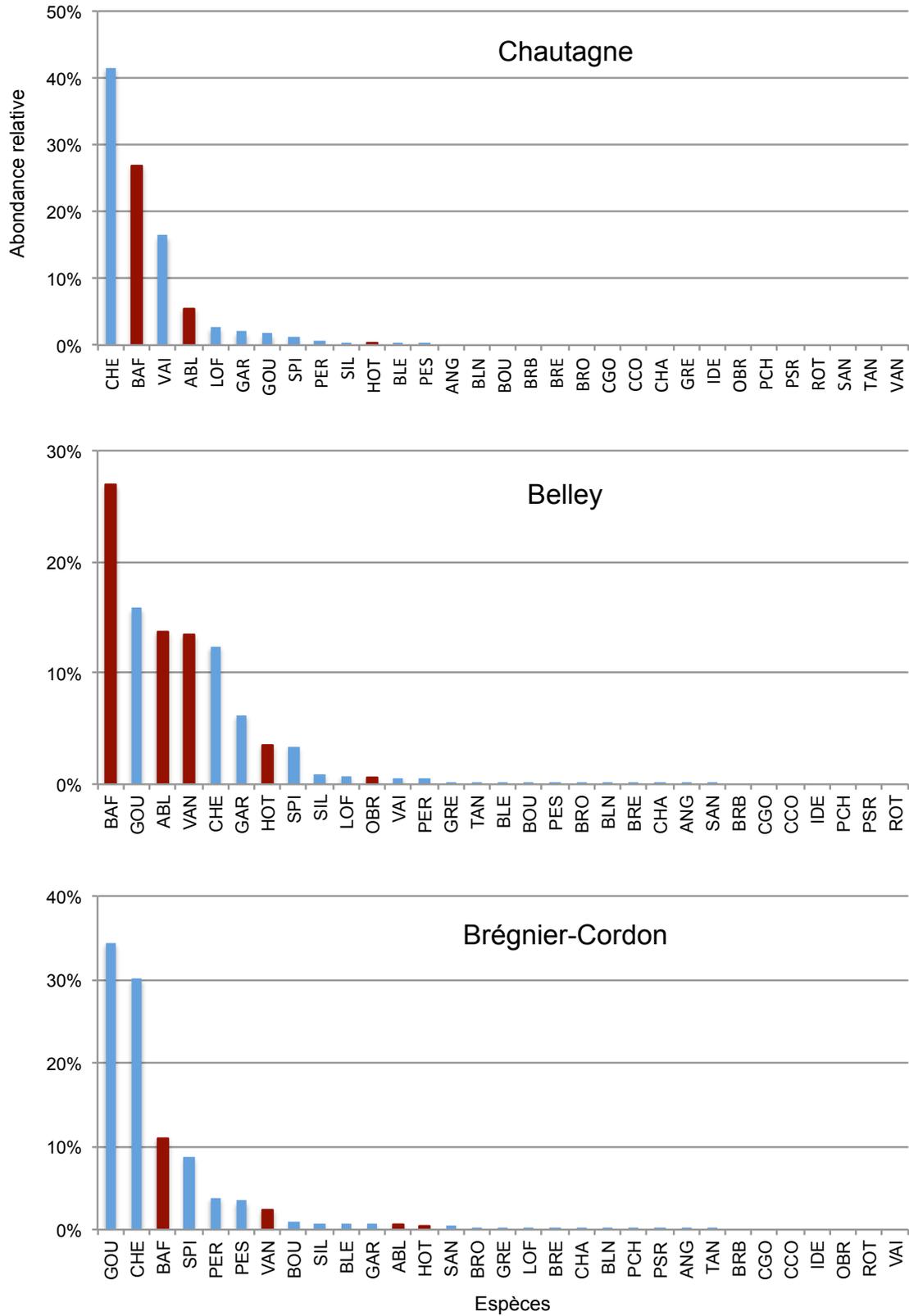


Figure 4.1 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans les trois vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Dans le vieux-Rhône de **Brégnier-Cordon**, le nombre de poissons échantillonnés (1599 ind.) a été légèrement supérieur à la moyenne 2006-2017 (1379) et la distribution des abondances relatives des différentes espèces montre que, à l'exception du chevaine et du goujon (Tableau 4.4 et Figure 4.1) qui représentent $\sim 2/3$ de l'abondance totale, les effectifs de 2 espèces seulement, le barbeau fluviatile et le spirilin, ont été relativement élevés. La très forte valeur de l'abondance des goujons en 2018 est essentiellement due à la capture d'un très important banc d'adultes. Contrairement à ce qui a été observé dans le vieux-Rhône de Belley, très peu d'ablettes ont été capturées. La proportion de juvéniles de l'année a été de 18,9%, ce qui témoigne d'un mauvais succès de reproduction en 2018, sans doute causé par une hydrologie printanière défavorable.

Tableau 4.5 - Effectifs et proportions de juvéniles de l'année échantillonnés dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon en 2018. 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+). Les valeurs supérieures à 50% ont été surlignées en bleu.

Espèces	CHAUTAGNE			BELLEY			BREGNIER-CORDON		
	0+	Total	%age 0+	0+	Total	%age 0+	0+	Total	%age 0+
ABL	61	63	96,8%	466	491	94,9%	9	10	90,0%
BAF	199	311	64,0%	618	965	64,0%	69	175	39,4%
BLE	0	2	0,0%	0	4	0,0%	5	11	45,5%
BLN			-	0	2	0,0%	0	2	0,0%
BOU			-	1	4	25,0%	1	14	7,1%
BRE			-	0	2	0,0%	2	3	66,7%
BRO			-	3	3	100,0%	3	4	75,0%
CHA			-	2	2	100,0%	1	1	100,0%
CHE	395	481	82,1%	178	443	40,2%	115	481	23,9%
GAR	11	24	45,8%	170	223	76,2%	11	11	100,0%
GOU	1	20	5,0%	149	566	26,3%	5	550	0,9%
GRE			-	1	7	14,3%	0	4	0,0%
HOT	3	4	75,0%	70	126	55,6%	1	7	14,3%
LOF	12	32	37,5%	7	28	25,0%	0	4	0,0%
OBR			-	21	22	95,5%			-
PCH			-			-	1	0	-
PER	5	8	62,5%	5	19	26,3%	40	62	64,5%
PES	0	2	0,0%	0	4	0,0%	0	55	0,0%
PSR			-	0	0	-	0	2	0,0%
SAN			-	0	1	0,0%	0	6	0,0%
SIL	3	5	60,0%	10	35	28,6%	6	13	46,2%
SPI	7	16	43,8%	58	123	47,2%	34	140	24,3%
TAN			-	1	5	20,0%	0	1	0,0%
VAI	36	190	18,9%	14	22	63,6%			-
VAN			-	305	482	63,3%	0	38	0,0%
Toutes esp.	733	1158	63,3%	2079	3580	58,1%	303	1599	18,9%

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.

Dans le vieux-Rhône de Chautagne, l'évolution post-augmentation du débit réservé de cette métrique montre une forte variabilité inter-annuelle (Figure 4.2) essentiellement liée à la proportion d'ablettes et de barbeaux fluviatiles dans les pêches (Tableaux 4.6 et 4.7). Ainsi, la valeur plus élevée en 2018 (32,6%) est due à une proportion relativement élevée de barbeaux fluviatiles et dans une moindre mesure d'ablettes. La valeur moyenne post-augmentation de débit réservé est de 24,3% (Tableau 4.6).

Dans le Vieux-Rhône de Belley, la valeur moyenne de la proportion d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé est de 34% (Tableau 4.8). Depuis 2017, la valeur de cette métrique a augmenté (Figure 4.2), en raison d'une très forte proportion de barbeaux (dont 73% de juvéniles de l'année) et d'ablettes (dont 96% de juvéniles de l'année) en 2017 et d'ablettes, de vandoises, de barbeaux fluviatiles et dans une moindre mesure de hotus en 2018 (Tableau 4.9). De plus, l'augmentation de ces contributions n'est pas uniquement imputable à un fort succès de reproduction en 2018, excepté pour l'ablette (Tableau 4.5).

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 lônes 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 2006-2018 est de 23,9% (Tableau 4.10). La plus faible valeur enregistrée en 2018 (Figure 4.2) est essentiellement due aux très faibles effectifs d'ablettes. En revanche, la contribution de la vandoise a été particulièrement importante en 2018 (Tableaux 4.10 et 4.11).

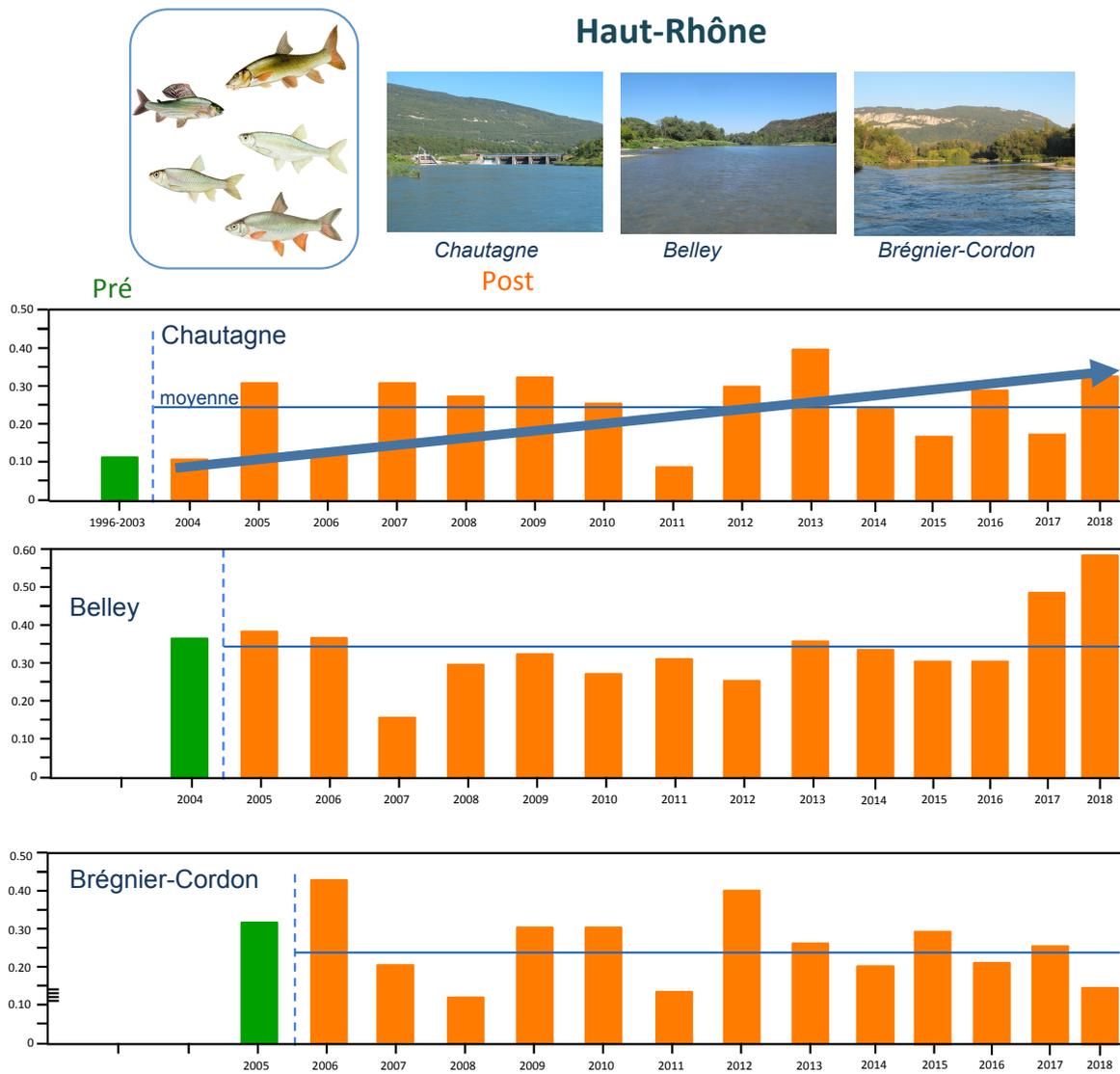


Figure 4.2 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les 3 vieux – Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation de débit réservé.

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 - 2018 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 2004-2018.

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%
2018	1158	13	32,6%	5,4%	26,9%	0,3%	0,0%	0,0%
2004-2018	19439	28	23,1%	4,8%	16,5%	1,0%	0,3%	0,6%
Moyenne	1296	18	24,3%	5,8%	16,2%	1,3%	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 2018 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 première valeur « 2004-2018 » est calculée globalement sur la période 2004-2018. La dernière valeur « 2004-2018 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2004-2018.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	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%
2018	378	16,7%	82,3%	1,1%	0,0%	0,0%
2004-2018	4498	20,7%	71,5%	4,1%	1,2%	2,4%
2004-2018	300	20,8%	68,5%	4,2%	2,9%	3,5%

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 - 2018 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 2005-2018.

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%
2018	3580	24	58,3%	13,7%	27,0%	3,5%	0,6%	13,5%
2005-2018	23929	32	36,8%	5,5%	22,8%	1,9%	0,8%	5,8%
Moyenne	1709	24	34,0%	4,9%	20,6%	1,9%	0,8%	5,8%

Tableau 4.9 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2005 à 2018 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 première valeur « 2005-2018 » est calculée globalement sur la période 2005-2018. La dernière valeur « 2005-2018 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2005-2018.

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%
2018	2086	23,5%	46,3%	6,0%	1,1%	23,1%
2005-2018	8800	14,9%	61,9%	5,2%	2,1%	15,9%
2005-2018	629	13,9%	62,2%	5,3%	2,8%	15,9%

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 - 2018 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 2006-2018.

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%
2018	1599	24	14,4%	0,6%	10,9%	0,4%	0,0%	2,4%
2006-2018	18150	36	25,3%	6,3%	15,1%	1,9%	0,0%	2,1%
Moyenne	1396	25	23,9%	6,0%	14,1%	1,8%	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 2018 dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La première valeur « 2006-2018 » est calculée globalement sur la période 2006-2018. La dernière valeur « 2006-2018 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2006-2018.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	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%
2018	230	4,3%	76,1%	3,0%	0,0%	16,5%
2006-2018	4600	24,8%	59,5%	7,5%	0,2%	8,1%
2006-2018	354	24,0%	59,4%	6,9%	0,2%	9,6%

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 nombre total de points d’échantillonnage est de 100.

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 2007-2018, 24 438 poissons appartenant à 28 espèces ont été capturés (annexe 4.2). Les espèces les plus abondantes dans les échantillons sont le spirin (33,9 %), le vairon (24,6%) et le barbeau (15,9%), l'abondance relative des autres espèces est inférieure à 10% : chevaine (7,9%), hotu (4,2%), ablette (3,5%) et loche franche (3,1%), goujon (3%) et silure glane (1,4%), la proportion des autres espèces est inférieure à 1%.

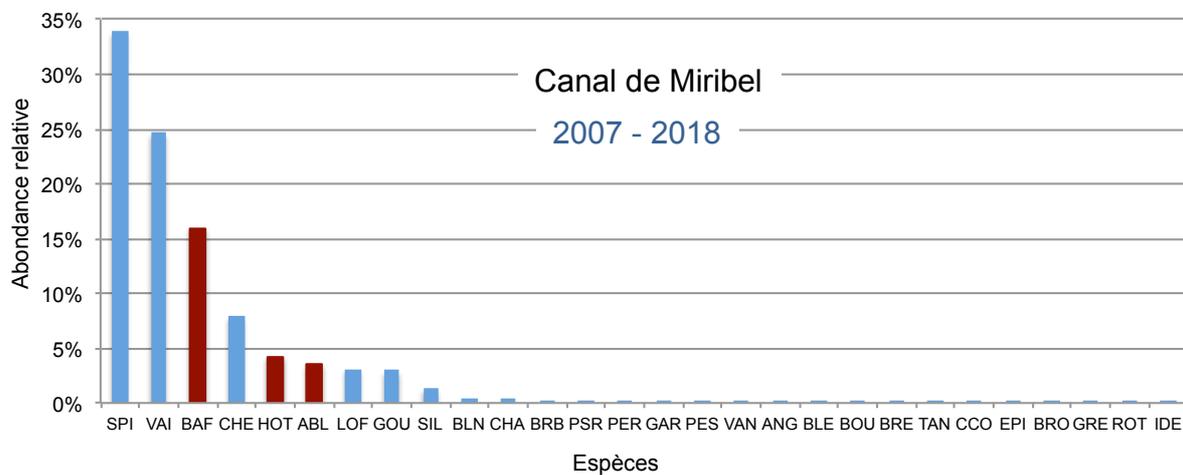


Figure 4.3 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées entre 2007 et 2018 dans le Canal de Miribel. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

En 2018, 18 espèces ont été échantillonnées et le nombre d'individus capturés (2226 ind.) est voisin de la moyenne sur la période 2007-2017 (2019).

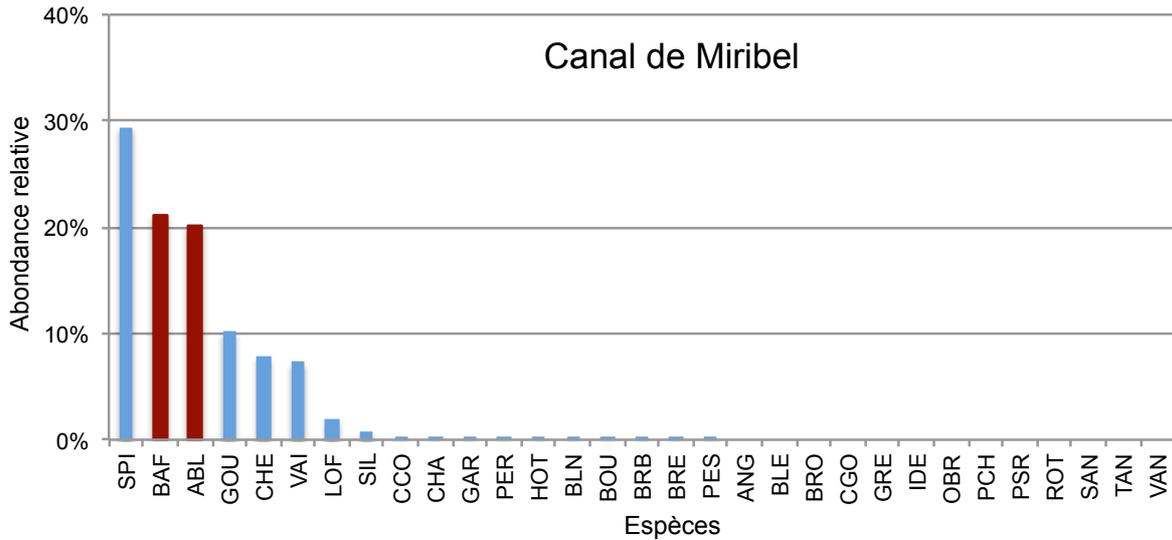


Figure 4.4 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le Canal de Miribel. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Seules 4 espèces ont une abondance relative supérieure à 10% : le spiralin, le barbeau fluviatile, l'ablette et le goujon (Tableau 4.4 et Figure 4.4). Les abondances d'ablettes et de barbeaux fluviatiles ont été relativement élevées en 2018. 98% des ablettes capturées étaient des juvéniles de l'année alors que cette classe d'âge ne constituait que 72% des effectifs pour le spiralin, 53% pour le barbeau fluviatile et pour le goujon. Ni l'ombre commun ni la truite fario n'ont été échantillonnés entre 2007 et 2018. Les espèces lénitophiles (tanche, rotengle, bouvière) ne sont rencontrées que de manière accidentelle, témoignant de la rareté des annexes lenticules dans ce tronçon du Rhône. Les tailles des silures échantillonnés s'échelonnaient entre 11,6 et 90 cm.

L'examen de l'évolution de la proportion d'espèces d'eau courante au cours de la période d'échantillonnage (Tableau 4.12 et Figure 4.5) montre que les valeurs varient entre 7,7% (2008) et 41,4% (2018). La valeur particulièrement élevée en 2018 est, comme en 2016, essentiellement due à la proportion importante d'ablettes (Tableaux 4.12 et 4.13). 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 de manière significative, comme en 2018, essentiellement en fonction du succès de reproduction des espèces concernées.

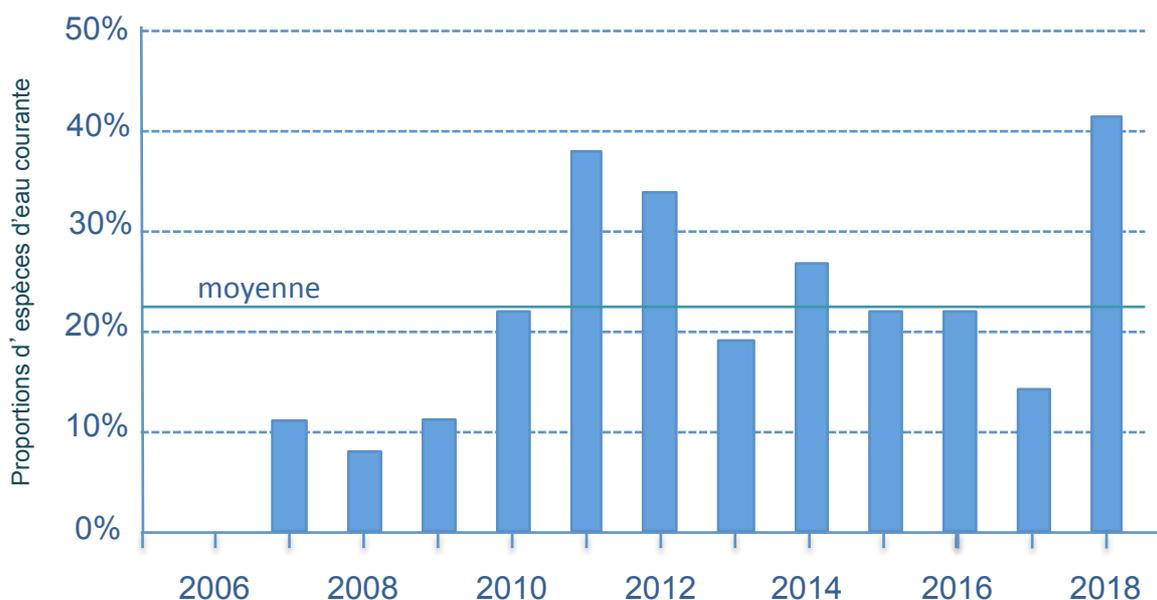


Figure 4.5 - Évolution de la proportion d'espèces d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, vandoise) au cours de la période 2007-2018) dans le Canal de Miribel. Le trait bleu continu horizontal indique la valeur de la moyenne calculée sur la période.

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 - 2018 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 2007-2018.

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%
2018	2226	18	41,4%	20,2%	21,2%	0,1%	0,0%
2007-2018	24438	28	23,7%	3,5%	15,9%	4,2%	0,1%
Moyenne	2037	18	22,5%	3,4%	15,0%	3,9%	0,1%

Tableau 4.13 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2018 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 première valeur « 2007-2018 » est calculée globalement sur la période 2006-2018. La dernière valeur « 2007-2018 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2007-2018.

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%
2018	922	48,7%	51,1%	0,2%	0,0%
2007-2018	5802	14,9%	67,0%	17,6%	0,4%
2007-2018	483,5	11,6%	69,9%	17,6%	0,9%

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 4.6), essentiellement due à l'augmentation des proportions d’ablettes et de hotus (Figures 4.12 et 4.13 ; Tableau 4.14).

Les valeurs de cette métrique ont été particulièrement élevées en 2015, 2016 et 2018 en raison de la très forte proportion d’ablettes (Figure 4.7 pour les données de 2018) (Tableaux 4.14 et 4.15) qui est fortement conditionnée par le succès de reproduction au cours d’une année donnée ; en 2018, la proportion d’individus d’âge 0+ était de 77% pour l’ablette.

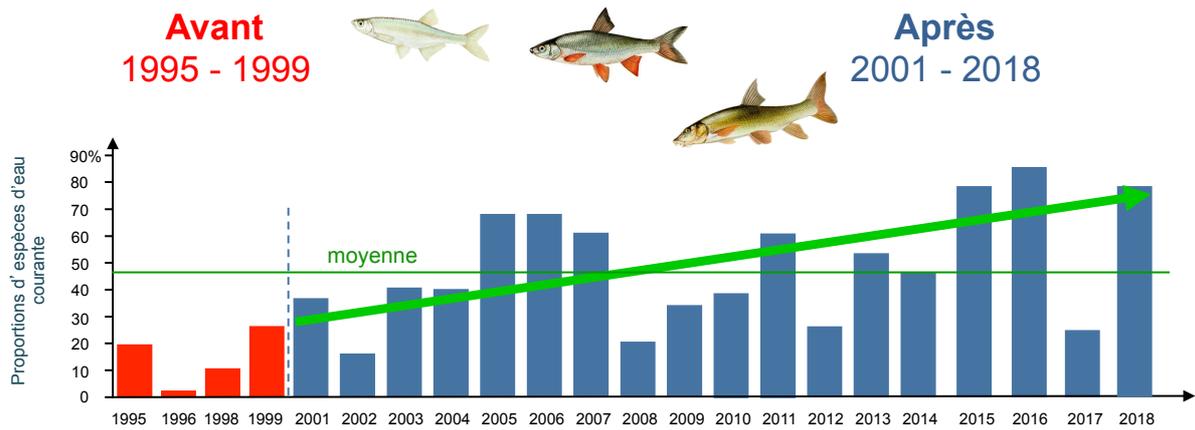


Figure 4.6 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Pierre-Bénite. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2000-2018.

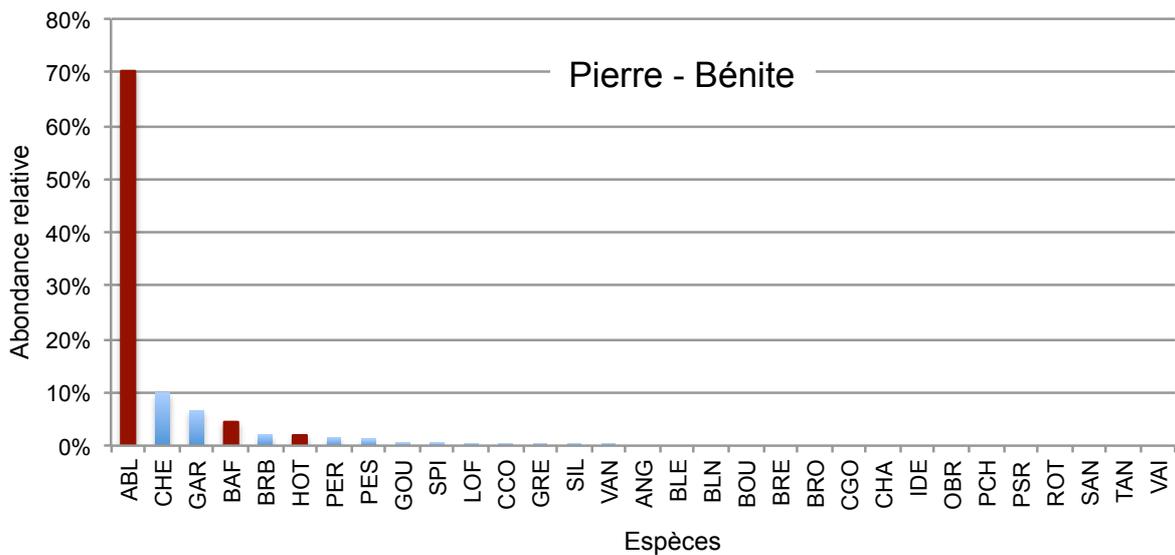


Figure 4.7 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

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 - 2018 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 2001-2018.

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%
2018	722	15	76,7%	70,2%	4,4%	1,9%	0,1%
2001-2018	14325	29	51,6%	41,3%	4,2%	5,4%	0,6%
Moyenne	796	18	48,1%	37,5%	5,0%	4,7%	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 2018 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 première valeur « 2001-2018 » est calculée globalement sur la période 2001-2018. La dernière valeur « 2001-2018 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2001-2018.

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 2018, 30 397 poissons appartenant à 31 espèces ont été échantillonnés.

En 2018, le nombre d'individus échantillonnés a été particulièrement faible (1522 ind.) et bien en deçà de la moyenne 2007-2017 (2625). Les effectifs d'ablettes représentaient 32% des poissons capturés (Figure 4.8), parmi ces poissons 77% étaient issus du frai de 2018. Le très faible succès de reproduction de la majorité des espèces (excepté l'ablette, le hotu et la perche commune) explique la faible valeur des abondances spécifiques.

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 (Figure 4.9), 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 (97% en 2018) (Tableau 4.17).

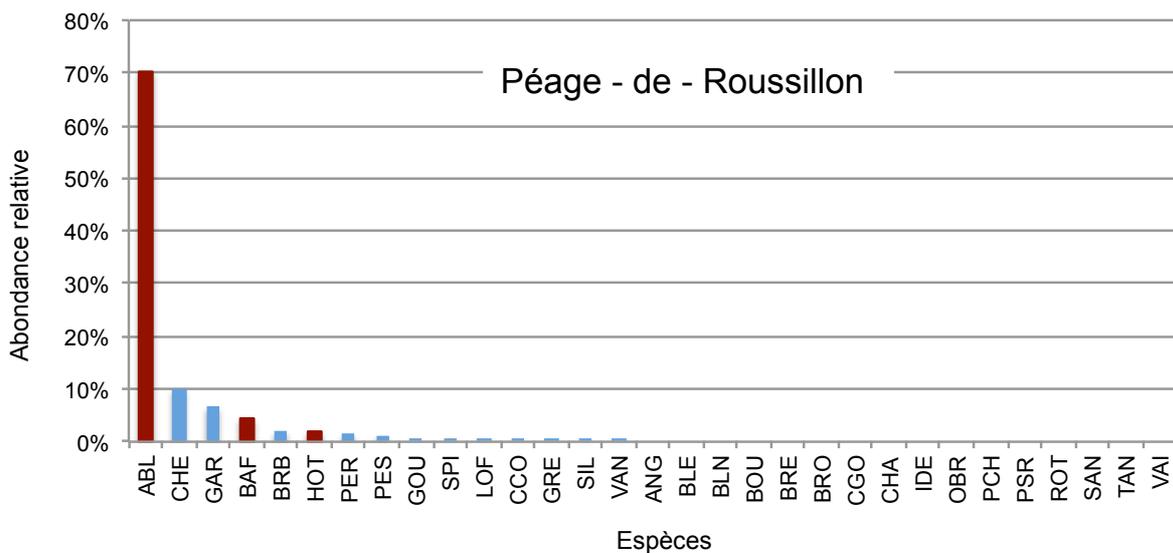


Figure 4.8 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

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 (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2007-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	1522	19	33,0%	32,1%	0,3%	0,5%	0,2%
2007-2013	1830	29	28%	24%	1%	2%	0%
2014-2018	3517	29	28%	26%	1%	1%	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 2018 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 moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2007-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	503	97,0%	1,0%	1,4%	0,6%
2007-2013	498	87,6%	3,6%	8,8%	0,0%
2014-2018	1034	92,2%	3,2%	4,4%	0,2%

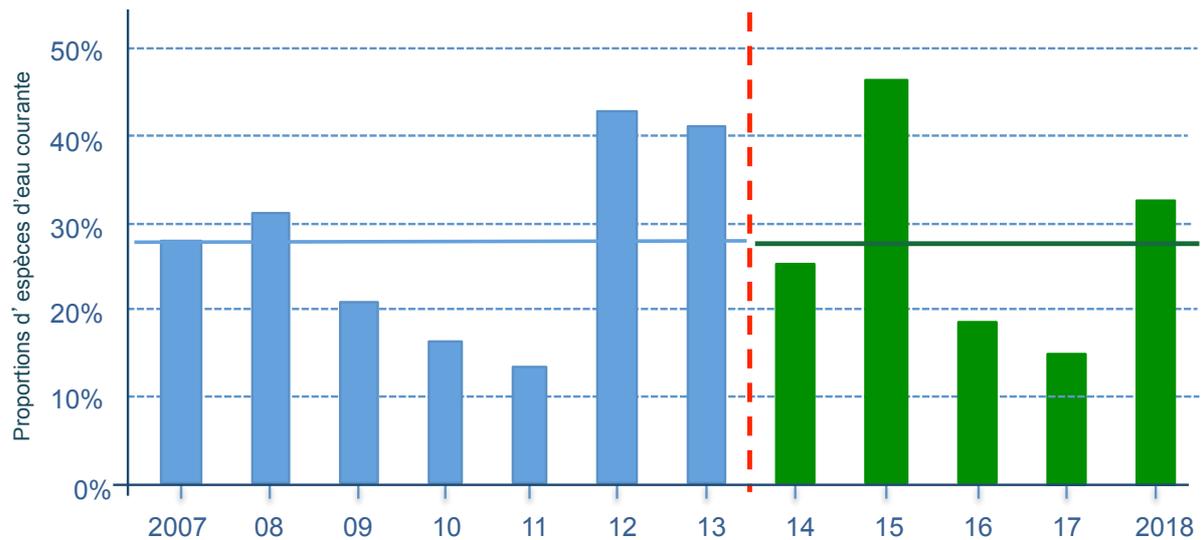


Figure 4.9 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Péage-de-Roussillon. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs 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 2014-2018.

4.3.5 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 (~25% des abondances totales) est une particularité du peuplement de ce vieux-Rhône, les abondances de cette espèce ont décliné en 2017 et 2018. Parmi les autres espèces relativement abondantes, l'ablette représente ~ 22% des poissons échantillonnés et l'abondance de cette espèce dans les échantillons s'est accrue à partir de 2015, le chevaine ~ 9%, la loche franche 7,6%, l'abondance moyenne de ces 2 espèces a diminué après 2014 et le spiralin 6,4% et 97% des effectifs ont été capturés après 2014. Quatre espèces ont des abondances relatives proches de 3% : le barbeau fluviatile, le hotu, le pseudorasbora, la bouvière. La proportion de gardons est de 4,7%.

En 2018, le nombre total de poissons échantillonnés a été de 729, soit un peu moins de la moyenne 2010-2017 (831). Quatre espèces ont eu une abondance relative supérieure à 10% (Tableau 4.4) et la proportion d'ablette a atteint ~30% (Figure 4.10).

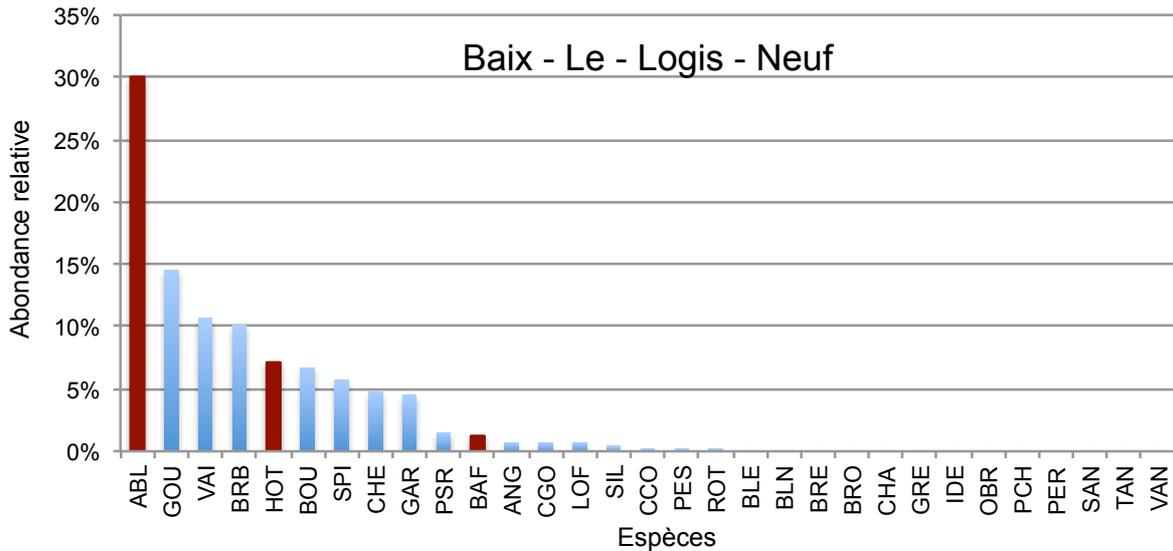


Figure 4.10 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Le débit a été fortement relevé au 1^{er} janvier 2014, seules 5 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 et Figure 4-11) mais reste assez élevée depuis 2015 en raison de proportions d'ablette relativement importantes (Tableaux 4.18 et 4.19) et d'une baisse des effectifs de vairons dans les échantillons.

