



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 2021.

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Emmanuel Castella, Maxence Forcellini, Camille Lebrun, Hervé Piégay, Jérémie Riquier, Anaëlle Bouloy, Nicolas Tissot

► **To cite this version:**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Emmanuel Castella, Maxence Forcellini, Camille Lebrun, 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 2021.. [Rapport de recherche] Université lyon 1; LEHNA - UMR 5023; INRAE RiverLy; Université de Genève; EVS - UMR 5600. 2021, 212 p. hal-03663288

HAL Id: hal-03663288

<https://hal.science/hal-03663288>

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

Un dispositif de recherche animé par le **graie**

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 (2021)

(27 Avril 2022)



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

INRAE



Université Claude Bernard



UNIVERSITÉ
JEAN MONNET
SAINT-ÉTIENNE

Pour citer ce rapport

J.-M. OLIVIER, N. LAMOUREUX, E. CASTELLA, M. FORCELLINI, C. LEBRUN, H. PIEGAY, J. RIQUIER, A. BOULOY, N. TISSOT (2022). *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 2021.* Programme RhôneEco. 202 p.

Réalisation des travaux

Partie Poissons chenal et lônes : **Camille LEBRUN** et **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUREUX** (INRAE – Lyon), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Bertrand LAUNEY (INRAE – Lyon) et Noéline GARCIA (UMR CNRS 5023).

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

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Nicolas TISSOT**, **Jérémy RIQUIER**, **Hervé PIEGAY** (UMR CNRS 5600 - Universités Jean Moulin Lyon 3, Jean Monnet Saint-Étienne et ENS de Lyon). Travail réalisé avec la collaboration de Lise VAUDOR, Kristell MICHEL, Alexandre PEETERS, Olivier RAZEBASSIA et Gabrielle SEIGNEMARTIN.

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA**, **Hélène MAYOR**, **Matteo GIOS**, **Pierre MARLE**, (Département F.A. Forel des Sciences de la Terre et de l'Environnement & Institut des Sciences de l'Environnement, Université de Genève.).

Coordination scientifique générale : **Jean-Michel OLIVIER** et **Nicolas LAMOUREUX** avec l'appui de **Bertrand MORANDI (GRAIE)**

Résumé

Les effets écologiques de l'augmentation du débit réservé sont évalués à partir des données issues des campagnes d'échantillonnage des communautés de macroinvertébrés benthiques et piscicoles dans les Vieux-Rhône.

Concernant les macroinvertébrés benthiques dans les Vieux-Rhône, ce rapport présente le bilan des données acquises en 2021 : échantillonnage dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, campagne d'échantillonnage de printemps (non-réalisée en 2020 pour cause de crise sanitaire) dans les Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon. Les dernières données collectées dans les Vieux-Rhône Baix-le-Logis-Neuf et de Montélimar (2020-2021) ont été analysées avec les données collectées préalablement. Dans ces Vieux-Rhône, la communauté d'invertébrés s'est diversifiée après rehaussement du débit réservé avec l'apparition dans les échantillons de nouveaux taxa, notamment l'éphéméroptère *Ecdyonurus aurantiacus* à Baix-le-Logis-Neuf et *Theodoxus fluviatilis* à Montélimar. La tendance à la diminution de la proportion de taxa sensibles EPT (Ephéméroptères, Trichoptères et Plécoptères) et de taxa rhéophiles, déjà élevée avant restauration, semble lentement s'inverser après augmentation du débit réservé. Dans le Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf, la proportion de plusieurs taxa rhéophiles, peu abondants, a augmenté comme les éphéméroptères *Heptagenia sulphurea* et *Heptagenia* juvéniles ou encore les trichoptères *Chimarra marginata*, *Hydropsyche angustipennis*, *H. incognita*. Dans le Vieux-Rhône de Montélimar, l'augmentation de la proportion de taxa rhéophiles observée en 2021 est essentiellement portée par 2 taxa : les diptères Orthocladiinae et Simuliidae. Cependant, la proportion de plusieurs taxa rhéophiles, peu abondants, a également augmenté comme l'éphéméroptère *Rhithrogena* spp., les trichoptères *Cheumatopsyche lepida*, *Hydropsyche angustipennis* et *H. incognita*. Néanmoins, dans ces 2 Vieux-Rhône, la diminution des proportions de larves d'insectes EPT reste préoccupante et pourrait être causée par des apports importants de sédiments fins. Les modifications de la structure de la communauté d'invertébrés engendrées par les opérations de restauration hydraulique sont toujours en cours dans ces secteurs.

Concernant les peuplements piscicoles des Vieux-Rhône, l'acquisition annuelle de données permet d'intégrer la variabilité inter-annuelle de structure des peuplements (notamment de l'abondance des juvéniles de l'année) dans l'analyse de la réponse de ces communautés aux augmentations de débits réservés. L'année 2021 a été marquée par 2 événements exceptionnels : les opérations franco-suisse de gestion sédimentaire (APAVER 2021) et une crue importante en juillet ($1530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ au Pont d'Evieu le 16/07). De plus, des opérations de maintenance et des arrêts de groupes de production dans les usines hydroélectriques ont été réalisés dans plusieurs aménagements, engendrant une variabilité hydrologique dans les Vieux-Rhône, ce fût notamment le cas à l'usine de Chautagne, de

Brégnier-Cordon, de Pierre-Bénite et de Péage-de-Roussillon. Ces perturbations hydrologiques, notamment la crue de juillet ont très probablement fortement perturbé le succès de reproduction de la majorité des espèces en se produisant au cours d'une période de forte vulnérabilité des jeunes stades de développement. En conséquence, les effectifs capturés lors des pêches post-estivales ont été généralement très faibles, à l'exception du Vieux-Rhône de Belley et de celui de Baix-le-Logis-Neuf où la proportion d'individus appartenant à la guildes des espèces d'eau courante a atteint la valeur la plus élevée depuis le début du suivi du peuplement piscicole de ce Vieux-Rhône.

Le suivi de la réhabilitation des lônes comporte un volet hydro-morpho-sédimentaire et un volet biologique intégrant le suivi des peuplements de macroinvertébrés benthiques et le suivi des peuplements de poissons.

Volet hydro-morphologique.

Les résultats des suivis de hauteurs d'eau dans les bras ont montré que les bras vifs du Haut-Rhône (Fournier et en-l'Île sur le Vieux-Rhône de Belley et Vachon sur le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon) enregistrent une diminution de leur hauteur d'eau depuis la restauration. Afin de mieux comprendre l'origine de cet atterrissement, un protocole de mesure dédié a été initié en 2019. Les bras ciblés font l'objet d'une approche multi-techniques, combinant mesures *in situ* et exploitation de données existantes. Le présent rapport fait avant tout état des avancées réalisées en 2021 autour de cette thématique.

Sur le Haut-Rhône, l'analyse de l'évolution des relations hauteur-débit dans les bras depuis la restauration a permis de mettre en évidence un abaissement de la ligne d'eau de l'ordre d'une dizaine de centimètres sur ces sites. La réalisation de bilans sédimentaires à l'échelle des bras, sur la période post-restauration (2007-2019) et la comparaison avec la dynamique d'érosion/dépôt dans ces mêmes bras avant la restauration (1970-2004) confirme le rôle de stockage des alluvions grossières de ces milieux, notamment depuis la restauration. La caractérisation du colmatage interstitiel, à l'occasion des opérations de l'APAVÉR de mai 2021, a montré qu'à l'échelle stationnelle les éléments fins représentaient de 12 à 18 % de la distribution granulométrique du matelas alluvial en surface (quinze premiers centimètres depuis la surface). L'évaluation du transport sédimentaire dans les bras vifs, évalué à partir du suivi de galets équipés de transpondeurs RFID passifs, met en évidence un transport solide globalement faible sur le Haut-Rhône, tandis que sur le bras du Banc-Rouge (Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon, Bas-Moyen), l'ensemble des particules injectées est concerné par une mise en mouvement importante, tant en termes de distances que d'effectifs, après trois suivis depuis les injections. Ces différences observées témoignent du potentiel d'ajustement morphologique des bras. En effet, les bras du Haut-Rhône semblent relativement figés, dix-huit années après leur restauration, leur ajustement post-travaux étant à présent achevé. Le bras du Banc-Rouge, restauré en 2018, semble encore dans une phase d'ajustement de sa géométrie aux nouvelles conditions hydrauliques créées par la restauration. Ces résultats

témoignent de la pertinence de l'approche adoptée et des outils mis en place afin de mieux cerner les trajectoires évolutives de ces bras au regard des différents forçages (e.g. mise en place des barrages, restauration). Le déploiement du protocole sur les bras de Donzère-Mondragon (granulométrie par photographie subaquatique et installation de capteurs limnimètres), de Péage-de-Roussillon (granulométrie par photographie subaquatique) et l'ajout d'autres bras vifs du corridor rhodanien pour lesquels la CNR dispose de données topobathymétriques (e.g. les bras latéraux sur le Vieux-Rhône de Chautagne) permettra de mieux cerner les processus à l'œuvre et d'estimer la diversité des conditions d'habitat, leur évolution et la durée de vie de ces bras. La poursuite des acquisitions permettra une analyse inter-bras et inter-secteurs qui viendra alimenter les recommandations opérationnelles quant à la restauration des bras vifs dans le contexte hydro-sédimentaire rhodanien.

Suivi des peuplements de macroinvertébrés benthiques.

Ce rapport propose une analyse des données acquises sur les sept lônes suivies dans le secteur de Belley après restauration (2007 – 2021). L'ensemble du peuplement de macroinvertébrés est pris en compte. Trois thèmes d'analyse sont privilégiés : la diversité spatiale des peuplements et de leurs conditions d'habitat, les changements temporels observés post-restauration et le comportement des espèces exogènes.

Les peuplements d'invertébrés benthiques des sept lônes suivies dans le secteur de Belley après sa restauration en 2005 indiquent **un gradient typique de condition d'habitat** et de diversité biologique en zone alluviale. La restauration du secteur a amplifié cette diversité qui se maintient à l'échelle de la période analysée (2007 – 2021).

En conditions de plus **faible connectivité latérale**, la lône Béard est un « hotspot » de diversité biologique à l'échelle du secteur (cortège spécifique de taxons propres peu ou pas représentés à des connectivités plus élevées, 5 des 6 métriques de richesse et d'abondance y atteignant leur valeur maximale, faible représentation des espèces exogènes).

En conditions de **connectivité latérale maximale** (permanente), les lônes de Chantemerle, Lucey et En l'île jouent leur rôle d'habitat préférentiel pour un nombre élevé de taxons appartenant au groupe des insectes EPT. Leur richesse régulièrement croissante dans la lône de Lucey est un bon indicateur de ce processus. En l'île, lône rétablie dans sa connexion permanente par la restauration de 2005, a bien vu, jusqu'à l'événement APAVER de 2012, un établissement rapide du Gastéropode *Theodoxus fluviatilis* qui peut être considéré comme indicateur de conditions potamiques optimales. Ces lônes sont également les plus influencées par les flux d'espèces exogènes dispersées majoritairement par le cours principal du fleuve. Ces éléments font apparaître que ces annexes totalement connectées sont les plus directement sensibles aux changements se produisant dans le cours principal du fleuve et que, *a contrario*, les milieux plus déconnectés possèdent une sensibilité plus faible vis-à-vis de telles modifications ou perturbations.

Les lînes à **connectivité latérale intermédiaire** (Moiroud, Luisettes, Fournier) témoignent de la diversité d'habitats et de peuplements pouvant être générée par des différences de fréquence de connexion amont. Comme le montre l'examen des tendances temporelles des métriques biologiques, cette hétérogénéité inter-lînes n'est pas statique, mais elle entraîne également des différences de dynamique au cours du temps et donc, très vraisemblablement, une hétérogénéité de modes de fonctionnement hydro-sédimentaire et écologique. Dans ce groupe de lînes, Fournier, apparaît comme un autre type de « hotspot » avec des peuplements peu abondants mais très diversifiés (équilibre plus grand entre les abondances relatives des différents taxons).

Sur la période étudiée, **les chroniques temporelles** font apparaître trois types de tendances :

- des variations « erratiques » difficilement interprétables dans l'état actuel des connaissances et qui concernent essentiellement les espèces exogènes ;
- des tendances « progressives » qui se manifestent sur l'ensemble de la période à travers plusieurs métriques, de façon souvent hétérogène entre lînes et pour lesquelles les interprétations peuvent être multiples ;
- des phénomènes successionnels enclenchés par la restauration, comme la croissance des peuplements de Mollusques Gastéropodes à Béard (atterrissement progressif et développement de la végétation aquatique), mais aussi à En l'île où ce phénomène peut être interprété comme un signe de l'obturation progressive de la lîne par évolution du bouchon sédimentaire amont ;
- des variations plus abruptes qui affectent les sites les plus connectés au fleuve et dont le type est la disparition du Gastéropode *Theodoxus fluviatilis* après l'événement APAVER de 2012.

Suivi des assemblages de poissons dans les lînes.

L'échantillonnage a été réalisé en 2021 dans 8 lînes du Haut-Rhône et dans 4 lînes du secteur de Donzère-Mondragon. Dans les lînes du Haut-Rhône, de manière assez semblable à ce qui a été observé dans les Vieux-Rhône, les effectifs capturés ont été exceptionnellement faibles et les abondances de juvéniles de l'année insignifiantes. Dans les lînes du secteur de Donzère, les résultats obtenus en 2020 dans les deux bras secondaires réhabilités (Grange Ecrasée et lîne des Dames) ont été confirmés en 2021 avec des abondances importantes de poissons de classes de tailles intermédiaires (hotu 13-28 cm, gardon 12-24 cm, chevaine 12-33 cm). Les résultats obtenus dans la lîne du Banc Rouge, initialement réhabilitée en bras secondaire courant mais dont la morphologie et la connectivité avec le Vieux-Rhône se sont modifiées significativement après les premiers épisodes hydrologiques importants, montrent que la capacité d'accueil de cette lîne est relativement réduite et que l'ichtyofaune y est très

différente de celle rencontrée dans la Lône de la Grange écrasée et dans la Lône des Dames. Les endiguements « Girardon » de la Désirade n'ayant pas encore été démantelés, les données issues de l'échantillonnage de 2021 sont de même nature que celle collectées antérieurement et alimentent l'état pré-réhabilitation de cette lône.