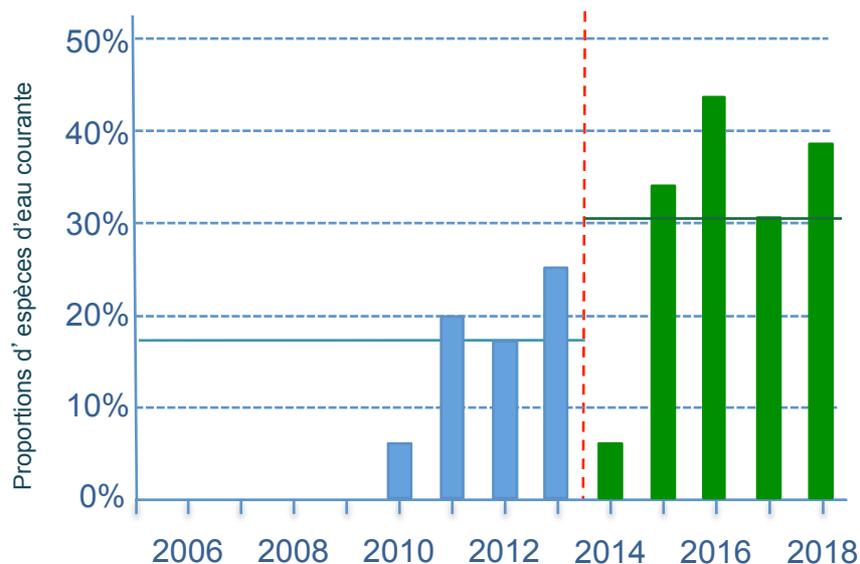


Figure 4.11 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs 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 2014-2018.

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 - 2018 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 (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2010-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	729	18	38,4%	30,0%	1,2%	7,1%
2010-2013	750	25	17,2%	8,9%	3,3%	5,0%
2014-2018	875	22	30,6%	24,8%	3,1%	2,8%

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 moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2010-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	280	78,2%	3,2%	18,6%
2010-2013	134	47,4%	21,1%	31,5%
2014-2018	319	78,8%	9,6%	11,6%

4.3.6 Vieux-Rhône de Montélimar (annexe 4.6)

Le suivi du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Montélimar a débuté en 2006. Entre 2006 et 2018, 30 espèces de poissons ont été échantillonnées (annexe 4.6).

Les espèces dont les abondances relatives sont les plus importantes sont : l'ablette (34,8%), le chevaine (15,5%), la brème bordelière (8,7%), le goujon et le barbeau fluviatile (~ 7%), le gardon (5,6%), le hotu (5,5%) et la loche franche (~ 5%).

En 2018, le nombre de poissons échantillonnés (61 ind.) est inférieur à la moyenne sur la période 2006-2017 (896). Trois espèces ont une abondance relative supérieure à 10% : la brème bordelière dont les effectifs ont été particulièrement élevés en 2018 bien que le succès de reproduction semble avoir été assez faible (le pourcentage de poissons d'âge 0+ est de 10%), l'ablette bien que les effectifs soient très faibles comparés à ceux des deux années précédentes (le pourcentage de poissons d'âge 0+ est de 72%) et le chevaine (le pourcentage de poissons d'âge 0+ est de 40%) (Tableau 4.4 et Figure 4.12). Le goujon (abondance relative = 8,3%) est également bien échantillonné et toutes les classes de tailles sont présentes, il en est de même pour le gardon (abond. rel. = 5,8%). L'abondance relative des autres espèces est inférieure à 5%, les perches communes et les silures sont essentiellement des juvéniles de l'année.

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 4.13), elles sont comprises entre 25,8% (2018) et 77,8% (2017). Les variations constatées sont en majeure partie imputables à la variabilité inter-annuelle des proportions d'ablettes, notamment en 2018, les proportions moyennes de barbeaux et de hotus étant plus faibles sur la période post-augmentation de débit réservé qu'auparavant (Tableau 4.20 et Tableau 4.21).

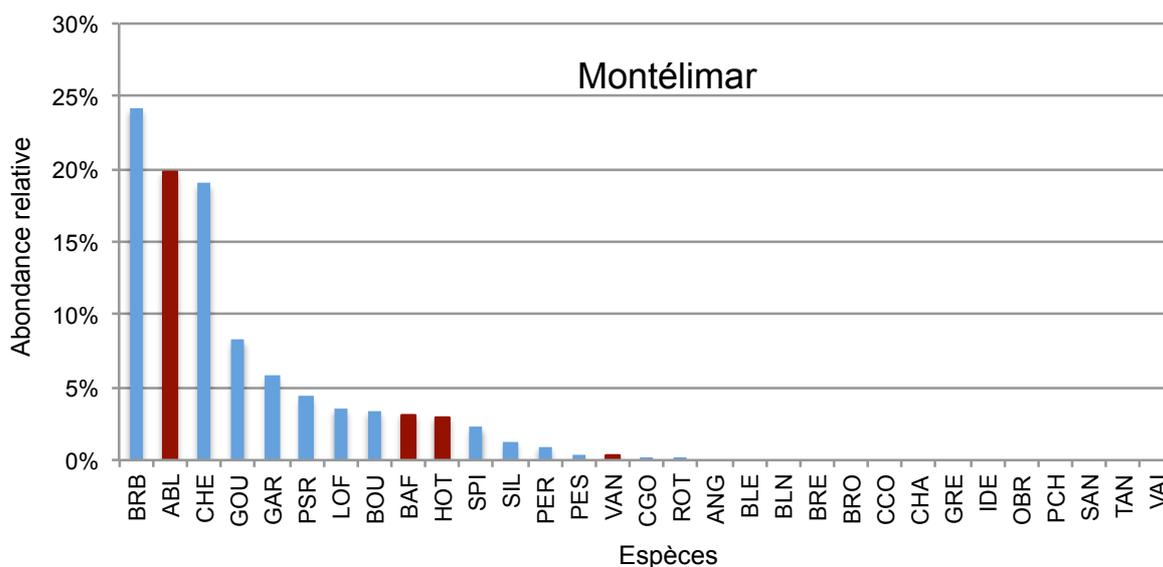


Figure 4.12 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

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 - 2018 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 (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2006-2013 et sur la période 2014-2018.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. alette	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	19	77,8%	72,6%	2,5%	2,7%	0,0%
2018	616	17	25,8%	19,8%	3,1%	2,9%	0,0%
2006-2013	852	29	45,0%	30,0%	7,8%	7,3%	0,0%
2014-2018	911	25	49,0%	41,5%	4,5%	3,1%	0,0%

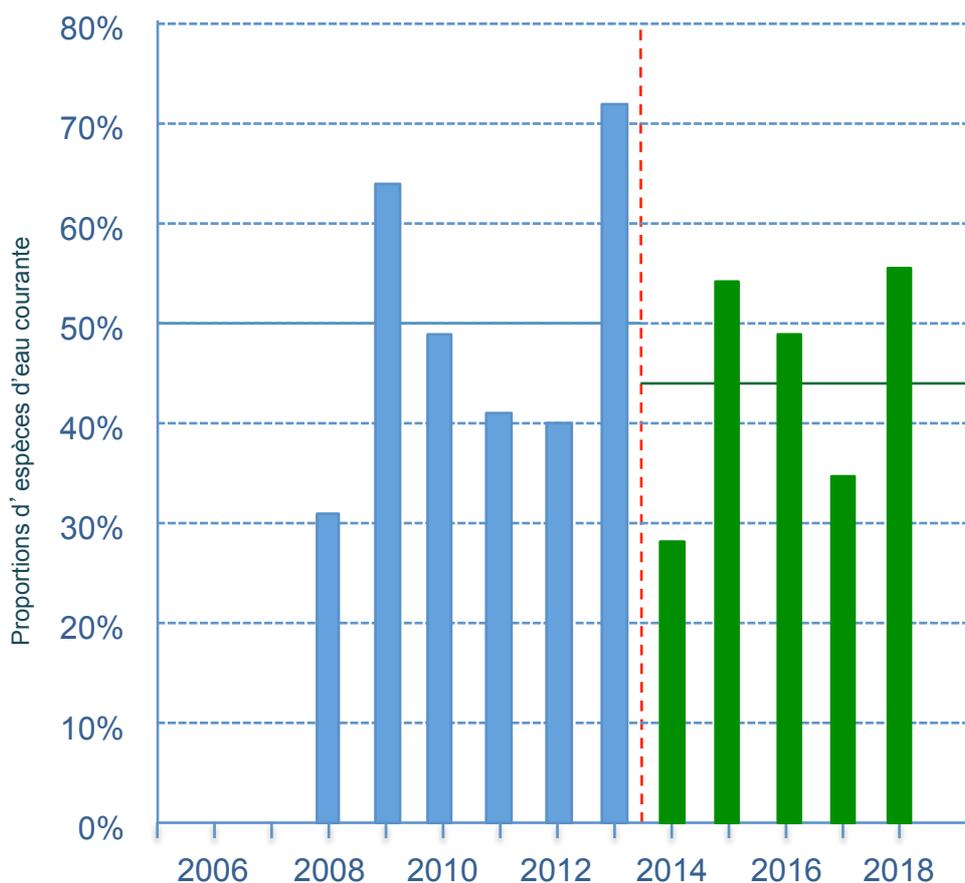


Figure 4.13 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Montélimar. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. 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 2014-2018.

Tableau 4.21 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2018 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 moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2006-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	159	76,7%	11,9%	11,3%	0,0%
2006-2013	377	65,4%	17,4%	17,1%	0,1%
2014-2018	464	81,2%	9,6%	9,2%	0,0%

4.3.7 Vieux-Rhône de Donzère (Annexe 4.7)

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 2008-2018 : l'ablette (30,1%), le chevaine (13,7%), le barbeau fluviatile (10,9%), la loche franche (9,4%), le goujon (8,5%), le hotu (7,3%) et le spirilin (6,2%).

La variabilité inter-annuelle des effectifs échantillonnés 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 2018 (1034 ind. pour 18 espèces) sont inférieurs à la moyenne sur la période 2008-2017 (1690).

En 2018, l'ablette, le barbeau fluviatile et le chevaine ont des abondances relatives supérieures à 10% (Tableau 4.4 et Figure 4.14).

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 4.15). La contribution des effectifs d'ablettes à la guildes des espèces d'eau courante est toujours importante, notamment après 2014 (Tableau 4.23). Néanmoins, suivant les années, les effectifs de barbeaux (en 2008, 2009, 2013, 2015 et 2016) et de hotus (en 2009 et 2011) 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.

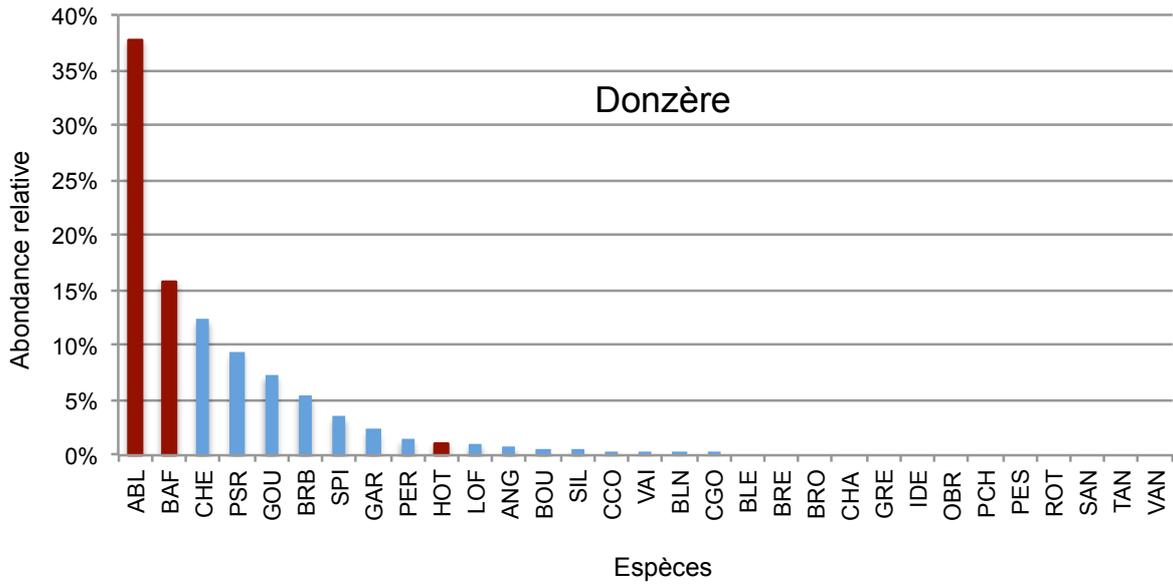


Figure 4.14 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2018 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

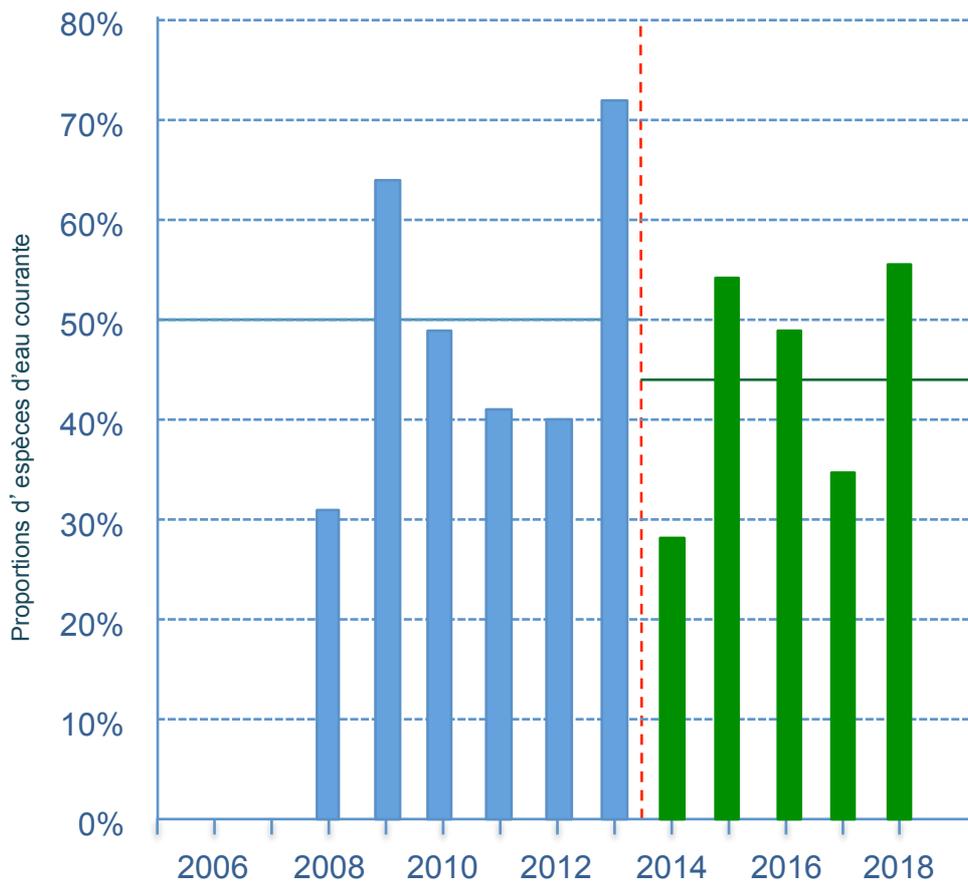


Figure 4.15 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Donzère. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. 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 2014-2018.

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 – 2018 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 (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2008-2013 et sur la période 2014-2018.

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%
2018	1034	18	54,5%	37,7%	15,8%	1,1%
2008-2013	1288	27	49,5%	25,9%	12,6%	11,0%
2014-2018	2040	22	43,8%	32,4%	9,6%	1,7%

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%
2018	564	69,1%	28,9%	2,0%
2008-2013	677	53,7%	25,1%	21,3%
2014-2018	920	74,6%	20,0%	5,4%

4.4 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. La variabilité inter-

annuelle des conditions hydro-climatiques influe sur le succès de reproduction des espèces et régit en partie la dynamique temporelle de la structure des peuplements en lien. En 2018, le succès de reproduction a été globalement assez faible sur l'ensemble des tronçons, sauf dans le vieux-Rhône de Belley. Le suivi en place permet d'évaluer les modifications sur le moyen terme, l'évolution récente de la proportion d'espèces d'eau courante dans le vieux-Rhône de Belley constitue un exemple illustrant l'intérêt du suivi à long-terme des changements post-restauration. 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. Les observations réalisées au cours des dernières années mettent en évidence l'influence probable de la variabilité hydrologique printanière et des conditions d'étiage particulières (débits faibles et températures élevées au cours de l'automne) qui ont certainement tendance à favoriser la reproduction des espèces plutôt thermophiles et à pontes fractionnées (ablette, spiralin et chevaine par exemple). Ces suivis sont précieux pour relativiser le poids des variations inter-annuelles constatées sur le long terme.

Sur les sites en aval de Lyon, les changements de structure de peuplements associés au relèvement du débit réservé sont pour l'instant observables essentiellement dans les vieux-Rhône de Pierre-Bénite et de Baix-le-Logis-Neuf. À Péage-de-Roussillon, où l'augmentation du débit réservé a été importante, la présence du seuil de Peyraud limite probablement l'influence positive de cette augmentation de débit en termes de linéaire concerné par des modifications hydrauliques favorables aux espèces ciblées (espèces d'eau courante). De plus, le pavage important au niveau du chenal et notamment dans sa partie amont où les changements de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement sont les plus significatifs peut aussi constituer un facteur limitant pour la reproduction des espèces lithophiles. Les travaux récents de démantèlement des marges alluviales et réintroduction de sédiments devraient contribuer à l'amélioration de la qualité, de la quantité des habitats des secteurs courants et *in fine* se traduire par une augmentation de la proportion d'espèces d'eau courante dans ce vieux-Rhône.

Le suivi se poursuivra dans 8 vieux Rhône, le suivi des peuplements de poissons dans le Canal de Miribel sera suspendu à partir de 2019 en raison de l'absence de projet de modification des valeurs de débit réservé. L'échantillonnage réalisé sur la période 2007-2018 a permis de caractériser le peuplement piscicole de ce tronçon et ce jeu de données pourra être complété dans le futur si des modifications importantes de la morphologie du chenal et/ou du régime hydrologique étaient envisagées.

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'île 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.

Ce rapport intègre les données de suivis 2018 pour le RCC de Pierre-Bénite ainsi que les données des suivis 2014 et de la campagne de printemps 2017 pour le RCC de Baix-Le-Logis-Neuf.

5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En 2019, 118 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).

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 145 taxons parmi les 414 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 :

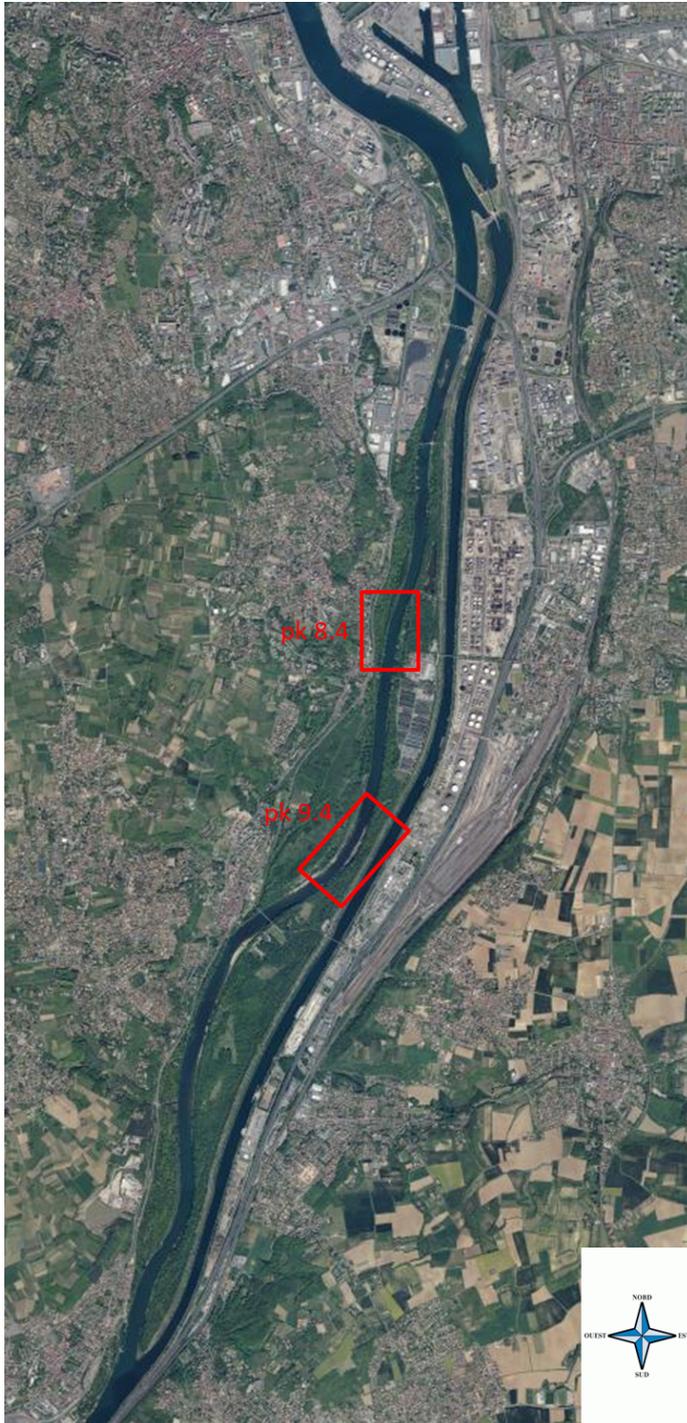
- 1) **la richesse taxonomique totale et la richesse en taxons Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)** permet d'établir une valeur de référence avant restauration. Une augmentation de cette métrique est attendue avec l'augmentation des débits réservés (Dewson *et al.*, 2007). La richesse taxonomique 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 145 taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (Forcellini *et al.*, *in prep*), 66 devraient répondre positivement aux augmentations de débits réservés.

5.4.1 Pierre-Bénite

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

Station d'étude



Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été échantillonné depuis 1995 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 22 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 220 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 5.3).

Photo 5.3 - Localisation des stations d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Pierre-Bénite (Source photo : Geoportail 12/02/2019).

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.

Nous sommes dans l'attente des valeurs de débits moyens journaliers pour l'année 2018 dans le RCC de Pierre-Bénite par la CNR.

5.4.1.2 Richesse taxonomique

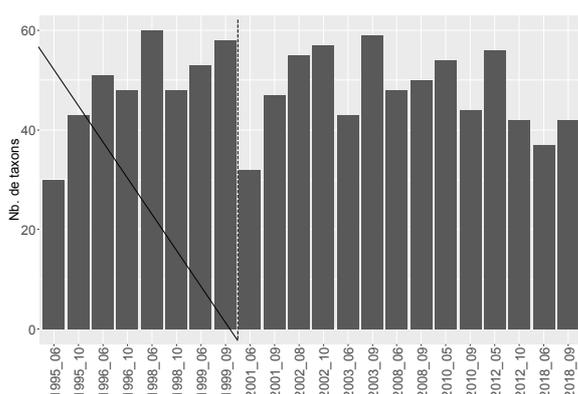


Figure 5.1 - Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Pierre-Bénite. A gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en EPT. La ligne verticale en noir signale la date de rehaussement des débits réservés.

Avec en moyenne 48 taxons collectés entre 1995 et 2018 (Figure 5.1, à gauche), le vieux Rhône de Pierre-Bénite est moins diversifié que les autres secteurs suivis du bas-Rhône (Péage-de-Roussillon = 70, Baix-le-Logis-Neuf = 61, Montélimar = 60 et Donzère-Mondragon = 69).

L'évolution inter-campagne de la richesse taxonomique montre des fluctuations marquées. Les plus faibles valeurs sont mesurées pour les campagnes de printemps 1995 et 2001 (respectivement 30 et 32) alors que les plus fortes valeurs sont quant à elles mesurées pour les campagnes de printemps 1998 et d'été 2003 (respectivement 60 et 59). Malgré la forte variabilité inter-campagne de cette métrique, la richesse taxonomique moyenne avant

rehaussement des débits n'est pas significativement différente de celle mesurée après rehaussement des débits (avant = 49, après = 48).

Avec en moyenne 14 taxons EPT (Figure 5.1, à droite) collectés sur la période 1995-2018, le secteur de Pierre-Bénite est le moins diversifié en taxons EPT des secteurs suivis du bas-Rhône (Péage-de-Roussillon = 28, Baix-le-Logis-Neuf = 21, Montélimar = 24 et Donzère-Mondragon = 27). L'Ordre des Trichoptères et l'Ordre des Ephéméroptères sont représentés respectivement par 9 et 5 taxons alors que l'Ordre des Plécoptères n'est quant à lui représenté que par 1 taxon. 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.

5.4.1.3 Composition faunistique

Avec un total de 27 % de l'abondance totale sur l'ensemble du suivi, ce sont les représentants de l'ordre des Diptères (Orthoclaadiinae, Tanytarsini) qui constituent la majorité du peuplement dans le secteur de Pierre-Bénite (Tableau 5.2). Les Diptères sont en général plutôt polluo-résistants et sont d'oligo à eutrophes. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur. Si l'abondance relative des Orthoclaadiinae est stable entre les deux périodes du suivi, celle des Tanytarsini a, quant à elle, nettement diminué après réhaussement du débit (abondance relative divisée par 10). Viennent ensuite plusieurs taxons rhéophiles ou potamiques dont les effectifs ont nettement augmenté entre les deux périodes : le Trichoptères *Psychomyia pusilla* (abondance relative multipliée par 9), les Diptères Simuliidae (abondance relative multipliée par 6) ou le Mollusques *Ancylus fluviatilis* (abondance relative multipliée par 10). A l'opposé, les effectifs de certaines espèces limnophiles ou potamo-lénitiques ont très fortement décliné entre les deux périodes comme les Diptères Chironomini (abondance relative divisée par 3.5), l'Ephémère *Caenis luctuosa* (abondance relative divisée par 11) ou encore le Mollusque *Valvata piscinalis* (abondance relative divisée par 36). L'espèce de Mollusque potamique *Theodoxus fluviatilis* a, quant à elle, totalement disparue entre les campagnes de 1999 et de 2001, probablement à cause des problèmes de qualité du périlithon (Neumann, 1961). Même si cela ne concerne que de faibles effectifs, on notera également le retour de l'Ephémère *Potamanthus luteus* typique de grande rivière de piémont et de plaine, ou encore de l'Ephémères potamique *Ecdyonurus aurantiacus*.

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite est, avec le vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, le secteur le plus proche de la confluence avec la Saône. Or, la Saône constitue un corridor fluvial pour l'extension dans le territoire français des taxons exogènes d'origine pontocaspienne qui colonisent le continent européen (Galil *et al.*, 2008). C'est dans le secteur de Pierre-Bénite que nous observons ainsi l'arrivée régulière de nouveaux taxons exogènes dans ce suivi. Les campagnes réalisées en 2018 ont vu l'apparition de 3 nouveaux taxons exogènes : les Crustacés *Chelicorophium robustum*, *Dikerogammarus haemobaphes* et le Mollusque bivalve *Dreissena rostriformis*. Les abondances des taxons exogènes sont souvent erratiques, avec certaines espèces dont les abondances fluctuent fortement d'une année à l'autre (ex : *Corbicula fluminea*), d'autres ont vu leur abondance augmentée progressivement puis décroître régulièrement d'années en années (ex : *Dugesia tigrina*). Enfin, certaines espèces ne font que croître depuis leur arrivée comme le Crustacé *Jaera istri* qui avait une abondance relative de 0.01 % en 2008 et représente à lui seul en 2018 presque 30 % de l'effectif total. Toutefois, ce phénomène de colonisation même s'il peut être parfois favorisé par les augmentations de débit (Paillex *et al.*, 2015), n'est pas directement lié aux opérations de restauration. En effet ce phénomène se situe à l'échelle du Bas-Rhône voire du Rhône en général.

Tableau 2 - Comparaison de l'abondance relative (%) des principaux taxons, classés en fonction de leur abondance sur l'ensemble du suivi (effectif $\geq 0.1\%$ du nombre total d'individus), entre les périodes avant et après rehaussement des débits, entre les totaux annuels, stations amont et radier confondues. Un accroissement des effectifs entre les deux périodes est surligné en vert et, inversement, une diminution en jaune.

taxa	Total 95 18	Total 95 99	Total 01 18	Total 95	Total 96	Total 98	Total 99	Total 01	Total 02	Total 03	Total 08	Total 10	Total 12	Total 18	
Orthoclaadiinae	26.94	29.65	25.22	63.40	30.12	28.66	20.67	26.64	16.79	20.63	29.81	23.91	42.51	19.66	Taxons dominants
Tanytarsini	12.87	28.83	2.70	7.51	16.56	4.98	52.78	6.71	2.46	2.91	1.99	3.69	1.51	1.15	
<i>Jaera istri</i>	8.45		13.84								0.01	20.29	21.95	29.77	
<i>Psychomyia pusilla</i>	7.72	1.29	11.82	0.14	0.42	2.51	1.55	16.53	21.38	15.77	13.70	7.99	9.69	6.64	
Simuliidae	6.89	1.61	10.26	0.69	4.82	0.13	0.66	0.07	18.90	0.36	28.71	17.05	1.00	0.06	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	3.82	0.59	5.89	0.83	1.14	0.96	0.03	1.07	7.70	2.32	4.67	8.41	5.28	5.77	Taxons sub-dominants
<i>Hydropsyche</i> spp.	2.91	3.15	2.75	2.93	6.65	0.71	2.27	10.83	4.17	4.81	3.12	2.25	0.15	0.08	
Oligochaeta ind.	2.77	2.96	2.65	6.21	1.59	7.15	0.95	2.40	4.53	1.00	2.50	0.99	3.11	4.50	
Chironomini	2.61	4.63	1.33	4.37	8.00	3.96	3.04	1.53	4.17	1.60	2.47	0.36	0.74	0.14	
Gammaridae-Pontogammaridae	2.52		4.13						0.20	1.14	1.25	2.95	3.87	14.16	
<i>Hydra</i> spp.	2.50	0.95	3.49	0.22	1.80	1.92	0.21	0.15	0.11	29.78		0.32	0.72	0.14	
<i>Stylaria lacustris</i>	2.01	4.52	0.41	1.17	3.56	12.63	2.26	1.53	1.43	0.07	0.04	0.27	0.18	0.04	Taxons résidents
<i>Dikerogammarus villosus</i>	1.39		2.28						0.26	1.02	0.93	2.71	4.15	4.11	
<i>Hydropsyche exocellata</i>	1.30	1.71	1.04	1.51	4.05	0.78	0.83	6.87	1.23	2.61	0.57	0.12	0.12	0.20	
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1.13	2.89		1.85	3.05	6.94	1.23								
<i>Baetis fuscatus</i>	0.98	0.40	1.34	0.23	0.05	0.11	0.79	7.11	0.98	0.89	1.77	1.16	0.38	0.64	
<i>Caenis luctuosa</i>	0.95	2.14	0.20	0.51	0.71	2.22	3.39	0.06	0.01	0.57	0.24	0.34	0.05	0.04	Taxons sub-résidents
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0.95	0.25	1.40		0.58	0.44	0.04	0.08	3.33	0.20	0.36	2.24	1.40	0.40	
<i>Corbicula fluminea</i>	0.80	1.27	0.51	1.85	2.28	0.66	0.79	3.29	0.73	0.62	0.24	0.14	0.25	0.16	
<i>Dugesia tigrina</i>	0.75	1.09	0.53	0.36	0.25	2.12	1.31	0.92	2.08	0.93	0.55	0.04	0.11	0.01	
<i>Hydroptila</i> spp.	0.61	0.07	0.96	0.02	0.07	0.01	0.11	0.63	0.52	2.58	0.37	0.59	0.25	1.86	
<i>Valvata piscinalis</i>	0.59	1.44	0.04	0.05	0.80	6.08	0.06	0.08	0.19	0.07	0.01	0.00	0.01		
<i>Baetis</i> spp.	0.56	0.35	0.70	0.07	0.06	0.52	0.51	3.18	1.35	0.76	0.71	0.42	0.08	0.18	Taxons sub-résidents
Tanypodinae	0.55	1.17	0.15	0.49	3.30	1.07	0.15	0.23	0.04	0.67	0.09	0.02	0.29	0.00	
<i>Dikerogammarus</i> spp.	0.53		0.86											4.85	
<i>Asellus aquaticus</i>	0.47	0.76	0.29	0.03	0.04	3.40	0.15	0.91	1.64		0.01		0.01		
Corixidae	0.45	1.15			0.04	0.11	2.58								
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0.44	0.54	0.38	1.05	1.10	0.43	0.12	2.06	0.53	0.28	1.35	0.01	0.04	0.00	
<i>Radix balthica-labiata</i>	0.42	0.89	0.12	0.07	2.40	1.40		0.07	0.16	0.07	0.01	0.07	0.17	0.23	
<i>Hydropsyche modesta</i>	0.30	0.32	0.28	0.56	0.59	0.06	0.22	3.21	0.34	0.22	0.05	0.00			
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	0.30		0.49						0.08		0.51	1.58	0.02	0.01	
<i>Ecnomus tenellus</i>	0.28	0.48	0.15	1.34	1.10	0.16	0.03	0.78	0.37	0.39	0.01	0.00	0.01	0.01	
<i>Dreissena polymorpha</i>	0.26	0.04	0.40	0.06	0.07	0.01	0.03	0.14	0.04	3.16	0.31	0.01		0.01	
<i>Gammarus</i> spp.	0.22	0.48	0.06	0.37	0.03	0.12	0.93	0.04	0.09	0.25	0.16	0.01			
<i>Ceraclea dissimilis</i>	0.22	0.28	0.19	0.14	0.75	0.12	0.11	0.51	0.89	0.10	0.14	0.01	0.01		
<i>Heptagenia sulphurea</i>	0.22	0.14	0.27	0.27			0.26	0.56	0.12	0.29	1.19	0.04	0.36	0.04	
<i>Hypania invalida</i>	0.21		0.35							0.07	0.59	0.74	0.22	0.30	
Hydracarina	0.20	0.31	0.13	0.03	0.37	0.26	0.37	0.13	0.09	0.20	0.08	0.26	0.02	0.01	
<i>Chelicorophium</i> spp.	0.17		0.27										0.22	1.36	
<i>Bithynia tentaculata</i>	0.16	0.26	0.10	0.06	0.18	0.79	0.11	0.49	0.25	0.12	0.04	0.03	0.09		
<i>Cyrrhus trimaculatus</i>	0.16	0.19	0.15	0.73	0.27	0.10	0.03	0.07	0.76	0.26	0.09				
<i>Valvata</i> spp.	0.15	0.36	0.02		0.75	0.82	0.03	0.06	0.03	0.07					
Asellidae	0.14	0.34	0.01	0.01	0.03	1.64	0.01	0.18	0.01						
Hemerodromiinae	0.14	0.01	0.22			0.01	0.03	0.33	0.07	0.02	0.06	0.05	0.01	0.91	
<i>Caenis</i> spp.	0.13	0.27	0.05			0.57	0.37			0.14	0.14	0.03	0.01	0.04	
<i>Physella acuta</i>	0.12	0.28	0.02		0.52	0.75			0.14			0.01			
<i>Chaetogaster</i> sp.	0.11	0.27	0.01	0.02	0.54	0.68		0.01		0.01	0.01		0.01	0.02	
<i>Gammarus fossarum</i>	0.10	0.19	0.05	0.11	0.12		0.34	0.01	0.09	0.07	0.25		0.01		
<i>Erpobdella octoculata</i>	0.10	0.18	0.05	0.01	0.34	0.42	0.03	0.10	0.13	0.12	0.03		0.05	0.01	

5.4.1.4 Evolution des taxons appartenant à la guildes des rhéophiles

Parmi les 203 taxons possédant un modèle de préférences hydrauliques (Forcellini *et al.*, in prep, Annexe 5.2), 22 taxons rhéophiles ont été collectés lors des 22 campagnes d'échantillonnage réalisées dans le secteur de Pierre-Bénite.

Malgré une forte variabilité inter-campagne, l'abondance relative de la guildes des taxons rhéophile augmente après rehaussement du débit réservé (Figure 5.2). En effet, l'abondance relative moyenne de cette guildes passe de 11% avant restauration à 30% après restauration. Cette augmentation est tirée par les effectifs de Trichoptères *Hydropsyche exocellata* et les juveniles d'*Hydropsyche* à partir de 2001, puis par les Diptères Simuliidae à partir de 2002. A partir de 2010 c'est le Crustacé exogène *Jaera istri* qui représente la majorité des effectifs de taxons rhéophiles. Dans une moindre mesure, on peut également noter l'augmentation des effectifs des Ephémères du genre *Baetis* (*Baetis fuscatus*, *Baetis lutheri*, *Baetis rhodani* et les *Baetis* juveniles) avec des abondances relatives multipliées par 4.5 après restauration du débit.