Analyse de la dynamique d'occupation des habitats des plaines alluviales du Rhône par les organismes aquatiques.

Anaëlle Bouloy a terminé sa première année de thèse sur l'analyse de la dynamique d'occupation des différents habitats de la plaine alluviale par les organismes aquatiques, elle finalise la rédaction d'un premier article sur les résultats obtenus.

Communication

Les résultats du programme RhônEco ont été présentés lors de la « Journée restauration écologique du Rhône » organisée par le Graie.

Un travail de restructuration de la base données dédiée à RhônEco a été entrepris en 2021 et se poursuit en 2022 dans le but de permettre 1/ une refonte du site WEB avec un affichage cartographique des données et des métriques utilisées dans RhônEco et 2/ la production automatisée de fichiers de métadonnées.

RAPPORT

Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Cadre physique : restauration et hydrologie	6
2.1 Opérations de restauration.....	6
2.2 Hydraulique du chenal.....	10
3. Organisation du suivi	12
4. Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)	16
4.1 Objectifs et méthodologie	16
4.2 Echantillonnage.....	16
4.3 Résultats des pêches et commentaires.....	17
4.3.1 <i>Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon</i>	24
4.3.2 <i>Vieux-Rhône de Pierre-Bénite</i>	37
4.3.3 <i>Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon</i>	42
4.3.4 <i>Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf</i>	46
4.3.5 <i>Vieux-Rhône de Montélimar</i>	51
4.3.6 <i>Vieux-Rhône de Donzère</i>	55
4.4 Conclusion.....	59
5. Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône).....	60
5.1 Objectifs.....	60
5.2 Méthodologie.....	61
5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage.....	63
5.4 Baix-Le-Logis-Neuf.....	65
5.4.1 <i>Evolution de la communauté benthique</i>	65
5.4.2 <i>Richesse taxonomique et abondance</i>	66
5.4.3 <i>Proportion de taxa rhéophiles</i>	69
5.5 Montélimar	70
5.5.1 <i>Evolution de la communauté benthique</i>	70
5.5.2 <i>Richesse taxonomique et abondance</i>	71
5.5.3 <i>Proportion de taxa rhéophiles</i>	73
5.6 Conclusion et perspectives	75
6. Hydromorphologie des lônes.....	76
6.1 Objectifs et méthodologie	76
6.2 Campagne de suivi 2021	78
6.3 Suivi de l'atterrissement et des conditions d'habitat des bras vifs.....	79

6.3.1	<i>Caractérisation du régime d'écoulement des bras en crue</i>	81
6.3.2	<i>Bilans sédimentaires dans les bras vifs</i>	83
6.3.3	<i>Protocole de caractérisation des ajustements morphologiques dans les chenaux restaurés</i>	83
6.3.4	<i>Suivi du transport solide par transpondeurs passifs</i>	86
6.3.5	<i>Évaluation du colmatage interstitiel</i>	95
6.3.6	<i>Caractérisation des patrons granulométriques longitudinaux</i>	98
6.3.7	<i>Conclusions et perspectives pour 2022</i>	104
7.	Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Haut-Rhône dans le secteur de Belley (2007-2021). Etat d'avancement 2021.	105
7.1	Introduction	105
7.2	Sites et méthodes	107
7.2.1	<i>Sites et dates</i>	107
7.2.2	<i>Echantillonnage de la macrofaune et des variables de milieu</i>	107
7.2.3	<i>Analyse des données et calcul des métriques</i>	107
7.3	Résultats	109
7.3.1	<i>Une diversité spatiale structurée par la fréquence de connexion au fleuve</i>	109
7.3.2	<i>Des changements faunistiques progressifs au cours du temps</i>	115
7.4	Conclusions	125
8.	Assemblages de poissons dans les îlons	127
8.1	Résultats	130
8.1.1	<i>Haut-Rhône</i>	130
8.1.2	<i>Bas-Rhône : Secteur de Donzère-Mondragon</i>	135
9.	Complémentarité des habitats de la plaine alluviale pour les communautés aquatiques	141
10.	Communication	146
10.1	Journée restauration écologique du Rhône	146
10.2	Restructuration de la base de données et du site WEB	146
11.	Conclusion générale	148
12.	Bibliographie	151

1. Introduction

Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le Plan Rhône puis le Plan Rhône-Saône, 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 mis en œuvre autour de ce programme comprend la collecte de données (monitoring) et le développement de méthodes d'évaluation des effets de la restauration sur les chenaux et annexes fluviales réhabilités (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 la mosaïque d'habitats et la connectivité au sein des plaines alluviales rhodaniennes. 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 et de diversifier la qualité de l'habitat physique dans la plaine alluviale aménagée 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 quarante dernières années sur le Rhône et les autres grands systèmes fluviaux tempérés d'Europe. L'objectif principal du programme d'accompagnement scientifique développé autour du programme de restauration (programme RhônEco) a été de mettre au point des méthodes d'évaluation des effets des actions de restauration. Ce travail de recherche méthodologique, débuté au milieu des années 90, a abouti à la proposition d'un certain nombre de métriques et d'indicateurs (voir annexe 1) destinés à 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 s'est également focalisé sur le développement de modèles prédictifs permettant de mieux caractériser le lien entre les facteurs d'habitats et la dynamique des peuplements aquatiques (Lamouroux *et al.*, 2015). Cette démarche permet de prédire, au moins en partie, les changements physiques et biologiques (abondances des espèces, biodiversité) induits par les actions de restauration écologique.

Le but du travail réalisé (mise en œuvre du suivi et analyse des données) est d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration. Le dispositif a vocation à répondre à deux types de besoins :

- renseigner un 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),

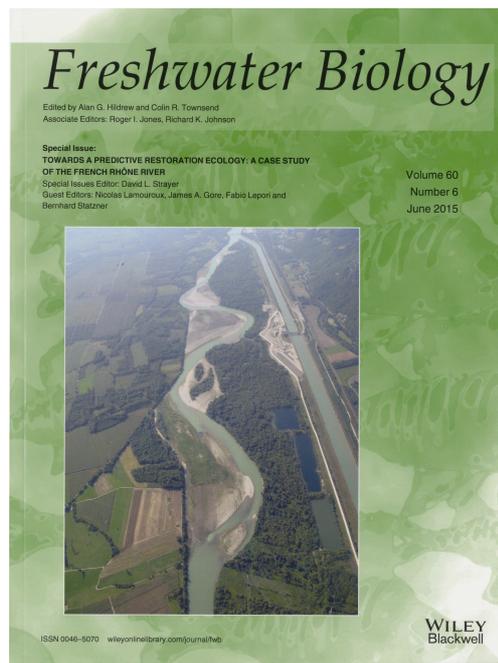
- fournir des éléments de pilotage en permettant d'intégrer dans les futurs objectifs de restauration les résultats et conclusions obtenus sur les sites déjà restaurés (i.e. mobiliser les enseignements des retours d'expérience).

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) (<https://www.zabr.assograie.org/>) et de l'Observatoire Homme-Milieu (OHM) « Vallée du Rhône » (<https://ohm-vallee-du-rhone.in2p3.fr/>).

Une première 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.

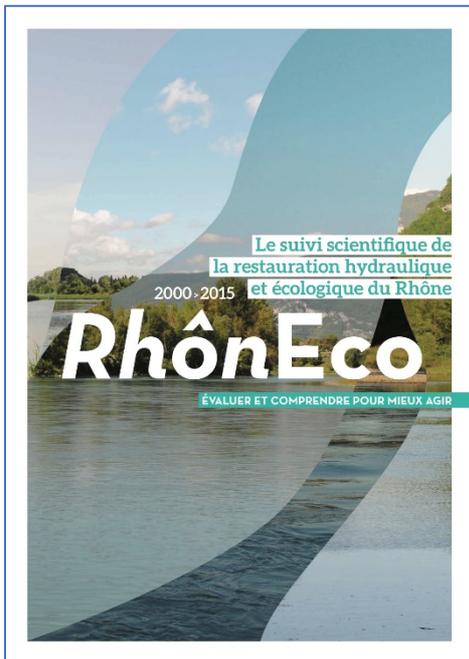
Il est téléchargeable à l'adresse :

http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/brochure_RhonEco_restauracion_ecologica.pdf



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>)



SOMMAIRE

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

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

8
Neuf secteurs sous haute surveillance

10
Des espèces étonnantes favorisées

12
La renouveau des lacs et de leur biodiversité

14
Des écotypes matures sur le fonctionnement des lacs

16
Des modèles prédictifs pour guider 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 remerciements



Une synthèse scientifique des résultats obtenus dans le cadre de RhônEco a été produite en 2020 (Olivier *et al.*, 2020). **Le présent rapport** dresse un état d'avancement des travaux réalisés dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (programme 2019-2023, convention 2021). 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 concerne l'ensemble des sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme.

2. Cadre physique : restauration et hydrologie

2.1 Opérations de restauration

Le Programme de Restauration concernait initialement 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 îlots ont été réhabilités :

- Chautagne : Îlot de la Malourdie et du Brotalet,
- Belley : Anse de Chanaz, Îlot Moiroud, Îlot d'Orgeval, Îlot des Luisettes, Îlot Béard, Îlot Fournier, Îlot de Lucey, Anse de Yenne, Îlot dans l'île, Îlot de Virignin,
- Brégnier-Cordon : Îlot des Granges, Îlot Vachon, Îlot des Cerisiers, Îlot de l'Ilon, Îlot des Sables, Îlot Mattant, Îlot des Molottes, Îlot 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,
- passe à poisson du Flon à Yenne,
- passe à poissons du Furans, face à la restitution du Vieux-Rhône de Belley.

En 2021, des discussions ont été menées afin de travailler à nouveau sur un projet de restauration de la connexion amont de la lône des Cerisiers afin de promouvoir une entrée d'eau plus importante en débit réservé et des processus d'érosion des matériaux fins lors des épisodes de crue. Un projet d'amélioration de l'efficacité de la passe à poissons du seuil des Molottes est également à l'étude.



Figure 2.1 - Carte du Rhône montant les 9 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 les 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. A 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 îlons se sont terminés en 2014 (restauration de 9 îlons 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). Des ré-injections de sédiments grossiers ont été réalisées dans le Vieux-Rhône début 2017. Des « traceurs-galets » équipés de PIT tags ont été installés dans le Vieux-Rhône et le long des berges où les endiguements Girardon ont été démantelés afin de caractériser la dynamique des processus « érosion-transport-dépôt » des sédiments lors des crues (Vasquez-Tarrio *et al.*, 2021).

La îlon de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

À Donzère, le choix des îlons « candidates » à la restauration a été précisé par la CNR. Le suivi pré-restauration a donc été réorienté sur ces îlons : îlon de la Grange écrasée, îlon Lascombe, îlon des Dames, îlon de Dion, îlon du Banc Rouge et îlon de la Désirade. Les travaux sur la îlon de Dion et de Malaubert ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017. Les travaux sur les îlon du Banc rouge, des Dames et de la Grange Ecrasée se sont achevés fin 2018 début 2019. La îlon de la Désirade sera restaurée au cours des années à venir.

Des réinjections de 30 000 m³ de sédiments grossiers ont été réalisées dans le Vieux-Rhône en aval de l'entrée des îlons de la Grange Ecrasée et des Dames après leur restauration. Comme à Péage-de-Roussillon, des « traceurs-galets » équipés de PIT tags ont été déployés dans le Vieux-Rhône et à l'entrée des îlons afin d'étudier les processus érosifs dans les 2 îlons restaurées (Vasquez-Tarrio *et al.*, 2021).

A Baix-le-Logis-Neuf, les travaux de réhabilitation de la îlon de Géronton sont terminés (intervention en septembre 2020/février 2021 et septembre 2021/février 2022). Des réinjections de limons/gravieres ont été réalisées en 2021.

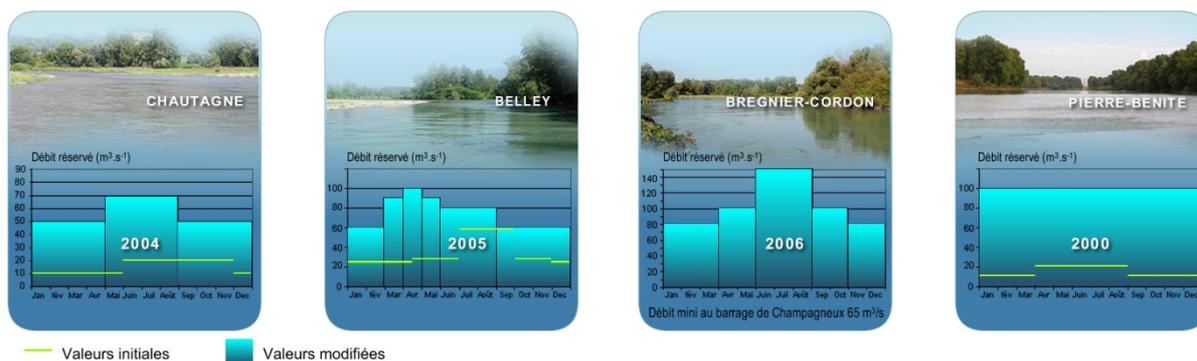


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

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

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

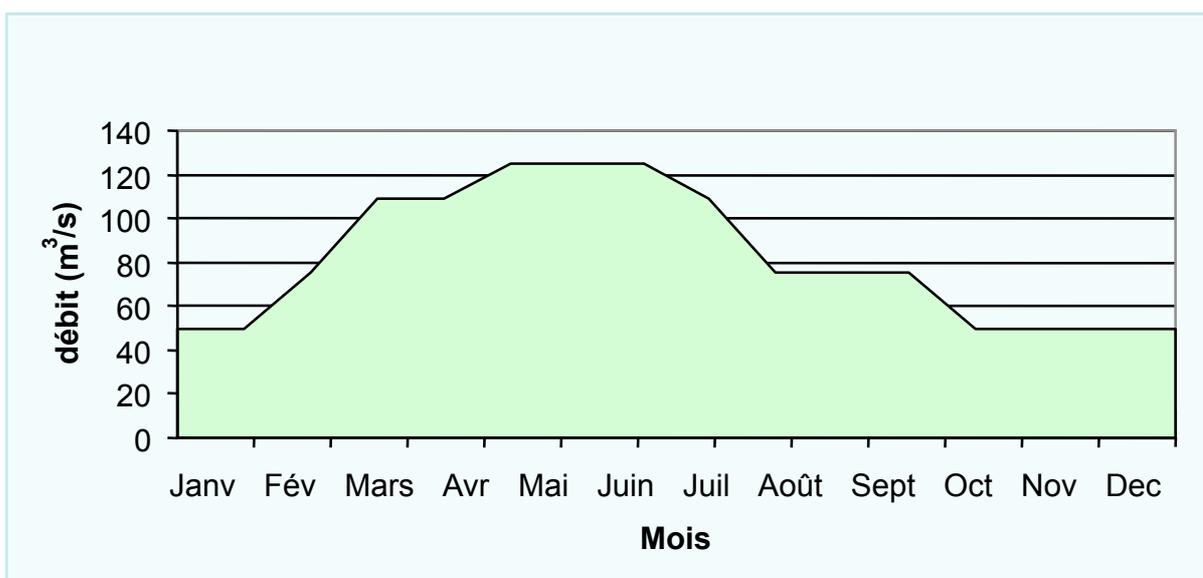


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1^{er} janvier 2014.