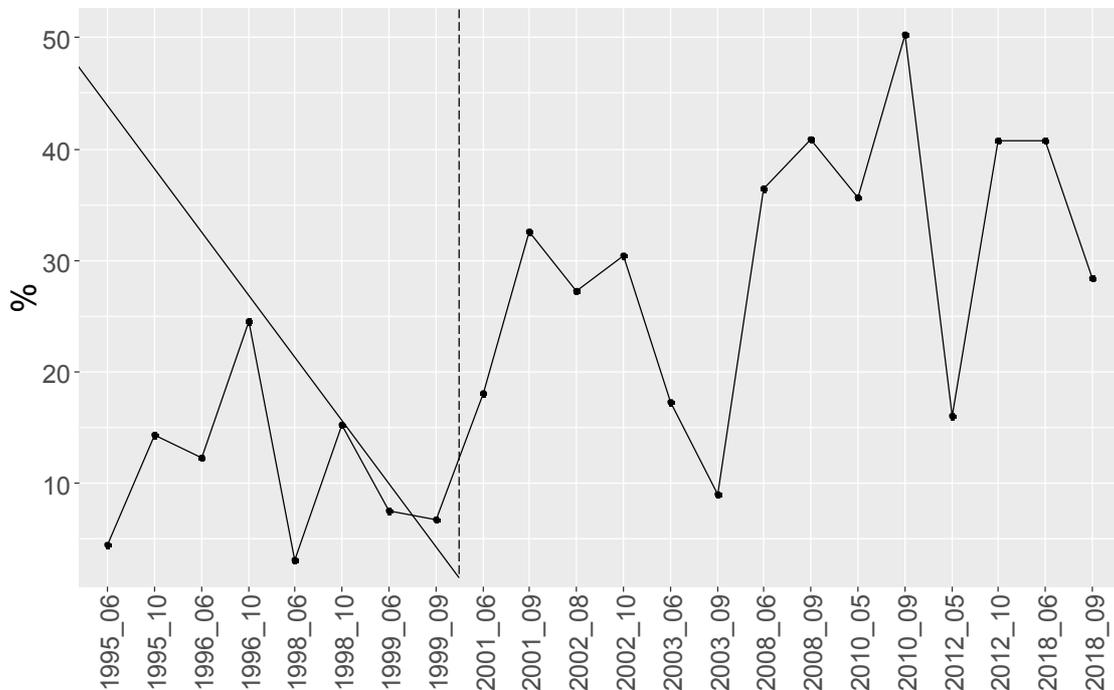


Figure 5.2 - Evolution de l'abondance relative des taxons rhéophiles. La ligne verticale noir signale la date de rehaussement des débits réservés.

5.4.1.5 Evolution des communautés de macroinvertébrés

Afin de visualiser les changements de la structure des communautés d'invertébrés de nos stations de suivi au cours du temps, une analyse en composante principale (Figure 5.3) a été réalisée sur les logarithmes des densités moyennes par campagne (i.e. site x date).

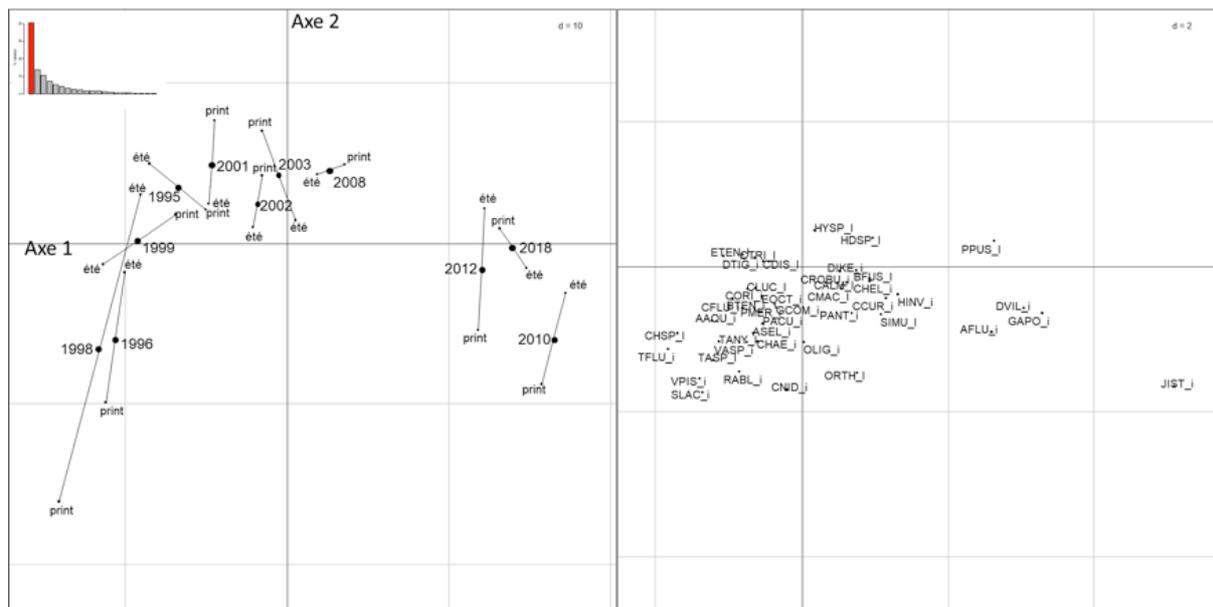


Figure 5.3 - Analyse en composantes principales (ACP) sur les logarithmes (densité+1) par campagne. A gauche, le plan factoriel représentant la trajectoire du secteur en fonction des années de suivi. A droite, la position des taxons dans ce même plan factoriel. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seuls les taxons ayant un score supérieur à 0.5 sur les axes 1 et 2 sont représentés.

L'axe 1 représente à lui seul 41 % de la variation observée dans le jeu de donnée (Figure 5.3). Il permet de discriminer les années avant le rehaussement du débit réservé (1995 à 1999) qui possèdent des coordonnées négatives sur cet axe, des années 2001 à 2008 qui possèdent des coordonnées proches de 0 et des années 2010 à 2018 qui quant à elles possèdent des coordonnées positive sur l'axe 1. Les communautés d'invertébrés ont donc évolué après restauration et se sont ensuite stabilisées jusqu'en 2008. Elles ont ensuite évolué une seconde fois à partir de 2010 pour se stabiliser à nouveau.

L'axe 1 de l'ACP discrimine assez nettement les années de suivi pré-restauration des années de suivi post restauration (Figure 5.4-a). Les années de suivi pré-restauration (1995-1999) sont caractérisées par un peuplement composé de taxons aux préférences hydrauliques limnophiles comme les Chironomes de la tribu des Chironomini, le Mollusque *Valvata piscinalis* ou encore le Crustacé *Asellus aquaticus* (Figure 5.4-c) et au statut trophique plutôt eutrophe. Les premières années de suivi post-restauration (2001-2003) sont caractérisées par un peuplement comportant plus de taxons rhéophiles (*Ancyclus fluviatilis*, Simuliidae, *Hydropsyche* juv., *Baetis fuscatus*, ...) et au statut trophique plus oligotrophe, témoignant ainsi d'une amélioration de la qualité trophique du secteur. La période 2001-2003 est également caractérisée par une diminution drastique des taxons limnophiles qui dominaient le peuplement avant rehaussement du débit (*Asellus aquaticus*, Chironomini, *Valvata piscinalis*). Ces premières années de suivi post-restauration sont également caractérisées par l'arrivée en

2002 de taxons exogènes comme les Crustacés *Dikerogammarus villosus* ou *Chelicorophium curvispinum*. Enfin, la période récente de 2010 à 2018 se singularise des autres années de suivi par l'augmentation importante des abondances de certains taxons typiques des grands cours d'eau de plaine comme le Mollusque *Ancylus fluviatilis* ou encore le trichoptère *Psychomyia pusilla*, mais également par l'augmentation du Crustacé exogène *Dikerogammarus villosus*.

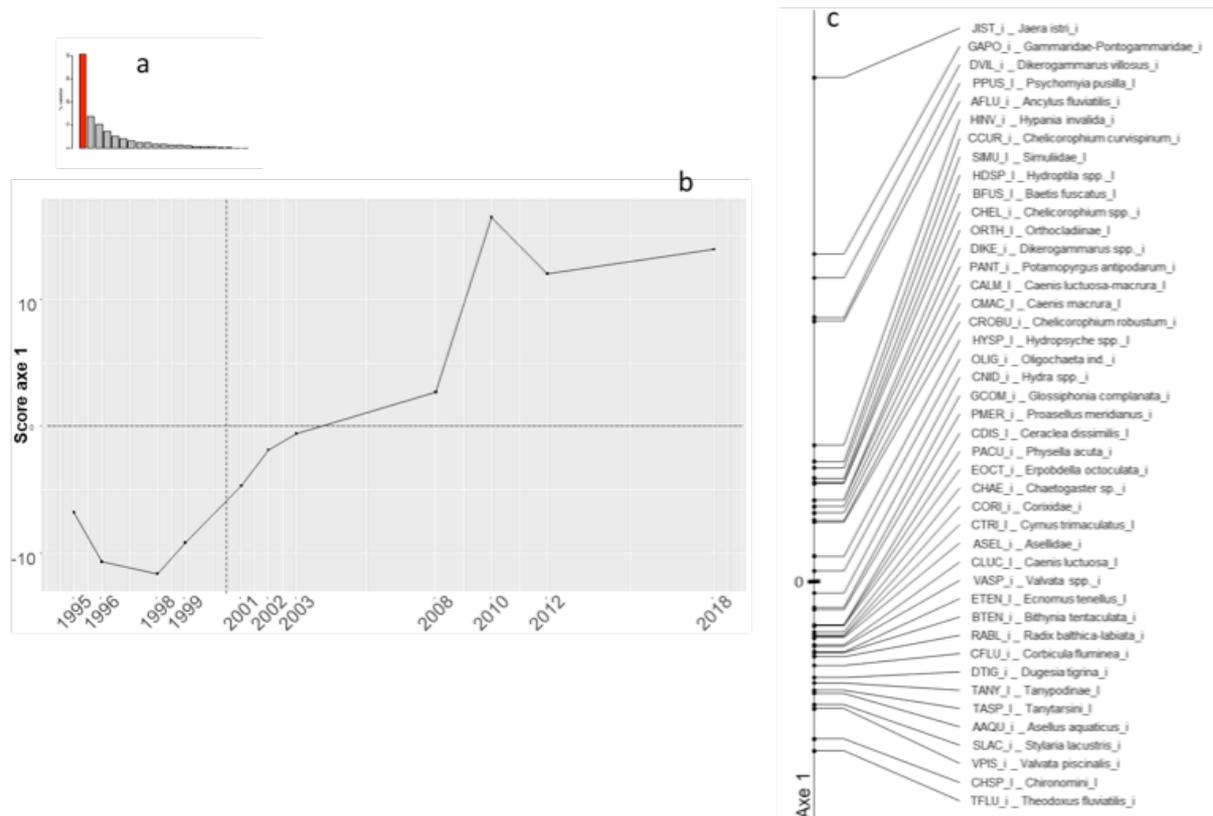


Figure 5.4 - a : graphique des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (1995-2018) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seuls les taxons ayant un score supérieur à 0.5 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noir signale la date de rehaussement des débits réservés.

5.4.2 Baix -le-Logis-Neuf

5.4.2.1 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 Rhoneco. 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 5.4). 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 5.4 - 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, 2017 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 $130 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ au lieu de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ théorique. En revanche le débit était de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pendant les 4 jours précédant la date d'échantillonnage.

5.4.2.2 Richesse taxonomique

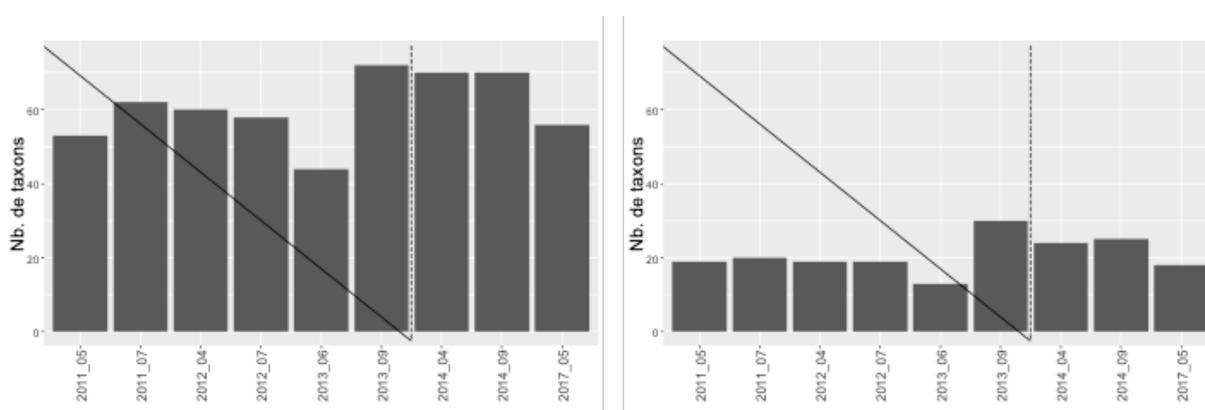


Figure 5.5 - Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Baix-le-Logis-Neuf. A gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en taxon EPT. La ligne verticale en noir signale la date de rehaussement des débits réservés.

Comme pour les autres secteurs suivis, la richesse taxonomique montre de forte fluctuation inter-campagne (Figure 5.5). La richesse taxonomique a augmenté après restauration avec en moyenne 58 taxons avant et 65 taxons après. En revanche la richesse en taxons EPT est plutôt stable entre les deux périodes avec en moyenne 20 taxons avant restauration et 22 taxons après. Avec en moyenne 11 taxons par campagne sur l'ensemble du suivi, c'est l'Ordre des

Trichoptères qui est le plus représenté dans ce secteur. Viennent ensuite les Ephémères avec 8 taxons et les Plécoptères avec seulement 1 taxon. 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.

5.4.2.3 Composition faunistique

Avec un total de 35 % de l'abondance totale sur l'ensemble du suivi, ce sont les Diptères Orthocladiinae qui constituent la majorité du peuplement dans le secteur de Baix-le-Logis-Neuf (Tableau 5.3). Les Diptères sont en général plutôt polluo-résistants et sont d'oligo à eutrophes. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur. Le Trichoptère potamique *Psychomyia pusilla* arrive en deuxième position avec plus de 17 % de l'effectif total. Le Crustacé exogène *Jaera istri* se place en troisième position avec une abondance relative (14 %) du même ordre que *Psychomyia pusilla*. Malgré une surreprésentation en 2012, son abondance relative est plutôt stable entre les 2 périodes du suivi. Viennent ensuite des taxons potamiques ou rhéophiles qui accroissent nettement leurs effectifs entre les deux périodes : le Mollusque *Ancylus fluviatilis* (abondance relative multipliée par 2), les Trichoptères *Hydropsyche* juvéniles (abondance relative multipliée par 4). A l'opposé, les effectifs de certaines espèces limnophiles ou potamo-lénitiques décroissent très fortement voire disparaissent entre les deux périodes comme par exemple les Ephémères Baetidae (non *Baetis*). Toutefois, certains taxons potamiques ou rhéophiles ont vu leurs effectifs diminués entre les deux périodes alors que l'on aurait attendu un accroissement de leurs effectifs, comme par exemple les Diptères Simuliidae ou l'Ephémère *Baetis fuscatus*. Connaissant la forte variabilité interannuelle des effectifs des macroinvertbrés benthiques et sachant que l'année 2017 n'est pour l'instant représentée que par la campagne de printemps, il est nécessaire d'avoir plus de recul pour confirmer ces résultats.

Tableau 5.3 - Comparaison de l'abondance relative (%) des principaux taxons, classés en fonction de leur abondance sur l'ensemble du suivi (effectif $\geq 0.5\%$ du nombre total d'individus), entre les périodes avant et après rehaussement des débits, entre les totaux annuels. Un accroissement des effectifs entre les deux périodes est surligné en vert et, inversement, une diminution en jaune.

taxa	Total 11_17	Total 11_13	Total 14_17	Total 2011	Total 2012	Total 2013	Total 2014	Total 2017	
Orthocladinae	35.21	34.27	39.80	40.41	35.74	14.48	49.46	22.51	Taxons dominants
<i>Psychomyia pusilla</i>	17.17	19.05	8.01	26.76	14.44	7.98	4.74	13.86	
<i>Jaera istri</i>	14.01	14.51	11.61	10.55	20.62	12.22	11.34	12.07	
Tanytarsini	8.50	9.66	2.80	2.18	2.50	45.13	3.51	1.53	
Gammaridae-Pontogammaridae	5.76	5.76	5.79	4.08	9.60	2.15	3.89	9.19	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	4.89	3.98	9.35	4.28	4.62	1.77	4.97	17.17	Taxons sub-dominant
<i>Dikerogammarus villosus</i>	3.46	3.32	4.13	2.99	4.59	1.52	2.33	7.36	
Chironomini	1.93	1.61	3.47	0.63	0.83	5.93	4.55	1.54	Taxons résidants
<i>Hydropsyche</i> spp.	1.42	0.90	3.94	1.16	0.18	1.72	2.23	6.99	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	1.00	0.64	2.77	0.37	0.78	1.06	3.81	0.93	
<i>Baetis</i> spp.	0.80	0.89	0.35	1.47	0.41	0.37	0.54	0.01	Taxons sub-résidants
Gastropoda ind.	0.75	0.90		0.11	2.03	0.63			
Simuliidae	0.71	0.80	0.26	1.06	0.79	0.11	0.39	0.03	
<i>Baetis fuscatus</i>	0.71	0.76	0.45	0.93	0.63	0.57	0.70		
<i>Hydroptila</i> spp.	0.65	0.74	0.24	1.15	0.23	0.69	0.09	0.51	
<i>Hypania invalida</i>	0.55	0.17	2.40	0.16	0.10	0.33	2.83	1.62	
<i>Hydropsyche exocellata</i>	0.22	0.07	0.95	0.07	0.04	0.11	0.81	1.22	
<i>Corbicula fluminea</i>	0.18	0.11	0.52	0.08	0.03	0.35	0.17	1.15	
<i>Caenis luctuosa</i>	0.17	0.16	0.23	0.21	0.11	0.14	0.32	0.06	
Hydracarina	0.17	0.18	0.09	0.06	0.33	0.19	0.12	0.06	
Tanypodinae	0.15	0.16	0.13	0.02	0.20	0.43	0.17	0.05	
<i>Caenis macrura</i>	0.12	0.13	0.10	0.16	0.13	0.02	0.13	0.05	
<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	0.11	0.14		0.24	0.04	0.06	0.00		
<i>Radix</i> spp.	0.10	0.07	0.29	0.11	0.04	0.01	0.32	0.22	
Baetidae	0.09	0.11		0.01	0.16	0.26			
Hemerodromiinae	0.09	0.09	0.06	0.06	0.03	0.30	0.08	0.01	
<i>Serratella ignita</i>	0.07	0.03	0.27	0.00	0.09	0.00	0.42	0.01	
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	0.07	0.02	0.30	0.03	0.01		0.15	0.56	
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.06	0.07	0.03	0.12	0.03	0.00	0.05		
Acoela	0.06	0.07	0.03	0.01	0.06	0.21	0.05		
<i>Erpobdella octoculata</i>	0.05	0.06	0.01	0.07	0.07	0.04	0.02		

5.4.2.4 Evolution des taxons appartenant à la guildes des rhéophiles

Parmi les 203 taxons possédant un modèle de préférences hydrauliques (Forcellini *et al.*, in prep, Annexe 5.2), 34 taxons rhéophiles ont été collectés lors des 9 campagnes d'échantillonnages réalisées dans le secteur de Baix-le-Logis-Neuf.

L'évolution de l'abondance des taxons appartenant à la guildes des rhéophiles montre une forte variabilité inter-campagne (Figure 5.6, courbe rouge). Néanmoins, on note que c'est le Crustacé exogène *Jaera istri* qui représente la grande majorité des taxons rhéophiles dans ce secteur. Ce Crustacé a été collecté pour la première fois en 2008 sur le secteur de Pierre-Bénite. Comme beaucoup d'espèces exogènes, les premières années après colonisation sont marquées par de fortes variations des abondances. Si l'on observe l'évolution des taxons

rhéophiles dans ce secteur sans ce Crustacé (Figure 5.6, courbe bleu), on remarque alors une nette augmentation de leur proportion après rehaussement du débit réservé. Cette augmentation est portée par les Trichoptères du genre *Hydropsyche* (*Hydropsyche exocellata* et *Hydropsyche* juvéniles) et de l'espèce *Cheumatopsyche lepida* avec des abondances relatives multipliées respectivement par 5 et 30.

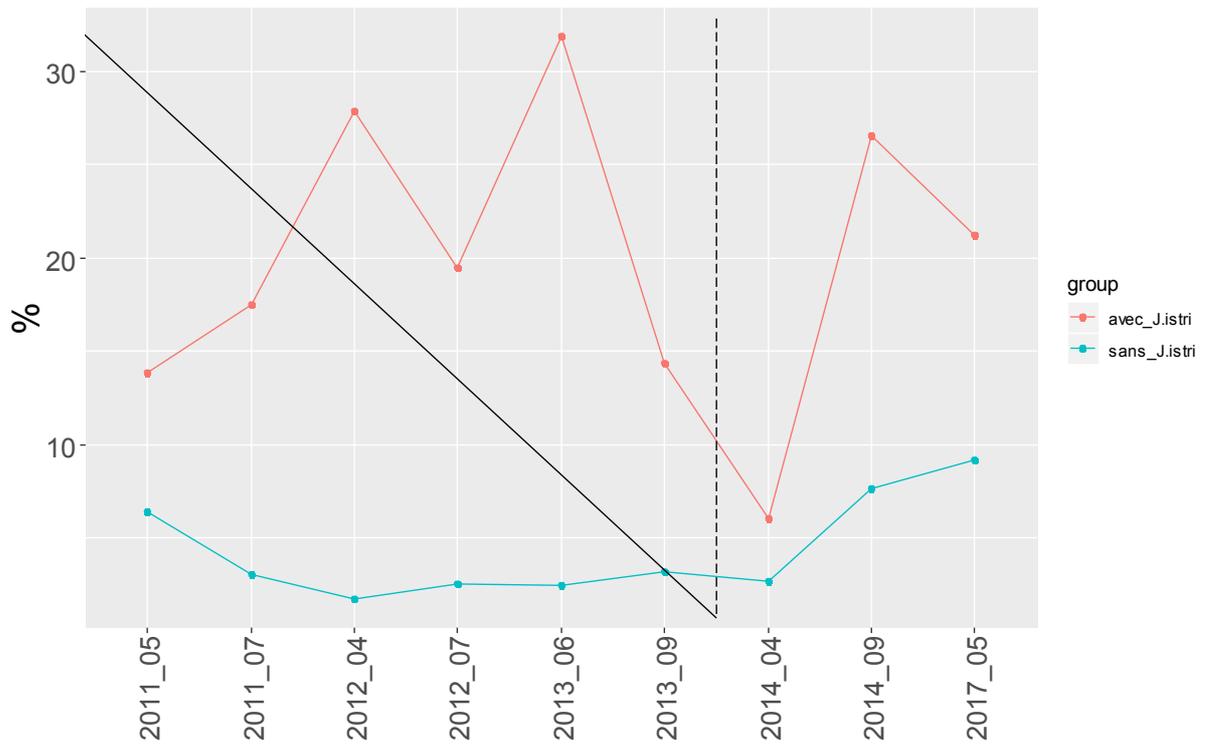


Figure 5.6 - Evolution de l'abondance relative des taxons rhéophiles. En rouge, avec le Crustacé exogène *Jaera istri*, en bleu sans *J.istri*. La ligne verticale noir signale la date de rehaussement des débits réservés.

5.4.2.5 Evolution des communautés de macroinvertébrés

Afin de visualiser les changements de la structure des communautés d'invertébrés de nos stations de suivi au cours du temps, une analyse en composantes principales (Figure 5.7) a été réalisée sur les logarithmes des densités moyennes par campagne (c.a.d. site x date).

L'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP représentent respectivement 40 % et 20 % de la variation observée dans le jeu de données (Figure 5.7).

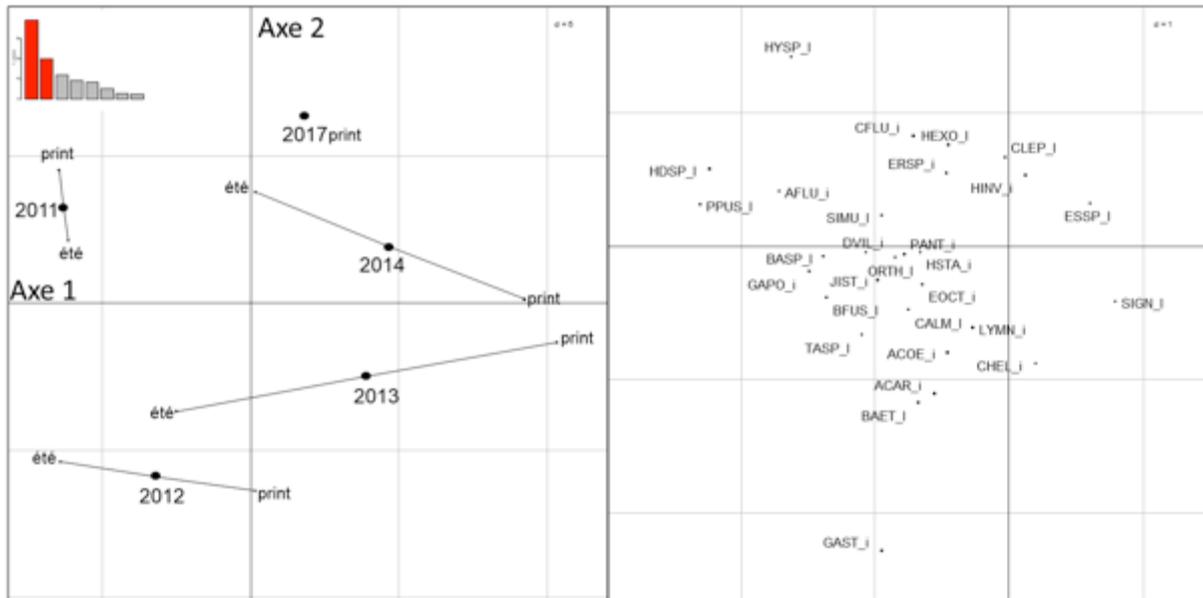


Figure 5.7 - Analyse en composantes principales (ACP) sur les logarithmes (densité+1) par campagne. A gauche, le plan factoriel représentant la trajectoire du secteur en fonction des années de suivi. A droite, la position des taxons dans ce même plan factoriel. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seuls les taxons ayant un score supérieur à 0.5 sur les axes 1 et 2 sont représentés.

L'axe 1 de l'ACP discrimine assez nettement les campagnes printemps et été des années 2011 et 2012 et été 2013 des campagnes printemps 2013 et 2017 et printemps et été 2014 (Figure 5.7, Figure 5.8b). Contrairement à nos attentes, la campagne de printemps 2013 se retrouve du même côté de l'axe que les campagnes post augmentation du débit réservé. Cela peut en partie s'expliquer par les conditions hydrauliques précédant cette campagne d'échantillonnage (cf. § 5.4.2.1). Ce contexte hydrologique semble avoir perturbé les communautés en place (phénomène de dérive). En effet, cette campagne de printemps 2013 est caractérisée par une abondance très faible (3599 individus) par rapport à la moyenne inter campagne (50319 individus). Cette campagne est également caractérisée par l'absence de taxons fréquemment récoltés lors des autres campagnes avant rehaussement du débit, comme les espèces du genre *Baetis* ou encore les espèces du genre *Hydropsyche*.

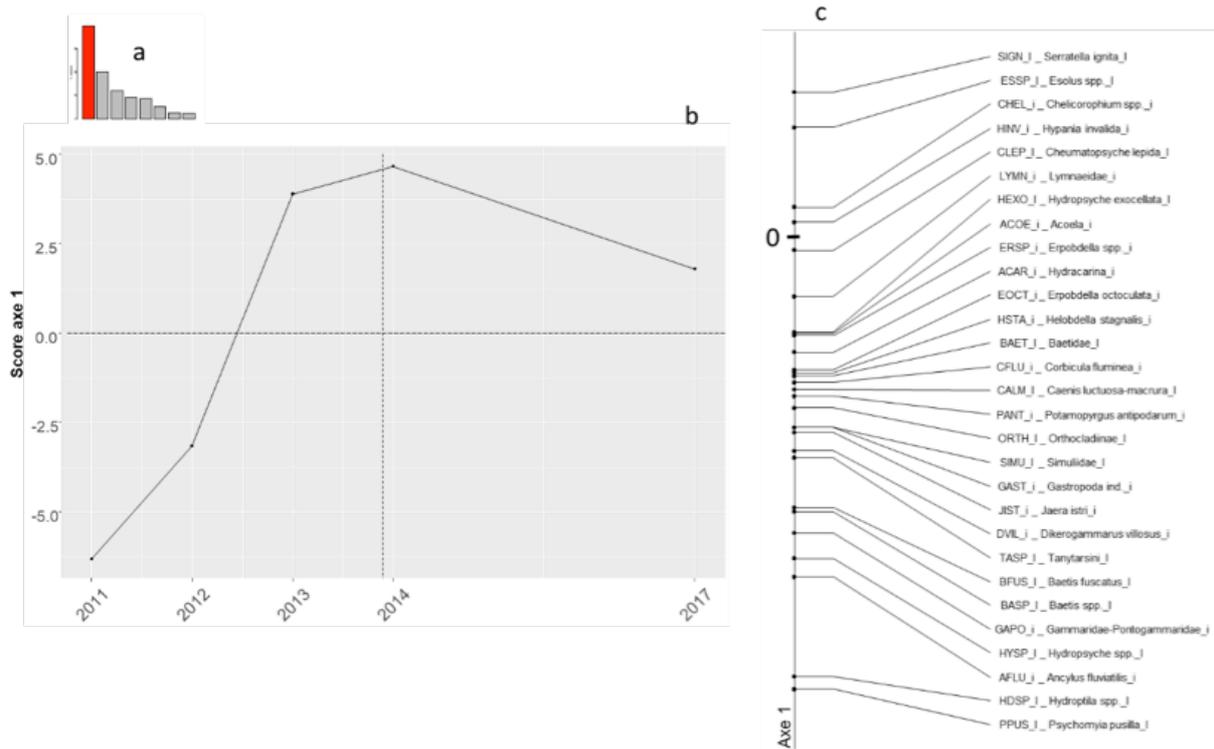


Figure 5.8 - a : graphique des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2011-2017) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seuls les taxons ayant un score supérieur à 0.5 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 2 de l'ACP discrimine les années avant rehaussement du débit réservé des années après rehaussement à l'exception de l'année 2011. Cette année a la particularité d'être en moyenne plus chaude et avec un débit plus faible que les autres années (Annexe 5.1) et est caractérisée par une forte représentation des Trichoptères *Psychomyia pusilla* et *Hydroptila* spp. et du Mollusque *Ancylus fluviatilis*, trois taxons racleur/brouleur, ainsi que les Diptères Simuliidae qui sont des taxons filtreurs de matières organiques (Figure 5.9b et 5.9c). La forte représentation de ces taxons pour cette année peut témoigner d'une charge importante en matière organique. On peut émettre comme hypothèse que l'association de débits faibles à des températures élevées pendant la période précédant nos campagnes d'échantillonnages a entraîné une production primaire importante (algues filamenteuse, phytoplancton, ...) ayant pour conséquence une modification des abondances relatives de ces taxons pour les deux campagnes de 2011.

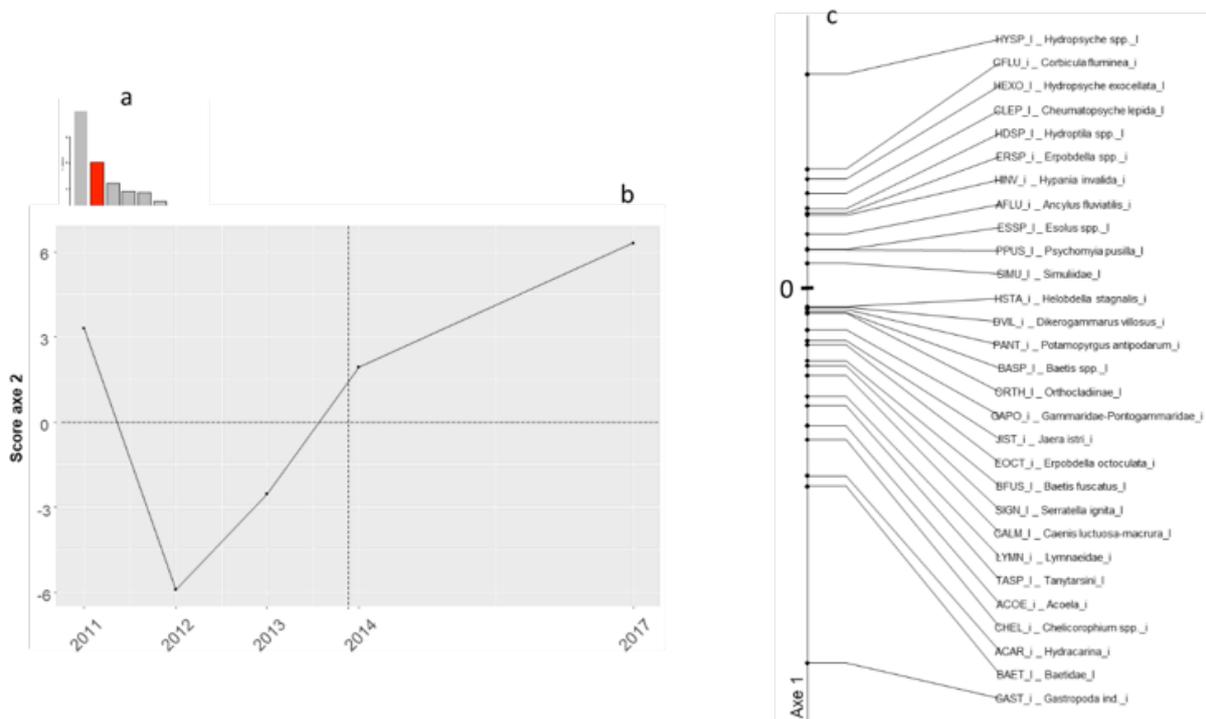


Figure 5.9 - a : graphique des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2011-2017) des coordonnées factorielles sur le deuxième axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le deuxième axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score supérieur à 0.5 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

Les campagnes de 2014 ont été réalisées seulement quelques mois après le rehaussement du débit réservé et constituent une année de transition. En effet, les communautés en place ont été perturbées par la forte augmentation de ce débit (x5). Les assemblages de taxons observés lors de la campagne de printemps 2014 sont très proches de ceux observés lors de la campagne de printemps 2013 (Figure 5.7).

L'année 2017 n'est représentée dans cette analyse que par la campagne de printemps (les travaux de tri et détermination de la campagne d'été sont en cours). Cette campagne nous permet d'observer l'évolution des communautés d'invertébrés avec plus de recul que les campagnes réalisées en 2014. Cette campagne 2017 est caractérisée par une augmentation très nette de l'abondance relative de certains taxons potamiques et/ou rhéophiles comme les trichoptères *Hydropsyche exocellata*, *Hydropsyche* juvéniles, *Cheumatopsyche lepida*, le mollusque *Ancylus fluviatilis* ou encore les diptères Simuliidae.

5.5 Conclusion

Si une forte variabilité temporelle des peuplements est toujours observée au fil des années, probablement liée aux fluctuations hydroclimatiques, les résultats de l'année 2018 pour le secteur de Pierre-Bénite sont dans la lignée des résultats enregistrés depuis les années 2000 et confirment une certaine pérennité dans les changements observés entre les 2 périodes (avant/après rehaussement du débit réservé). Ainsi, l'augmentation de la proportion de taxons potamiques et/ou réophiles, antérieurement présents mais plus localisés se confirme (ex : Trichoptères *Hydropsyche* spp., *Psychomyia pusilla*, Ephémères *Baetis fuscatus*, ...). Inversement, la diminution de taxons plus potamo-lénitiques comme l'Ephémère *Caenis luctuosa*, les Mollusques *Valvata piscinalis*, *Bithynia tentaculata* ou encore le Trichoptères *Ecnomus tenellus* se confirme également.

Comme pour le secteur de Pierre-Bénite, mais plus largement comme pour tous les secteurs suivis dans le cadre de ce programme, on observe sur le secteur de Baix-le-Logis-Neuf une forte variabilité temporelle des peuplements au fil des années. Néanmoins, les premiers résultats obtenus après rehaussement du débit réservé dans ce secteur vont dans le sens attendu même si on observe une certaine variabilité dans les réponses des taxons aux modifications de débit. En effet, certains taxons potamiques et/ou rhéophiles augmentent en proportion comme les Trichoptères *Hydropsyche* spp., *Psychomyia pusilla*, le mollusque *Ancylus fluviatilis* ou encore les Diptères Simuliidae mais d'autres comme l'Ephémère *Baetis fuscatus* ont vu leur proportion décroître après restauration. Inversement, la proportion de certains taxons plus potamo-lénitiques comme les Ephémères Baetidae (non *Baetis*), les sangsues *Erpobdella* spp. ou *Helobdella stagnalis* a diminuée comme attendu. Les résultats de la campagne d'été 2017 ou encore les échantillonnages prévus sur ce secteur en 2020 devraient nous permettre de confirmer cette tendance.

Enfin, les méthodes d'échantillonnages mises en œuvres dans le cadre de ce programme semblent pertinentes pour observer les changements engendrés par les opérations de restauration des débits réservés dans la mesure à condition que celles-ci soient d'une ampleur assez importante et que suffisamment de données soient disponibles pour définir un état initial robuste (> 2 ans).

6 Hydromorphologie des lônes

6.1 Objectifs et méthodologie

Depuis son lancement, le suivi scientifique aborde deux problématiques majeures en matière de dynamique hydromorphologique des lônes. Ces questionnements se déclinent en deux principaux axes de recherche permettant d'évaluer la pertinence des travaux de restauration réalisés le long du corridor rhodanien depuis 1999. Ils sont abordés à partir de mesures in situ reposant sur un protocole de suivi simple et facilement reproductible.

Axe 1 : Quelle est la durée de vie d'un bras restauré ? En d'autres termes, y a-t-il un comblement du bras par sédimentation ? Existe-t-il des phénomènes de décapage des sédiments fins 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 fins déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne (disponible par ailleurs) du bras qui est susceptible d'enregistrer le comblement des bras par les alluvions.

Axe 2 : La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans les bras ? Ces conditions d'habitat dépendent de la dynamique des écoulements transitant dans les bras et de la granulométrie du lit qui est associée. 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. Il s'agit également de valider le fait que les travaux de restauration permettent bien une diversification fonctionnelle des habitats entre les différents bras présents sur un même secteur. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la variabilité de la granulométrie des dépôts de fines intra et inter-bras est réalisé.

Les axes 1 et 2 constituent le cœur des réflexions menées dans le cadre du suivi hydromorphologique des bras restaurés. D'importantes avancées ont été réalisées récemment autour de ces problématiques notamment sur les bras pour lesquels on dispose d'un suivi post-travaux relativement long (bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite). En outre, nous avons pu démontrer que les patrons granulométriques longitudinaux (i.e. les conditions d'habitat ; Riquier *et al.*, 2015), les vitesses de comblement des bras par les alluvions fines et de fait leur durée de vie potentielle en tant qu'habitats aquatiques (Riquier *et al.*, 2017) peuvent être relativement bien estimés à partir de descripteurs simples de la dynamique des écoulements de crue transitant dans les bras (fréquence de fonctionnement lotique des bras,

capacité de reflux et intensité des écoulements en fonctionnement lotique, cf. Riquier et al., sous presse pour une synthèse en français). Ces modèles constituent d'ores et déjà des outils opérationnels pertinents, qui devraient permettre de fournir des éléments d'aide à la décision lors de la conception technique des futures actions de restauration sur le Rhône. Cependant, la poursuite des efforts de restauration sur le Rhône moyen et le Bas-Rhône, a fait émerger de nouveaux questionnements abordés dans un troisième axe de réflexion initié depuis 2018.

Axe 3 : Les modèles établis sur les bras restaurés du haut-Rhône et de Pierre-Bénite sont-ils généralisables à l'ensemble du corridor fluvial que ce soit sur des sites restaurés ou non restaurés ?

En l'état, ces modèles (i.e. prédiction des vitesses de comblement et des patrons granulométriques) ne sont a priori pas généralisables à d'autres contextes géographiques (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 concentrations). Il s'agit ici de traiter les thématiques de recherche abordées dans les axes 1 et 2 en comparant les conditions observées sur les bras restaurés et non restaurés à la fois sur le Haut-Rhône, le Rhône médian et le Bas-Rhône, ainsi que leurs trajectoires évolutives lorsque cela est possible.

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

(i) **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 chacun des bras (1 point tous les 10 m. de linéaire, soit entre 19 et 291 points par bras). 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 20 à 30 mètres) a été mis en place sur la lône de Malaubert et la lône de la Roussette, étant donné l'étendue du linéaire prospecté sur ces bras. D'autre part, des secteurs exondés au moment des mesures ont été sondés à la tarière pédologique ou au pénétromètre. C'est notamment le cas de nombreux bras totalement atterris en état initial sur les secteurs de Montélimar et de Donzère-Mondragon.

(ii) **la distribution granulométrique.** Cinq prélèvements équi-répartis longitudinalement sont réalisés dans l'axe des bras 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. Tout échantillon dont la taille médiane estimée in situ excède 2 mm est considéré comme matériel grossier, sans distinction de taille plus précise. Les échantillons de fines (< 2 mm) prélevés lors des campagnes de terrain font, par la suite, l'objet d'analyses granulométriques réalisées en laboratoire, à partir d'un granulomètre laser.

Ces investigations s'accompagnent également d'une analyse 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 actions réalisées au cours de l'année 2018. Les points suivants sont résumés dans la suite du rapport :

- Collecte et mise en forme des données
- Comparaison des vitesses de comblement de bras restaurés et non restaurés le long du corridor rhodanien : état d'avancement
- Conclusion et perspectives

6.1 Collecte et mise en forme des données

6.1.1 Campagne de suivi 2018

L'ensemble des suivis prévus dans le planning ont été réalisés sur le secteur de Péage-de-Roussillon (Platière, Noyer Nord, Noyer Sud, Ilon, Boussarde, Sainte). Sur le secteur de Donzère-Mondragon, les premiers relevés post-restauration ont été effectués sur Malaubert et Dions. Les travaux n'étant pas finalisés sur la Surelle, les mesures ont été repoussées à 2019. Les campagnes initialement prévues pour 2018 sur Malourdie (Chautagne), Ciselande et Jaricot (Pierre-Bénite) ont également été repoussées à 2019. Par ailleurs, nous avons réalisé l'analyse granulométrique d'environ 300 prélèvements de fines. Ce travail conséquent a permis de mettre à jour les traitements associés. Enfin, l'ensemble des informations collectées ont été intégrées à la base de données alimentant l'affichage dynamique des mesures issues du suivi hydromorphologique sur le site internet dédié au suivi. Nous avons pu identifier de

nombreuses difficultés d’affichage sur certaines métriques et certains bras. Un temps sera consacré à la résolution de ces dysfonctionnements d’ici la fin du premier semestre 2019.

6.1.2 Archives photographiques et cartographiques

Un nombre conséquent de documents d’archives ont été géoréférencés depuis le début du projet, notamment pour mieux comprendre les états initiaux avant restauration et les comparer ensuite avec les états restaurés. La combinaison des données acquises dans le cadre de "RhônEco" avec celles issues d'autres études menées sur le fleuve (projet OHM de F. Arnaud, OSR), nous permet d'envisager une analyse comparative de l'évolution planimétrique du réseau de bras sur différents tronçons du fleuve (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Donzère-Mondragon), depuis le XVIIIe siècle.

Ce travail, qui fait l'objet d'un mémoire de recherche de master 2 en 2019 (A. Duclaux), doit permettre de comparer les trajectoires évolutives inter et intra-tronçons (cf. Figure 6.1). L'objectif principal est de déterminer si certains paramètres morphométriques et/ou de localisation des bras fluviaux (e.g. angle de connexion, longueur/largeur initiale, distance au chenal principal ...) ont une influence sur la durabilité de ces formes fluviales en tant qu’habitats aquatiques (axe 2). Ces réflexions permettront de mieux cerner les liens entre pérennité des bras et évolution de la diversité des conditions d'habitat entre les différents bras à l'échelle d'un même tronçon sur le long terme (axe 1). L'ensemble des résultats attendus viennent aussi alimenter les réflexions actuellement menées dans le cadre de l'axe 3 (cf. § 6.3). Il s'agit, en outre, de mieux caractériser le fonctionnement actuel des bras restaurés et de saisir les différences qui existent entre les bras restaurés et les bras anciens de manière à mieux cerner l'effet de la quasi-absence de transport solide actuel sur le devenir des bras et de mieux anticiper les enjeux en lien avec les opérations de redynamisation des vieux-Rhône en cours et à venir.

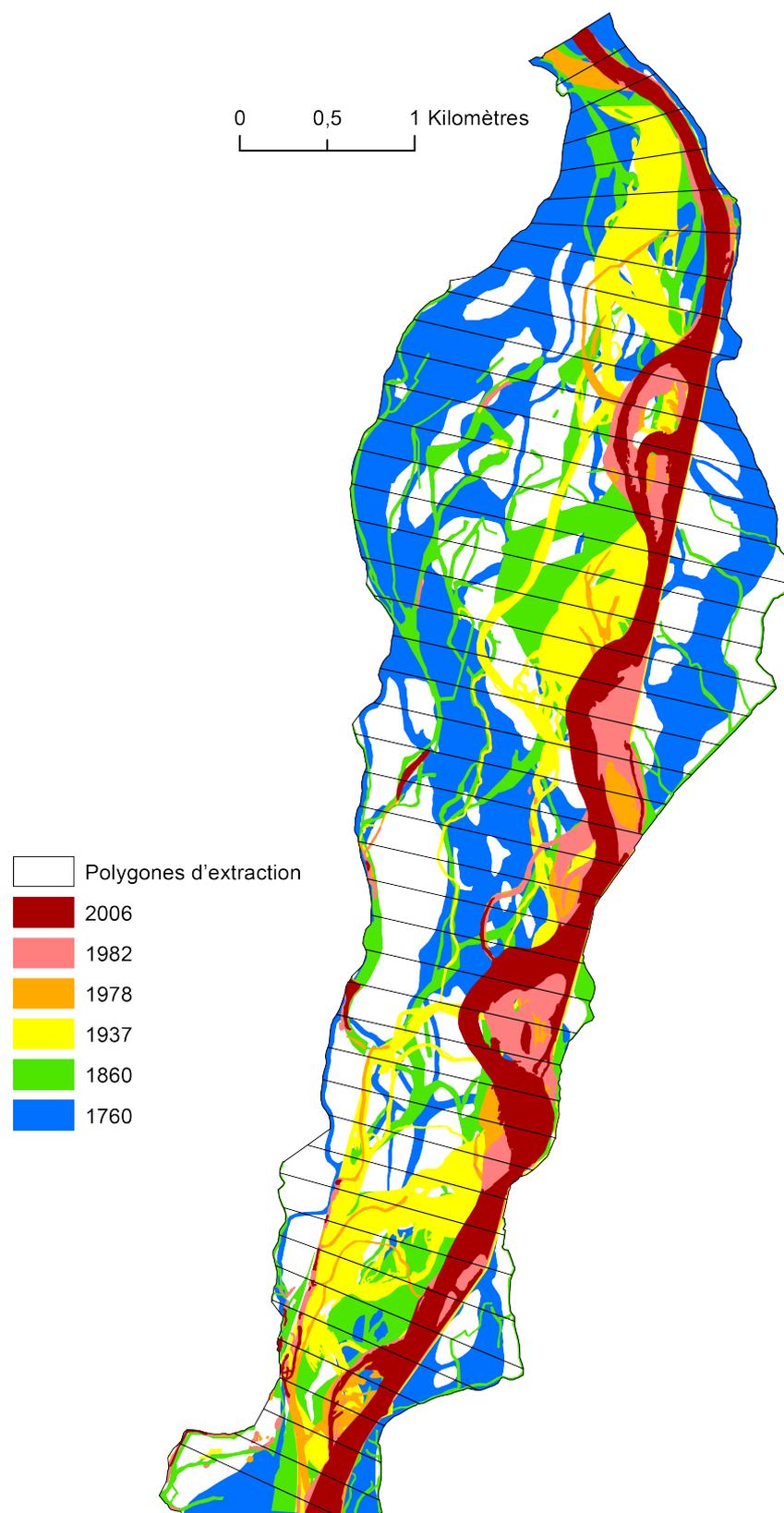


Figure 6.1 - Exemple de données brutes disponibles pour l'analyse planimétrique inter-intra tronçons : évolution de la bande "fluviale" (bande active et zones en eaux isolées d'origine fluviale) sur le tronçon de Chautagne depuis 1760. Les différentes métriques d'intérêt (e.g. angle de connexion, longueur/largeur initiale, distance au chenal principal, connectivité chenal principal/bras) sont déterminées pour chaque date. Ces informations sont par la suite extraites à partir de polygones équirépartis tous les 200 mètres de linéaires pour permettre une analyse diachronique de l'évolution des patrons spatiaux extraits longitudinalement.

Pour pouvoir nous 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), une nouvelle approche a été développée. Ce travail important initiée début 2018 (et présenté dans le rapport d'étape 2017) a depuis été approfondi. Cette partie fait l'état des avancées réalisées sur cette thématique.

Pour être en mesure de comparer l'ensemble des taux de sédimentation mesurés dans les bras suivis dans le cadre de RhônEco [notés \overline{SED}], un référentiel régional a été créé (Figure 6.2). En pratique, ce jeu de données nous a permis de déterminer une loi statistique reflétant les vitesses maximales de comblement des bras par les fines observées sur le Rhône [\overline{SED}_{max} , cm/an]. Nous avons utilisé cette référence pour calculer des taux de sédimentation normalisés [\overline{SED}^* , %], où pour chaque bras i 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 :

$$\overline{SED}^*_i = \frac{\overline{SED}_i \times 100}{\overline{SED}_{max(i)}}$$

Par la suite, nous avons tenté de déterminer si la position des bras le long du corridor rhodanien avait une influence sur les vitesses de comblement mesurées (Figure 6.3). La localisation des bras le long du corridor a été déterminée selon trois grands ensembles géographiques : le Haut-Rhône (en amont de Lyon), le Rhône moyen (du confluent Saône-Rhône au confluent Rhône-Isère), le Bas-Rhône (en aval de l'Isère). Pour réaliser cette analyse comparative, nous n'avons retenu qu'une seule observation de vitesse de comblement normalisée pour chaque combinaison unique de bras et de statut. Pour les bras sur lesquels nous disposons de plusieurs années d'observations, la dernière valeur de vitesse de comblement normalisée a été retenue ; les premières observations dans les bras restaurés sont souvent atypiques et les vitesses de comblement dans les bras non restaurés sont globalement stables.

La figure 6.3 semble mettre en évidence une légère tendance à l'augmentation des vitesses de comblement de l'amont vers l'aval du corridor rhodanien, tant pour les bras restaurés que pour les bras non restaurés. Pour vérifier cette tendance, des tests non paramétriques ont été réalisés pour déterminer s'il existait des différences significatives en termes de vitesse de comblement entre les différents groupes testés. Au sein de chaque grand ensemble géographique, considéré indépendamment les uns des autres, les bras restaurés ne présentent

pas de différences statistiquement significatives vis-à-vis des bras restaurés (tests de Mann-Whitney). Il en va de même en ce qui concerne les bras non restaurés des trois ensembles géographiques (test de Kruskal-Wallis, $P = 0.09$).

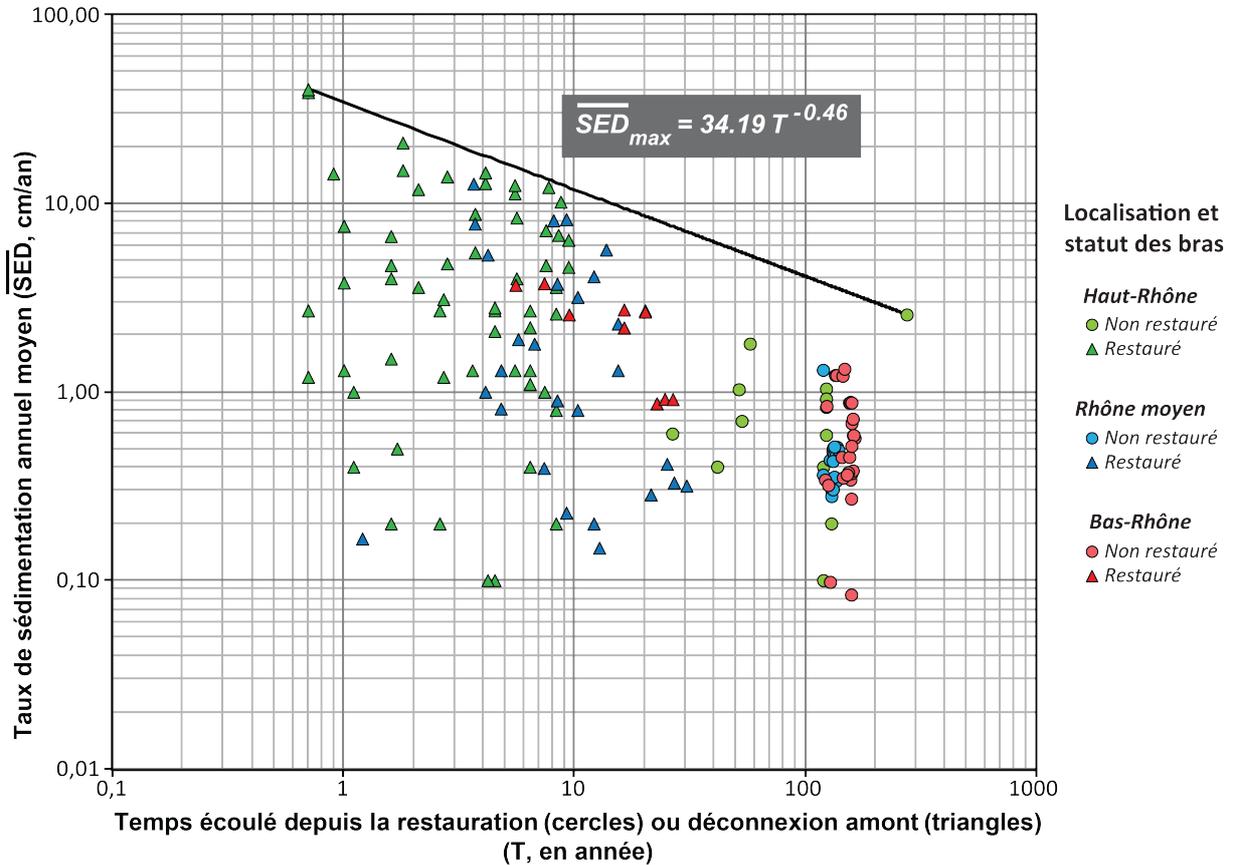


Figure 6.2 - Relation entre taux de sédimentation observés dans des bras restaurés et non restaurés localisés le long du corridor rhodanien en fonction de leur âge.

N.B. : Les données affichées sont issues de l'ensemble des observations réalisées dans le cadre de RhônEco. Autrement dit, un même bras peut-être affiché plusieurs fois. Les données concernant les bras du Rhône disponibles dans l'article de Citterio et Piégay (2009) sont également intégrées, ainsi que certains relevés de la CNR (notamment Ciselande et Jaricot avant travaux sur le vieux-Rhône de Pierre-Bénite, Cornas sur l'aménagement de Bourg-Lès-Valence). L'analyse porte ainsi sur 178 observations réalisées sur un total de 68 bras uniques. On notera que l'utilisation d'échelles logarithmiques ne permet pas de représenter les bras enregistrant des taux de sédimentation nuls ($\overline{SED} = 0$ cm/an). On notera que la loi de sédimentation maximale des bras du Rhône est tenue d'une part par la première observation réalisée sur la lône restaurée du Ponton pour les bras les plus jeunes (40,3 cm/an après 0,7 années ; secteur de Brégnier-Cordon) et d'autre part par l'ancien méandre du Sauget (2,57 cm/an après 275 années secteur de Brégnier-Cordon) qui constitue une exception ancienne sur le Haut-Rhône disposant d'une géométrie très piègeante.

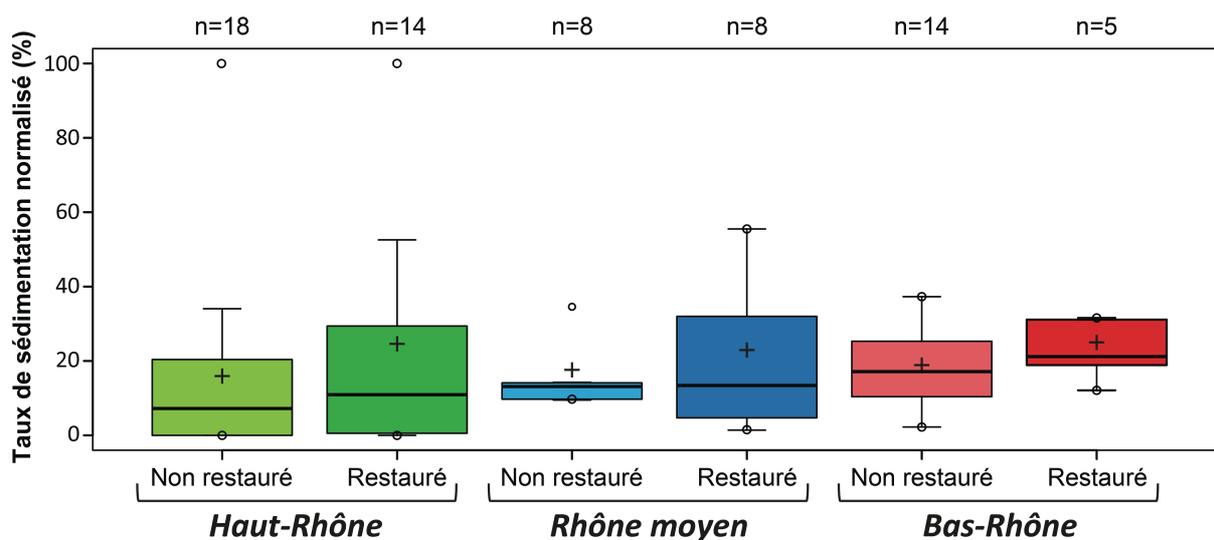


Figure 6.3 – Distribution statistique des vitesses de comblement normalisées des bras le long du corridor rhodanien en fonction de leur statut (restauré vs non restauré).

N.B. : Pour chaque ensemble géographique : la boîte rectangulaire représente le 25ème et 75ème percentile. La ligne horizontale affichée en gras symbolise la valeur médiane. Le symbole « + » permet de localiser la valeur moyenne. Les « moustaches » représentent les valeurs « extrêmes » inférieures et supérieures (1,5 x écart interquartile). Les cercles pointent les valeurs minimales et maximales dans chaque série. Le nombre de bras pour chaque groupe est indiqué au-dessus de chaque « boîte à moustaches ».

Pour approfondir cette étude comparative, nous avons réalisé des analyses de covariance (ANCOVA, tests paramétriques). Ces analyses sont combinées à des tests statistiques complémentaires (test post-hoc de Tukey) pour déterminer si des différences significatives existent entre les différents groupes testés et les variables explicatives introduites dans les modèles. Autrement dit, il s'agit de tester l'effet de la localisation des bras le long du corridor rhodanien sur les relations statistiques liant vitesses de comblement (variable à prédire) et fonctionnement hydrodynamique des bras (variables explicatives). Trois variables explicatives sont testées :

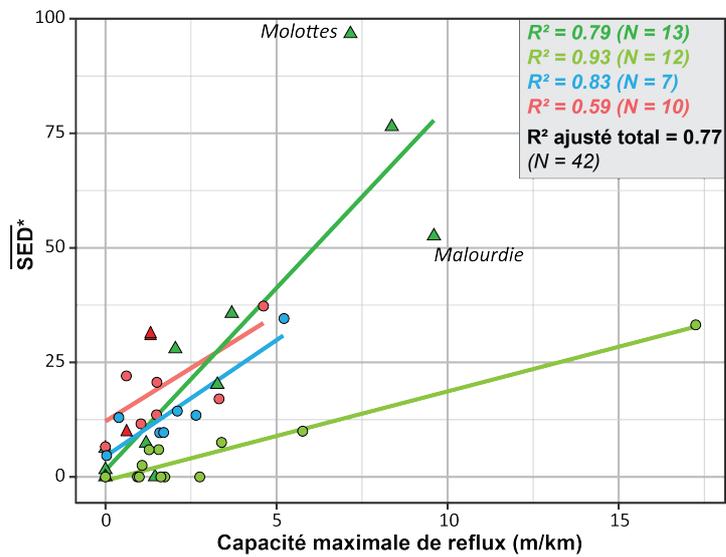
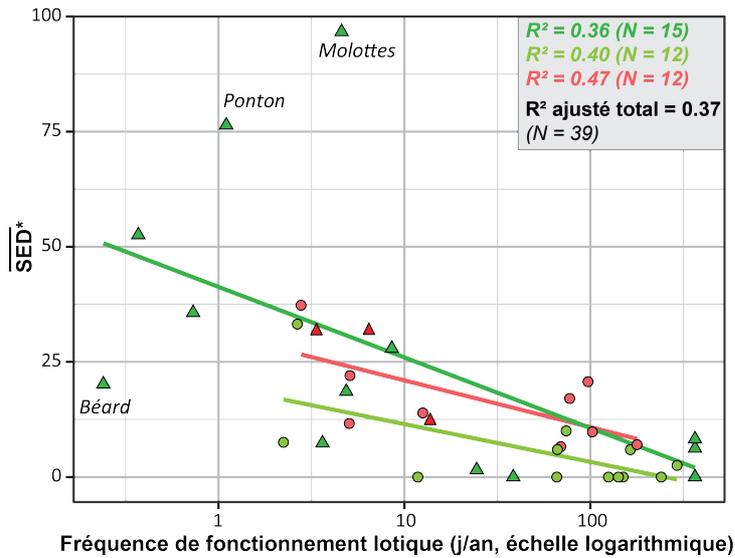
- la **fréquence de fonctionnement lotique** des bras (j/an) qui renseigne le potentiel de décapage des bras (capacité de rajeunissement voire d'auto-entretien) et le potentiel de sédimentation essentiellement par apports sableux depuis l'amont en fonctionnement courant ;
- la **capacité maximale de reflux** (m/km) qui constitue un excellent 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 événements compris entre la crue biennale et la crue décennale** qui constitue un bon indicateur du potentiel de décapage des bras.

Les résultats des modèles confirment que les variables reflétant l'hydrodynamisme des bras lors des crues constituent des paramètres de contrôle de premier ordre de leur comblement (Figure 6.4). Les analyses réalisées ne permettent pas de mettre en évidence de différences statistiques significatives entre les bras des différentes sous-populations testées en termes de relations entre les vitesses de comblement normalisées d'une part et la fréquence de fonctionnement lotique et l'intensité des écoulements en crue d'autre part (Figures 6.4 et 6.5). En revanche, à capacité maximale de reflux équivalente, les bras non restaurés du Haut-Rhône présentent des vitesses de comblement significativement plus faibles que celles observées dans les bras restaurés du Haut-Rhône et les bras non restaurés du Rhône moyen et du Bas-Rhône. Ces trois derniers ensembles ne présentent pas de différences significatives. Deux facteurs explicatifs principaux en lien avec la géométrie des bras peuvent expliquer les différences mises en évidence entre les bras non restaurés et restaurés du Haut-Rhône :

(i) la plupart des bras non restaurés du haut-Rhône se trouvaient littéralement perchés au-dessus du chenal principal avant restauration, limitant ainsi leur capacité de piégeage des fines ;

(ii) les travaux de restauration (excavation / curage des alluvions fines) ont souvent nécessité de "sur-creuser" le fond de ces bras par rapport à leur géométrie initiale, avec pour conséquence une augmentation de leur capacité de piégeage. Pour autant, ce "surcroit" de sédimentation ne remet pas en cause la durée de vie des bras restaurés du Haut-Rhône. Il est en quelque sorte compensé par l'augmentation substantielle des hauteurs d'eau imputable aux travaux de restauration.

En résumé, en phase de reflux et à débit équivalent, la lame d'eau chargée en matières en suspension entrant dans les bras du Haut-Rhône (et donc les potentialités de dépôt) est moins importante dans les bras non restaurés que dans ceux ayant été recreusés. A l'heure actuelle, nous ne disposons pas d'assez de données pour déterminer si cette différence fonctionnelle entre les bras restaurés et non restaurés s'applique également aux bras du Rhône moyen et du Bas-Rhône. Toutefois, les observations réalisées sur les bras de Donzère-Mondragon qui ont fait l'objet d'interventions dans les années 1980 (République, Grange écrasée ; Figure 6.4) et le fait que peu de bras du Rhône en aval de Lyon se trouvent véritablement perchés, on peut raisonnablement penser qu'une telle différence ne se retrouve pas sur ces secteurs.



- Quatre 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 Rhône moyen } Pierre-Bénite et Péage-de-Roussillon
 - 4) ● Bras non restaurés } du Bas-Rhône } Montélimar et
 - ▲ et restaurés } Donzère-Mondragon

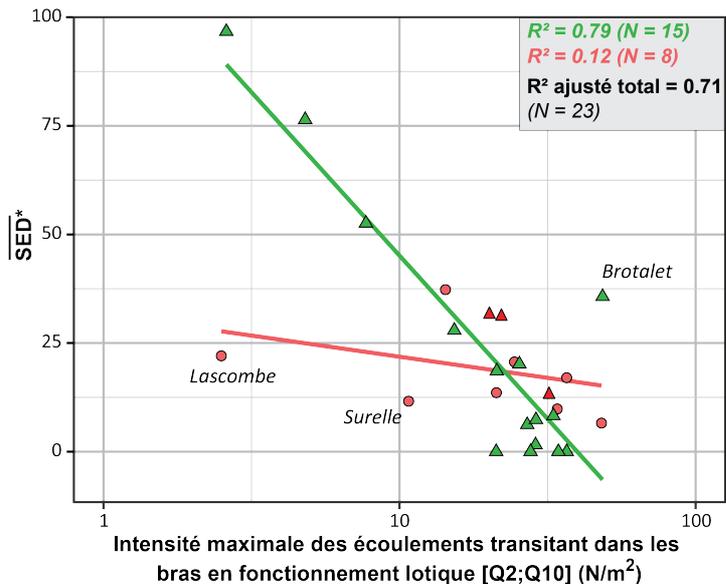


Figure 6.4 - Relations statistiques liant les vitesses de comblement normalisées et les métriques caractérisant la dynamique des écoulements de crue au sein de bras restaurés et non restaurés dans différents secteurs du Rhône (analyses de covariance). Les valeurs affichées reflètent l'état d'avancement des calculs (avril 2019).

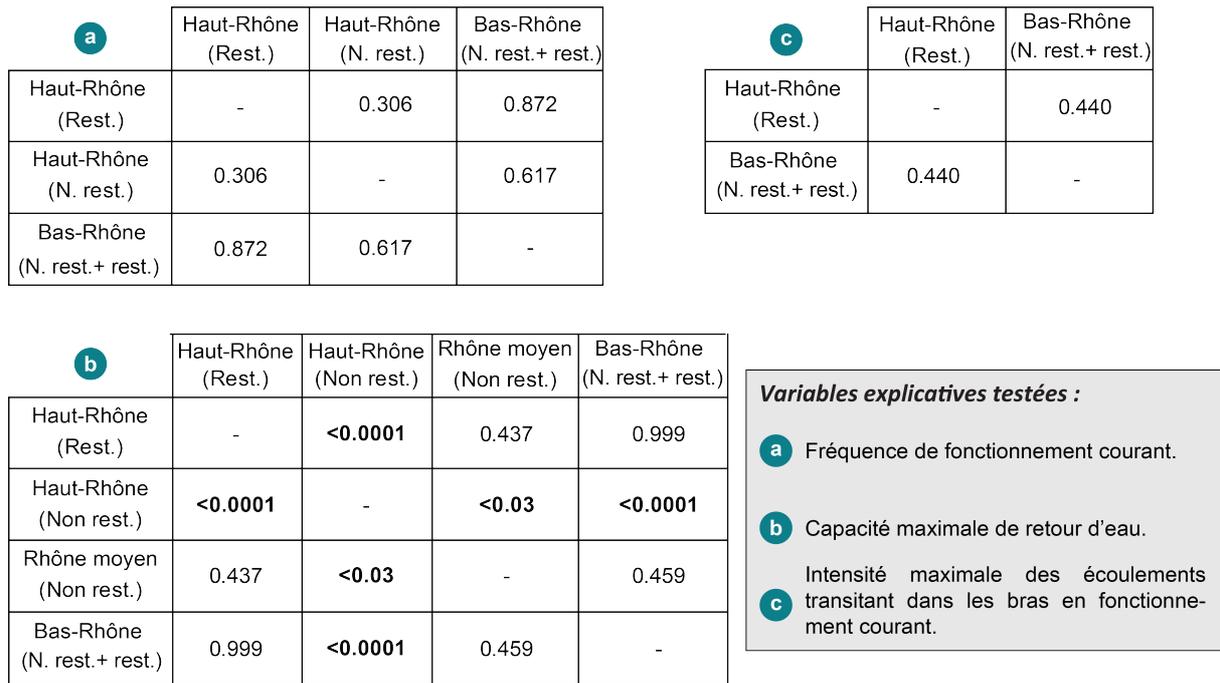


Figure 6.5- Comparaison inter-secteurs des relations statistiques établies entre vitesses de comblement normalisées et métriques caractérisant la dynamique des écoulements de crue au sein de bras restaurés et non restaurés (tests DSH de Tukey réalisés sur les analyses de covariance présentées sur la figure 6.4).

N.B. : Rest = bras restaurés ; N. rest. = bras non restaurés. Les valeurs-p affichées en gras soulignent les différences statistiquement significatives ($p < 0.05$).

D'autre part, hormis le cas spécifique des bras non restaurés du Haut-Rhône, nous ne retrouvons pas de différences significatives entre les bras restaurés du Haut-Rhône et les bras non restaurés du Rhône moyen et du Bas-Rhône, contrairement à notre hypothèse initiale. On notera que le modèle liant vitesse de comblement normalisée et capacité maximale de reflux est moins performant sur les bras du Bas-Rhône (Figure 6.4). Ces derniers sont ceux pour lesquels on observe le plus grand nombre d'ouvrages de correction fluviale (type traverse, "barrage"). Ce constat illustre très vraisemblablement le fait que ces aménagements influencent significativement les patrons de sédimentation.

Pour approfondir cette analyse, il nous faut finaliser les calculs de fréquence de fonctionnement lotique (Rhône moyen) et d'intensité des écoulements (Rhône moyen, Bas-Rhône) lorsque cela est possible. Dans le même esprit, la comparaison des patrons granulométriques observés sur l'ensemble des bras suivis sera réalisée en 2019.

6.2 Conclusions et perspectives pour 2019

Depuis 2018, les efforts de recherche se sont tournés vers la production de modèles généralisables à l'ensemble des bras du Rhône, de Genève à la mer. Une nouvelle approche a

été développée à cet effet pour prédire les vitesses de comblement des bras restaurés et non restaurés le long du corridor rhodanien. Ces analyses, qui restent incomplètes à ce jour, ont permis de mettre en évidence qu'il existe des différences notables en termes de vitesse de comblement avant et après restauration sur le Haut-Rhône. Toutefois, les vitesses de comblement sont a priori similaires entre les bras restaurés du Haut-Rhône et les bras non restaurés du Rhône moyen et du Bas-Rhône. Une analyse comparative inter-intra tronçons de l'évolution planimétrique du réseau de bras a également été initiée. Elle permettra de mieux cerner l'ensemble des facteurs explicatifs de l'évolution multi-date (i) des conditions d'habitat entre les bras des différents tronçons et (ii) de la durée de vie des bras restaurés et en état initial, dans une perspective de généralisation des modèles statistiques produits ces dernières années à partir des bras restaurés du Haut-Rhône.

7 Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Rhône dans le secteur du Péage-de-Roussillon (2007 – 2017).

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.

Le présent rapport propose une première synthèse sur l'état des communautés des lônes suivies dans le secteur du Péage-de-Roussillon. Il couvre une période totale de 10 années (2007 – 2017) au cours de laquelle la plupart des stations ont pu être échantillonnées à 6 reprises (3 années) avant restauration et à 4 reprises (2 années) après l'élévation des débits réservés en 2014. L'accent est mis sur la présentation pour chaque station, de l'évolution des métriques décrivant la richesse et la diversité des communautés d'invertébrés et la contribution des espèces exogènes.

7.2 Sites et méthodes

Cinq « lônes » suivies au Péage-de-Roussillon sont analysées dans le présent rapport (Tableau 7.1). On pourrait plus exactement les regrouper en trois « complexes » puisque la Boussarde et la Platière sont en fait constituées de plusieurs chenaux interconnectés. En particulier, le complexe de la Platière regroupe le chenal principal de la Platière, l'Ilon qui lui est connecté par l'aval et les deux Noyés (nord et sud) qui fonctionnent comme des chenaux latéraux complètement connectés à la Platière. Les périodes effectives d'échantillonnage peuvent varier entre lônes, en particulier en ce qui concerne les dates précédant l'augmentation des débits réservés (2014). Entre une et trois stations ont été échantillonnées sur chaque « lône » (voir Annexes). Les stations rendant compte des lônes recreusées dans des thalwegs secs (NOYS et ILONnew) n'ont évidemment été suivies qu'après leur création en tant que milieux aquatiques.

Tableau 7.1 – Plan d'échantillonnage des 11 stations suivies dans le secteur du Péage-de-Roussillon (2007 – 2017).