2.2 Hydraulique du chenal

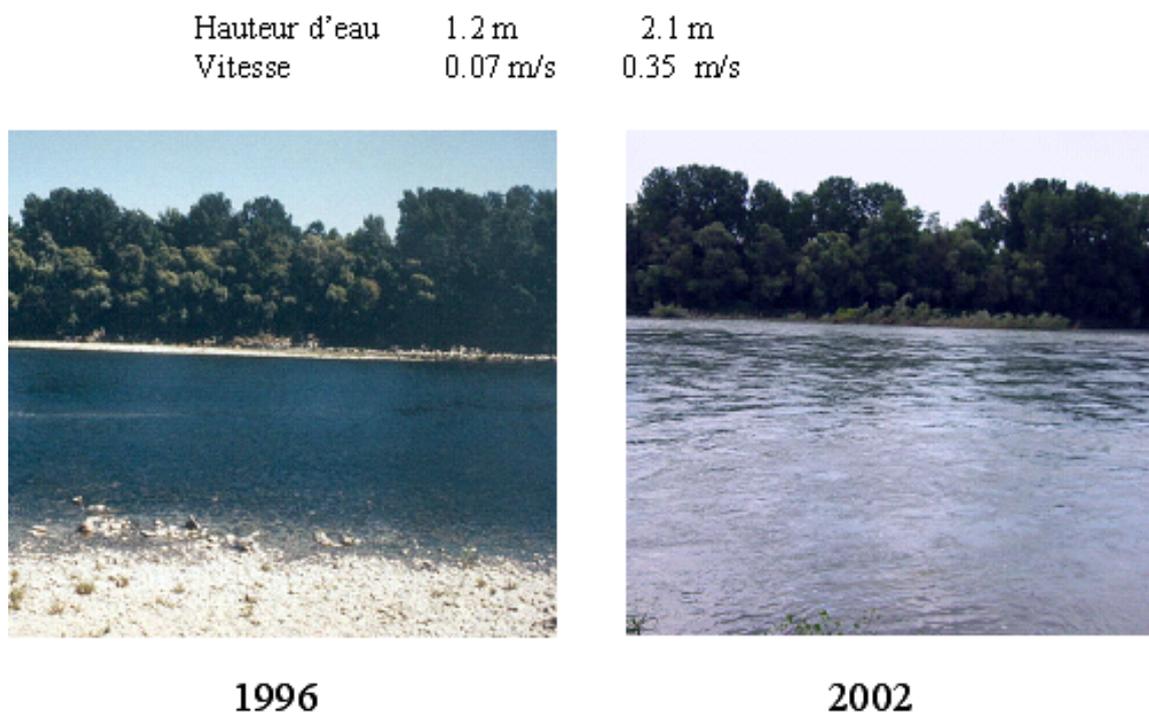


Figure 2.4 - Le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation.

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 2.4), 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.

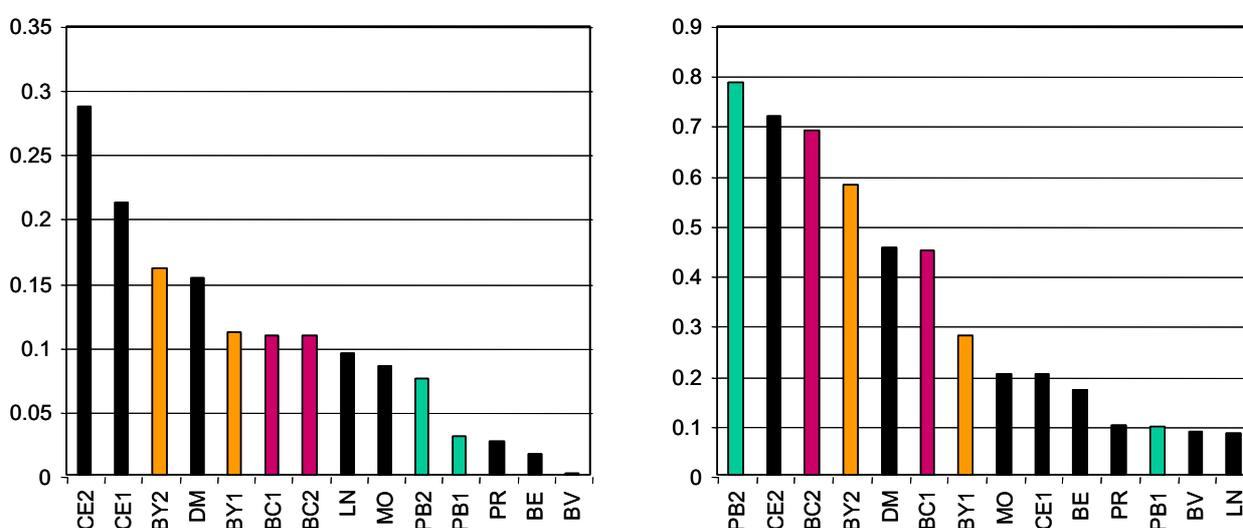


Figure 2.5 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents Vieux-Rhône du Bas-Rhône et du Haut-Rhône (LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes de type 'CE1' et 'CE2' réfèrent 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 2.5). En revanche, l'indice lié à la morphologie est assez peu modifié par le changement de débit. A Brégnier-Cordon par exemple, il reste intermédiaire entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs 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 aux 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 (suspendu depuis 2013), 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 et les cartes des secteurs sont disponibles en annexe 3.

Tableau 3.1 (page suivante) - Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lônes suivis entre 2003 et 2020) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. Les débits réservés ont été 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 lône du noyer sud ont été réalisés durant l'hiver 2011-2012, les travaux de la lône de la Sainte ont été achevés au printemps 2013, la lône de la Boussarde a été réhabilitée en 2014. A Montélimar, les travaux dans la lône de la Roussette ont débuté fin 2011 et ont été achevés dans l'hiver 2012-2013. A Donzère, le choix initial des lônes 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 lônes pour lesquelles une réflexion sur leur réhabilitation potentielle était engagée. Le suivi de certaines lônes (marquées d'un « * ») a donc été suspendu et celui des lônes Lascombe, Dames, Dion, Banc Rouge et Désirade a été entrepris dès 2014. Le suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques et piscicoles dans le Canal de Miribel a été suspendu à partir de 2019, la valeur du débit réservé n'étant pas destinée à être modifiée.

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 Jones *	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 îlots sur les populations de poissons,
- 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 îlots,
- 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.

Dans le cadre du programme RhônEco, l'étude de la complémentarité de certaines îlots (notamment celles possédant une capacité d'accueil importante pour certaines espèces de poissons et notamment pour les juvéniles) et des chenaux courants est en cours (travail de Thèse d'Anaëlle Bouloy commencé en automne 2020).

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, ...).

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 sur une ou plusieurs stations dans les Vieux-Rhône en privilégiant la partie non-influencée hydrauliquement. Le nombre de points d'échantillonnage varie en fonction de la longueur et de l'hétérogénéité du Vieux-Rhône. 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 Echantillonnage

Les échantillonnages par pêches électriques ont été réalisés entre le 23 août et le 30 septembre 2021 (Tableau 4.1). Cent à 200 points de pêches (EPA) ont été effectués dans les Vieux-Rhône. Compte-tenu des effectifs très faibles échantillonnés lors de la première campagne de pêche des 25 et 26 août 2021 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon il a été convenu d'effectuer une seconde campagne un mois plus tard, soit les 29 et 30 septembre 2021.

Tableau 4.1 – Stations et dates d'échantillonnage des peuplements de poissons dans les Vieux-Rhône en 2021.

Stations	Nb de points de pêche	Dates de pêche
Vieux-Rhône de Chautagne	100 E.P.A	23 – 24 août 2021
Vieux-Rhône de Belley	200 E.P.A	6 – 7 septembre 2021
Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon	200 E.P.A	25 – 26 août 2021
	200 E.P.A	29 – 30 septembre 2021
Vieux-Rhône de Pierre-Bénite	105 E.P.A	13 septembre 2021
Vieux-Rhône de Péage de Roussillon	100 E.P.A	1 ^{er} septembre 2021
Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf	82 E.P.A	14 septembre 2021
Vieux-Rhône de Montélimar	139 E.P.A	20 septembre 2021
Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon	158 E.P.A	21 septembre 2021

4.3 Résultats des pêches et commentaires

Contexte de gestion sédimentaire et hydrologique en 2021 (Figures 4.1 à 4.5).

Les opérations franco-suisse de gestion sédimentaire du Haut-Rhône (Abaissement Partiel de la retenue de Verbois – APAVER) se sont déroulées du 18 au 29 mai 2021. Lors de ces opérations, les concentrations en matières en suspension dans le Rhône ont été anormalement élevées (3,65 g.L⁻¹ en moyenne à Seyssel sur la durée des opérations avec des pointes à 12 g.L⁻¹). Les trois Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon font l'objet de mesures de protection particulières durant l'APAVER : l'alimentation du Vieux-Rhône de Chautagne est assurée par un écoulement réduit (quelques m³.s⁻¹ délivrés par surverse par le volet de rive gauche du barrage de Motz) ; seul le Canal de Savières alimente le Vieux-Rhône de Belley avec un débit compris entre 20 et 40 m³.s⁻¹ et, le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon reçoit un débit de 65 m³.s⁻¹ depuis le barrage de Champagneux et le Guiers vient compléter son alimentation en aval de sa confluence avec le Rhône. Le passage des flux de matières en suspension épargne donc les Vieux-Rhône durant l'APAVER. Au cours des mois qui suivent, les

sédiments déposés dans les retenues des aménagements sont progressivement repris lors des épisodes de crues et peuvent se déposer le long des berges du Rhône et des Vieux-Rhône.

En 2021, une crue d'intensité exceptionnelle s'est produite du 07 au 23/07 avec une pointe à $1455 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le 16/07 au Pont de la Loi et de $1530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ au Pont d'Evieu. Cette crue a sans doute induit une remobilisation des sédiments déposés lors de l'APAVER avec une possibilité de dépôt dans le Vieux-Rhône. En dehors de ces aspects strictement sédimentaires, cet événement hydrologique s'est produit à une période critique pour les poissons. En effet, pour de nombreuses espèces la reproduction a lieu en mai-juin, voire début juillet. La crue s'est produite à une période où de très jeunes stades de développement (larves et juvéniles) étaient probablement présents dans les Vieux-Rhône et le long des berges des sections aménagées du Rhône. Ces jeunes stades, très vulnérables aux fortes contraintes hydrauliques concomitantes aux augmentations de débit et à l'augmentation de la turbidité des eaux, sont alors entraînés par le courant et dérivent vers l'aval. Il est fort probable que compte-tenu de l'intensité de la crue de juillet, une grande partie des juvéniles de l'année aient été dispersés. Ce phénomène est particulièrement préjudiciable pour les espèces à ponte unique (qui ne se reproduisent qu'une fois par an). De plus, les opérations de gestion de groupes des usines hydroélectriques ont entraîné des déversements dans les Vieux-Rhône au cours de l'été, occasionnant une forte variabilité des contraintes hydrauliques dans ces tronçons. Ce phénomène a été particulièrement marqué en Chautagne, à Brégnier-Cordon, et à Pierre-Bénite et à Péage-de-Roussillon en août (Figures 4.1 à 4.5). Ces variations de débit plus tardives ont pu compromettre le succès de reproduction des espèces à ponte fractionnée.

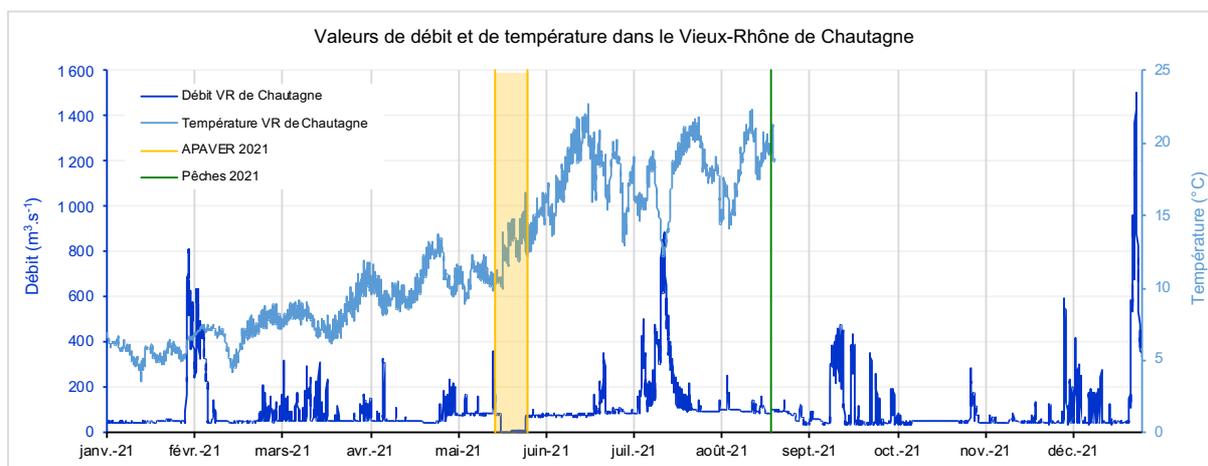


Figure 4.1 - Données de débit horaire moyen (courbe bleu foncé) et de température horaire moyenne (courbe bleu clair) dans le Vieux-Rhône de Chautagne du 1^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2021 (au 24 août 2021 pour la température). La période de l'APAVER 2021 est symbolisée par l'encadré jaune. Les pêches du Vieux-Rhône de Chautagne (23 et 24 août) sont symbolisées par le trait vert.

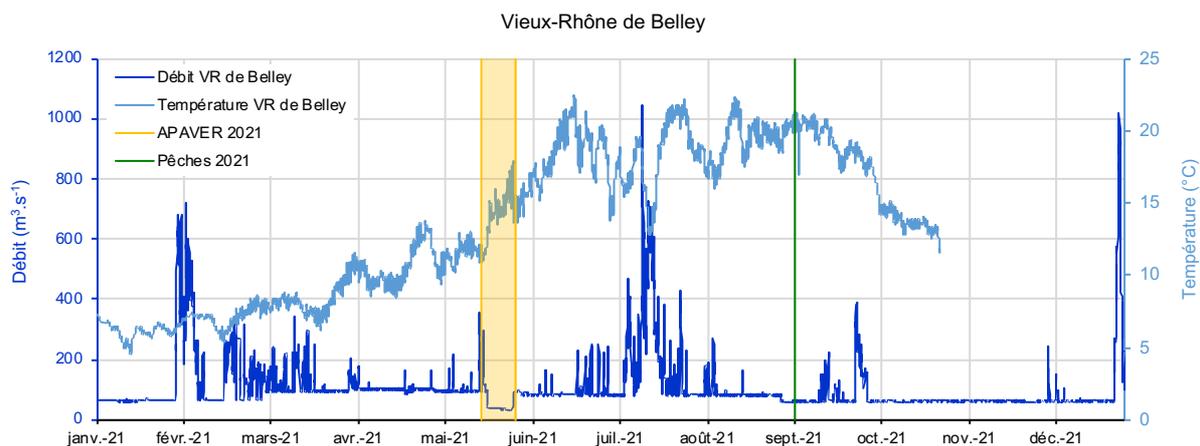


Figure 4.2 - Données de débit moyen horaire (courbe bleu foncé) et de température moyenne horaire (courbe bleu clair) dans le Vieux-Rhône de Belley du 1^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2021 (au 27 octobre 2021 pour la température). La période de l'APAVER 2021 est symbolisée par l'encadré jaune. Les pêches du Vieux-Rhône de Belley (6 et 7 septembre) sont symbolisées par le trait vert.

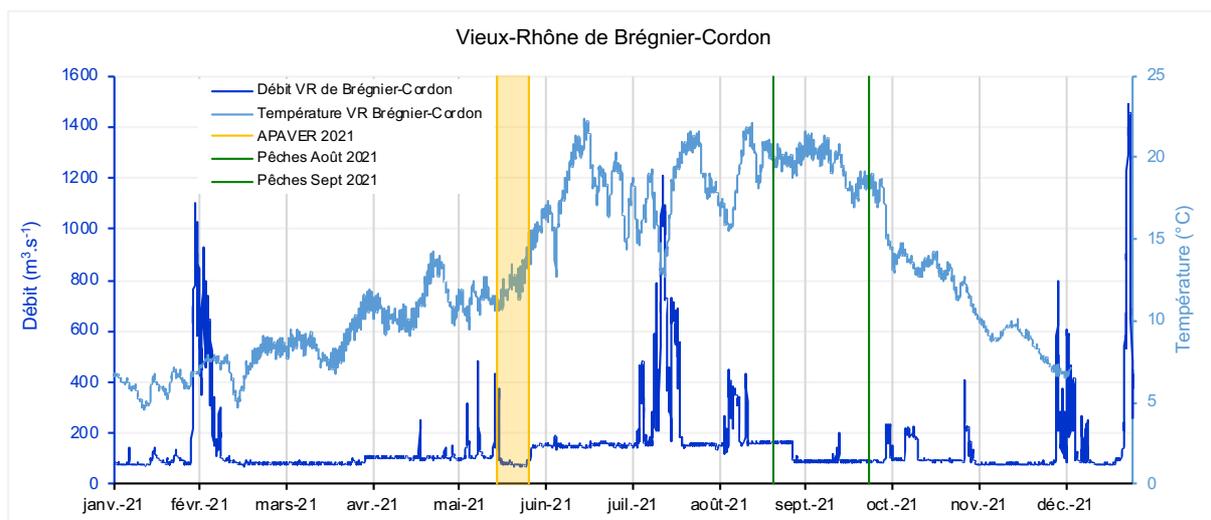


Figure 4.3 - Données de débit horaire moyen (courbe bleu foncé) et de température horaire moyenne (courbe bleu clair) dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon du 1^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2021 (au 9 décembre 2021 pour la température). La période de l'APAVER 2021 est symbolisée par l'encadré jaune. Les pêches du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (29 et 30 septembre) sont symbolisées par le trait vert.

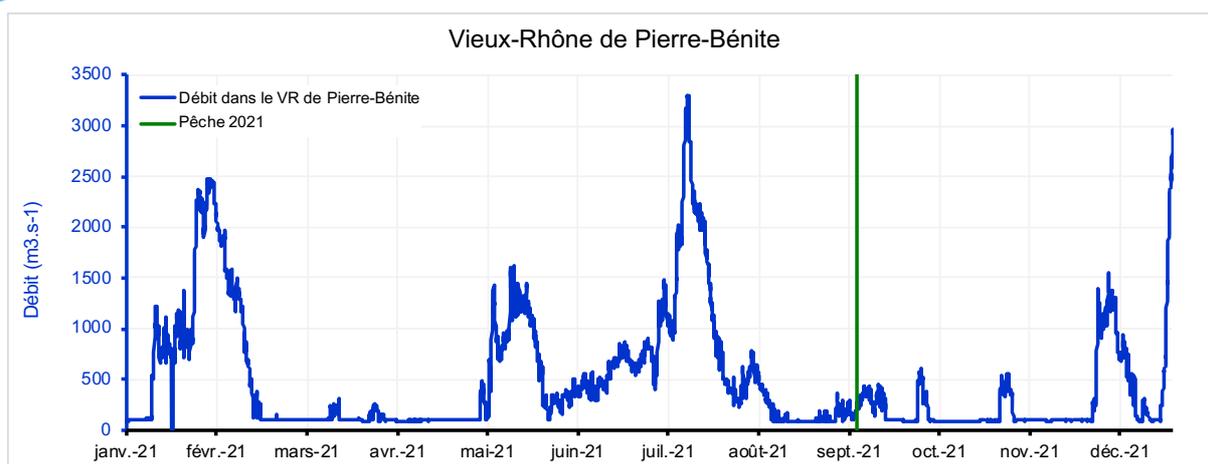


Figure 4.4 - Données de débit moyen journalier dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite du 1^{er} Janvier au 31 décembre 2021. La pêche du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (19 septembre) est symbolisée par un trait vert.

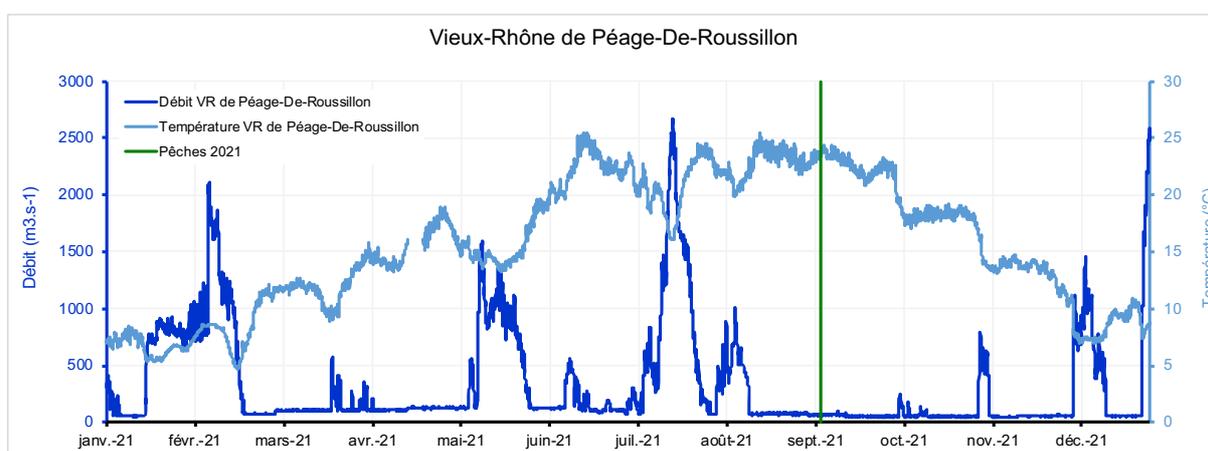


Figure 4.5 - Données de débit horaire moyen (courbe bleu foncé) et de température horaire moyenne (courbe bleu clair) dans le Vieux-Rhône de Péage de Roussillon du 1^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2021. La pêche du Vieux-Rhône (01 septembre) est symbolisée par le trait vert.

Bilan des échantillonnages de poissons

Trente trois espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les Vieux-Rhône en 2021 (Tableau 4.2). La lamproie de Planer, la lote et le poisson-chat n'ont pas été capturées en 2021.

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les Vieux-Rhône varie de 14 (dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite) à 22 (Belley, Brégnier-Cordon et Péage de Roussillon) (Tableau 4.3).

Les quatre espèces les plus abondantes dans les échantillons en 2021 ont été : le chevaine (20,4%), l'ablette (16,3%), le barbeau fluviatile (17,2%), le gardon (15%) et le goujon (10%). Il existe des différences importantes entre les grands secteurs du fleuve (Haut-Rhône, Rhône-Moyen et Bas-Rhône) (Tableau 4.4).

Cinq espèces ont été échantillonnées dans les 8 Vieux-Rhône : l’ablette, le chevine, le gardon, le goujon et le hotu (Figure 4.6).

Le silure a été échantillonné dans tous les Vieux-Rhône sauf à Baix-le-Logis-Neuf et Montélimar.

La blennie fluviatile a été échantillonnée dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon, Péage-de-Roussillon, Baix-le-Logis-Neuf et Donzère-Mondragon.

Le chabot a été trouvé dans les Vieux-Rhône de Belley, Brégnier-Cordon, Baix-le-Logis-Neuf et Montélimar.

L’ombre commun n’a été échantillonné que dans les Vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon, la truite uniquement à Belley.

Le brochet et l’épinoche n’ont été capturés que dans les Vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon.

La vandoise, bien que rencontrée dans 5 des 8 Vieux-Rhône, n’est présente avec des effectifs importants que dans les Vieux-Rhône de Belley.

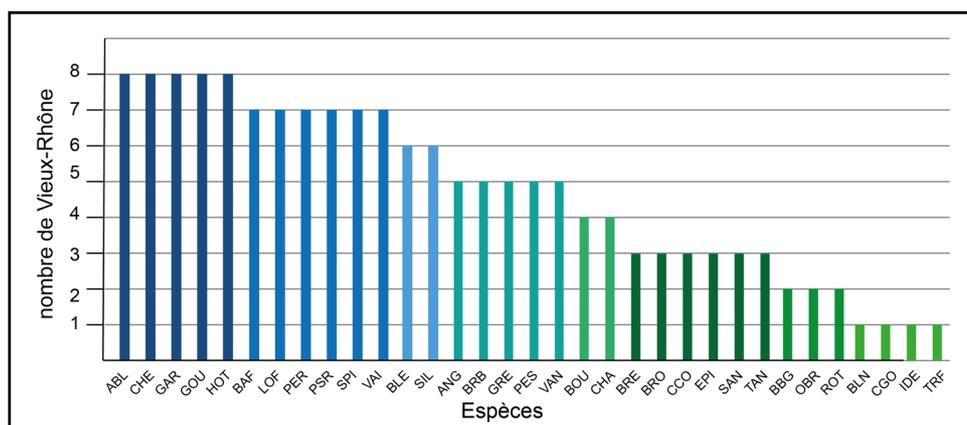


Figure 4.6 – Occurrence des 33 espèces échantillonnées dans les Vieux-Rhône en 2021.

Au sein de chaque Vieux-Rhône, le nombre d’espèces dont l’abondance relative excède 10% varie de 1 (Brégnier-Cordon) à 4 (Péage-de-Roussillon et Montélimar) (Tableau 4.4).

Tableau 4.2 (page suivante) - Liste des 36 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi RhônEco (vieux-Rhône et îlones) et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les Vieux-Rhône (Prés. VR 2021) sont identifiées. L’appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) est indiquée (Balon, 1975).