		Boussarde	Boussarde	Boussarde	Ilon	Ilon	Noyer Nord	Noyer Sud	La Platière	La Platière	La Platière	Sainte
		BOUSam	BOUSamb	BOUSct	ILONav	ILONnew	NOYN	NOYS	PLATam	PLATct	PLATav	SAIN
2007	18-23 juillet				*		*		*	*	*	*
2008	26.mai				*		*		*	*	*	*
2009	7-11 septembre	*		*								
2010	01.avr	*		*								
2010												
2011	25 mars () & 7-10 juin	(*)	(*)	(*)	*				*	*	*	*
2011	23-26 août	*	*	*	*				*	*	*	*
2012												
2013	11-12 juin & 8 juillet	*	*		*		*		*	*	*	*
2013	11-12 septembre	*	*		*		*		*		*	*
2014												
2015	8,12,26 juin				*	*	*	*	*	*	*	*
2015	25-26 août				*	*	*	*	*	*	*	*
2016												
2017	7-9 juin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2017	7-8 septembre	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Les stations suivies peuvent être regroupées en fonction du type de restauration dont elles ont fait l'objet depuis 2007:

Recreusement et reconnexion aval au Rhône : SAIN, BOUSamb (connexion au Rhône via l'aval de la Boussarde)

Recreusement sans reconnexion : ILONnew

Recreusement et reconnexion à la Platière : NOYS

Augmentation de la fréquence des crues par abaissement des enrochements amont : PLAT, NOYN, NOYS, ILON

Augmentation de l'hydraulicité par destruction d'enrochements latéraux et transversaux : BOUSam, BOUSct

7.2.1 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 à l'intérieur du quadrat de la façon la plus exhaustive possible à l'épuisette (ouverture 15 x 12cm). 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 hétéroptères) 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 264 échantillons élémentaires est analysé ici.

7.2.2 Analyse des données et calcul des métriques

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour décrire les dissimilarités faunistiques entre sites et les changements temporels de la composition des assemblages. Les taxons indicateurs contribuant le plus à une typologie des stations issue de l'ACP ont été identifiés par le calcul et le test de la significativité de leur valeur indicatrice pour les groupes typologiques, selon De Cáceres & Legendre (2009) et De Cáceres *et al.* (2010, 2012).

Six métriques sont utilisées ici pour décrire la diversité et les changements des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes 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 en insectes EPT. C'est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Epheméroptères, 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).

Trois métriques ont été consacrées à exprimer la prévalence des espèces exogènes au bassin du Rhône (Besacier-Monbertrand, 2010). Ces espèces appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés, des mollusques, bivalves ou gastéropodes et des annélides polychètes.

- (6) le nombre d'espèces exogènes par site (richesse spécifique)
- (7) la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien calculée par rapport à l'abondance totale dans les relevés.
- (8) la densité moyenne (en nombre d'individus / 0.25m²) des espèces exogènes par site

L'intervalle interquartile (Q25-Q75) de ces métriques mesurées avant restauration a été utilisé comme référence pour l'évaluation des changements temporels.

Les calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le logiciel R (R Core Team, 2016) dans RStudio et les jeux de fonctions ade4 (Dray & Dufour, 2007), vegan (Oksanen *et al.*, 2017) et indicpecies (De Cáceres & Legendre, 2009).

7.3 Caractérisation globale des communautés d'invertébrés des lônes suivies dans le secteur du Péage-de-Roussillon.

Les données faunistiques obtenues de 2007 à 2017 considérées ici sont constituées de 255 échantillons élémentaires prélevés dans 11 stations et contenant 155 taxons. L'analyse globale des échantillons élémentaires additionnés par station pour chaque date d'échantillonnage montre une structure spatiale très marquée (Figure 7.1). Trois ensembles de stations peuvent être considérés :

Groupe G1 : les stations lotiques du complexe de la Platière (PLATct et av, Noyer nord et sud).

Groupe G3 : les stations peu ou pas connectées au Rhône à caractère essentiellement lentique (toutes les stations de la Boussarde, l'Ilon et la lône de la Sainte avant restauration)..

En position intermédiaire, le groupe G2 rassemble la station amont de la lône de la Platière et la lône de la Sainte après restauration.

Ce sont bien les différences spatiales entre stations qui expliquent majoritairement les variations de composition faunistique (46% de la variabilité faunistique, $p = 0.001$). Les variations temporelles sont comparativement beaucoup plus faibles, en particulier seuls 3% ($p = 0.01$) de la variabilité faunistique totale peuvent être associés à la différence entre les périodes pré- et post-restauration. Seul le cas de la lône de la Sainte montre une transition nette des communautés d'invertébrés entre deux états distincts (Figure 7.1), l'état post-restauration traduisant bien dans ce cas une composition à caractère plus rhéophile.

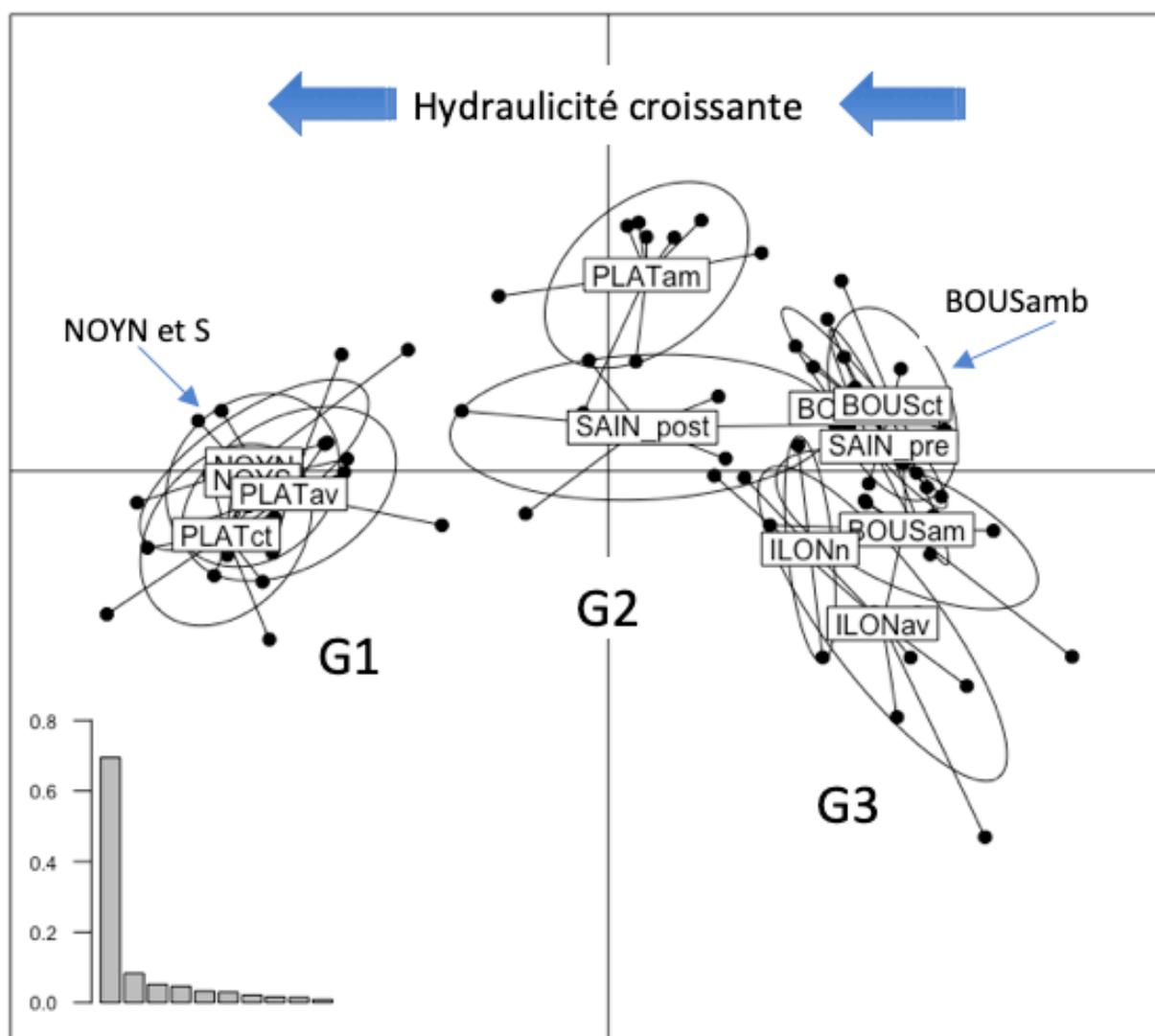


Figure 7.1 – Ordination de 11 stations étudiées sur les lônes du secteur de Péage-de-Roussillon (2007-2017).

Analyse en Composantes Principales (ACP) inter-stations sur les données d'abondance des taxons \log_e -transformées (155 taxons). Le graphique en barres représente le pourcentage de variabilité expliquée par chaque axe de l'ACP : 1^{er} axe (horizontal) – 69%, 2^{ème} axe (vertical) – 8%. Chaque point ($n=85$) correspond à l'état de la communauté à une date donnée (somme de 3 échantillons élémentaires). Trois groupes de stations (G1 à G3) sont constitués. Seule la station SAIN est ici subdivisée en un état pré- (SAIN_pre) et un état post-restauration (SAIN_post).

Les groupes de stations G1 à G3 peuvent être caractérisés par des taxons « indicateurs » (Tableau 7.2). En G1, le complexe lotique de la Platière est caractérisé par un cortège d'insectes EPT rhéophiles comme *Heptagenia sulphurea*, *Baetis*, *Caenis macrura*, *Goera pillosa*, *Psychomyia pusilla*, *Hydropsyche*, les odonates *Calopteryx splendens*, *Onychogomphus forcipatus* et les crustacés exogènes *Dikerogammarus villosus* et *Jaera istri*. En G3, les sites lentiques sont caractérisés par les coléoptères *Haliphus* et *Laccophilus*, le gastéropode invasif *Gyraulus parvus* et un cortège d'odonates lénitophiles (*Anax*, *Coenagrion puella* / *pulchellum* et *Erythromma*). Les stations « intermédiaires » du groupe 2 possèdent peu de taxons caractéristiques, mais plusieurs en communs avec les milieux lotiques dont de nombreux exogènes (les crustacés *Chelicorophium curvispinum*, *Gammarus tigrinus*, les mollusques *Corbicula fluminea* et *Potamopyrgus antipodarum*, le Polychaete *Hypania invalida*), ainsi qu'avec les milieux lentiques (*Cloeon dipterum*, *Valvata piscinalis*) et les exogènes *Limnomysis benedenyi* et *Haitia acuta*.

Si l'analyse globale des variations spatio-temporelles de la composition faunistique des stations montre peu de changements temporels, à l'exception du cas de la lône de la Sainte, la mesure de la diversité des communautés par la richesse raréfiée montre d'importantes variations lorsque les échantillons réalisés dans les différentes stations sont regroupés par périodes d'échantillonnage (Figure 7.2). Ainsi, la diversité de l'ensemble prélevé varie considérablement entre les trois périodes qui précèdent 2014 (entre 91 et 121 taxons pour 30'000 individus). Il en va de même pour la diversité des gastéropodes qui décroît de 18 à 12 taxons pour 8'700 individus. Dans les deux cas, les valeurs mesurées en 2013 sont les plus basses. Après la restauration du débit réservé, les valeurs mesurées pour la communauté totale et pour les gastéropodes remontent mais restent dans la gamme basse des valeurs pré-restauration. Dans le cas des insectes EPT, les valeurs pré-restauration ne montrent pas de différences significatives entre 18 et 22 taxons pour 1'300 individus, par contre elles augmentent après 2014 et atteignent un maximum en 2017 (27 taxons pour 1'300 individus, significativement plus élevé que toutes les valeurs antérieurement mesurées). Les valeurs basses mesurées en 2013 peuvent être mises en relation avec la fréquence particulièrement élevée des événements hydrologiques de forts débits survenus en 2012 et 2013 (Figure 7.3 et Tableau 7.3).

Tableau 7.2 – Taxons caractéristiques des trois groupes de stations définis en figure 1 et de leurs combinaisons (G1 + G2 et G2 + G3). Les taxons ont été retenus sur la base de leur valeur indicatrice (voir les méthodes dans le texte) et de sa significativité (tous les taxons listés ici ont une significativité $p \leq 0.01$). « AL » désigne les espèces non indigènes pour le bassin du Rhône.

		G1	G2	G3
Amphipoda	AL	<i>Dikerogammarus villosus</i>		
Diptera		<i>Atrichops crassipes</i>		
Diptera		Simuliidae		
Diptera		Empididae		
Ephemeroptera		<i>Heptagenia sulphurea</i>		
Ephemeroptera		<i>Baetis sp.</i>		
Ephemeroptera		<i>Caenis macrura</i>		
Gasteropoda		<i>Ancylus fluviatilis</i>		
Isopoda	AL	<i>Jaera istri</i>		
Odonata		<i>Calopteryx splendens</i>		
Odonata		<i>Onychogomphus forcipatus</i>		
Trichoptera		<i>Athripsodes cinereus</i>		
Trichoptera		<i>Goera pilosa</i>		
Trichoptera		<i>Psychomyia pusilla</i>		
Trichoptera		<i>Hydropsyche sp.</i>		
Trichoptera		<i>Hydroptila sp.</i>		
Amphipoda	AL	<i>Chelicorophium curvispinum</i>		
Amphipoda	AL	<i>Gammarus tigrinus</i>		
Bivalvia	AL	<i>Corbicula fluminea</i>		
Ephemeroptera		<i>Caenis luctuosa</i>		
Gasteropoda	AL	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		
Hirudinea		Erpobdellidae		
Polychaeta	AL	<i>Hypania invalida</i>		
Trichoptera		<i>Mystacides sp.</i>		
Amphipoda	AL		<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	
Coleoptera			<i>Bidessus sp.</i>	
Neuroptera			<i>Sysira sp.</i>	
Turbellaria	AL		<i>Girardia tigrina</i>	
Diptera			Ceratopogonidae	
Ephemeroptera			<i>Cloeon dipterum</i>	
Gasteropoda	AL		<i>Haitia acuta</i>	
Gasteropoda			<i>Valvata piscinalis</i>	
Heteroptera			<i>Micronecta sp.</i>	
Mysida	AL		<i>Limnomysis benedeni</i>	
Bivalvia				<i>Musculium lacustre</i>
Coleoptera				<i>Haliphus sp.</i>
Coleoptera				<i>Laccophilus sp.</i>
Diptera				Culicidae
Gasteropoda	AL			<i>Gyraulus parvus</i>
Heteroptera				Corixinae
Lepidoptera				<i>Cataclysta lemnata</i>
Odonata				<i>Anax sp.</i>
Odonata				<i>Coenagrion puella / pulchellum</i>
Odonata				<i>Erythromma najas / lindenii</i>
Odonata				<i>Erythromma viridulum</i>
		Platière	Platière amont	Boussarde
		Noyer Nord & Sud	Sainte post-restauration	Sainte pré-restauration
				Ilon

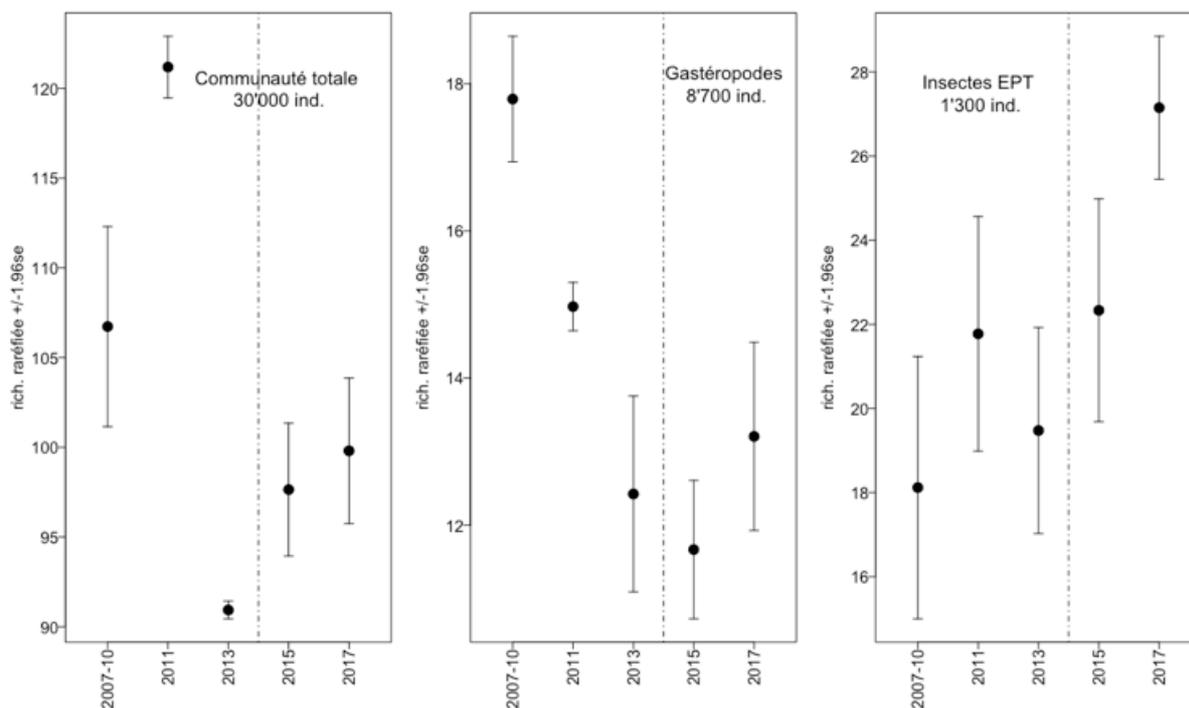


Figure 7.2 Richesses raréfiées de la communauté totale, des mollusques gastéropodes et des insectes EPT pour l'ensemble des stations échantillonnées au Péage-de-Roussillon et 5 périodes d'échantillonnage. La richesse raréfiée est une mesure de diversité qui exprime la richesse taxonomique pour un nombre donné d'individus. Elle est accompagnée d'un intervalle de confiance à 95%. La barre verticale tiretée indique l'augmentation des débits réservés dans le RCC.

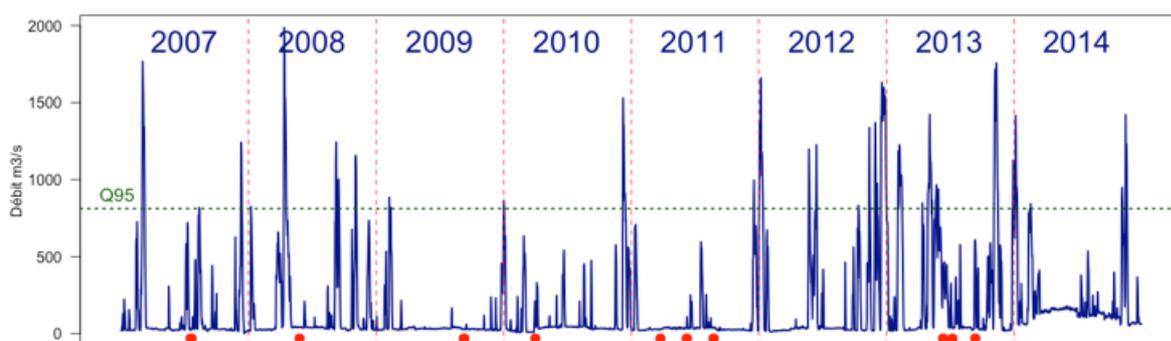


Figure 7.3 – Débits moyens journaliers dans le RCC du Péage-de-Roussillon de 2007 à 2014. La ligne horizontale pointillée indique le débit dépassé 5% du temps au cours de la période 2007-2013 ($Q_{95} = 812 \text{ m}^3/\text{s}$). Les points rouges indiquent les périodes de prélèvement des échantillons faunistiques dans la zone alluviale (données CNR).

Tableau 7.3 – Nombre de jours par année pour lesquels le débit moyen journalier a excédé 812 m³/s dans le RCC du Péage-de-Roussillon entre 2007 et 2014. Ce débit a été dépassé 5% du temps au cours de la période 2007-2013.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Nombre de jours	12	18	2	9	2	43	43	14

7.4 Variations temporelles des métriques faunistiques dans les stations.

7.4.1 La diversité (richesse raréfiée) de la communauté totale (Figure 7.4).

Les chroniques de diversité de la communauté totale mesurée dans chaque station montrent avant tout une relative homogénéité spatiale et temporelle. Les valeurs les plus élevées caractérisent la station amont de la Platière (PLATam), pour toutes les périodes d'étude. D'autres valeurs élevées sont observées de façon épisodique à la Platière centre, dans la partie non restaurée de l'Ilon (ILONav) et au centre de la Boussarde. Les valeurs les plus basses caractérisent la Platière centre à partir de 2013, l'aval de la Platière depuis le début de l'étude et la portion restaurée à l'amont de l'Ilon (ILONam). Il n'existe pas de changements clairement imputables à la restauration. La chute la plus brusque (Platière centre entre 2011 et 2012) correspond à la période de forts débits décrite ci-dessus. Le changement important de type de communauté induit par la restauration de la lône de la Sainte ne s'accompagne pas de changement de diversité.

7.4.2 La richesse en insectes EPT (Figure 7.5)

Comme dans le cas de la diversité de la communauté totale, les chroniques de richesse en insectes éphéméroptères, plécoptères et trichoptères montrent une assez grande stabilité. A l'exception du cas de la station aval de la Platière, où des valeurs élevées ont été mesurées après restauration, aucune variation notable et systématique ne peut être associée clairement à cette action. Les valeurs les plus élevées caractérisent le complexe lotique de la Platière (Platière et Noyers) où dans les trois quarts des cas, la richesse en insectes EPT est supérieure ou égale à 11 taxons (Q75 de cette métrique avant restauration). Les stations les plus lenticques de l'Ilon et de l'amont de la Boussarde occupent le bas de la gamme de richesse en EPT.

7.4.3 La richesse en mollusques gastéropodes (Figure 7.6)

Les chroniques de richesse en mollusques gastéropodes montrent des tendances contrastées. Dans trois cas (Platière centre et aval, Noyer nord), on observe une tendance à la baisse sur l'ensemble de la période d'étude. La baisse la plus marquée a lieu au centre de la

Platière (11 taxons en 2007-08, 3 en 2017). A l'opposé, dans 4 cas (Platière amont, Boussarde amont et amont b, Saintes) des valeurs en augmentation après restauration sont notables.

7.4.4 Les espèces exogènes (Figures 7.7, 7.8 et 7.9)

Le complexe lotique de la Platière (Platière et Noyers) a produit les valeurs les plus élevées pour les trois métriques décrivant la part des espèces exogènes dans les communautés. 16 espèces exogènes ont ainsi été échantillonnées dans la station PLATam en 2011, sur les 21 répertoriées au total sur l'ensemble des sites entre 2007 et 2017. On y a également observé les densités les plus fortes d'espèces exogènes (plus de 4'000 individus au m²), essentiellement *Potamopyrgus antipodarum* (gastéropode) et *Jaera istri* (crustacé), à PLATctr (2013) et PLATav (2017). A ces dates et dans ces stations, ces densités très fortes correspondent également à des communautés où près de 70% de l'abondance totale est constituée par des espèces exogènes. Paradoxalement, dans la station amont de la Platière, le nombre élevé d'espèces exogènes s'accompagne de densités et de proportions faibles dans l'ensemble de la communauté. D'un point de vue temporel, si les richesses en espèces exogènes évoluent tendanciellement à la baisse (en particulier PLATctr), leur densité (PLATav) ou leur proportion (PLATctr, PLATav, NOYN) évoluent à la hausse au fil du temps.

Dans les milieux plus lenticques, les trois métriques décrivent une prégnance plus limitée des espèces exogènes, même si leur richesse peut être localement élevée (BOUSctr) ou leur croissance temporelle manifeste (BOUSam). Des stations comme ILON et BOUSamb demeurent dans la gamme basse des métriques. Dans la Sainte, la restauration entraîne une nette augmentation de la composante exogène de la communauté.

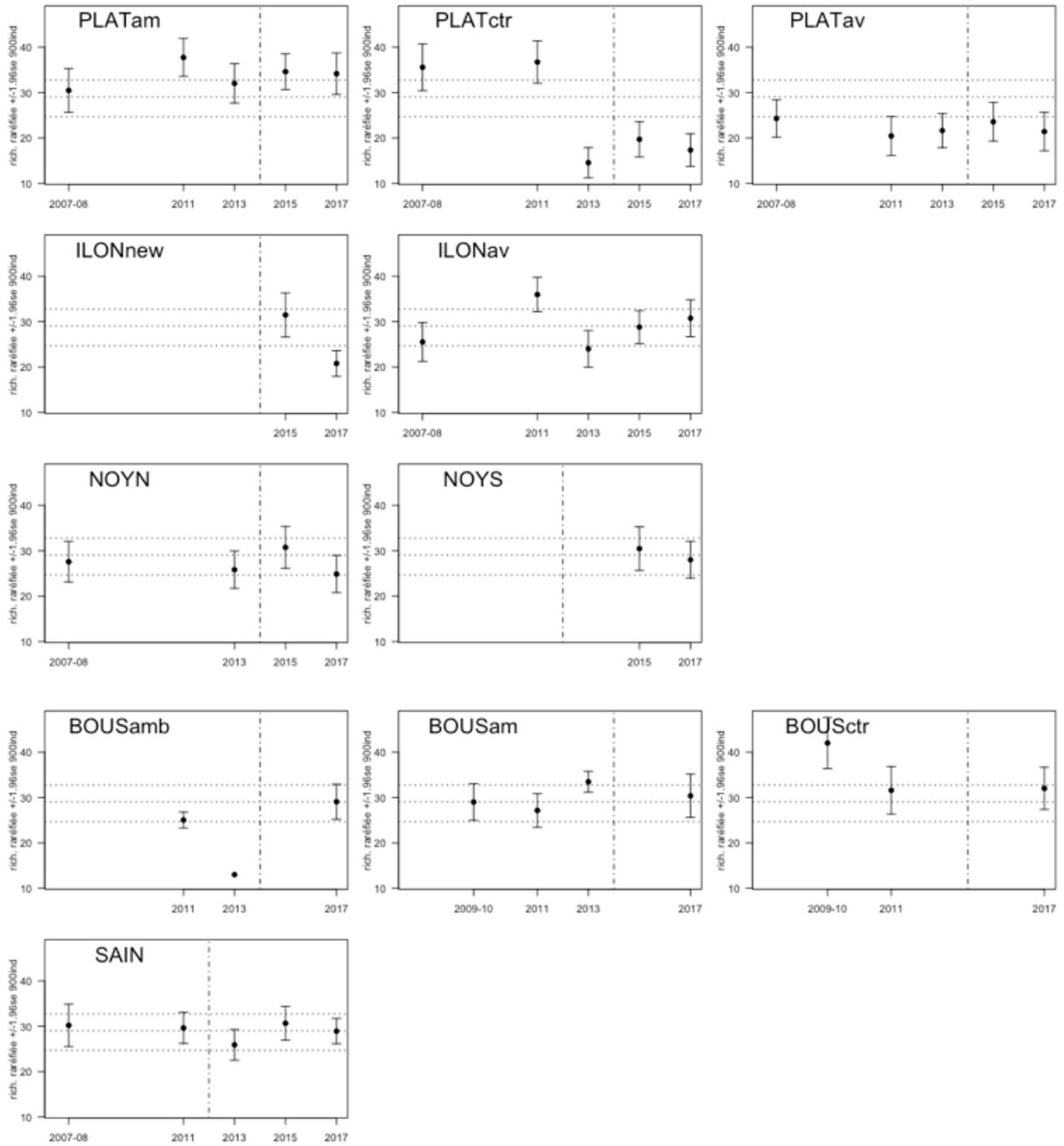


Figure 7.4 – **Richesse raréfiée de la communauté totale** dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La richesse raréfiée est une mesure de diversité qui exprime la richesse taxonomique pour un nombre donné d'individus (ici 900). Elle est accompagnée d'un intervalle de confiance à 95%. La barre verticale tirée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse raréfiée pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

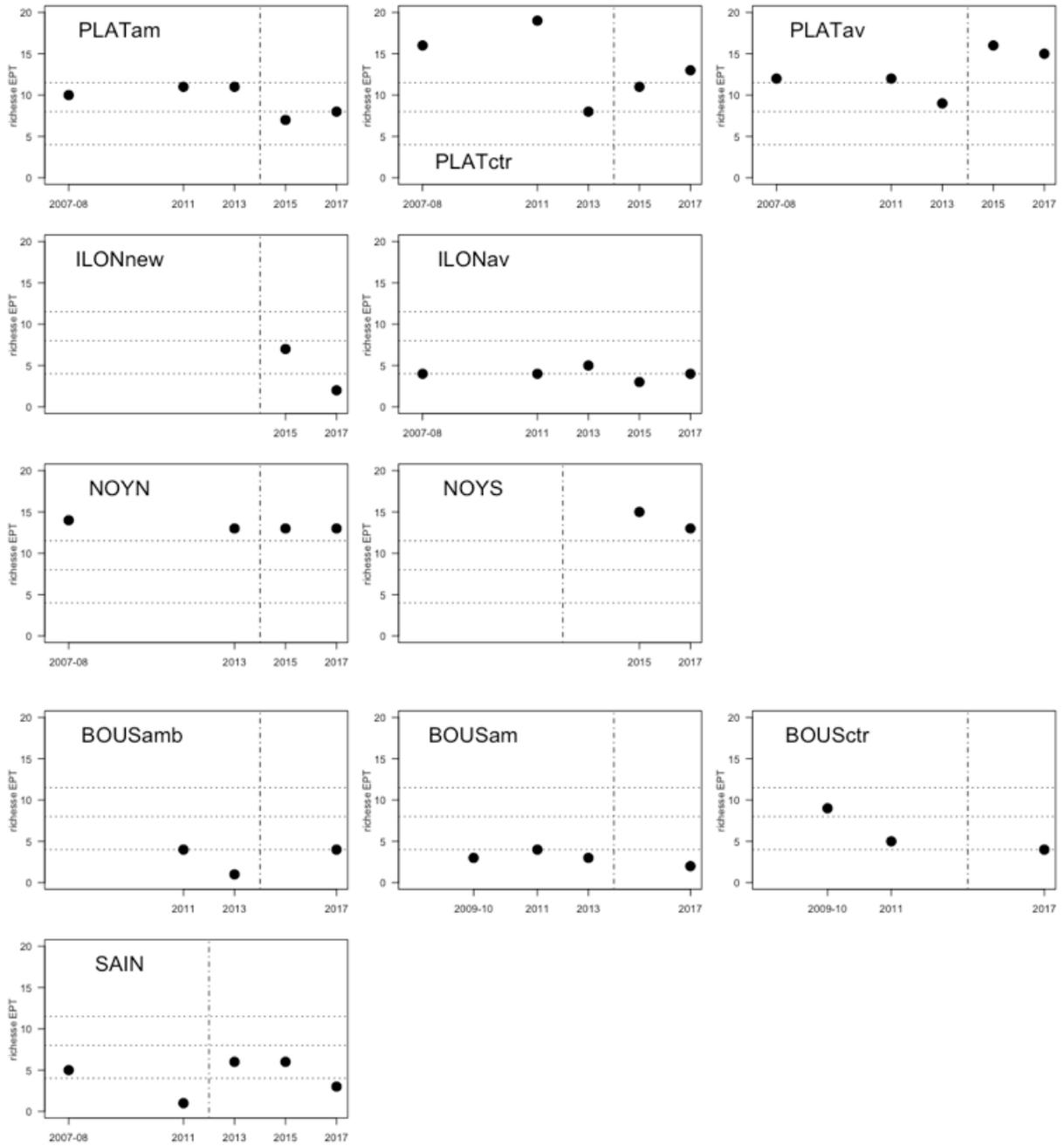


Figure 7. 5 – **Richesse en insectes EPT** dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La barre verticale tirée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse en insectes EPT pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

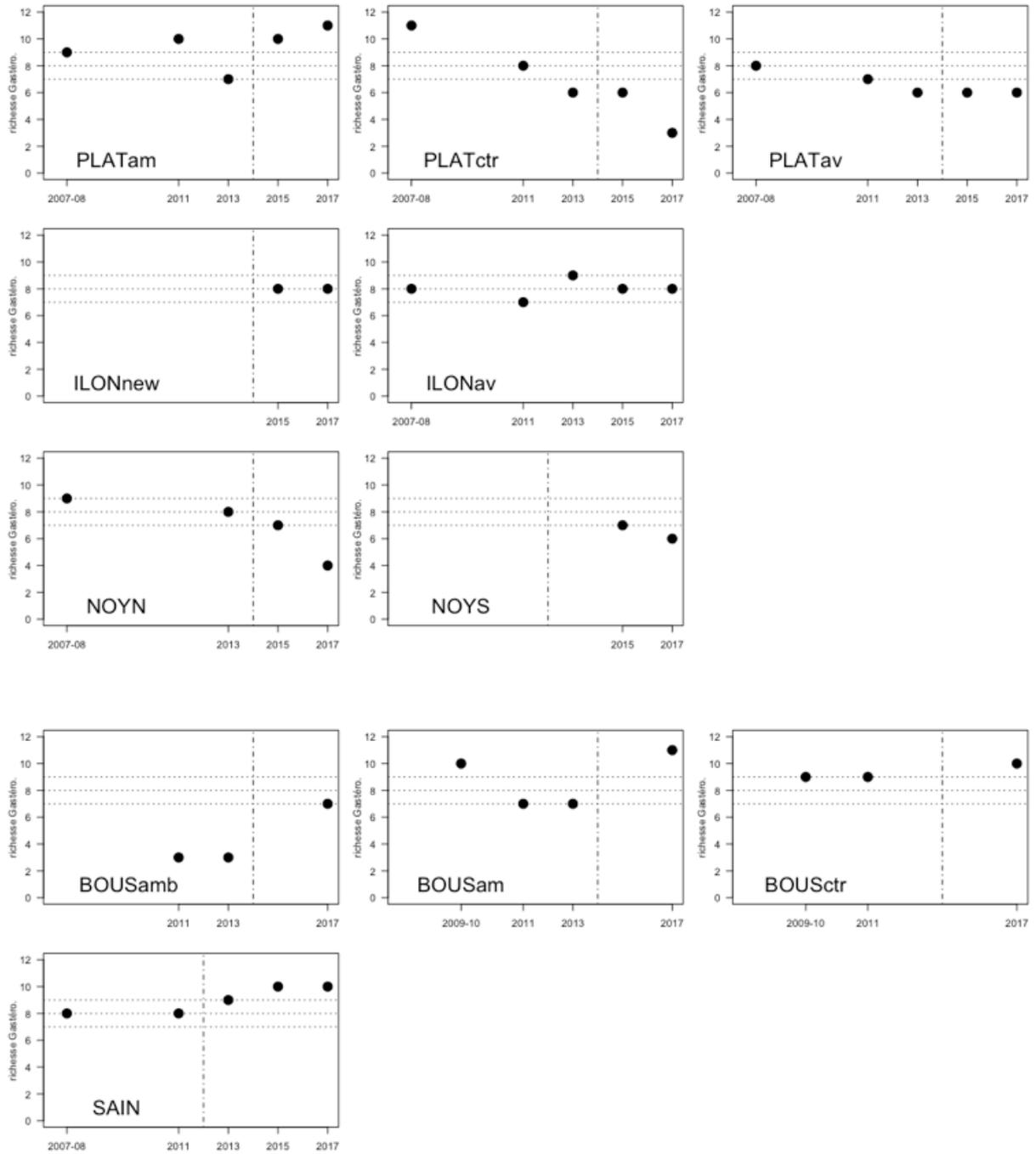


Figure 7.6 – *Richesse en mollusques gastéropodes* dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La barre verticale tirée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse en insectes EPT pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