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Prés. VR 2021	Guilde repro.
Petromyzontidae	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP		
Blenniidés	Blennie fluviatile	<i>Ichthyocoris fluviatilis</i> (Asso y del Rio, 1801)	BLE	*	
Salmonidés	Truite commune	<i>Salmo trutta</i> (Linné, 1758)	TRF	*	
	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR	*	
Lotidés	Lote	<i>Lota lota</i> (Linné, 1758)	LOT		
Poeciliidés	Gambusie	<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)			
Esocidés	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	*	P
Leuciscidae	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	GAR	*	L-P
	Blageon	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1827)	BLN	*	
	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)	CHE	*	
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (L., 1758)	IDE	*	
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	VAN	*	
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	TOX		
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	ROT	*	P
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linné, 1758)	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	*	
Tincidae	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)	TAN	*	P
Acheilognathidae	Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	BOU	*	
Gobionidae	Goujon commun	<i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	GOU	*	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Chlegel, 1846)	PSR	*	
Cyprinidés	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	*	
	Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i> (L., 1758)	LOE		P
Siluridés	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	*	L-P
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	*	
Centrarchidés	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 2021 (pêches réalisées en fin d'été-début d'automne), 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 : alette, barbeau fluviatile, hotu, ombre commun, toxostome, vandoise) et « d'espèces d'eau vive » (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	Pierre-Bénite	Péage-de-Roussillon	Baix Le-Logis-Neuf	Montélimar	Donzère	Total	Occurrence
ABL	4	69	29	14	322	260	80	398	1176	8
ANG	0	0	0	1	2	4	2	17	26	5
BAF	68	213	68	0	4	24	10	74	461	7
BBG	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2
BLE	10	21	24	0	3	1	0	1	60	6
BLN	0	0	0	0	0	10	0	0	10	1
BOU	0	0	30	0	400	6	0	2	438	4
BRB	1	0	0	4	149	24	18	0	196	5
BRE	1	0	16	0	0	0	0	1	18	3
BRO	0	2	1	0	2	0	0	0	5	3
CGO	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
CCO	0	0	0	0	1	0	1	1	3	3
CHA	0	10	3	0	0	1	1	0	15	4
CHE	106	391	478	63	92	45	68	227	1470	8
EPI	3	1	3	0	0	0	0	0	7	3
GAR	8	384	11	95	537	18	9	17	1079	8
GOU	10	141	81	2	338	49	47	53	721	8
GRE	0	0	0	6	17	3	1	1	28	5
HOT	3	17	1	2	38	114	119	26	320	8
IDE	0	0	0	0	0	0	0	17	17	1
LOF	14	37	13	0	39	20	7	28	158	7
OBR	0	16	11	0	0	0	0	0	27	2
PER	5	9	16	3	19	0	2	1	55	7
PES	19	4	37	14	50	0	0	0	124	5
PSR	4	0	3	1	155	8	11	50	232	7
ROT	0	1	0	0	2	0	0	0	3	2
SAN	2	3	0	0	1	0	0	0	6	3
SIL	7	42	21	1	13	0	0	2	86	6
SPI	37	6	72	0	1	48	17	28	209	7
TAN	0	10	6	0	0	1	0	0	17	3
TRF	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1
VAI	5	9	2	2	3	19	0	91	131	7
VAN	3	92	2	3	0	0	1	0	101	5
Total	310	1481	928	211	2188	656	396	1035	7205	
Nb Sp	19	22	22	14	22	19	19	18		
%age EC	25,16%	27,48%	11,96%	9,00%	16,64%	60,67%	53,03%	48,12%		
%age EV	38,39%	17,96%	16,81%	0,00%	2,01%	15,70%	8,84%	12,56%		

Tableau 4.4 – Proportions des espèces dont l’abondance relative dépasse 2% (calcul par tronçon court-circuité) dans les 9 Vieux-Rhône échantillonnés en 2021. Les valeurs supérieures à 10% sont surlignées en bleu.

Chautagne		Belley		Brégnier-Cordon		Pierre-Bénite		Péage-de-Roussillon		Baix-le-Logis-Neuf		Montélimar		Donzère-Mondragon	
Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age	Espèces	%age
CHE	34,19%	CHE	26,40%	CHE	51,51%	GAR	45,02%	GAR	24,54%	ABL	39,63%	HOT	30,05%	ABL	38,45%
BAF	21,94%	GAR	25,93%	GOU	8,73%	CHE	29,86%	BOU	18,28%	HOT	17,38%	ABL	20,20%	CHE	21,93%
SPI	11,94%	BAF	14,38%	SPI	7,76%	ABL	6,64%	GOU	15,45%	GOU	7,47%	CHE	17,17%	VAI	8,79%
PES	6,13%	GOU	9,52%	BAF	7,33%	PES	6,64%	ABL	14,72%	SPI	7,32%	GOU	11,87%	BAF	7,15%
LOF	4,52%	VAN	6,21%	PES	3,99%	GRE	2,84%	PSR	7,08%	CHE	6,86%	BRB	4,55%	GOU	5,12%
BLE	3,23%	ABL	4,66%	BOU	3,23%			BRB	6,81%	BAF	3,66%	SPI	4,29%	PSR	4,83%
GOU	3,23%	SIL	2,84%	ABL	3,13%			CHE	4,20%	BRB	3,66%	PSR	2,78%	LOF	2,71%
GAR	2,58%	LOF	2,50%	BLE	2,59%			PES	2,29%	LOF	3,05%	BAF	2,53%	SPI	2,71%
SIL	2,26%			SIL	2,26%					VAI	2,90%	GAR	2,27%	HOT	2,51%
										GAR	2,74%				

4.3.1 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon

Dans le **Vieux-Rhône de Chautagne** 310 individus ont été échantillonnés en 2021 (Annexe 4.1). Cet effectif est le plus faible de toute la chronique depuis 2004, date de l’augmentation du débit réservé (1270 individus en moyenne sur la période 2004-2020) (Figure 4.7). Dix-neuf espèces ont été recensées, valeur conforme à la moyenne observée sur la période 2004-2020. Les espèces les plus représentées sont le chevaine (34% des effectifs échantillonnés, soit 106 individus), le barbeau fluviatile (22%, soit 68 individus) et le spirin (12%, soit 37 individus). Les abondances relatives de l’ablette, du gardon, du goujon et de la loche franche sont relativement faibles (entre 1 et 4%), elles sont habituellement comprises entre 5 et 7%. Le constat est plus marqué pour le vairon dont l’abondance relative passe de 18% en moyenne les années précédentes à un peu moins de 2% en 2021 (Figure 4.8).

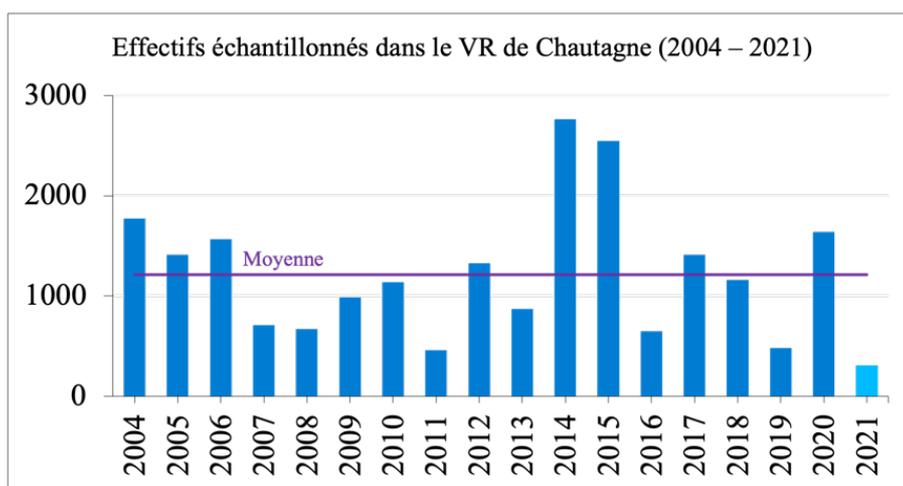


Figure 4.7 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Chautagne depuis augmentation du débit réservé (période 2004 – 2021).

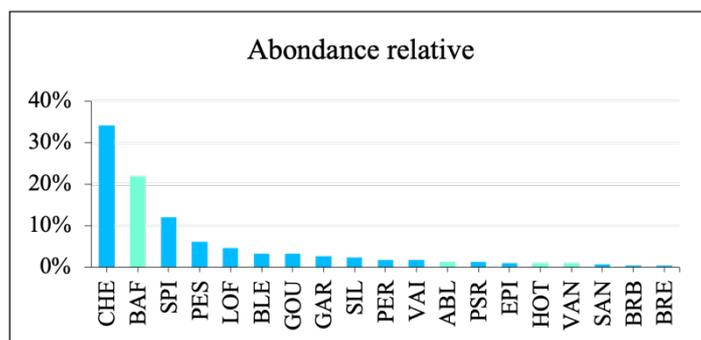


Figure 4.8 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Chautagne en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d’eau courante sont représentées en vert.

Dans le **Vieux-Rhône de Belley** 1481 individus ont été échantillonnés en 2021. Cette valeur est du même ordre de grandeur que la valeur moyenne des effectifs échantillonnés sur la période 2005-2020 (1787 individus) (Figure 4.9). Vingt-Deux espèces ont été recensées, valeur proche de la moyenne observée antérieurement (24 espèces). Les espèces les plus représentées sont le chevine (26% des effectifs échantillonnés, soit 391 individus), le gardon (26%, soit 384 individus), le barbeau fluviatile (14%, soit 213 individus), le goujon (10%, soit 141 individus), la vandoise (6%, soit 92 individus) et l’ablette (5%, soit 69 individus). Pour ces espèces, les effectifs échantillonnés en 2021 restent voisins de ceux préalablement observés, à l’exception du gardon dont l’abondance relative a plus que doublé en 2021. Le spirin, relativement abondant les années antérieures dans le Vieux-Rhône de Belley est quasiment absent des pêches en 2021, son abondance relative est de 0,4% alors que la valeur moyenne était de 6% sur la période 2005-2020 (6 individus échantillonnés en 2021 contre une centaine habituellement) (Figure 4.10 et Annexe 4.1).

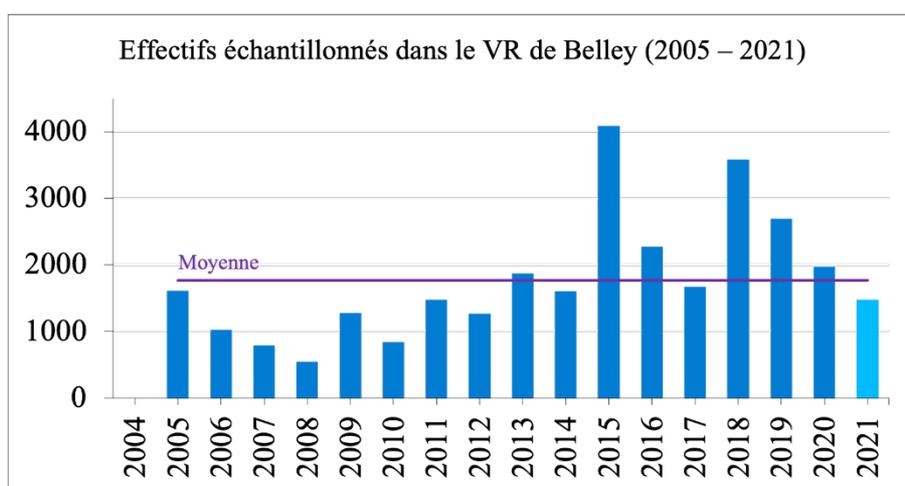


Figure 4.9 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Belley depuis l’augmentation du débit réservé (période 2005 – 2021).

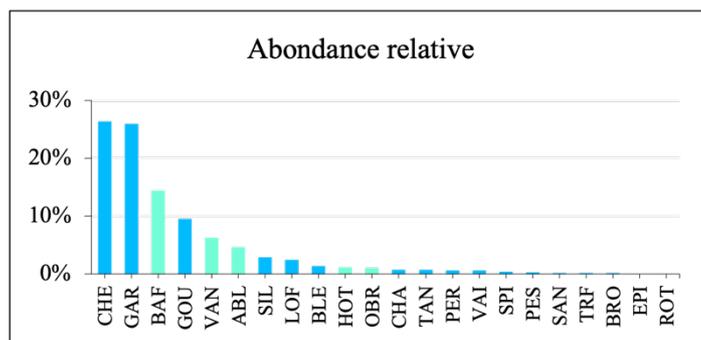


Figure 4.10 – Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Belley en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d’eau courante sont représentées en vert.

Dans le **Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon** 928 individus ont été échantillonnés lors de la deuxième pêche (488 individus avaient été échantillonnés lors de la première les 25 et 26 Août 2021), cette valeur est plus faible que la moyenne des effectifs échantillonnés dans ce secteur sur la période 2006-2020 (1346 individus) (Figure 4.11). 22 espèces ont été recensées, c’est une valeur proche de la moyenne observée sur ce secteur lors des années précédentes (24 espèces). Les espèces les plus représentées sont le chevine (52% des effectifs échantillonnés, soit 478 individus), le goujon (9%, soit 81 individus), le spirilin (8%, soit 72 individus), le barbeau fluviatile (7%, soit 68 individus). L’ablette, la blennie et la bouvière représentent chacune 3% des effectifs échantillonnés cette année (soit une trentaine d’individus). Le chevine est la seule espèce dont l’abondance relative a augmenté (passe de 32% en moyenne sur la période 2006-2020 à 52% en 2021). L’abondance relative du spirilin reste identique à la moyenne observée habituellement. Concernant les autres espèces, les abondances relatives diminuent, celle du goujon passe de 12% en moyenne à 9%, celles du barbeau fluviatile et de l’ablette sont divisées par deux, elles passent respectivement de 15% à 7% et de 6% à 3% (Figure 4.12 et Annexe 4.1).

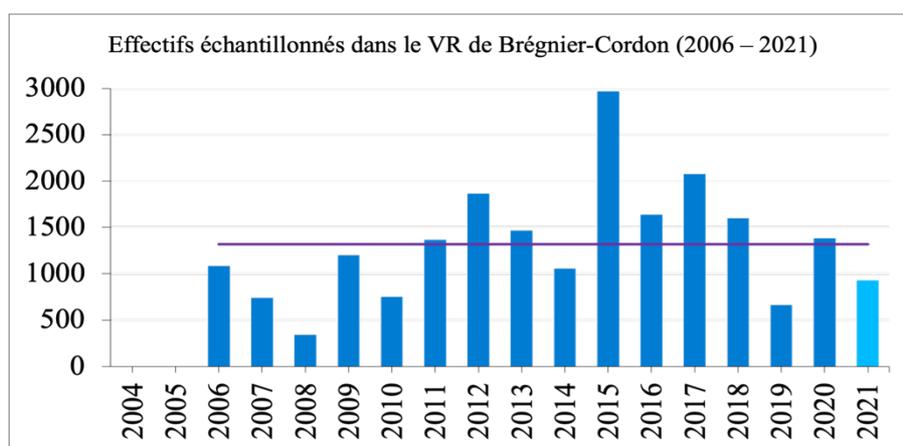


Figure 4.11 – Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis augmentation du débit réservé (période 2006 – 2021).

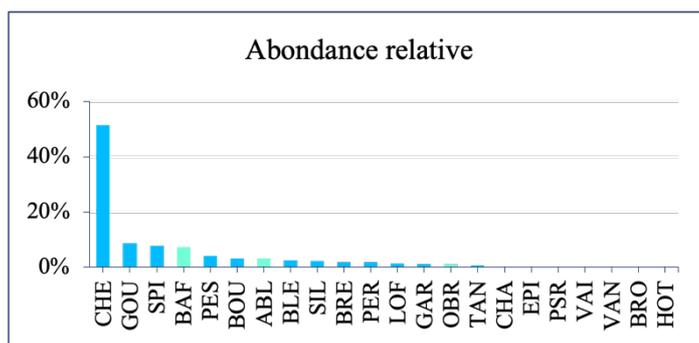


Figure 4.12 – Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d’eau courante sont représentées en vert.

En 2021, seulement 158 juvéniles de l’année (0+) ont été échantillonnés dans le **Vieux-Rhône de Chautagne**, c’est la valeur la plus faible de toute la chronique, dont la moyenne s’élève à 860 individus (Figure 4.13). En 2021, les juvéniles représentent 51% des effectifs totaux pêchés (la moyenne sur la période 2004-2020 est de 65%). Le barbeau fluviatile représente 38% des effectifs de juvéniles de l’année, le chevaine représente 23% et le spirilin 15% (Figure 4.14).

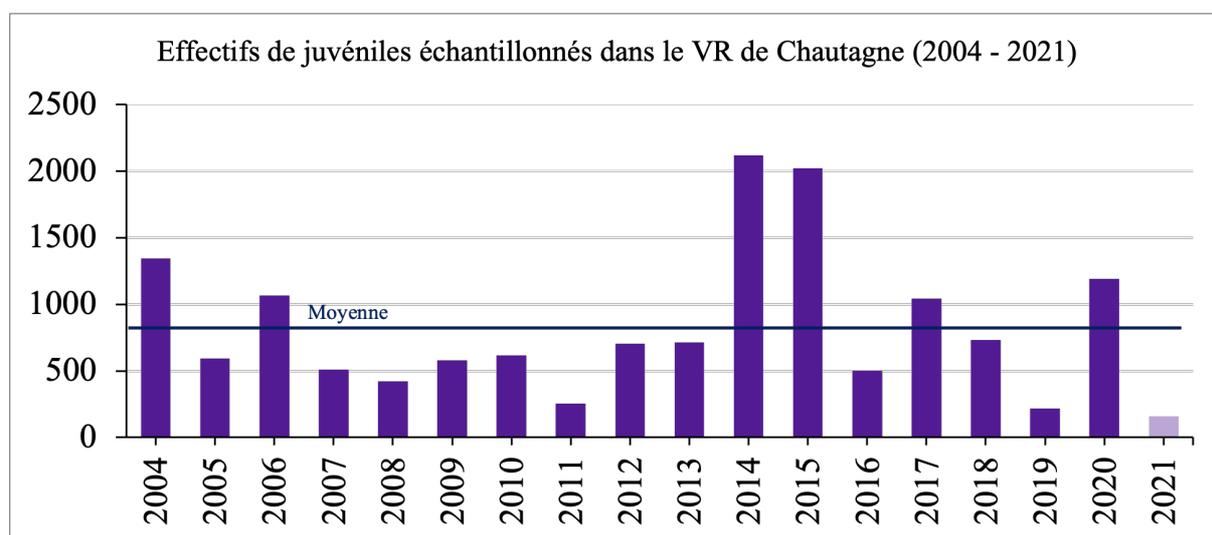


Figure 4.13 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Chautagne depuis l’augmentation du débit réservé (2004-2021).

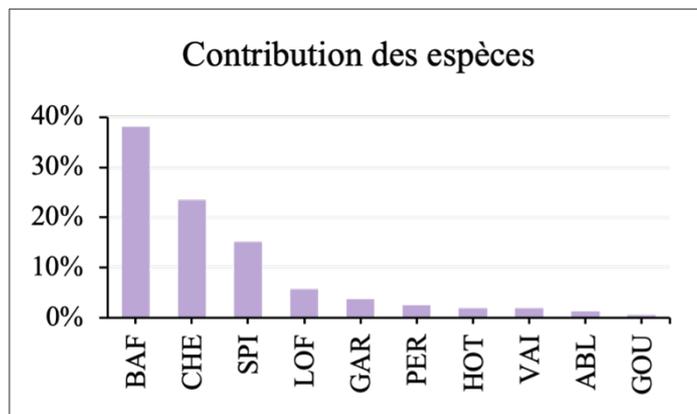


Figure 4.14 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Chautagne.

Dans le **Vieux-Rhône de Belley**, 976 juvéniles de l'année ont été échantillonnés en 2021, cette valeur est proche des effectifs de juvéniles habituellement échantillonnés sur ce secteur (la moyenne sur le période 2005-2020 est de 1151 individus) (Figure 4.15). Les juvéniles représentent 66% des effectifs totaux pêchés cette année dans le Vieux-Rhône de Belley, cette proportion est légèrement supérieure à la proportion moyenne de juvéniles de l'année du secteur de 60%. Le gardon représente 39% des effectifs de juvéniles de l'année, le barbeau fluviatile et le chevine représentent tout deux 16%, le goujon 9% et l'ablette 5% (Figure 4.16).

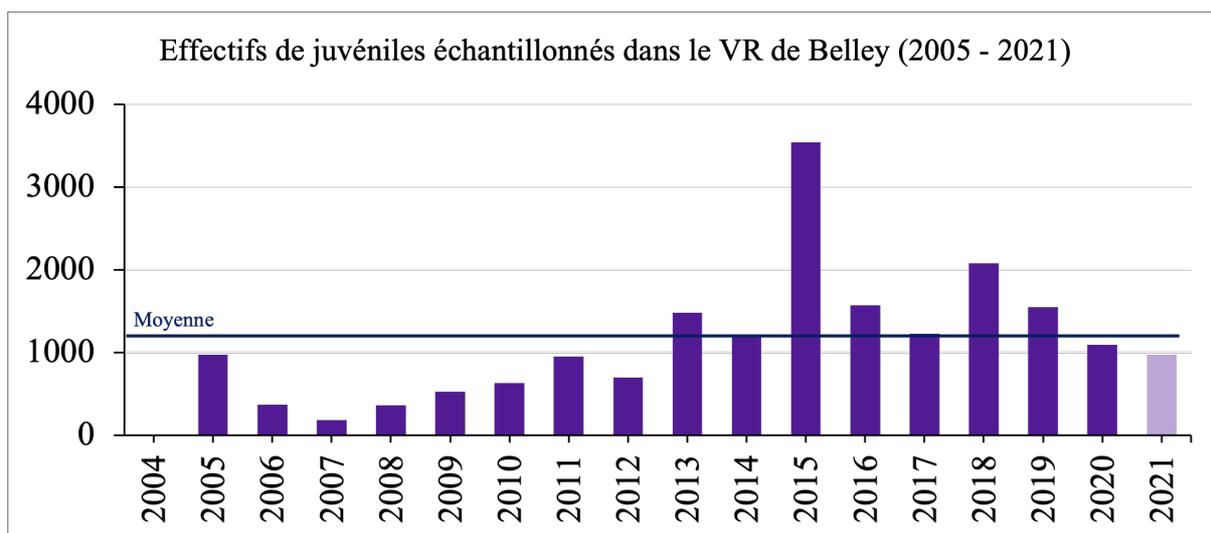


Figure 4.15 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Belley depuis l'augmentation du débit réservé (2005-2021).

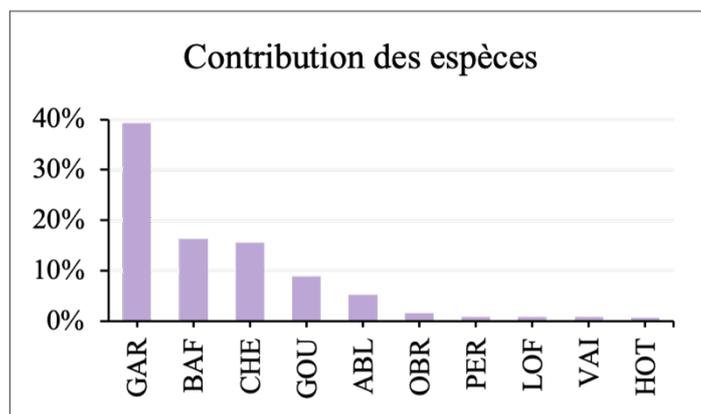


Figure 4.16 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Belley.

Dans le **Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon** 423 juvéniles de l'année ont été échantillonnés en 2021, cette valeur est faible par rapport à la moyenne des effectifs de juvéniles échantillonnés sur la période 2006-2020 de 777 individus (Figure 4.17). Les juvéniles représentent 46% des effectifs totaux pêchés cette année dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon, cette proportion est inférieure à la proportion moyenne de juvéniles de l'année de 54%. Le chevaîne représente 61% des effectifs de juvéniles de l'année, le goujon 11% et le barbeau fluviatile 7% (Figure 4.18).

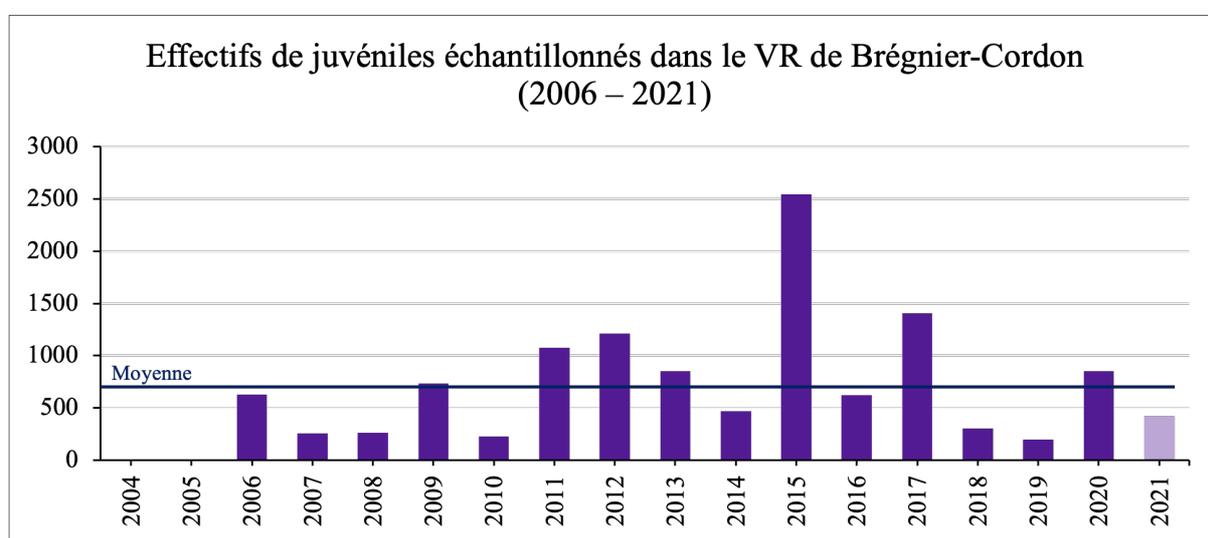


Figure 4.17 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis l'augmentation du débit réservé (2006-2021).

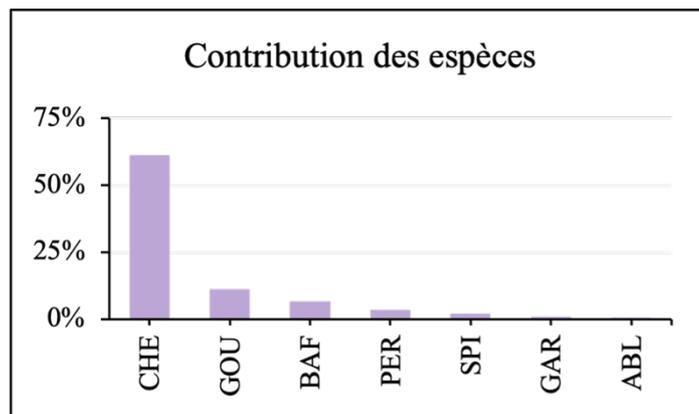


Figure 4.18 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon.

La proportion des individus appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (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. Les cinq espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont l'ablette, le barbeau fluviatile, le hotu, l'ombre commun et la vandoise. Les effectifs d'espèces d'eau courante sont contrastés selon le secteur considéré.

Dans le **Vieux-Rhône de Chautagne**, l'évolution post-augmentation du débit réservé de cette métrique montre une forte variabilité inter-annuelle essentiellement liée à la proportion d'ablettes et de barbeaux fluviatiles dans les pêches. La valeur moyenne de la proportion d'individus d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2004-2021) est de 25,8% (Figure 4.19a). La valeur de cette métrique était particulièrement élevée en 2020 (48,7%) en raison d'une très forte proportion de barbeaux fluviatiles (39,1%) et dans une moindre mesure d'ablettes (8,3%). En 2021, la valeur de la proportion d'espèces d'eau courante est de 25,2%, c'est principalement le barbeau fluviatile (87,2% des effectifs d'espèces d'eau courante) qui conditionne la valeur de cette métrique. Les contributions de l'ablette (5,1%), du hotu (3,8%) et de la vandoise (3,8%) sont modestes (Tableaux 4.5 et 4.6).

Dans le **Vieux-Rhône de Belley**, la valeur moyenne de la proportion d'individus d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2005-2021) est de 34,7%. La valeur de cette métrique est restée proche de la valeur pré-restauration (35%) et est la plus élevée de ces trois secteurs. Les proportions d'espèce d'eau courante étaient élevées en 2017 (48,5%), 2018 (58,3%) et 2020 (47,8%), en 2021 cette proportion est de 27,5% (Figure 4.19b). C'est principalement le barbeau fluviatile (52,3% des effectifs d'espèces d'eau courante), la vandoise (22,6%) et l'ablette (17%) qui conditionnent la valeur de cette métrique. Les contributions du hotu (4,2%) et de l'ombre commun (3,9%) sont faibles (Tableaux 4.7 et 4.8).

Dans le **Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon**, la valeur moyenne de la proportion d'individus d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2006-2021) est de 24,8%. La valeur de cette métrique est restée proche de la valeur pré-restauration (26,4%). La proportion d'espèces d'eau courante était élevée en 2020 (49,7%), et principalement liées aux effectifs importants de juvéniles de barbeaux fluviatiles et d'ablettes. En 2021 elle est parmi les plus faibles avec seulement 12% (Figure 4.19c). C'est principalement le barbeau fluviatile (61,3%) et l'ablette (26,1%) qui conditionnent la valeur de cette métrique. La proportion importante d'ombre commun (9,9%, soit 11 individus de tailles comprises entre 20 et 28cm) est due à un repoissonnement effectué sur le site quelques jours auparavant. Les contributions du hotu (0,9%) et de la vandoise (1,8%) sont modestes (Tableaux 4.9 et 4.10).