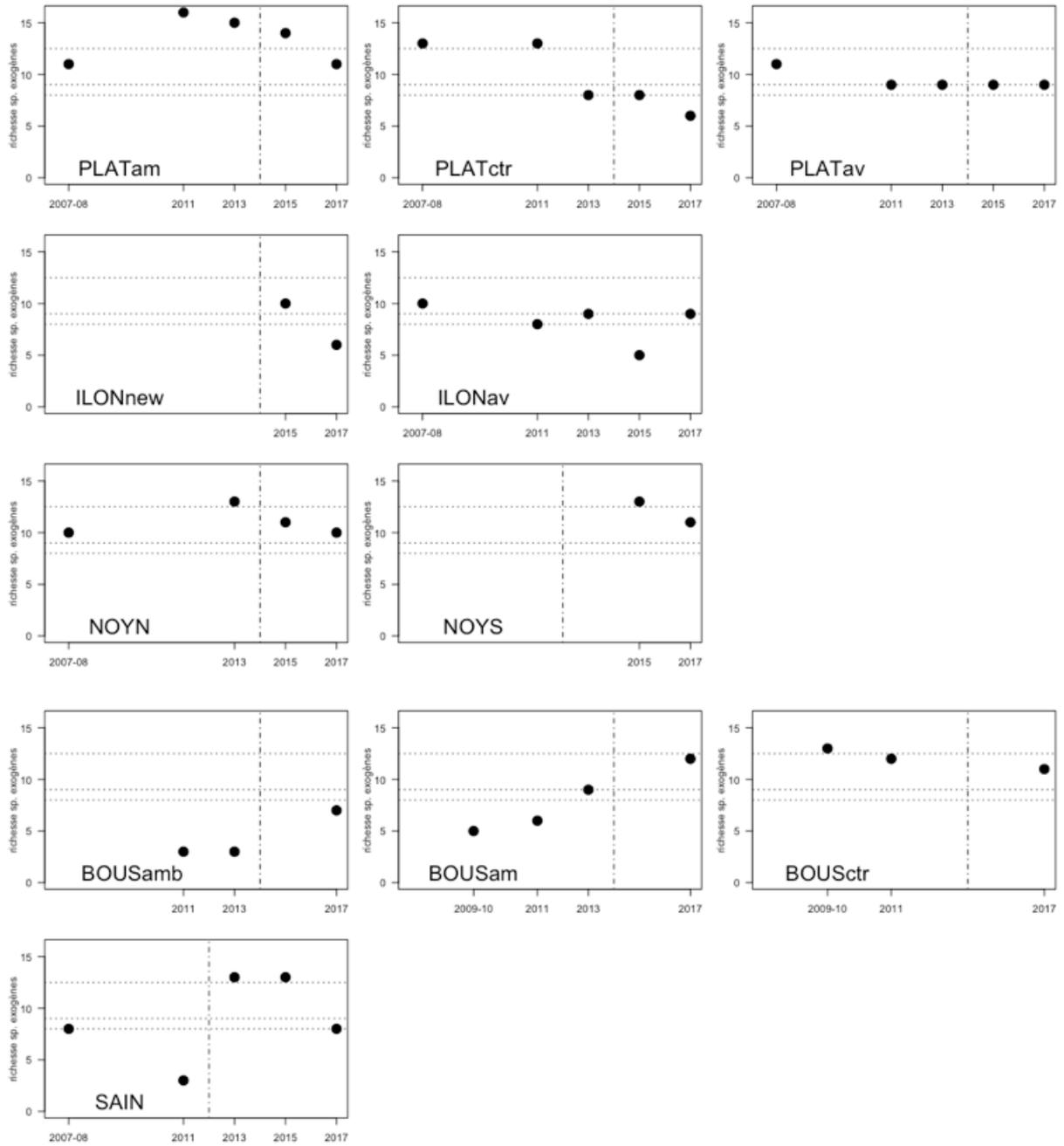


Figure 7.7 – Richesse en espèces exogènes dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La barre verticale tiretée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse en insectes EPT pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

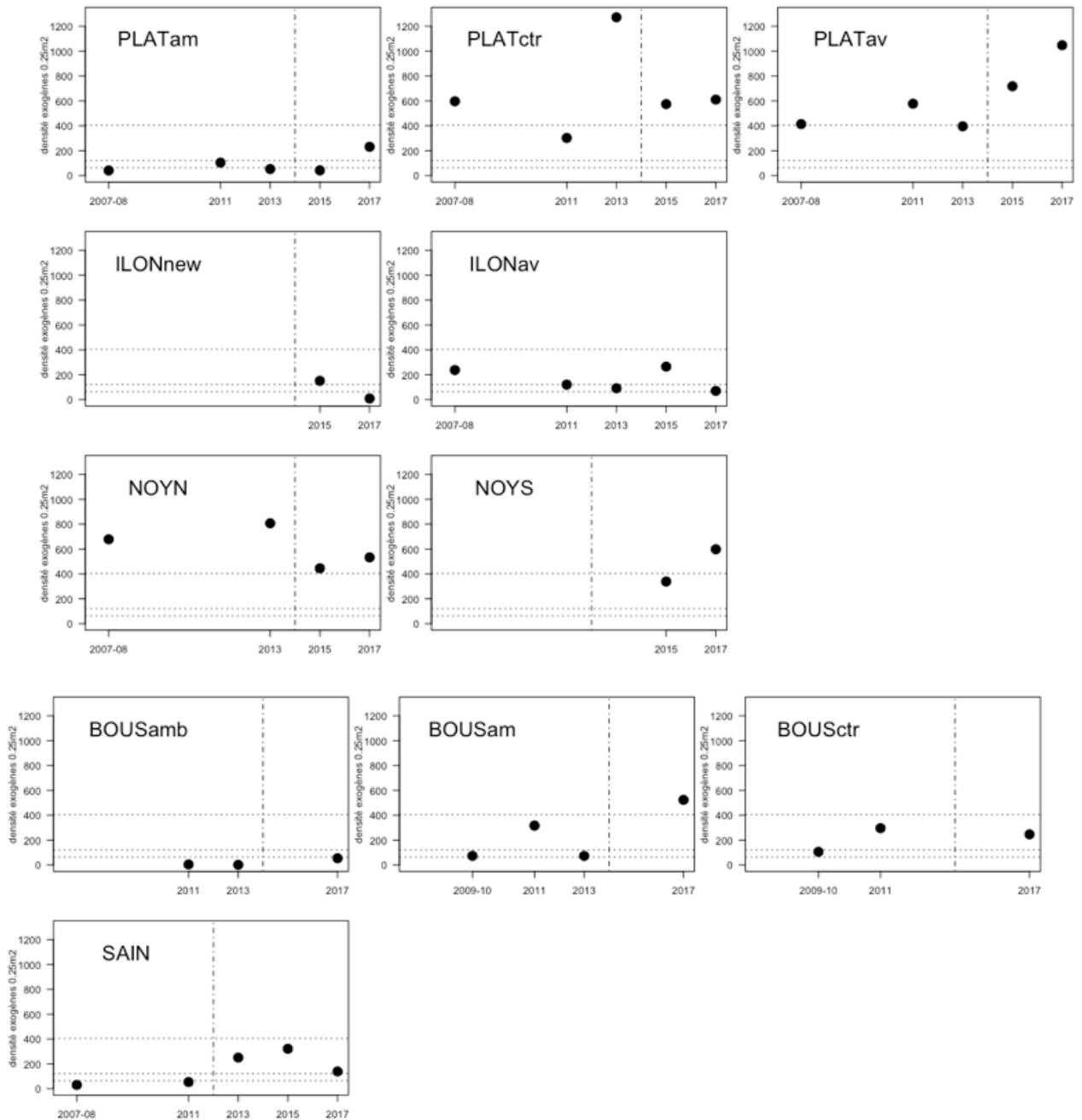


Figure 7.8 - Densité (nombre d'individus pour 0.25 m^2) des espèces exogènes dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La barre verticale tirée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse en insectes EPT pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

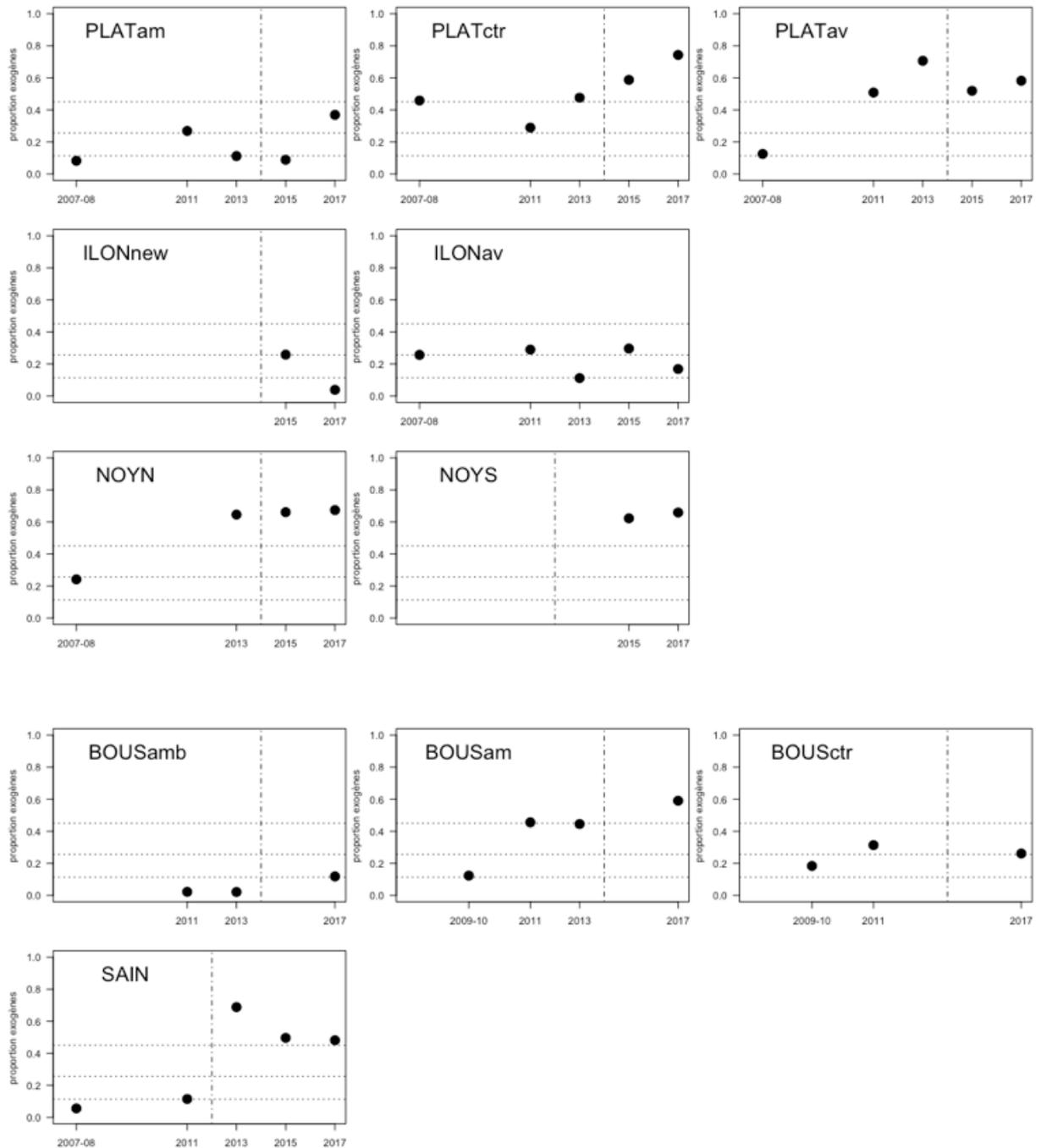


Figure 7.9 – Proportion de la communauté représentée par des individus appartenant à des espèces exogènes dans les 11 stations étudiées au Péage-de-Roussillon de 2007 à 2017. La barre verticale tiretée indique la période de restauration pour les stations concernées. Les lignes horizontales pointillées expriment la médiane et l'intervalle interquartile (Q75-Q25) des valeurs de richesse en insectes EPT pré-2014 (2013 pour SAIN) calculés sur l'ensemble des sites.

7.5 Bilan

7.5.1 Les l nes  tudi es au Péage-de-Roussillon dans le contexte de l'ensemble des secteurs alluviaux suivis sur le Rhône

Les stations du Péage-de-Roussillon peuvent être plac es parmi l'ensemble de celles  tudi es depuis 2003 sur le Rhône, dans leur état pré-restauration (Tableau 7.4). En valeur médiane, **les stations du secteur peuvent être consid r es comme particulièrement riches** : ce sont les plus riches pour les gastéropodes (médiane = 8) et les secondes pour insectes EPT (médiane = 8). Ces stations sont en particulier plus riches que celles de Donzère (médianes = 5 pour les EPT et 6 pour les gastéropodes). En même temps, les stations  tudi es au Péage apparaissent comme étant celles où **la prégnance des espèces exogènes est la plus  lev e**. En effet, en valeur médiane, le quart de l'abondance des communautés  chantillonn es est constitué par des individus appartenant à des espèces exogènes. Cette prégnance est plus  lev e que dans le secteur de Donzère et apparait également à travers le nombre d'espèces exogènes observ es : au Péage-de-Roussillon en valeur médiane nous avons mesuré 9 espèces exogènes par station * date (Q25 – Q75 = 8 – 12.5, max = 16) contre 4.5 à Donzère (Q25 – Q75 = 3 – 7, max = 12). Cette comparaison inter-secteur demeure très globale et devra être men e en comparant des types de l nes similaires entre secteurs et en intégrant également la dimension temporelle qui fait que le nombre d'espèces exogènes tend à augmenter au cours du temps.

Tableau 7.4 – Comparaison de 4 métriques faunistiques mesurées sur les lônes de 4 secteurs du Rhône avant leur restauration. Les valeurs présentées se rapportent à une station pour une année, c'est-à-dire au cumul de 6 échantillons élémentaires (3 échantillons x 2 périodes de l'année).

	Belley	Brégnier	Péage-de-R.	Donzère
Période	2003 - 2004	2003 - 2006	2007 - 2013	2009 - 2016
Nb. de station * année	14	23	25	68
Richesse EPT				
Q50	11	4	8	5
Q25 – Q75	8.5 – 13.5	2 – 7	4 – 11.5	3 - 8
max	22	16	19	16
Richesse gastéropodes				
Q50	6	7	8	6
Q25 – Q75	4.5 – 8	6.5 – 9	7 – 9	4 – 8
max	10	12	11	12
% individus exogènes				
Q50	1.5	0.4	26	12
Q25 – Q75	0.5 – 4.5	0.08 – 2	11 – 45	3 – 23
max	12	22	75	75

7.5.2 Évolutions temporelles et effet de la restauration du secteur

L'analyse des séries temporelles acquises dans chacune des 11 stations étudiées jusqu'en 2017 montre **très peu de changements imputables de façon claire à la restauration du secteur** (augmentation du débit réservé et mesures de recreusement / reconnexion de certains site). Le cas le plus net est celui de la **lône de la Sainte** où le curage et la reconnexion aval ont entraîné logiquement une transformation de la communauté vers un état plus « semi-lotique », accompagnée d'augmentations modestes des richesses en gastéropodes et en insectes EPT, sans perte de diversité globale, mais avec une augmentation marquée des espèces exogènes.

Quelques effets locaux méritent d'être soulignés :

La partie amont de la lône de la Platière (station PLATam), à l'amont de l'arrivée de la prise d'eau alimentant la lône à partir du canal d'amenée est susceptible d'être directement influencée par les opérations d'abaissement des enrochements et de modification de l'entonnement opérées à l'amont de la lône. On y observe après restauration la conjonction d'une diversité élevée, d'une richesse en gastéropodes en augmentation et d'une tendance –

déjà notable avant restauration – à la baisse de la richesse en espèces exogènes. Les proportions et densités d'exogènes y demeurent moyennes à faibles. Il s'agit là d'une station d'intérêt notable pour le suivi de l'effet sur les communautés d'une augmentation de la connectivité qui ne se fait pas par remise en connexion complète.

Le chenal lotique du Noyer Sud (NOYS) créé par recreusement et reconnexion à la Platière d'un thalweg sec, montre au cours des deux années suivies, un excellent établissement d'une communauté riche en insectes EPT rhéophiles mais aussi en espèces exogènes.

La station ILONnew, représentative des **mouilles lenticules recreusées à l'amont du thalweg de l'Illon** montre des résultats décevants pour les deux années suivies, avec une diversité moyenne et en chute la seconde année, une richesse faible en EPT et moyenne en gastéropodes.

Comme souligné ci-dessus, dans plusieurs cas, des tendances semblent se manifester avant la restauration et peuvent être associées à la survenue d'épisodes fréquents de forts débits dans l'année ayant précédé celle-ci. Des tentatives menées pour rechercher un effet d'amplification de la diversité inter-stations après restauration, comme observé sur le Haut-Rhône (Castella *et al.*, 2015), n'ont pas montré d'effet significatif.

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 évolué suite la restriction de leur connectivité hydrologique avec le chenal consécutive à l'endiguement et à 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 lômes en tant qu'habitat de nurserie et de refuge pour les poissons.

L'échantillonnage est réalisé en automne par pêche électrique. En général, 25 échantillons ponctuels sont effectués dans chaque lôme en bateau ou à pied selon les modalités d'accès à la lôme. Les points de pêche sont répartis dans la lôme. Pour les lômes de très petite dimension (lôme 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 lômes est importante et/ou que la structuration physique est complexe (présence de digues, de seuils etc...) comme c'est le cas pour la Lôme de Dion, la Lôme Malaubert ou la Lôme de la Désirade à Donzère, le nombre de point est porté à 50.

L'échantillonnage a été réalisé entre le 23/08 et le 24/10/2018 (Tableau 8.1). En 2018 l'échantillonnage n'a concerné que les lômes des secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon.

En raison de l'étiage sévère et prolongé en automne 2018, la Lôme 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 14 lômes suivies en 2018.

Secteurs	Lômes	Dates	Nb Points
Chautagne	Brotalet	23/08/2018	25
Belley	Lôme Moiroud	24/10/2018	25
	Anse de Yenne	24/10/2018	25
Brégnier-Cordon	Lôme Vachon	28/09/2018	25
	Lôme des cerisiers	18/10/2018	25
	Lôme des Molottes	11/10/2018	25
	Lôme Mattant	18/10/2018	25
	Lôme du Ponton	05/10/2018	25
Péage-de-Roussillon	Lôme de la Platière	17/10/2018	30
	Lôme Noyé nord	17/10/2018	15
	Lôme Noyé Sud	17/10/2018	10
	Ilon	17/10/2018	10
	Lôme de la Boussarde	15/10/2018	25
	Lône de la Sainte	-	

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 2018 ont été relativement importants dans la lôme du Brotalet, la lôme Moiroud, l'Anse de Yenne, la lôme Mattant et la lôme des Molottes. A l'inverse, les abondances ont été relativement faibles dans la lôme Vachon (depuis 2016), la lôme des Cerisiers et la lôme du Ponton. Le nombre d'espèces échantillonnées varie entre 7 dans les lômes Vachon et Mattant, tous deux des bras secondaires lotiques, et 14 (Anse de Yenne). En 2018, les principales espèces échantillonnées dans les bras secondaires, Vachon, et Mattant, sont le chevaine, le goujon et le barbeau fluviatile et dans une moindre mesure la perche commune et les captures concernent différentes classes d'âges. L'anse de Yenne, encore connectée à ses deux extrémités, est devenu un milieu lentique à semi-lentique lorsque seul le débit réservé transite dans le vieux-Rhône. Le nombre d'espèces échantillonnées est relativement élevé et les exigences écologiques de ces espèces sont variées, des effectifs importants d'adultes de barbeaux fluviatiles, de chevaines et de vandoises ont été enregistrés. Dans la lôme Moiroud, 13 espèces ont été échantillonnées. Différentes classes d'âges de bouvière (24,6% des captures), de rotengle (23,3%), de gardon (12,7%), de tanche (5,7%) et de vandoise (3,1%) ont été

capturées avec des effectifs relativement importants, témoignant de la fonctionnalité des habitats présents dans cette lône. Ces résultats sont remarquables car ce cortège d'espèces correspond à celui attendu dans ce type d'annexe fluviale. Le pseudorasbora, espèce introduite, a également été trouvé (12,4% des effectifs).

Les proportions de juvéniles de l'année (0+) restent importantes en 2018 dans deux des lônes ouvertes à l'aval : lône du Brotalet, lône des Molottes (Tableau 8.4). Les effectifs échantillonnés dans la lône du Ponton ont été très faibles en 2018 en regard des valeurs mesurées les années précédentes (excepté en 2011). L'accumulation de sédiments à l'entrée aval de la lône limite fortement la capacité de colonisation par les poissons, et ce d'autant plus que l'étiage est sévère, ce qui a été le cas depuis 2015 (photo 8.1).

Tableau 8.2 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2018. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lônes	Lone Brotalet	Lone Moiroud	Anse de Yenne	Lone Vachon	Lone des Cerisiers	Lone Mattant	Lone des Molottes	Lone du Ponton	Total
ABL	1	0	2	0	1	10	29	0	43
BAF	3	0	10	21	0	17	0	0	51
BOU	0	102	1	0	0	0	157	24	284
BRB	0	1	0	0	0	0	0	0	1
BRE	20	0	0	0	0	0	5	2	27
BRO	0	1	0	0	0	0	7	7	15
CHE	241	44	119	17	45	48	111	5	630
EPI	0	11	0	0	1	0	0	0	12
GAR	3	49	6	0	19	0	0	0	77
GOU	33	3	9	10	7	223	1	2	288
GRE	0	0	1	0	0	0	0	0	1
HOT	0	0	4	0	0	0	0	0	4
LOF	0	0	3	0	7	0	0	0	10
PCH	0	0	0	0	0	0	30	0	30
PER	1	0	2	7	4	2	2	0	18
PES	27	3	0	0	0	0	159	19	208
PSR	0	48	0	1	0	0	175	16	240
ROT	0	90	0	0	0	0	5	0	95
SAN	0	0	0	0	2	0	0	0	2
SIL	0	0	2	1	0	3	0	0	6
SPI	0	0	0	2	0	2	0	0	4
TAN	13	22	1	0	4	0	27	7	74
VAI	3	1	3	0	1	0	0	0	8
VAN	0	12	21	0	5	0	0	0	38
Total	345	387	184	59	96	305	708	82	2166
N.B. E.P.A.	25	25	25	25	25	25	25	25	
NB Sp.	10	13	14	7	11	7	12	8	

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 litho-phytophiles (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	2018	Moyenne
Lône du Brotalet	Effect. total	500	160	210	262	121	125	82	64	140	55	123	1334	90	86	345	246
	%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%	11,0%	26,1%
	% 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%	89,0%	81,2%
Lône de la Malourdie	Effect. total	58	72	401	122	135	48	66	50	305	277	-	-	-	-	-	153
	%age																
	Lith.Phyt. & Phyto	0,0%	2,8%	8,0%	0,8%	9,6%	1,5%	1,5%	20,0%	2,0%	1,0%	-	-	-	-	-	4,7%
	% 0+	86,0%	69,0%	76,0%	71,0%	60,0%	83,0%	78,8%	36,0%	53,0%	67,0%	-	-	-	-	-	68,0%
Lône des Luisettes	Effect. total	-	58	156	68	41	19	8	33	176	105	28	-	-	-	-	69,2
	%age																
	Lith.Phyt. & Phyto	-	53,0%	38,0%	50,0%	14,6%	12,5%	12,5%	6,0%	16,0%	7,0%	3,6%	-	-	-	-	21,3%
	% 0+	-	67,0%	47,0%	28,0%	78,0%	68,0%	62,5%	48,0%	55,0%	55,0%	39,3%	-	-	-	-	54,8%
Lône Moiroud	Effect. total	-	10	195	32	60	6	13	62	114	38	61	127	136	117	387	97
	%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%	54,5%	21,9%
	% 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%	12,4%	48,0%
Lône Béard	Effect. total	-	178	13	4	12	8	1	1	26	60	-	-	-	-	-	34
	%age																
	Lith.Phyt. & Phyto	-	7,0%	31,0%	50,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	85,0%	60,0%	-	-	-	-	-	59,2%
	% 0+	-	38,0%	8,0%	0,0%	25,0%	50,0%	100,0%	0,0%	23,0%	10,0%	-	-	-	-	-	28,2%
Lône Fourmier	Effect. total	-	142	69	89	69	58	16	17	674	509	-	-	-	-	-	183
	%age																
	Lith.Phyt. & Phyto	-	5,0%	4,0%	20,0%	8,7%	25,0%	25,0%	0,0%	50,0%	1,0%	-	-	-	-	-	15,4%
	% 0+	-	88,0%	94,0%	57,0%	83,0%	69,0%	25,0%	18,0%	79,0%	79,0%	-	-	-	-	-	65,8%
Anse de Yenne	Effect. total	-	276	176	89	228	27	18	42	261	215	94	428	94	155	184	163
	%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%	6,5%	10,7%
	% 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%	47,8%	60,6%
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%	-	-	-	-	-	51,8%
	% 0+	-	-	86,0%	30,0%	96,0%	82,0%	94,1%	0,0%	75,0%	91,0%	-	-	-	-	-	69,3%
Lône des granges	Effect. total	-	-	68	220	5	16	44	41	104	197	-	-	-	-	-	87
	%age																
	Lith.Phyt. & Phyto	-	-	45,0%	20,0%	20,0%	11,4%	11,4%	37,0%	67,0%	33,0%	-	-	-	-	-	30,6%
	% 0+	-	-	76,0%	49,0%	60,0%	31,0%	40,9%	29,0%	62,0%	49,0%	-	-	-	-	-	49,6%
Lône Vachon	Effect. total	-	-	201	51	6	73	67	185	67	302	127	273	62	62	59	118
	%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%	13,6%	14,0%
	% 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%	57,6%	36,9%
Lône des cerisiers	Effect. total	-	-	425	248	22	180	68	385	287	296	199	198	63	179	96	204
	%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%	31,3%	13,2%
	% 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%	16,7%	41,8%
Lône Mattant	Effect. total	-	-	76	145	31	143	53	683	258	243	284	202	125	138	305	207
	%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%	3,9%	10,7%
	% 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%	9,5%	33,9%
Lône des Moloties	Effect. total	-	-	68	513	411	246	180	35	1016	1772	748	1875	1292	584	708	727
	%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%	35,3%	33,1%
	% 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%	79,7%	81,5%
Lône du Ponton	Effect. total	-	-	201	421	632	300	222	14	676	355	363	372	272	208	82	317
	%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%	39,0%	48,0%
	% 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%	70,0%	81,5%

Tableau 8.4 - Proportions de juvéniles de l'année échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2018. La contribution (%age) des juvéniles de l'année de chacune des espèces présentes est indiquée pour chaque lôme (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.

Espèces\Lômes	Lône Brotalet	Lône Moiroud	Anse de Yenne	Lône Vachon	Lône des Cerisiers	Lône Mattant	Lône des Molottes	Lône du Ponton
ABL	100,0%		100,0%		100,0%	60,0%	100,0%	
BAF	100,0%		30,0%	42,9%		52,9%		
BOU		28,4%	0,0%				68,2%	66,7%
BRB								
BRE	90,0%						100,0%	100,0%
BRO							71,4%	100,0%
CHE	98,3%	2,3%	51,3%	100,0%	11,1%	14,6%	100,0%	100,0%
EPI		27,3%			100,0%			
GAR	100,0%	2,0%	100,0%		5,3%			
GOU	51,5%		66,7%	50,0%	42,9%	1,8%	100,0%	100,0%
GRE			0,0%					
HOT			50,0%					
LOF			66,7%		0,0%			
PCH							3,3%	
PER	100,0%		0,0%	14,3%	50,0%	50,0%	0,0%	
PES	59,3%						93,1%	78,9%
PSR		25,0%		0,0%			80,6%	75,0%
ROT							0,0%	
SAN					100,0%			
SIL			0,0%	0,0%		66,7%		
SPI				100,0%		0,0%		
TAN	61,5%	4,5%	100,0%		0,0%		59,3%	14,3%
VAI	100,0%		0,0%		100,0%			
VAN		8,3%	23,8%		0,0%			
%age 0+	89,0%	12,4%	47,8%	57,6%	16,7%	9,5%	79,7%	73,2%
NB Sp.0+	10	7	9	5	8	6	10	8
Nb Sp total	10	13	14	7	11	7	12	8

L'analyse conjointe des données collectées dans les vieux-Rhône et dans les lômes depuis la date d'augmentation des débits réservés jusqu'en 2017 avait mis en évidence que la diversité des types de bras restaurés offre des conditions d'habitats complémentaires depuis les chenaux courants des vieux-Rhône jusqu'aux lômes connectées uniquement par l'aval (Cf. rapport d'étape 2017). La structure des assemblages des bras secondaires courants (Anse Yenne, Vachon, Mattant et Cerisiers) est assez proche de celles des vieux-Rhône avec une faune plutôt rhéophile et très différente de celles des lômes connectées par l'aval ou la composante lénitophile des assemblages est très importante.



Photo 8.1 - Connexion aval de la lône du Ponton avec le Rhône (février 2017).

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 des secteurs très lenticques (Platière, Ilon). 21 espèces ont donc été échantillonnées en 2018, dont 19 dans l'ensemble des lônes de l'ensemble de l'île de la Platière (Tableau 8.6). Cet ensemble de lône abrite de nombreuses espèces aux exigences écologiques variées (Figure 8.1) : des espèces inféodées aux milieux plutôt stagnants ou peu courants et appartenant aux guildes de reproduction des phytophiles et des litho-phytophiles – Tableau 8.7 - ou comme la bouvière, et des espèces rhéophiles, les deux bras courants ré-ouverts (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 6,2 et 17,7 cm et barbeaux de tailles comprises entre 5,2 et 23 cm dans la lône du Noyer Sud en 2018). Dans cet ensemble de lônes, la proportion de juvéniles de l'année est de l'ordre de 33%, ce qui met en évidence que la lône abrite des poissons de différentes classes d'âges (Tableau 8.4). Comme en 2017, les effectifs échantillonnés dans la lône de l'Ilon ont été relativement élevés avec notamment une abondance marquée de la bouvière (54,4% des effectifs) et du pseudorasbora (23,4%). La densité de macrophytes dans cette lône en fin d'été est très importante témoignant du caractère très eutrophe de ce milieu. 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.

Tableau 8.6 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du secteur de Péage-de-Roussillon en 2018. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lômes	Lone Platière	Lone Noyer Nord	Lone Noyer Sud	Lone Ilon	Total système Platière	Lone Boussarde
ABL	235	55	201	13	504	423
ANG	0	0	1	0	1	0
BAF	2	15	36	0	53	0
BOU	2	0	6	340	348	38
BRB	26	12	2	24	64	17
BRE	0	0	0	0	0	1
BRO	1	0	1	0	2	1
CHE	30	17	33	1	81	16
GAR	92	20	64	26	202	20
GOU	83	55	13	67	218	68
GRE	1	0	1	0	2	2
HOT	1	8	18	0	27	0
LOF	0	1	6	0	7	0
PER	5	1	1	2	9	4
PES	2	0	0	4	6	36
PSR	3	0	1	146	150	32
ROT	2	0	1	2	5	3
SAN	1	1	0	0	2	0
SIL	2	0	0	0	2	0
SPI	1	2	0	0	3	0
TAN	0	0	0	0	0	2
Total	489	187	385	625	1686	663
Nb. Sp.	17	11	15	10	19	14

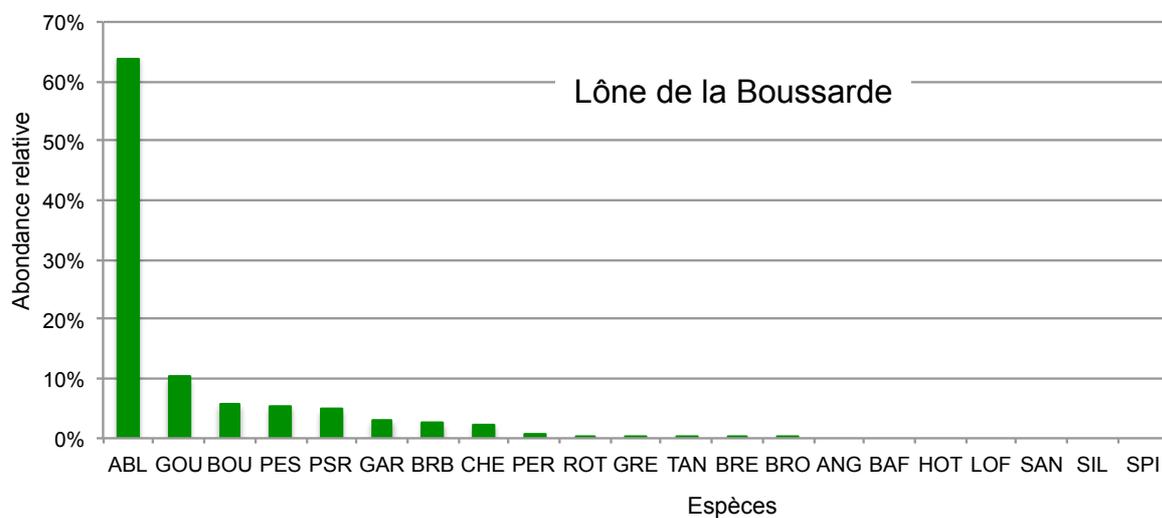
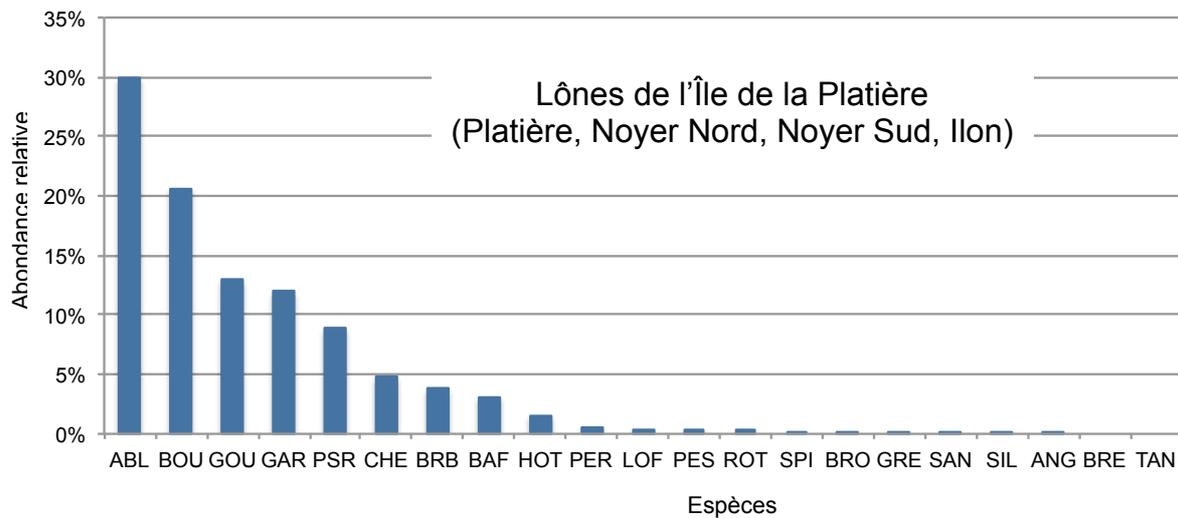


Figure 8.1 - Proportions des différentes espèces échantillonnées dans les lônes de Péage-de-Roussillon.

Tableau 8.7 – Proportion d'espèces appartenant à la guildes des phytophiles (P) et des litho-phytophiles (L-P) dans les échantillons en 2018

	Lône Platière	Lône Noyer Nord	Lône Noyer Sud	Lône Ilon	Système Platière	Lône Boussarde
%age esp P & L-P	74,8%	47,6%	70,6%	34,1%	55,8%	76,2%

Tableau 8.4 - Proportions de juvéniles de l'année échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2018. La contribution (%age) des juvéniles de l'année de chacune des espèces présentes est indiquée pour chaque lôme (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.

Espèces\Lômes	Lône Platière	Lône Noyer Nord	Lône Noyer Sud	Lône Ilon	Total système Platière	Lône Boussarde
ABL	26,8%	32,7%	17,9%	69,2%	25,0%	87,9%
ANG			0,0%		0,0%	
BAF	0,0%	6,7%	27,8%		20,8%	
BOU	0,0%		0,0%	42,1%	41,1%	10,5%
BRB	65,4%	0,0%	100,0%	62,5%	53,1%	17,6%
BRE						100,0%
BRO	0,0%		0,0%		0,0%	100,0%
CHE	10,0%	0,0%	6,1%	0,0%	6,2%	50,0%
GAR	65,2%	15,0%	14,1%	50,0%	42,1%	15,0%
GOU	4,8%	10,9%	15,4%	67,2%	26,1%	41,2%
GRE	0,0%		100,0%		50,0%	50,0%
HOT	0,0%	100,0%	5,6%		33,3%	
LOF		0,0%	33,3%		28,6%	
PER	80,0%	100,0%	0,0%	100,0%	77,8%	50,0%
PES	0,0%			75,0%	50,0%	16,7%
PSR	0,0%		0,0%	50,7%	49,3%	9,4%
ROT	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	33,3%
SAN	0,0%	100,0%			50,0%	
SIL	50,0%				50,0%	
SPI	100,0%	0,0%			33,3%	
TAN						50,0%
%age 0+	31,3%	20,3%	16,9%	48,6%	33,2%	65,5%
Nb. Sp. 0+	8	7	9	8	16	14
Nb. Sp. Total	17	11	15	10	19	14

9 Les signatures isotopiques du carbone et de l'azote chez les juvéniles de poissons permettent-elles d'évaluer le fonctionnement des annexes fluviales ?

9.1 Contexte

Les annexes fluviales sont des zones humides cruciales pour le fonctionnement de l'hydrosystème alluvial: capacité de rétention d'eau, zone de forte productivité biologique, refuge lors d'événements hydrologiques importants pour la faune (Ward, Tockner & Schiemer, 1999). Ces écosystèmes peuvent abriter de façon temporaire ou permanente les formes juvéniles de nombreuses espèces de poissons. Sur le Rhône, plusieurs études piscicoles soulignent leur rôle de site de reproduction et de « nurserie » (Nelva *et al.*, 1981; Carrel, 1986; Copp, 1987; Daufresne *et al.*, 2015) constituant les raisons majeures du souci de leur préservation. Ces travaux ont visé (1) à mieux connaître l'écologie des poissons potamiques et (2) à mettre en évidence une succession temporelle et spatiale liée aux processus de dispersion/recrutement des peuplements d'alevins dans différents habitats alluviaux.

Le recrutement piscicole dans les annexes fluviales peut s'effectuer (1) lors du stade larvaire, durant lequel les individus sont largement tributaires pour leur déplacement de l'hydrologie du chenal principal i.e. recrutement passif (ex : *Gobio gobio*), et (2) lors de migrations d'adultes pour la ponte, faisant naître les larves directement dans le milieu où elles ne séjourneront que momentanément avant leur dispersion dans l'hydrosystème fluvial (ex: *Abramis brama* ; Welcomme, 1979). Ces phénomènes de dispersion/recrutement ont souvent été négligés dans les études piscicoles, apparaissant pourtant comme une période décisive dans les premiers stades du cycle de vie de nombreuses espèces potamiques. Dans le cas des cyprinidés, la difficulté d'identification des jeunes stades, ajoutée à leur faible valeur halieutique et commerciale n'ont pas permis d'éclaircir le fondement de ce processus.

Actuellement, les déplacements vers les annexes sont perçus comme un phénomène adaptatif permettant une meilleure croissance des individus et une augmentation du taux de survie. Copp (1987), souligne le fait que la présence d'une espèce dans une annexe fluviale dépend de ses traits d'histoire de vie, de ses exigences vis-à-vis de l'habitat et de son alimentation évoluant au cours de l'ontogénèse. Selon Carrel (1986), les paramètres environnementaux (température, luminosité, approvisionnement phréatique etc.) jouent un

rôle important dans le processus de recrutement et de croissance des juvéniles de poissons dans les annexes fluviales. Ceci confirme le fait que les aptitudes éco-physiologiques propres aux jeunes stades ainsi que la capacité biotique du milieu (disponibilité en ressources trophiques) doivent être prises en compte si l'on veut apporter un éclairage supplémentaire aux études de ces peuplements dans les annexes fluviales. Actuellement, seules certaines causes locales liées à l'hydrologie (ex : fréquence de connexion, orientation et forces des courants à l'embouchure de l'annexe fluviale avec le cours principal) ont été définies pour expliquer leur potentiel.

La volonté accrue de comprendre la structure et la dynamique des communautés et leurs modifications causées par les changements d'origine anthropique a entraîné le progrès des méthodes d'analyse des réseaux trophiques. Via l'apport des isotopes, les études sur les peuplements piscicoles en milieu estuarien ont montré que les facteurs abiotiques peuvent agir de manière directe sur la structure des peuplements (hydrologie) mais également de manière indirecte sur la disponibilité des ressources trophiques (productivité planctonique) et sur l'énergie disponible pouvant être allouée à différentes fonctions (croissance, survie, dispersion ; Herzka, 2005; Kostecki *et al.*, 2010). La recherche d'informations concernant les exigences écologiques et la biologie des juvéniles de poissons entre leur éclosion ou leur entrée dans l'annexe et leur dispersion permettra d'accroître nos connaissances sur le rôle des annexes fluviales dans le cycle de vie des poissons en milieu potamique.

La démarche d'évaluation d'une restauration écologique en milieu aquatique est très souvent axée sur l'utilisation d'indicateurs ayant pour objectif de fournir une information synthétique sur l'état des composantes du système. Les suivis post-restauration permettent de renseigner globalement sur l'efficacité des procédures de restauration concernant la qualité structurelle (critères physico-chimiques de l'habitat vs critères biologiques) et fonctionnelle des habitats (processus environnementaux vs processus écologiques). Actuellement, les apports de la littérature liée à la restauration du Rhône traitent des conditions physiques de l'habitat des poissons mais omettent certains liens fonctionnels notamment l'assimilation efficace des ressources que l'annexe fluviale peut fournir aux juvéniles. Pourtant, des études effectuées en estuaires et en lacs par la méthode d'analyse des isotopes stables sur des juvéniles de poissons (Kostecki *et al.*, 2010; Stewart *et al.*, 2017) ont permis (1) d'identifier les sources de carbone à l'origine des ressources utilisées par des juvéniles et (2) de clarifier le rôle fonctionnel de certains habitats en dégageant les voies de transfert d'énergie existant

entre niveaux trophiques. Dans le contexte de la restauration écologique du Rhône, une recherche plus approfondie sur des aspects fonctionnels liés à des paramètres environnementaux comme la fréquence et la saisonnalité des connexions, l'amplitude de fluctuations des niveaux d'eau, l'approvisionnement phréatique, les cycles de températures permettrait d'apporter des informations nécessaires pour alimenter certaines pratiques de restauration en milieu fluvial.

En contexte de restauration, une part importante des études fonctionnelles en milieu aquatique fait l'objet d'une comparaison de type « référence » où l'on situe écologiquement un site restauré par rapport à un état idéal de référence supposé à atteindre (exemple des méthodes actuelles d'évaluations employées par la Directive Cadre sur l'Eau). Cependant, en l'absence d'état référence, nous considérons ici que l'évaluation de l'écart de paramètres environnementaux entre deux sites peut être à même de statuer sur leurs fonctions. Dans notre cas, deux annexes fluviales, intégrées dans le projet de restauration écologique du Rhône et dont le fonctionnement hydrologique général est semblable (fréquence de connexion par l'amont avec le chenal principal faible) mais dont la structure des peuplements de juvéniles est différente, ont été retenues pour établir une comparaison de leur état écologique, fonctionnelle et trophique. Au sein de ces deux annexes, les forces hydrauliques sont souvent faibles en énergie pour modifier la morphologie du site mais suffisantes pour constituer un lien quasi-continu avec le chenal principal permettant des échanges entre le Rhône et l'annexe fluviale (nutriments, décantation de matière fine, accessibilité pour les poissons etc.). Cette étude impliquera une comparaison de la dynamique saisonnière et de l'utilisation des ressources sur lesquelles les juvéniles de poissons prélèvent leur énergie en utilisant les méthodes d'analyse des ratios isotopiques. In fine, nous répondrons à deux objectifs : (1) combler certaines lacunes sur le fonctionnement des annexes fluviales et sur l'écologie des espèces potamiques et (2) agir spécifiquement sur la construction de liens plus clairs entre les processus de recrutement/dispersion des juvéniles et certains paramètres environnementaux clés dont la prise en compte est indispensable en contexte de restauration. Ce chapitre présente une première approche exploratoire sur les données récoltées en 2018.

9.2 Matériel et méthodes

9.2.1 Choix des sites d'études

Pour répondre à la problématique, deux annexes fluviales connectées à l'aval (stations) et représentant des situations hydrologiques comparables (fréquences de connexion par l'amont

avec le chenal principal faibles) ont été choisies. La problématique de cette étude et les résultats préliminaires des pêches électriques antérieures du secteur de Brégnier-Cordon (données RhonEco issues de Jean-Michel Olivier et coll. - LEHNA) nous ont incités à sélectionner des annexes fluviales dont les peuplements varient en termes de structures et d'abondances piscicoles. Les deux stations d'études sélectionnées et situées dans le secteur de Brégnier-Cordon sont les suivantes :

- la lône des Molottes (fin de la restauration en 2007) : annexe fluviale de type parapotamon de style tressé. Le niveau d'eau de cette lône est influencé par le reflux du RCC. Elle est alimentée en eau phréatique en période de basses eaux et supporte une abondante végétation aquatique. Trois sites d'échantillonnage (amont, centre et aval) ont été prédéfinis sur cette station ;
- la lône de Ponton (fin de la restauration en 2007) : annexe fluviale de type parapotamon de style tressé. Le niveau d'eau de cette lône est influencé par les débits en aval du barrage de l'usine hydroélectrique de Brégnier-Cordon (fluctuation journalières de l'ordre de 20-40 cm). Elle est alimentée en eau phréatique en période de basses eaux mais subit des entrées d'eau liées aux fluctuations du niveau d'eau du chenal principal. Deux sites d'échantillonnage (amont et aval) ont été prédéfinis sur cette station.

9.2.2 Caractérisation hydrologique et physico-chimique des stations

Des enregistreurs de hauteurs d'eau, de températures et d'oxygènes dissous ont été installés à l'amont, à l'aval, en surface et en profondeur sur chacune des deux stations (Tableau 9.1). Ces chroniques horaires seront associées aux données de débits fournies par la CNR afin de comprendre le fonctionnement hydrologique de la station et la variabilité des paramètres biologiques ex : fluctuations des ressources trophiques, phénomènes de recrutement/dispersion concernant les juvéniles de poissons liée.

Une analyse du carbone organique dissous (Shimadzu TOC-L TOC Analyzer) et un suivi de la composition de la matière organique dissoute (MOD, filtration à 0.8 µm) par spectrophotomètre à fluorescence ont été effectuées (Tableau 9.1).

9.2.3 Échantillonnages relatifs aux analyses isotopiques

Des enregistreurs de hauteurs d'eau, de températures et d'oxygènes dissous ont été installés à l'amont, à l'aval, en surface et en profondeur sur chacune des deux stations

(Tableau 9.1). Ces chroniques horaires seront associées aux données de débits fournies par la CNR afin de comprendre le fonctionnement hydrologique de la station et la variabilité des paramètres biologiques ex : fluctuations des ressources trophiques, phénomènes de recrutement/dispersion concernant les juvéniles de poissons liée.

Une analyse du carbone organique dissous (Shimadzu TOC-L TOC Analyzer) et un suivi de la composition de la matière organique dissoute (MOD, filtration à 0.8 µm) par spectrophotomètre à fluorescence ont été effectuées (Tableau 9.1).

9.2.4 Juvéniles de poissons

Le but principal étant de comparer l'utilisation des ressources disponibles par les juvéniles dans chacun des sites, 5 espèces ont été retenues à la fois parce qu'elles présentent des caractères biologiques différents ex : régime alimentaire, période(s) de ponte(s), mais également car leur abondance dans les différents milieux permettait un échantillonnage suffisant pour (1) obtenir une analyse isotopique robuste ; (2) construire des modèles statistiques fiables et précis (= 10 individus par espèces/date d'échantillonnage). Parmi ces 5 espèces, le goujon (GOU ; *Gobio gobio*), la brème commune (BRE ; *Abramis brama*) et bordelière (BRB ; *Blicca bjoerkna*), le chevaine (CHE ; *Squalius cephalus*), l'ablette (ABL ; *Alburnus alburnus*) et le *Pseudorasbora parva* (PSR).

L'échantillonnage des poissons a été réalisé au cours de la période de croissance des juvéniles, soit 5-6 semaines après l'éclosion afin de capturer les plus jeunes individus et jusqu'au début de l'automne essentiellement sur les berges (Tableau 9.1). Un prélèvement régulier tous les 5/6 semaines a été effectué sur les alevins de l'année (30 d'individus au maximum par espèce et par site). Cet échantillonnage a permis de suivre l'évolution des effectifs au cours du temps et au sein des différents compartiments biologiques étudiés. L'échantillonnage a été pratiqué par pêche électrique, en bateau, en utilisant la méthode de l'échantillonnage ponctuel d'abondance E.P.A (Nelva *et al.*, 1979 ; Persat & Copp, 1990). Un facteur de condition (ou relation poids-longueur) a été calculé individuellement avant le passage à l'isotopie dans le but de suivre les oscillations de l'état d'embonpoint des individus dépendant de divers facteurs (alimentation, migration, stress etc.).

Tableau 9.1 - Synthèse des échantillonnages pour analyses isotopiques (colonne « isotopes ») et du suivi temporel (colonne « suivi ») des principaux paramètres dans les deux sites d'études.

	Suivi	Isotopes	2018						
			Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.
O2, Conductivité, T°	X		X	X	X	X	X	X	X
Phytoplancton	X			X	X	X	X		X
Matière organique		X				X			X
Matières organique dissoute	X			X	X	X	X	X	X
Seston		X		X		X			
Sédiment		X				X			X
Biofilm		X						X	
Zooplancton	X	X		X	X				
Invertébrés	X	X		X	X				
Juveniles de poisson	X	X				X	X		X

9.2.5 Analyse des isotopes stables

Il existe à ce jour différentes méthodes permettant d'étudier les liens trophiques entre compartiments. Parmi les méthodes les plus employées, l'utilisation de traceurs intégrée à un suivi temporel des différents compartiments dans un milieu permet d'avoir une vision concrète des interactions qui s'exercent dans un réseau trophique.

La méthode des traceurs isotopiques *in situ* repose sur le principe d'accumulation des isotopes lourds des éléments (^{13}C et ^{15}N) dans les tissus des consommateurs qui contiennent majoritairement les isotopes légers de ces éléments (^{12}C , ^{14}N). Cette méthode permet d'avoir une vision synthétique du régime alimentaire d'un organisme qui comporte souvent un mélange de sources de nourriture assimilées. Le $\delta^{13}\text{C}$ est utilisé comme indicateur de la source de la matière organique et le $\delta^{15}\text{N}$ comme indicateur du niveau trophique d'un organisme consommateur (Figure 9.1) et leur rapport permet :

D'informer sur la structure et sur la dynamique temporelle ? du réseau trophique en lien avec les fluctuations saisonnières et hydrologiques.

D'estimer la contribution des différentes sources de nourriture dans les régimes alimentaires des poissons juvéniles de l'année.

De mettre en évidence des compétitions inter et intra-spécifiques liées aux ressources trophiques

L'analyse des isotopes stables a été effectuée sur l'organisme entier pour les juvéniles de poissons qui ont été préalablement délipidés selon la méthode de Folch (solution de Folch : 2/3 Chloroforme + 1/3 Méthanol en v/v). Les ressources trophiques ont été analysées dans leur entier. Les fractions à analyser ont été homogénéisées puis séchées entre 24 et 48h à l'étuve ou passées 24h au lyophilisateur (CHRIST BETA 1-8K). Les échantillons pouvant contenir des carbonates ont été décalcifiés par acidification au HCl concentré.

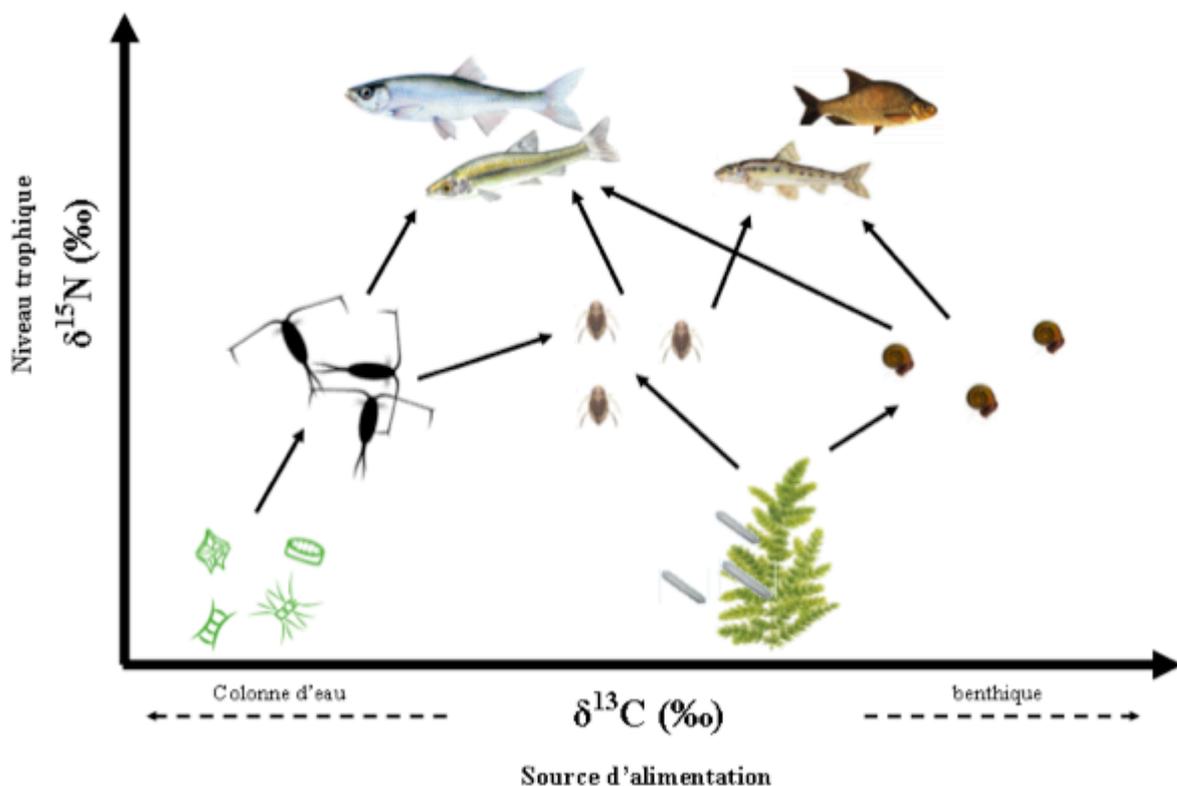


Figure 9.1 - Illustration théorique et simplifiée d'un réseau trophique construit sur le principe de l'utilisation des isotopes stables du carbone et de l'azote en milieu alluvial. L'axe des abscisses correspond aux signatures isotopiques en carbone des organismes et l'axe des ordonnées aux signatures isotopiques en azote.

Les rapports isotopiques du carbone et de l'azote des échantillons ont ensuite été déterminés au moyen d'un spectromètre de masse isotopique (IRMS) Isoprime 100 (Isoprime Ltd) couplé à un analyseur élémentaire FlashEA1112 (Thermo Scientific), ainsi qu'à un analyseur élémentaire à haute température VarioPyroCube (Elementar), au Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés de l'Université Claude Bernard de Lyon 1.

Les valeurs sont exprimées en δ ‰ (déviations isotopiques exprimées en millièmes), relativement à des standards internationaux normalisés par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique. La déviation isotopique correspond à la différence de rapport isotopique entre l'échantillon et la référence (matériel calibré sur le standard international) :

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C} \text{ échantillon}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C} \text{ référence}} - 1 \right) * 1000$$

$$\delta^{15}\text{N} = \left(\frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N} \text{ échantillon}}{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N} \text{ référence}} - 1 \right) * 1000$$

9.2.6 Traitement des données et modélisation

Les rapports isotopiques du carbone et de l'azote ont été mis en relation ($\delta^{15}\text{N}$ versus $\delta^{13}\text{C}$) pour déterminer le positionnement des organismes dans le réseau trophique et, compte tenu des fractionnements opérés lors du passage d'un niveau trophique au suivant, les relier à leurs sources de nourriture.

Des méthodes analytiques et mathématiques (e.g. Modèles à effets mixtes avec le package MixSIAR du logiciel R) ont été développées pour déterminer les régimes alimentaires des consommateurs à ressources multiples. Chacun des modèles prendra en compte les variations spatiales (inter-stations et amont vs aval des stations) et temporelles des signatures en isotopes stables des différents compartiments biotiques étudiés.

9.3 Résultats

9.3.1 Ressources trophiques

Le seston, le zooplancton, le biofilm, les macrophytes du genre *Myriophyllum* et la matière organique (fine : FPOM et grossière CPOM) ont été identifiés comme étant les sources de base du réseau trophique. Les invertébrés n'ont pour l'instant pas été considérés. Ces éléments analysés définissent le niveau de base du réseau trophique, dans lequel sont puisés les éléments permettant l'édification des niveaux supérieurs.

Les valeurs moyennes de $\delta^{13}\text{C}$ des sources de base du réseau trophique varient de -37 ‰ pour le zooplancton à -15 ‰ pour le *Myriophyllum* dans la station Molottes (MOLO ; Figure 9.2). Dans la station Ponton (PONT), les valeurs moyennes de $\delta^{13}\text{C}$ vont de -32 ‰ à -16 ‰ pour le seston. La station de Ponton montre des valeurs plus élevées en $\delta^{13}\text{C}$ (Figure 9.2).

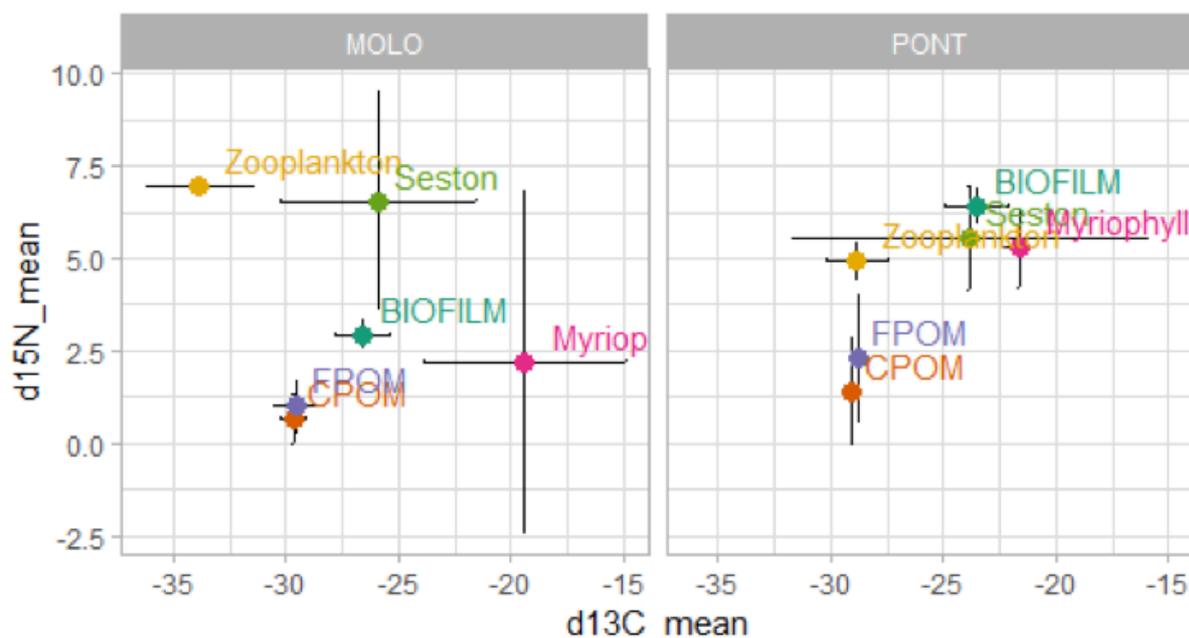


Figure 9.2 - Signatures isotopiques (moyenne \pm IC 95%) des sources de bases prélevés dans les stations d'études Molottes (MOLO ; à gauche) et Ponton (PONT ; à droite)

Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ oscillent entre 0 et 7 ‰ pour Ponton et de -2.5‰ à 9 ‰ pour Molottes. Sur Molottes, le zooplancton et le seston montrent des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ enrichies par rapport à Ponton ($\approx +1.5$ ‰). Cependant, sur Ponton, le FPOM, CPOM, le biofilm et le *Myriophyllum* montrent des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ enrichies par rapport à Molottes (entre +1 ‰ et +2.5 ‰).

Dans la lône des Molottes, les signatures isotopiques des sources de base du réseau trophique se distinguent les unes des autres (Figure 9.2). Dans la lône du Ponton, le zooplancton, le seston, le biofilm et le myriophyllum présentent des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ très proches. Pour information, l'observation microscopique du seston dans la lône du Ponton a montré une densité importante de cryptophytes et de diatomées et l'absence de zooplancton dans les prélèvements. Le rapprochement isotopique des sources de bases empêchant leur discrimination dans la modélisation des contributions aux régimes alimentaires des juvéniles de poissons, une analyse inter-sites par station sera retenue.

9.4.1 Juvéniles de poissons

Ayant recueilli une quantité de données importante (510 individus répartis sur 3 campagnes passés au spectrophotomètre), nous focaliserons, dans ce document, notre analyse sur les variations de signatures isotopiques de 4 espèces de juvéniles de poissons (Goujon non retenu) dans la station Molottes, site Amont au cours des 2 dernières campagnes de prélèvement de 2018. Les brèmes, encore trop petites à ce stade, n'ont pas pu être différenciées entre la brème commune (BRE) et la brème bordelière (BRB).

Les juvéniles de poissons présentent des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ distinctes entre espèces qui permettent de relier facilement un pool d'individus à l'une des ressources en tenant compte de leur proximité (Figure 9.3). On observe entre août et octobre, un enrichissement en isotopes lourds qui se traduit graphiquement par un décalage vers la droite de l'ensemble des individus des 4 espèces. En août, les brèmes (BR = communes + bordelières) et les ablettes (ABL) possèdent des valeurs liées au zooplancton, traduisant leur dépendance vis-à-vis de cette ressource.

En octobre, il est probable que ces mêmes espèces s'alimentent également de seston qui a une signature carbonée enrichie en atomes lourds (i.e. signature moins négative). Le pseudorasbora (PSR) et le chevesne (CHE) semblent plus généralistes, s'alimentant de seston et de zooplancton en août puis s'orientant vers le seston en octobre (Figure 9.3).

Lorsque l'on passe d'août à octobre, on remarque que les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ tendent vers des valeurs plus élevées (Figure 9.3). De plus, la position générale qu'occupe le nuage de points en août reflète une composition isotopique mixte principalement générée à partir de sources planctoniques (zooplancton et seston), traduisant une variabilité inter-individuelle plus élevée à cette période. Comme pressenti, le biofilm et la matière organique fine et grossière (FPOM/CPOM) ne constituent pas une source de nourriture importante pour les juvéniles de poissons, privilégiant les sources d'ordre pélagique plutôt que benthique.

Station : Molottes (Id : MOLO) / Site : AMONT / 2018

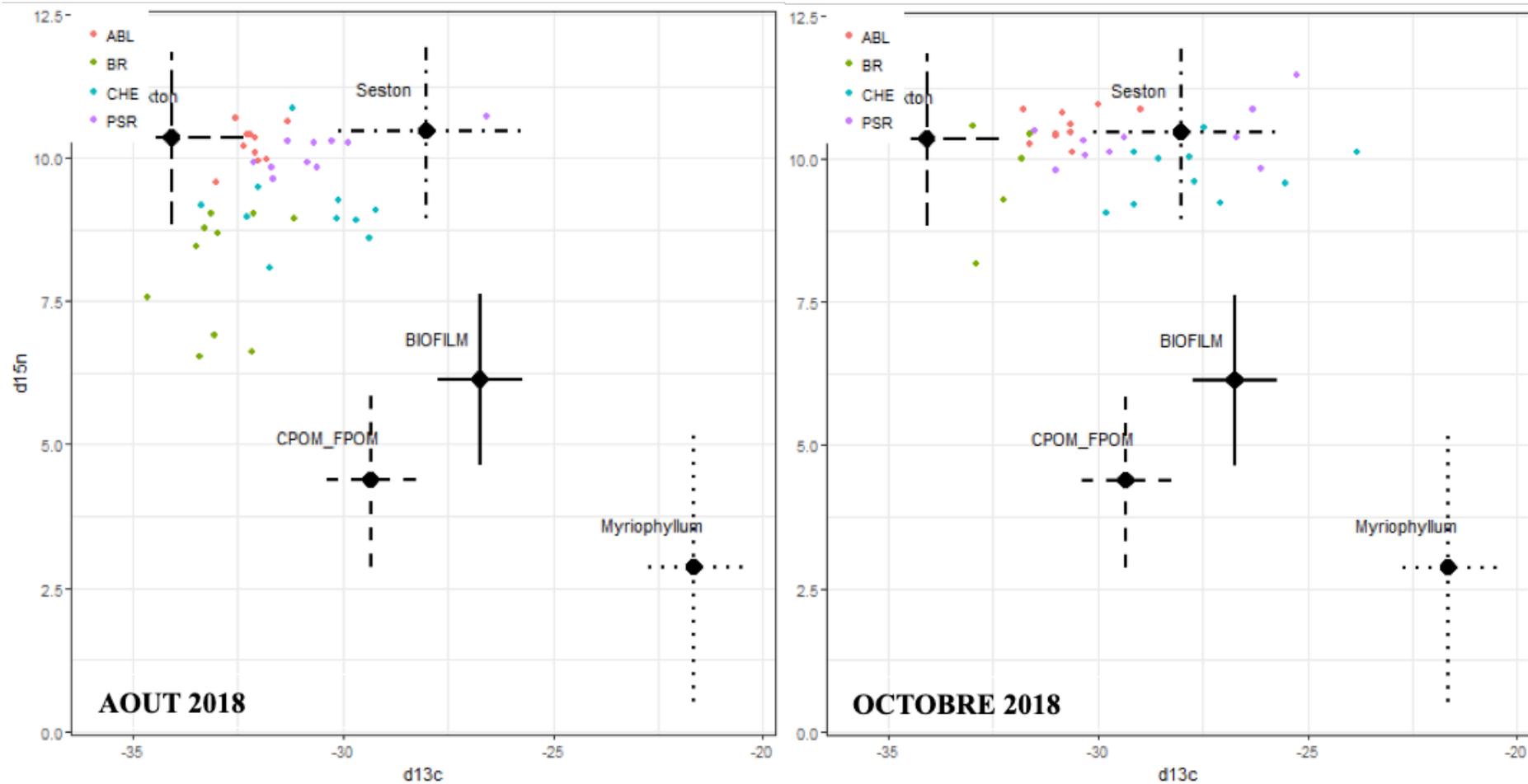


Figure 9.3 - Signatures isotopiques (moyennes \pm IC 95%) des sources de nourritures primaires (ronds noirs avec barres d'erreur) et de 4 espèces de juvéniles de poissons: ABL (en rouge), BR (en vert), CHE (en bleu) et PSR (en violet) prélevés dans le site Amont de la station Molottes.

9.5 Contributions relatives des sources de nourriture aux régimes alimentaires des juvéniles

Les ressources zooplancton et seston ont alors été testées par le modèle MixSIAR, qui permet de quantifier leurs contributions moyennes aux régimes alimentaires des différentes espèces. Pour des raisons synthétiques, les régimes alimentaires ont été estimés par station.

Les résultats obtenus pour la lône du Ponton (PONT) par le modèle considèrent que la majorité des espèces s'alimentent de seston (entre 25 et 50%) et que le zooplancton est une ressource exploitée en second (< 8% ; Figure 9.4). Dans le cas de la lône des Molottes (MOLO), les contributions du zooplancton sont nettement supérieures (entre 3 et 80%) par rapport au seston (entre 6 et 52 %). Dans la lône des Molottes, les proportions en seston du chevaine (CHE), du goujon (GOU) et du Pseudorasbora (PSR) semblent très comparables avec la station PONT, cependant, ces deux espèces exploitent d'avantage de zooplancton comme ressource (entre + 10 et + 30% ; Figure 9.4).

Excepté pour la Brème (BR) qui présente un régime à dominance de seston en juillet puis de zooplancton en août et octobre, l'ablette (ABL) et le chevesne (CHE) semblent effectivement opérer aux mêmes choix alimentaires, avec une consommation de zooplancton en juillet (pour le chevesne uniquement) et en août puis le seston en octobre. On remarque d'une manière générale une tendance à l'utilisation du seston comme ressource primaire, cependant le zooplancton semble être une ressource préférée au seston par le chevesne (CHE) et l'ablette (ABL) en début de saison puis par la brème (BR) particulièrement en fin de saison.

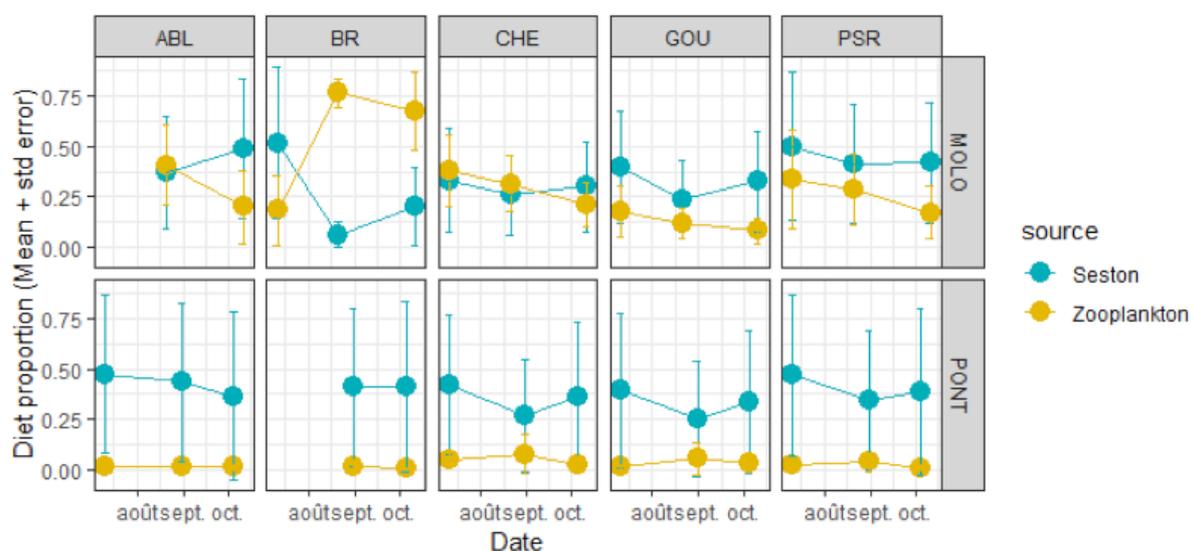


Figure 9.4 - Contributions moyennes des ressources zooplancton (en jaune) et seston (en bleu) dans les régimes alimentaires des juvéniles de poissons dans chacune des stations PONT (Ponton) et MOLO (Molottes) au cours des 3 campagnes d'échantillonnages de 2018.

9.6 Conclusion

Comme mentionné initialement, il s'agit ici d'une première approche exploratoire concernant les données acquises au cours de l'année 2018. Les écosystèmes fluviaux sont naturellement complexes en termes de dynamique et d'interactions. Néanmoins le choix des méthodes et métriques présentées dans ce chapitre ont permis de mettre en évidence des comportements alimentaires différents pour plusieurs espèces dans chacun des deux sites étudiés. Ces premiers résultats pourront faire l'objet d'une réflexion répondant aux objectifs sur la fonctionnalité écologique des annexes fluviales en contexte de restauration définis au début du chapitre.

Néanmoins, il sera souhaitable d'améliorer la précision des modèles mixtes concernant la construction des régimes alimentaires en modélisant à l'échelle du site et non de la station. Enfin, la compréhension des structures et de la mise en place des peuplements dans les annexes fluviales ne peut être abordée sans tenir compte de l'évolution ontogénique du régime alimentaire des espèces piscicoles. Disposant d'une large gamme de taille allant des post-larves au juvéniles, la suite du travail pourra se focaliser sur cet aspect.

10 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.

Les premiers retours d'expérience ont montré que les effets des procédures de restauration mises en œuvre étaient d'autant plus marqués que l'amplitude des changements physiques induits par la réhabilitation des habitats était importantes et que notre capacité à les détecter dépendait en partie de l'effort d'échantillonnage mis en œuvre et notamment au cours de la période pré-restauration (Vaudor *et al.*, 2015). Les données collectées sur le site de Pierre-Bénite et sur les sites du Haut-Rhône apportent des enseignements précis sur les effets de la restauration, mettant en évidence des évolutions différentes en fonction de secteurs considérés et des types de bras restaurés. Les résultats obtenus mettent également en évidence l'intérêt des suivis à moyen long-termes pour détecter les modifications d'évolution physique des milieux (suivi hydro-morphologiques des bras restaurés) et l'évolution des structures de communautés aquatiques associée. L'ensemble de ces données et de ces résultats permettent de tirer des enseignements opérationnels, via l'analyse des données et le développement de modèles, particulièrement utiles pour définir de futures orientations de restauration écologique. Enfin les résultats confirment que la mesure des effets de la restauration du Rhône, telle qu'elle a été conçue, doivent être analysées à plusieurs échelles spatiales et temporelles et intégrer les nouvelles procédures mises en œuvre comme le démantèlement des marges alluviales et la réinjection de sédiments.

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 lônes) 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 comme par exemple la première étude de réseaux trophiques dans deux annexes fluviales du secteur de Brégnier-Cordon présentée dans ce rapport. 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.

Le programme RhônEco est un des programmes de l'Observatoire Homme-Milieu (OHM) Vallée du Rhône (<https://ohm-vr.org/recherches.php>) qui est un programme de recherche interdisciplinaire qui s'articule autour des questionnements scientifiques dédiés à la compréhension de l'évolution contemporaine et la gestion durable de l'hydrosystème rhodanien.

11 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., & Cogerino 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.
- Carrel G. (1986) *Caractérisation physico-chimique du Haut-Rhône français et de ses annexes ; incidences sur la croissance des populations d'alevins*, Thèse Université de Lyon. Lyon 1. 185p.
- Castella E. (1987) *Apport des macroinvertébrés aquatiques au diagnostic écologique des écosystèmes abondants par les fleuves. Recherches méthodologiques sur le Haut-Rhône français*. Université de Lyon I.
- Castella E. 1987. Larval Odonata distribution as a describer 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 îlots 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 îlots 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.
- Citterio A., Piégay H. (2009). Overbank sedimentation rates in former channel lakes: Characterization and control factors. *Sedimentology*, 56, 461-482.
- 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.
- Copp G.H. (1987) *Le rôle et le fonctionnement des milieux aquatiques du haut-Rhône français comme sites de reproduction et de nurserie pour les poissons du fleuve*, Thèse Université de Lyon. Lyon 1. 97p
- Daufresne M., Veslot J., Capra H., Carrel G., Poirel A., Olivier J.M., *et al.* (2015) Fish community dynamics (1985-2010) in multiple reaches of a large river subjected to flow restoration and other environmental changes. *Freshwater Biology* **60**, 1176–1191.
- De Cáceres M. & Legendre P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*. 90(12): 3566-3574.
- De Cáceres M., Legendre P. & Moretti, M. 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*. 119(10): 1674-1684.
- De Cáceres M., Legendre P., Wiser S.K. & Brotons, L. 2012. Using species combinations in indicator analyses. *Methods in Ecology and Evolution*. 3(6): 973-982.
- 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 Oecologica, Oecologia 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.
- Forcellini, M., Plichard, L., Merigoux, S., Doledec, S. & Lamouroux, N. (in prep) Predictive models of macroinvertebrates microhabitat selection in multiple sites accounting for abundance overdispersion.
- Galil B.S., Nehring S., Panov V. (2008) Waterways as Invasion Highways – Impact of Climate Change and Globalization. In: Nentwig W. (eds) *Biological Invasions*. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 193. Springer, Berlin, Heidelberg
- 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.
- Herzka S.Z. (2005) Assessing connectivity of estuarine fishes based on stable isotope ratio analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **64**, 58–69.