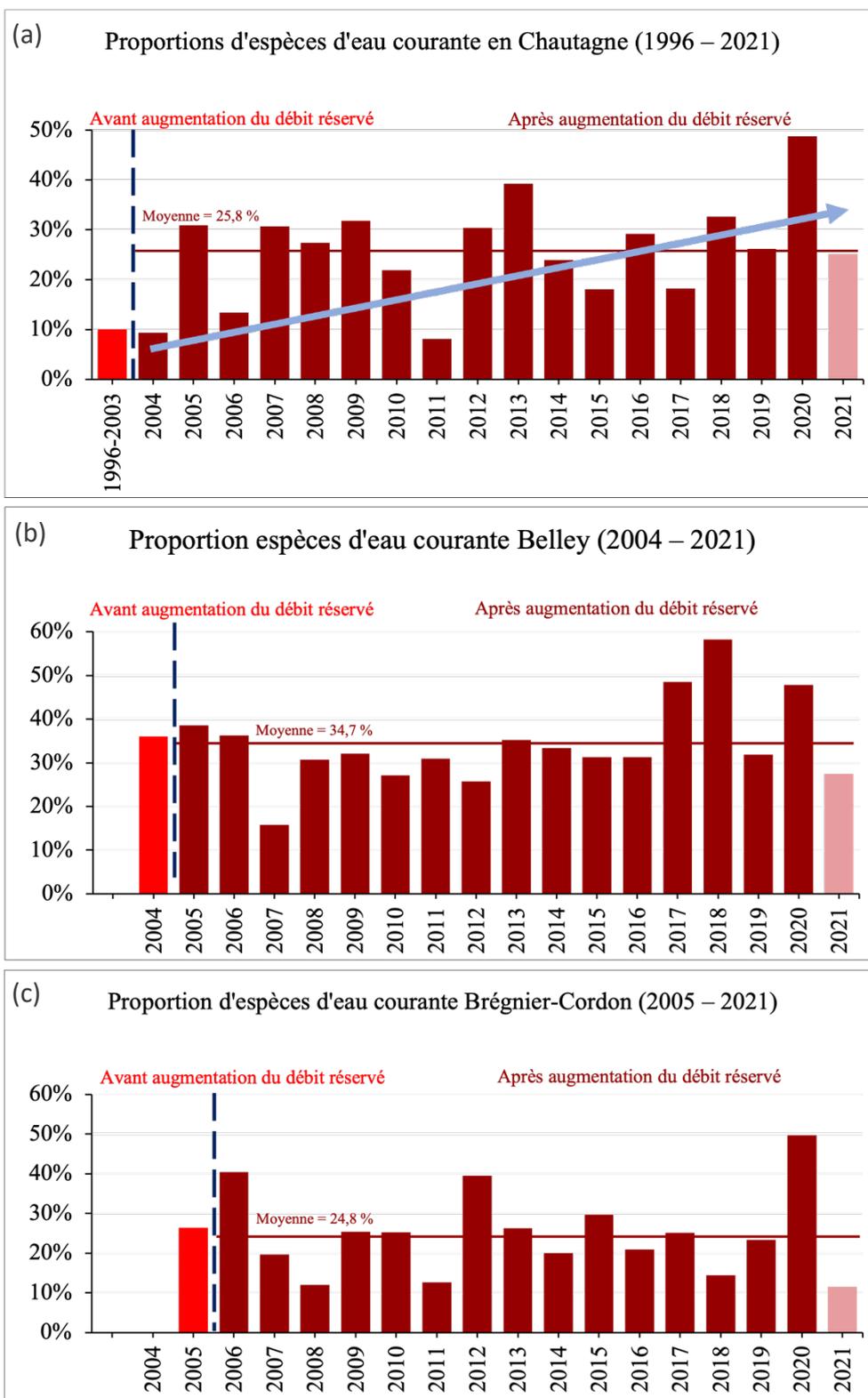


Figure 4.19 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les trois Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation.

Tableau 4.5 - Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Chautagne depuis l'augmentation du débit réservé en 2004. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2004-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectonnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2004-2021.

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	1412	18	18,2%	0,0%	17,1%	0,0%	0,5%	0,6%
2018	1158	13	32,6%	5,4%	26,9%	0,3%	0,0%	0,0%
2019	482	16	26,1%	1,2%	24,9%	0,0%	0,0%	0,0%
2020	1640	18	48,7%	8,3%	39,1%	0,8%	0,1%	0,4%
2021	310	19	25,2%	1,3%	21,9%	1,0%	0,0%	1,0%
2004-2021	21870	30	25,2%	4,9%	18,5%	0,9%	0,3%	0,5%
Moyenne	1215	18	25,8%	5,4%	18,3%	1,2%	0,4%	0,6%

Tableau 4.6 - Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2004 à 2021 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 « 2004-2021 » est calculée globalement sur la période 2004-2021. La « Moyenne » est la valeur moyenne calculée sur la période 2004-2021.

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	257	0,0%	94,2%	0,0%	2,7%	3,1%
2018	378	16,7%	82,3%	1,1%	0,0%	0,0%
2019	126	4,8%	95,2%	0,0%	0,0%	0,0%
2020	799	17,0%	80,2%	1,6%	0,3%	0,9%
2021	78	5,1%	87,2%	3,8%	0,0%	3,8%
2004-2021	5503	19,6%	73,5%	3,7%	1,0%	2,1%
Moyenne	306	18,9%	71,8%	3,8%	2,4%	3,1%

Tableau 4.7 - Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Belley depuis l'augmentation du débit réservé en 2005. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2005-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2005-2021.

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	48,5%	10,4%	32,1%	2,5%	0,4%	3,1%
2018	3580	24	58,3%	13,7%	27,0%	3,5%	0,6%	13,5%
2019	2695	26	31,9%	6,5%	19,3%	0,3%	0,6%	5,2%
2020	1971	20	47,8%	5,9%	28,6%	0,4%	0,9%	12,1%
2021	1481	22	27,5%	4,7%	14,4%	1,1%	1,1%	6,2%
2005-2021	30076	32	36,6%	5,6%	22,4%	1,6%	0,8%	6,2%
Moyenne	1769	24	34,3%	5,0%	20,6%	1,7%	0,8%	6,1%

Tableau 4.8 - Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2005 à 2021 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 « 2005-2021 » est calculée globalement sur la période 2005-2021. La « Moyenne » est la valeur moyenne calculée sur la période 2005-2021.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	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	811	21,5%	66,1%	5,2%	0,9%	6,4%
2018	2086	23,5%	46,3%	6,0%	1,1%	23,1%
2019	859	20,5%	60,7%	0,9%	1,7%	16,2%
2020	943	12,3%	59,7%	0,7%	1,9%	25,3%
2021	407	17,0%	52,3%	4,2%	3,9%	22,6%
2005-2021	11002	15,2%	61,3%	4,5%	2,1%	16,9%
Moyenne	647	14,3%	61,4%	4,7%	2,8%	16,8%

Tableau 4.9 - Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis l'augmentation du débit réservé en 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2021.

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	2967	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%
2019	663	19	23,4%	10,4%	10,9%	0,9%	0,0%	1,2%
2020	1381	23	49,7%	4,5%	25,1%	6,3%	0,0%	13,9%
2021	928	22	12,0%	3,1%	7,3%	0,1%	1,2%	0,2%
2006-2021	21123	36	26,3%	6,2%	15,3%	2,1%	0,1%	2,7%
Moyenne	1320	24	24,8%	6,0%	14,1%	1,9%	0,1%	2,7%

Tableau 4.10 - Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2021 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 « 2006-2021 » est calculée globalement sur la période 2006-2021. La « Moyenne » est la valeur moyenne calculée sur la période 2006-2021.

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%
2019	155	44,5%	46,5%	3,9%	0,0%	5,2%
2020	687	9,0%	50,4%	12,7%	0,0%	27,9%
2021	111	26,1%	61,3%	0,9%	9,9%	1,8%
2006-2021	5553	23,4%	58,0%	7,9%	0,3%	10,4%
Moyenne	347	24,4%	58,1%	6,7%	0,7%	10,0%

Les effectifs totaux échantillonnés en 2021 ont été faibles dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon voir très faibles dans le Vieux-Rhône de Chautagne. Les effectifs échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Belley ont été proches de l'abondance moyenne observée sur la période 2005-2020. Les résultats sont identiques pour les juvéniles de l'année (0+), les effectifs dans les Vieux-Rhône de Chautagne et de Brégnier-Cordon sont parmi les plus faibles. Enfin, la valeur de la proportion d'individus d'espèces d'eau courante dans les Vieux-Rhône de Chautagne et de Belley sont proches des moyennes observées sur la période post-augmentation du débit réservé. Dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon, cette proportion a été très faible en 2021.

Les divers évènements hydrologiques au cours de l'année 2021, dont un majeur (la crue de juillet), peuvent potentiellement expliquer les faibles effectifs échantillonnés, notamment dans les Vieux-Rhône de Chautagne et de Brégnier-Cordon. Jusqu'à la mi-Février, les températures ont varié entre 7 et 8°C dans les Vieux-Rhône. A la mi-Février, les températures ont augmenté progressivement, quatre espèces sont susceptibles de se reproduire à cette période ($9^{\circ}\text{C} \leq T^{\circ} \leq 14^{\circ}\text{C}$) : le gardon, le hotu, l'ombre commun et la vandoise. Au cours des opérations de gestion sédimentaire (APAVÉR, 18 au 29 mai 2021), les débits étaient relativement stables et les températures ont augmenté progressivement ce qui a probablement stimulé massivement la reproduction d'espèces comme le barbeau fluviatile et le chevaine. Puis les débits sont restés relativement stables et les températures ont continué d'augmenter ce qui a permis aux espèces plus thermophiles de se reproduire ($16-18^{\circ}\text{C} \leq T$) : l'ablette, le rotengle, la brème, la carpe et la tanche. Mi-juillet une crue importante ($\sim 1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le Rhône au niveau du secteur de Brégnier-Cordon) a eu lieu à une période de vulnérabilité pour les jeunes stades de développement de poissons. L'augmentation concomitante des contraintes hydrauliques et de la turbidité a probablement provoqué une dérive massive des alevins et donc des dégâts importants dans les populations des jeunes poissons. Par la suite, des opérations de maintenance des groupes sur les ouvrages du Haut-Rhône, notamment en Chautagne et à Brégnier-Cordon, ont provoqué des variations de débits plus ou moins importantes (passage de $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 3h le 20 Septembre 2021 dans le Vieux-Rhône de Chautagne et de $160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 1h le 9 Août 2021 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon) (Figures 4.1 et 4.3) et étalées dans le temps. Dans le Vieux-Rhône de Belley ces opérations de maintenance ont occasionné des variations de débits moindre et de courte durée (Figure 4.2). Les effets de la crue et les variations de débits dans le Vieux-Rhône de Belley ont probablement aussi été atténuées en raison de la présence d'une diversité plus importante de bras latéraux (bras secondaires et îles) qui permettent à la lame d'eau de s'étaler lorsque le débit augmente et aux poissons de trouver des zones refuges.

Ces deux évènements (la crue de juillet et les variations de débits dues aux travaux de maintenance) peuvent potentiellement expliquer les faibles effectifs échantillonnés dans les Vieux-Rhône de Chautagne et de Brégnier-Cordon. Les juvéniles capturés fin septembre dans

Le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon sont essentiellement des chevaines de très petites tailles (Figure 4.20) susceptibles d’être issus d’évènement de reproduction tardive ayant eu lieu après la crue.

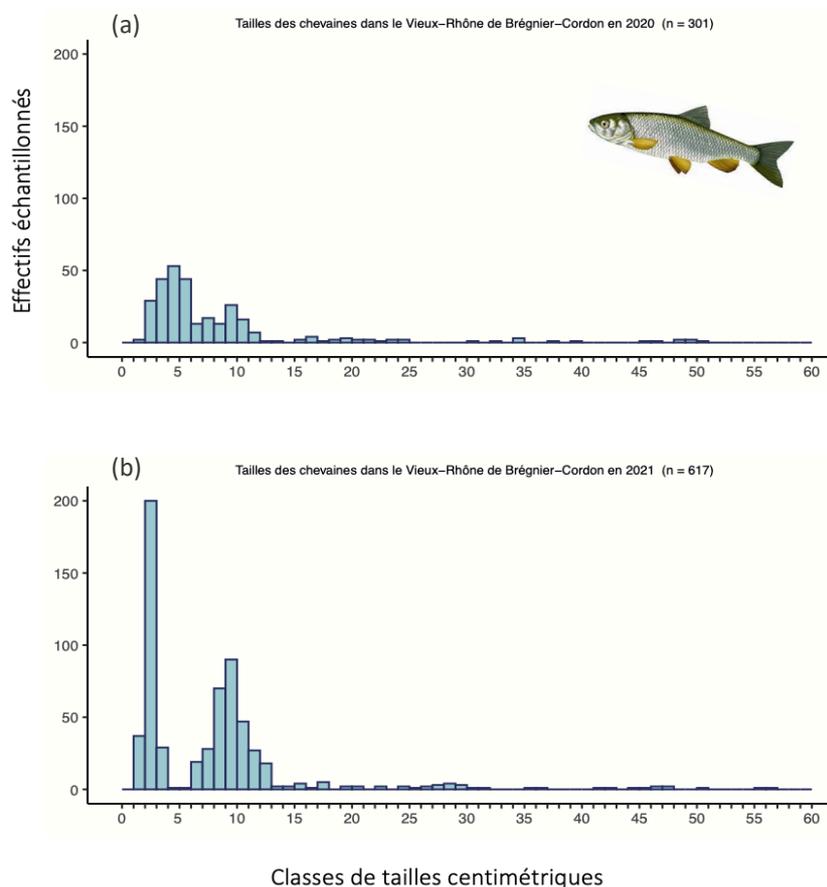


Figure 4.20 - Distribution en classe de tailles centimétriques des chevaines échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon en 2020 (a) et en 2021 (b).