- 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.
- Kostecki C., Le Loc'h F., Roussel J.M., Desroy N., Huteau D., Riera P., *et al.* (2010) Dynamics of an estuarine nursery ground: the spatio-temporal relationship between the river flow and the food web of the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) as revealed by stable isotopes analysis. *Journal of Sea Research* **64**, 54–60.
- 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., Chandesris 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.
- Nelva A., Pattee E., Perrin J.-F., Persat H. & Roux A.-L. (1981) Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. Premières observations sur les populations piscicoles dans le secteur de Brégnier-Cordon. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* **21**, 1276–1282.
- 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., McGlenn 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 îlons 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 îlons 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.
- Riquier J., Piégay H., Lamouroux N., Vaudor L. (2017). Are restored side channels sustainable aquatic habitat features? Predicting the potential persistence of side channels as aquatic habitats based on their fine sedimentation dynamics. *Geomorphology*, 295: 507-528.
- Riquier J., Piégay H., Lamouroux N., Vaudor L. (sous presse). Pertinence et pérennité de la restauration de chenaux latéraux : modèles issus de 15 ans de suivi sur le Rhône. *La Houille Blanche*.
- 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.
- Stewart S.D., Hamilton D.P., Baisden W.T., Dedual M., Verburg P., Duggan I.C., et al. (2017) Variable littoral-pelagic coupling as a food-web response to seasonal changes in pelagic primary production. *Freshwater Biology* **62**, 2008–2025.
- 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-Poetra 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.
- Vaudor L., Lamouroux N., Olivier J.-M. & Forcellini M. (2015) How sampling and population characteristics influence the statistical power to detect changes in abundance after restoration in a large river. *Freshwater Biology*, 60, 1192-1207.
- Ward J.V., Tockner K. & Schiemer F. (1999) Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers* **15**, 125–139.
- Welcomme R.L. (1979) *The fisheries ecology of floodplain rivers*. Longman. 317p.

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 lentiques	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

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					
	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					
	Lône Moiroud										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône Béard										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	lône Fournier										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					
	Lône des Granges										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône Vachon										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône des Cerisiers										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône Mattant											X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône des Molottes											X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône du Ponton											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						
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					
	Lône du Noyer Nord													X	X	X	X	X	X	X					
	Lône du Noyer Sud																		X	X					
	Lône de L'Ilon													X	X				X	X					
	Lône de la Boussarde																		X	X					
	Lône de La Sainte																		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		
	Lône du Carré																	X	X	X					
	Lône des Jons																	X	X	X					
	Lône de Caderousse																	X	X	X					
	Lône de la Grange Ecrasée																	X	X	X				X	
	Lône du Bayard																	X	X	X					
	Dames																						X		X
	Dion																						X		X
	Banc Rouge																						X		X
Désirade																						X		X	

Annexe 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	
	Brotalet		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			
	Moiroud		Avt 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			
	Béard		Avt 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			
	Anse de Yenne		Avt 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			
	Granges		Avt 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			
	Cerisier		Avt 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			
	Molletes		Avt 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			
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			
Péage-de-Roussillon	Sainte Ilon						Avt T				Avt T		Apr T		Apr T		Apr T	
	Noyer Nord						Avt T				Avt T		Avt T		Apr T		Apr T	
	Noyer Sud												Apr T		Apr T		Apr T	
	Casier d'Arcoules						Avt T						Apr T		Apr T		Apr T	
	Platière amont						Avt T											
	Boussarde								Avt T				Avt T		Apr T		Apr T	
Montélimar	Roussette							Avt T				Avt T		Apr T		Apr T		
Donzère-Mondragon	Bayard								Avt T				Avt T					
	Caderousse								Avt T				Avt T					
	Malaubert								Avt T				Avt T					
	Grange écrasée								Avt T				Avt T					
	Malatras								Apr T				Apr T			Apr T		Apr T
	Jons								Avt T				Avt T					
	Carré								Avt T				Avt T					
	République								Avt 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					*5				*		*			*		
	Saintes					*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
VR Chautagne	2004	36	0	85	0	0	1	0	0	2	3	0	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	
VR Chautagne	2005	243	0	108	0	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	0	2	9	1	384	2	1409	20
VR Chautagne	2006	20	0	174	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	593	13	41	124	1	2	0	102	0	0	0	0	23	5	4	0	0	0	117	5	1	326	13	1566	19
VR Chautagne	2007	143	1	16	0	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	0	63	0	0	121	38	707	18
VR Chautagne	2008	4	3	134	0	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	0	1	0	1	130	1	672	19
VR Chautagne	2009	41	0	266	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	355	5	10	25	13	0	0	50	0	0	7	0	0	27	0	0	0	0	9	1	0	173	0	986	15
VR Chautagne	2010	58	3	183	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	317	0	37	14	8	5	0	35	0	0	0	0	7	3	1	0	0	1	13	2	7	440	3	1140	20
VR Chautagne	2011	7	0	21	0	1	1	0	0	1	4	0	0	0	140	7	10	79	0	0	0	35	0	0	9	0	10	0	0	0	0	0	4	1	2	124	0	456	17
VR Chautagne	2012	48	1	353	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	175	11	167	89	2	1	0	39	0	0	0	0	17	16	0	0	0	0	21	4	6	367	1	1326	19
VR Chautagne	2013	193	3	104	0	8	0	0	3	0	2	0	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
VR Chautagne	2014	18	0	635	0	10	3	3	0	0	1	2	0	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
VR Chautagne	2015	51	1	404	0	3	0	0	0	1	0	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
VR Chautagne	2016	6	0	181	0	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
VR Chautagne	2017	0	0	242	0	2	14	0	0	0	3	0	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
VR Chautagne	2018	63	0	311	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	481	0	24	20	0	4	0	32	0	0	0	0	8	2	0	0	0	5	16	0	0	190	0	1158	13
Total		931	12	3217	0	28	27	3	10	7	20	2	0	0	4872	199	1765	1381	100	186	0	1444	0	0	54	0	135	98	37	0	1	15	505	29	27	3663	110	19439	28
Abond. Rel.		4,8%	0,1%	16,5%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	25,1%	1,0%	9,1%	7,1%	0,5%	1,0%	0,0%	7,4%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,7%	0,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	2,6%	0,1%	0,1%	18,8%	0,6%		
Abond. Moy.		62	1	214	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0	357	13	119	93	7	13	0	98	0	0	4	0	9	7	2	0	0	1	4	2	244	7	1296		

	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	
VR Belley	2005	69	1	177	0	0	0	14	2	0	1	0	0	1	322	26	74	175	16	151	0	80	0	0	5	0	17	2	1	0	0	0	65	0	7	187	221	1614	22	
VR Belley	2006	79	3	165	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	252	5	19	192	19	13	0	9	1	0	0	0	13	2	0	0	3	0	0	93	2	17	14	117	1029	21
VR Belley	2007	36	0	72	0	2	4	4	1	0	4	0	0	3	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	
VR Belley	2008	6	2	93	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	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	
VR Belley	2009	12	1	300	0	1	9	15	1	0	5	0	0	3	374	34	16	156	10	0	0	55	1	0	6	0	3	0	1	0	0	0	140	2	12	27	92	1276	24	
VR 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	
VR 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	0	2	0	0	185	10	14	45	36	1475	22	
VR 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	
VR 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	0	47	4	16	11	71	1873	25
VR 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	0	3	159	1	11	23	163	1607	22	
VR 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	
VR 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	
VR 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	
VR Belley	2018	491	1	965	0	4	2	4	0	2	3	0	0	2	443	0	223	566	7	126	0	28	0	0	22	0	19	4	0	0	1	35	123	5	0	22	482	3580	24	
Total		1309	11	5451	0	56	16	161	24	39	50	1	0	111	5533	208	2814	2537	128	458	0	634	44	1	184	0	171	36	4	12	8	75	1549	80	147	679	1398	23929	32	
Abond. Rel.		5,5%	0,0%	22,8%	0,0%	0,2%	0,1%	0,7%	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,5%	23,1%	0,9%	11,8%	10,6%	0,5%	1,9%	0,0%	2,6%	0,2%	0,0%	0,8%	0,0%	0,7%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	6,5%	0,3%	0,6%	2,8%	5,8%			
Abond. Moy.		94	1	389	0	4	1	12	2	3	4	0	0	8	395	15	201	181	9	33	0	45	3	0	13	0	12	3	0	1	1	5	111	6	11	49	100	1709		

	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
VR Brégnier-Cordon	2006	179	1	189	0	0	0	7	22	2	1	0	0	0	265	1	9	169	14	47	0	28	0	0	0	1	8	9	0	0	0	0	96	9	0	4	23	1084	21
VR 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	0	1	22	29	0	0	0	0	7	14	7	11	24	742	24
VR Brégnier-Cordon	2008	1	0	34	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	95	4	1	8	1	3	0	27	0	0	0	1	29	2	1	0	0	0	26	1	1	101	3	343	19
VR 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	0	103	24	1	0	2	0	145	4	0	19	24	1200	22
VR 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
VR 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	0	0	35	2	2	0	0	1	177	1	1	252	28	1367	24
VR Brégnier-Cordon	2012	168	3	416	0	34	25	5	10	1	4	1	0	2																									

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.
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2018	449	0	471	0	1	1	1	1	0	4	4	177	0	3	228	0	2	0	43	3	1	0	0	18	655	0	164	0	2226	18
Abondance totale	867	10	3889	10	113	8	73	6	4	5	113	1939	5	39	727	2	1024	1	768	62	34	69	2	332	8287	6	6021	22	24438	28
Abondance relative	3,5%	0,0%	15,9%	0,0%	0,5%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	7,9%	0,0%	0,2%	3,0%	0,0%	4,2%	0,0%	3,1%	0,3%	0,1%	0,3%	0,0%	1,4%	33,9%	0,0%	24,6%	0,1%		
Abondance moyenne	72	1	324	1	9	1	6	1	0	0	9	162	0	3	61	0	85	0	64	5	3	6	0	28	691	1	502	2	2037	

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.
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2013	203	0	15	0	0	77	0	0	0	0	0	23	0	29	8	3	0	0	0	3	9	0	0	1	1	40	0	0	1	413	13
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	17	0	0	6	1339	16
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
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
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
2018	507	0	32	0	0	15	0	0	0	1	0	72	0	48	4	1	14	2	0	11	9	0	0	0	1	4	0	0	1	722	15
Abondance totale	5918	28	608	4	11	539	10	4	9	3	34	1864	8	2289	701	52	773	236	13	177	215	13	14	9	56	578	24	48	87	14325	29
Abondance relative	41,3%	0,2%	4,2%	0,0%	0,1%	3,8%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	13,0%	0,1%	16,0%	4,9%	0,4%	5,4%	1,6%	0,1%	1,2%	1,5%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	4,0%	0,2%	0,3%	0,6%		
Abondance moyenne	329	2	34	0	1	30	1	0	1	0	2	104	0	127	39	3	43	13	1	10	12	1	1	1	3	32	1	3	5	796	

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.
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2018	488	0	5	0	0	73	34	2	0	0	0	0	134	0	278	292	14	7	1	12	0	33	83	29	7	0	24	3	0	0	3	1522	19
Abondance totale	7874	39	265	2	1	4216	643	82	18	156	48	3	2374	25	6238	2693	71	511	8	883	69	257	958	2464	213	2	191	65	15	5	8	30397	31
Abondance relative	25,9%	0,1%	0,9%	0,0%	0,0%	13,9%	2,1%	0,3%	0,1%	0,5%	0,2%	0,0%	7,8%	0,1%	20,5%	8,9%	0,2%	1,7%	0,0%	2,9%	0,2%	0,8%	3,2%	8,1%	0,7%	0,0%	0,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%		
Abondance moyenne	656	3	22	0	0	351	54	7	2	13	4	0	198	2	520	224	6	43	1	74	6	21	80	205	18	0	16	5	1	0	1	2533	

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.		
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	364	672	20		
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		
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		
2013	126	8	44	2	31	27	0	1	0	0	0	1	99	1	6	112	0	22	100	0	0	46	0	1	0	11	0	120	759	19		
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		
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		
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		
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		
2018	219	5	9	0	49	74	0	0	0	5	1	0	35	0	33	106	0	52	5	0	1	11	1	0	3	42	0	78	729	18		
Abondance totale	1614	36	243	13	257	139	23	3	5	10	5	4	638	7	344	622	1	273	564	15	9	217	3	1	26	475	2	1827	7376	28		
Abondance relative	21,9%	0,5%	3,3%	0,2%	3,5%	1,9%	0,3%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	8,6%	0,1%	4,7%	8,4%	0,0%	3,7%	7,6%	0,2%	0,1%	2,9%	0,0%	0,0%	0,4%	6,4%	0,0%	24,8%				
Abondance moyenne	179	4	27	1	29	15	3	0	1	1	1	0	71	1	38	69	0	30	63	2	1	24	0	0	3	53	0	203	820			

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.

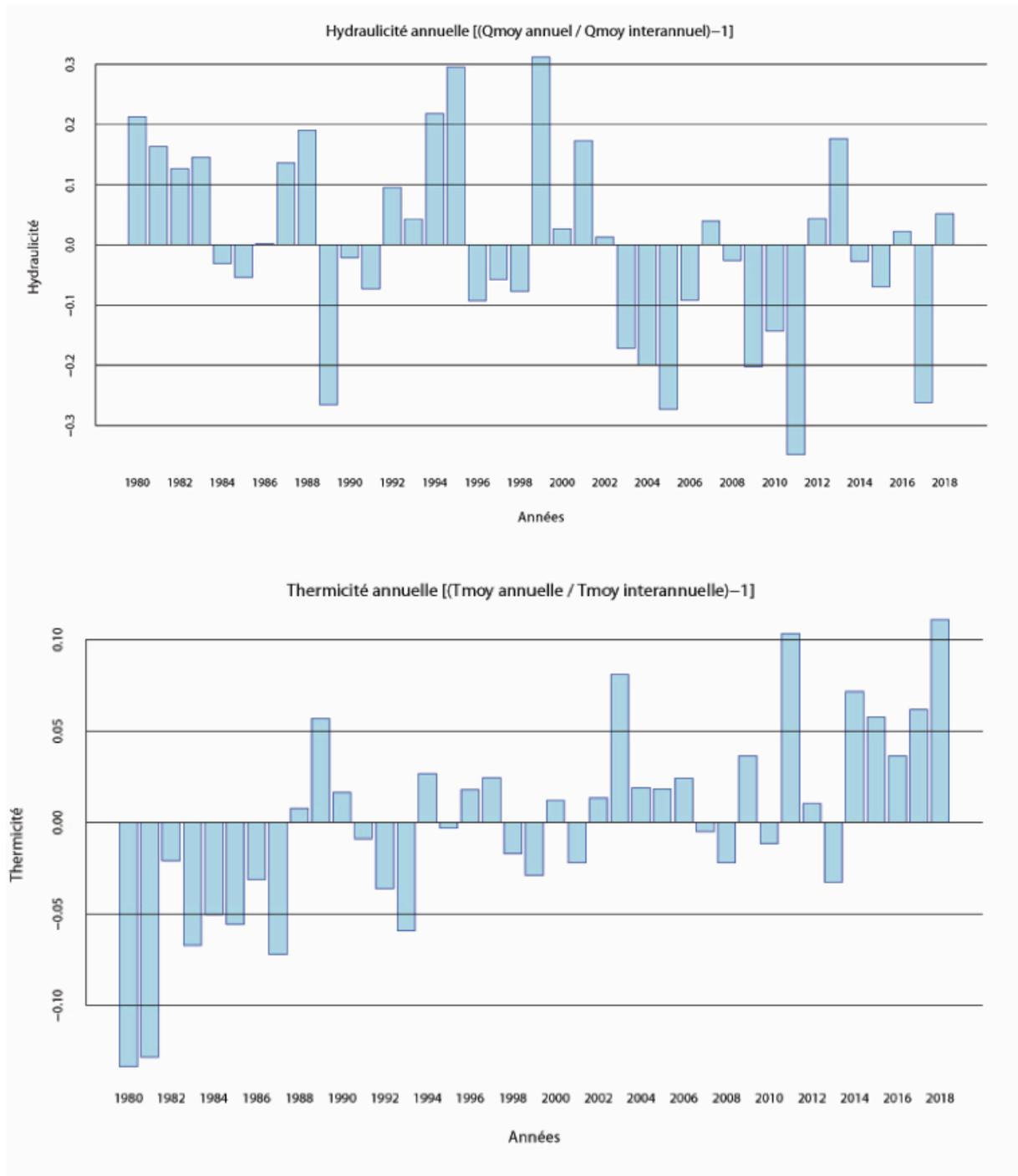
Année	ABL	ANG	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TOX	VAI	VAN	Total	Nb esp.
2006	129	9	66	17	174	9	0	2	2	3	0	140	0	87	38	2	38	15	0	18	6	31	3	2	1	93	2	0	3	0	888	24
2007	227	35	33	0	6	4	0	0	0	0	1	129	0	21	19	2	115	130	0	10	1	0	1	0	1	14	0	0	1	0	750	18
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	0	518	21
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	0	909	19
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	0	6	0	1127	21
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	0	970	22
2012	512	6	87	13	13	0	0	2	0	3	184	0	64	94	0	43	11	0	4	1	4	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1046	17
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	0	0	606	16
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	0	980	14
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	0	959	18
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	0	1163	17
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	0	838	19
2018	122	0	19	21	149	0	0	0	1	0	0	117	0	36	51	0	18	22	0	6	2	27	1	0	8	14	0	0	0	2	616	17
Abondance totale	3959	141	752	117	987	18	2	9	13	11	8	1766	2	640	816	19	629	553	1	124	33	294	12	7	48	391	4	1	13	2	11370	29
Abondance relative	34,8%	1,2%	6,6%	1,0%	8,7%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	15,5%	0,0%	5,6%	7,2%	0,2%	5,5%	4,9%	0,0%	1,1%	0,3%	2,6%	0,1%	0,1%	0,4%	3,4%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%		
Abondance moyenne	305	11	58	9	76	1	0	1	1	1	1	136	0	49	63	1	48	43	0	10	3	23	1	1	4	30	0	0	1	0	875	

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.	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
2018	390	8	163	1	7	56	0	0	0	1	4	0	127	0	24	75	0	11	11	0	15	0	96	0	6	36	0	3	1034	18	
Abondance totale	5393	159	1963	4	149	213	1	1	3	30	67	12	2464	1	410	1530	3	1305	1689	1	46	8	1018	3	50	1113	7	287	17930	28	
Abondance relative	30,1%	0,9%	10,9%	0,0%	0,8%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	13,7%	0,0%	2,3%	8,5%	0,0%	7,3%	9,4%	0,0%	0,3%	0,0%	5,7%	0,0%	0,3%	6,2%	0,0%	0,0%	1,6%		
Abondance moyenne	490	14	178	0	14	19	0	0	0	3	6	1	224	0	37	139	0	119	154	0	4	1	93	0	5	101	1	26	1630		

Annexe 5

Annexe 5.1 : Hydraullicité (en haut) et thermicité (en bas) du Rhône au niveau de Saint-Vulbas de 1980 à 2018. 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 réchauffée par le CNPE de Bugey).



Annexe 5.2 : Guildes de préférences hydrauliques

Les données récoltées jusqu'en 2013 dans le cadre de ce programme ainsi que certaines données récoltées dans d'autres contextes (par exemple plusieurs rivières Allemandes, Doledec et al, 2007) ont permis de coder les préférences hydrauliques vis-à-vis des contraintes au fond (HFST, Statzner & Muller, 1989) de 203 taxons en 4 catégories :

- Catégorie 1 : Limnophiles ($0 \leq \text{FST} < 5$)

Les taxons limnophiles sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles. Ils sont représentés par exemple, par certaines espèces d'Ephémères comme *Centroptilum_luteolum*, *Procloeon_bifidum* ou encore la sangsue *Helobdella stagnalis*.

- Catégorie 2 : Intermédiaires ($5 \leq \text{FST} < 8$)

Les taxons intermédiaires sont représentés par exemple, par les Ephémères de l'espèce *Caenis luctuosa* ou encore les Trichoptères *Polycentropus flavomaculatus*.

- Catégorie 3 : Réophiles ($\text{FST} > 8$)

Les taxons rhéophiles sont soit inféodés à des contraintes hydrauliques fortes; par exemple l'Ephémère *Baetis fuscatus*; soit très fortes comme par exemple le Trichoptère *Hydropsyche exocellata*.

- Catégorie 4 : Ubiquiste

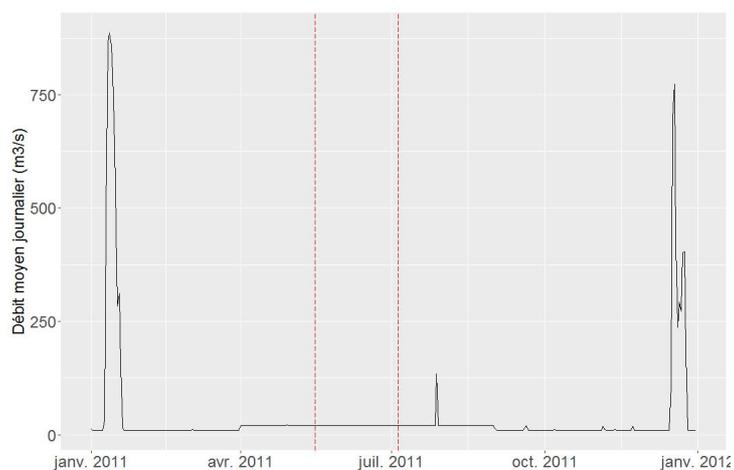
Les taxons ubiquistes ne présentent pas de préférences hydrauliques vis-à-vis des contraintes au fond. Par exemple les espèces du genre *Gammarus*.

Annexe 5.2 (suite)

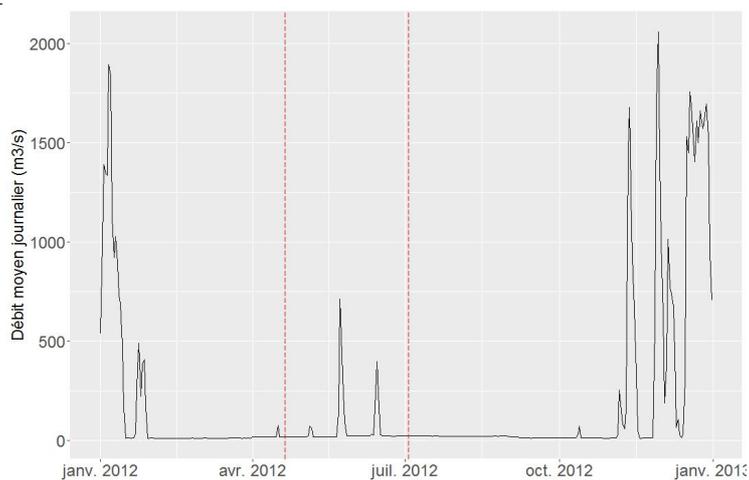
taxon	FST moyen	Préférence	taxon	FST moyen	Préférence
Agapetus_spp_tot	11.3280653	rhéophile	Hydraena_gracilis_a	12.40133348	rhéophile
Allogamus_auricollis	4.33310029	limnophile	Hydropsyche_contubernalis	11.82948884	rhéophile
Atherix_ibis	11.71803822	rhéophile	Hydropsyche_exocellata	13.9822668	rhéophile
Atherix_spp_tot	11.5785117	rhéophile	Hydropsyche_incognita	13.19681629	rhéophile
Atrichops_crassipes	4.631167336	limnophile	Hydropsyche_instabilis	14.40788089	rhéophile
Baetidae_(non_Baetis)	1.674699044	limnophile	Hydropsyche_pellucidula_incognita	13.68817232	rhéophile
Baetis_alpinus	16.50380011	rhéophile	Hydropsyche_siltalai	16.33573489	rhéophile
Baetis_fuscatus	11.29315057	rhéophile	Hydropsyche_spp_tot	13.51160735	rhéophile
Baetis_lutheri	13.72888305	rhéophile	Isoperla_rivulorum	13.87212361	rhéophile
Baetis_muticus	11.85302001	rhéophile	Isoperla_spp_tot	12.27512559	rhéophile
Baetis_rhodani	12.54505798	rhéophile	Jaera_istri	10.34941647	rhéophile
Baetis_spp_tot	11.75583717	rhéophile	Leuctra_geniculata	3.274096086	limnophile
Baetis_vardarensis	14.70157622	rhéophile	Leuctra_spp_tot	11.09454598	rhéophile
Bithynia_tentaculata	10.74085031	rhéophile	Limnius_a_spp_tot	11.46886639	rhéophile
Brachyptera_spp_tot	12.40095411	rhéophile	Limnius_spp_tot	10.77004512	rhéophile
Caenis_luctuosa	5.54660824	intermédiaire	Limnius_volckmari_a	12.3099372	rhéophile
Caenis_luctuosa_macrura	7.565567693	intermédiaire	Limnomysis_benedeni	1.599353642	limnophile
Centroptilium_luteolum	1.930244065	limnophile	Micrasema_longulum	13.4293177	rhéophile
Chaetopterygini	3.988989069	limnophile	Micrasema_spp_tot	12.54536915	rhéophile
Chaetopteryx_villosa_fusca	2.706110207	limnophile	Micronecta_spp_tot	2.839904494	limnophile
Chelicorophium_curvispinum	11.46637146	rhéophile	Mysidae_tot	6.508192896	intermédiaire
Chelicorophium_curvispinum_sowinskyi	10.39641819	rhéophile	Oreodytes_sanmarki	2.228103974	limnophile
Chelicorophium_spp_tot	10.87494923	rhéophile	Oreodytes_sanmarki_a	2.851179239	limnophile
Cheumatopsyche_lepida	16.36300655	rhéophile	Oulimnius_a_spp_tot	12.91214802	rhéophile
Chironomini	3.953863107	limnophile	Oulimnius_troglodytes_a	13.36558946	rhéophile
Chloroperla_spp.	6.728794576	intermédiaire	Philopotamus_montanus	14.15628709	rhéophile
Dinocras_cephalotes	11.95612718	rhéophile	Pisidium_spp_tot	5.297130884	limnophile
Dinocras_spp_tot	12.21521996	rhéophile	Platambus_maculatus	1.63285888	limnophile
Ecdisopteryx_spp_tot	7.61993156	intermédiaire	Polycentropus_flavomaculatus	5.139258997	intermédiaire
Echinogammarus_berilloni	6.180155008	intermédiaire	Polycentropus_spp_tot	5.302217547	intermédiaire
Elmis_a_spp_tot	14.22282984	rhéophile	Procloeon_bifidum	1.727880694	limnophile
Elmis_aenea_a	11.62624706	rhéophile	Procloeon_spp_tot	1.824016443	limnophile
Elmis_latreillei_a	14.35878166	rhéophile	Protonemura_nitida	15.82338137	rhéophile
Elmis_spp_tot	12.78289105	rhéophile	Protonemura_spp_tot	15.10251043	rhéophile
Epeorus_spp_tot	14.11797613	rhéophile	Radix_ovata	5.354886237	intermédiaire
Epeorus_sylvicola	16.50282429	rhéophile	Rhithrogena_semicolorata	14.63695368	rhéophile
Ephemerella_notata	9.278348837	rhéophile	Rhithrogena_spp_tot	14.17594817	rhéophile
Ephemerella_spp_tot	9.256374103	rhéophile	Rhyacophila_dorsalis	13.47708378	rhéophile
Erpobdella_octoculata	6.243873693	intermédiaire	Rhyacophila_nubila	13.1983194	rhéophile
Esolus_a_spp_tot	11.10940435	rhéophile	Rhyacophila_spp_tot	13.45004933	rhéophile
Girardia_tigrina	13.63989572	rhéophile	Simuliidae_n	13.48865737	rhéophile
Glossosoma_boltoni	11.48808315	rhéophile	Simuliidae_tot	15.99280361	rhéophile
Glossosoma_spp_tot	12.39234532	rhéophile	Simulium_monticola	17.71242669	rhéophile
Goera_pilosa	4.937930611	limnophile	Simulium_ornatum	14.10585071	rhéophile
Helobdella_stagnalis	1.719450034	limnophile	Simulium_spp_tot	17.26634022	rhéophile
Heptagenia_spp_tot	12.50476893	rhéophile	Tinodes_dives	10.8211633	rhéophile
Heptagenia_sulphurea	12.49163037	rhéophile	Wilhelmia_equina_lineata	15.09130692	rhéophile
Hexatoma_spp.	7.030841721	intermédiaire			
Hydraena_a_spp_tot	12.05502016	rhéophile			

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.

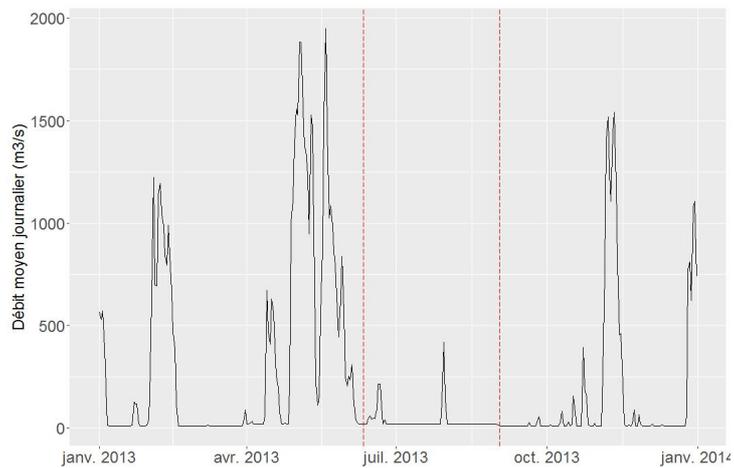
Campagnes 2011



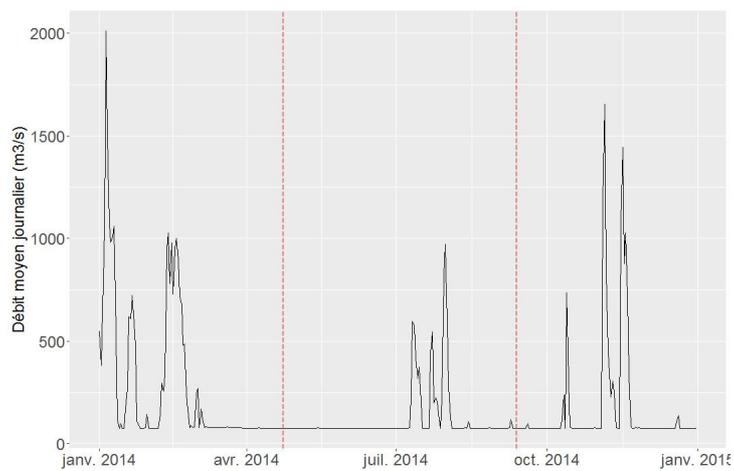
Campagnes 2012



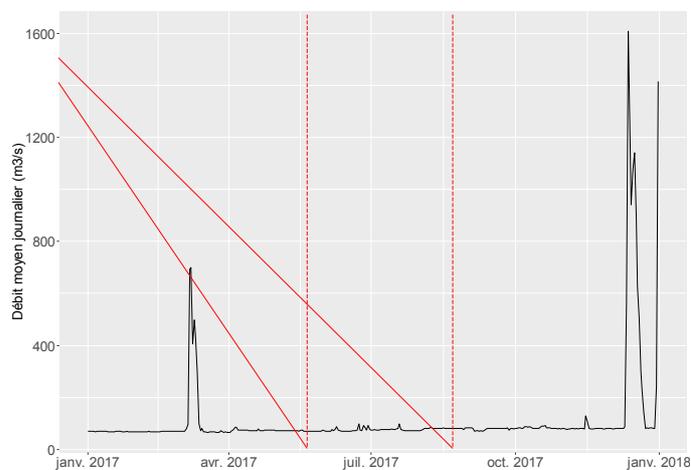
Campagnes 2013



Campagnes 2014



Campagnes 2017

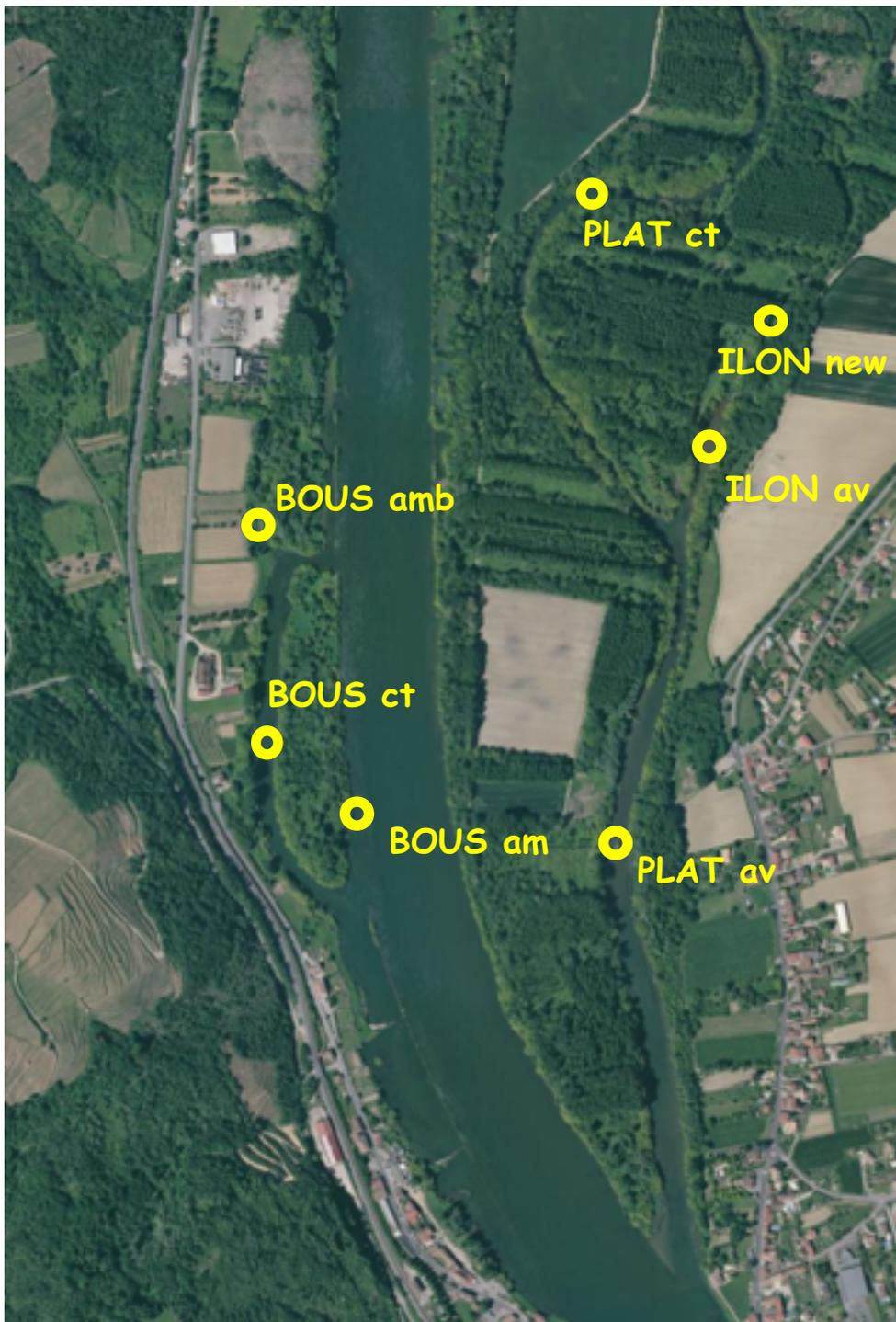


Annexe 7

Annexe 7.1 : Localisation des stations d'étude, secteur du Péage-de-Roussillon. Amont de l'Ile de la Platière.



Annexe 7.2 : Localisation des stations d'étude, secteur du Péage-de-Roussillon. Aval de l'île de la Platière et rive droite du RCC (Boussarde).



Annexe 7.3 : Localisation des stations d'étude, secteur du Péage-de-Roussillon. Restitution et lône de la Sainte.