La proportion d’individus appartenant à des espèces d’eau courante dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon est très faible. Cette métrique est fortement liée aux effectifs importants de juvéniles de trois espèces : le barbeau fluviatile, la vandoise et l’ablette. Or suite aux divers évènements hydrologiques dans le secteur de Brégnier-Cordon, les abondances de juvéniles de l’année et notamment de ces espèces ont été très faibles.

4.3.2 Vieux-Rhône de Pierre-Bénite

Dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite, 211 individus ont été échantillonnés. Cet effectif est parmi les plus faibles de la chronique (781 individus échantillonnés en moyenne) (Figure 4.21). 14 espèces ont été recensées, valeur inférieure à la moyenne de 18 espèces observée sur la période 2001-2020. Cette année aucun barbeau fluviatile, aucune loche franche et aucun

spirlin n'ont été pêchés dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite, ces espèces étant échantillonnées régulièrement à Pierre-Bénite. Les espèces les plus représentées en 2021 ont été, le gardon (45% des effectifs échantillonnés, soit 95 individus) et le chevine (29,9%, soit 63 individus). Les abondances relatives de ces deux espèces ont très fortement augmenté en 2021. Les effectifs d'ablette, espèce généralement bien présente dans le secteur de Pierre-Bénite, ne représente que 6,6% des poissons échantillonnés en 2021 (soit 14 individus seulement contre 344 en moyenne sur la période 2001-2020) (Figure 4.22 et Annexe 4.2).

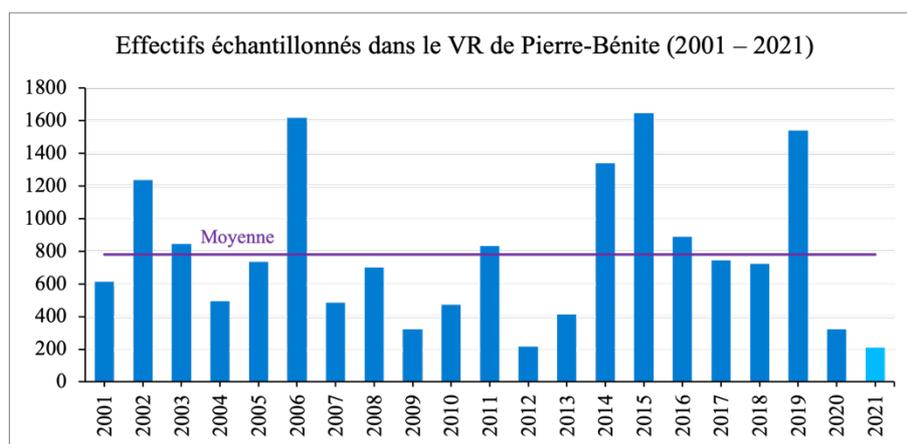


Figure 4.21 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis augmentation du débit réservé (période 2001 – 2021).

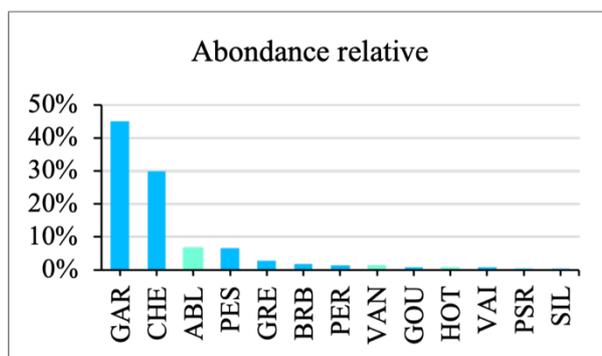


Figure 4.22 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont représentées en vert.

En 2021, les juvéniles de l'année ont représenté 48,3% des poissons capturés (soit 102 individus), cette proportion est inférieure à la proportion moyenne de juvéniles sur la période 2001-2020 (65,4%) (Figure 4.23). Le gardon représente 62,7% des effectifs des juvéniles de l'année étaient des gardons, 22,5% des chevaines et 10,8% des ablettes (Figure 4.24).

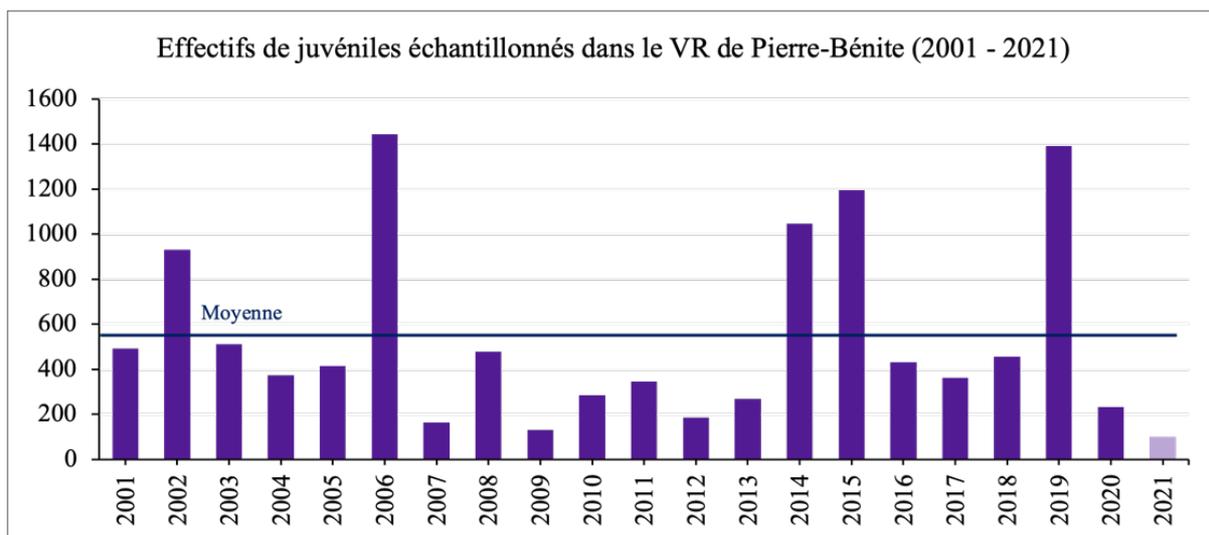


Figure 4.23 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé (2001-2021).

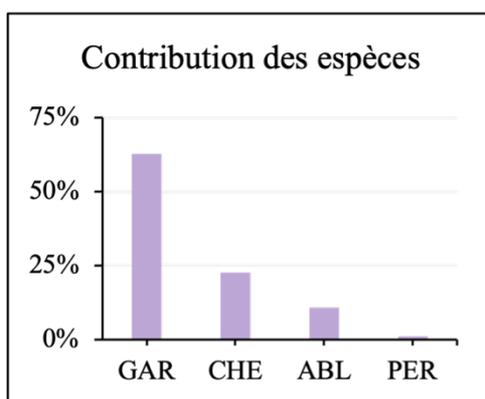


Figure 4.24 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite.

Suite au relèvement important du débit minimum en 2000 ($10-20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), la structure du peuplement a été modifiée (Lamouroux *et al.*, 2006, Lamouroux & Olivier, 2015) avec une augmentation importante de la proportion d'individus appartenant à la guildes des espèces d'eau courante essentiellement due à l'augmentation des proportions d'ablettes (Figure 4.25 et Tableaux 4.11 et 4.12). Après une baisse en 2020 (28%), en raison des très faibles effectifs d'ablettes et de barbeaux fluviatile, la valeur de cette métrique en 2021 est extrêmement faible (9%), probablement en lien avec les faibles succès de reproduction de l'ablette. Les variations importantes de débits dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite au cours de l'été, du fait d'opérations de maintenance sur les groupes de l'usine (Figure 4.4), sont probablement la cause de cette faible abondance de juvéniles.

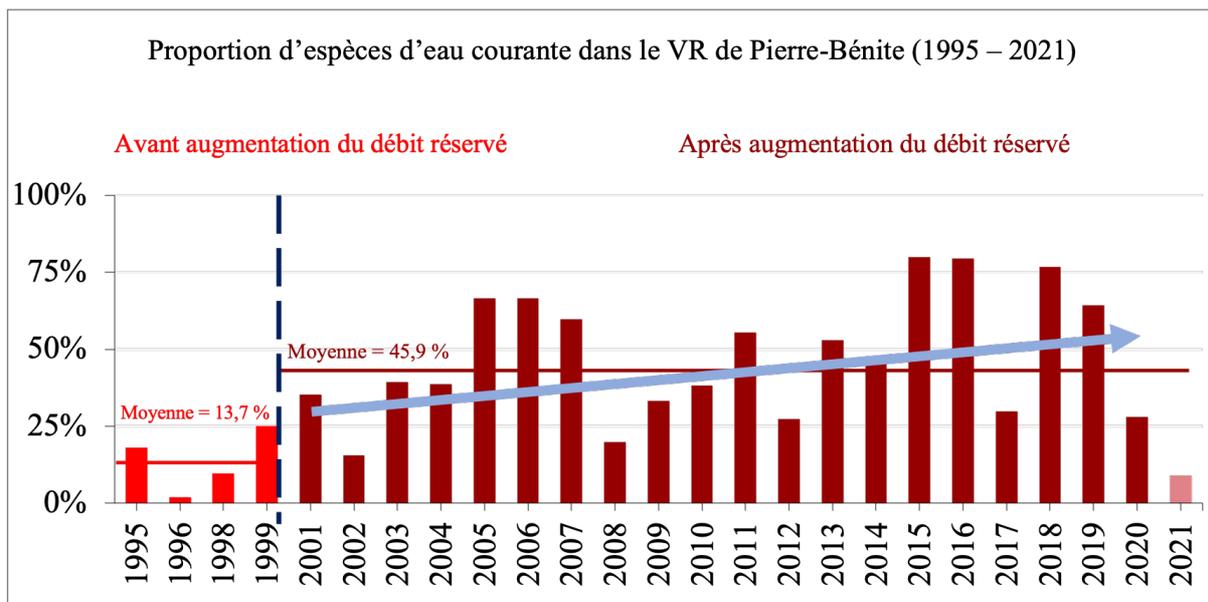


Figure 4.25 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation de débit.

Tableau 4.11 - Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé en 2001. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2001-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectonnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2001-2021.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	VAN
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%	2,8%
2004	495	23	38,6%	26,3%	7,1%	2,8%	2,0%
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%	1,6%
2011	832	20	55,4%	41,0%	3,7%	10,3%	0,5%
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%	1,0%
2015	1646	15	79,9%	72,7%	3,9%	2,9%	1,0%
2016	888	16	79,5%	73,4%	3,4%	2,6%	0,2%
2017	745	20	29,9%	21,3%	1,3%	3,9%	4,1%
2018	722	15	76,7%	70,2%	4,4%	1,9%	0,2%
2019	1539	19	64,2%	58,7%	3,8%	0,7%	2,4%
2020	321	16	28,0%	17,4%	7,2%	3,1%	0,2%
2021	211	14	9,0%	6,6%	0,0%	0,9%	0,5%
2001-2021	16396	371	51,7%	42,0%	4,2%	4,9%	0,6%
Moyenne	781	18	45,9%	36,1%	4,8%	4,3%	0,8%

Tableau 4.12 - Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante (Ab. Totale = effectifs des espèces de la guildes « espèces d'eau courante ») entre 2001 et 2021 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 « 2001-2021 » est calculée globalement sur la période 2001-2021. La « Moyenne » est la valeur moyenne calculée sur la période 2001-2021.

Année	Ab. Totale	ABL	BAF	HOT	VAN
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%
2018	554	91,5%	5,8%	2,5%	0,2%
2019	988	91,4%	6,0%	1,1%	1,5%
2020	90	62,2%	25,6%	11,1%	1,1%
2021	19	73,7%	0,0%	10,5%	15,8%
2001-2021	8483	81,2%	8,1%	9,4%	1,2%
Moyenne	404	73,9%	12,6%	11,0%	2,5%

En 2021, les effectifs échantillonnés ont été particulièrement faibles (Figure 4.17) et 72% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année et le gardon est l'espèce dont l'abondance a été la plus élevée (Figure 4.18) (98% des gardons capturés étaient des juvéniles de l'année).

4.3.3 Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon

Le suivi du peuplement de poissons en lien avec la restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 2007.

Dans ce Vieux-Rhône, 2188 individus ont été échantillonnés en 2021. Cette valeur est plus faible que la valeur moyenne des effectifs échantillonnés dans ce secteur sur la période 2014-2020 (3501 individus) (Figure 4.26). Vingt-deux espèces ont été recensées, ce qui est conforme à la moyenne observée les années précédentes (22 espèces). Les espèces les plus représentées sont le gardon (24,5% des effectifs échantillonnés, soit 537 individus), la bouvière (18,3%, soit 400 individus), le goujon (15,4%, soit 338 individus), l'ablette (14,7%, soit 322 individus), le pseudorasbora (7,1%, soit 155 individus) et la brème bordelière (6,8%, soit 149 individus). Pour ces espèces, les effectifs échantillonnés cette année restent conformes à ceux préalablement observés (Figure 4.27 et Annexe 4.3).

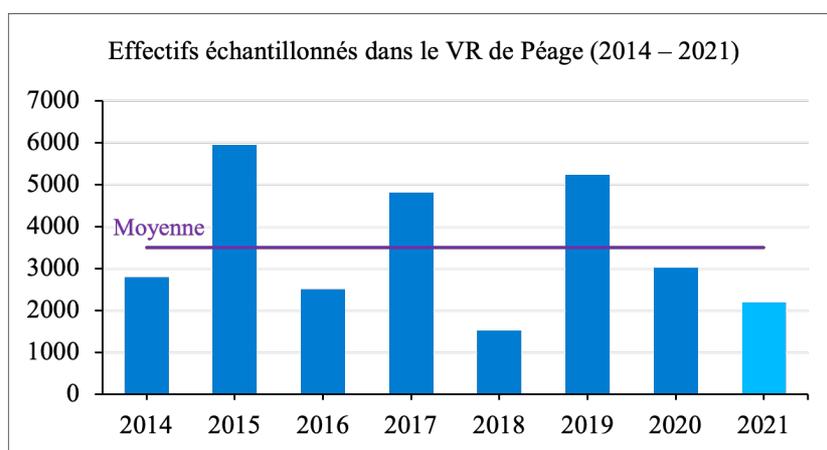


Figure 4.26 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Péage-De-Roussillon depuis augmentation du débit réservé (période 2014 – 2021).

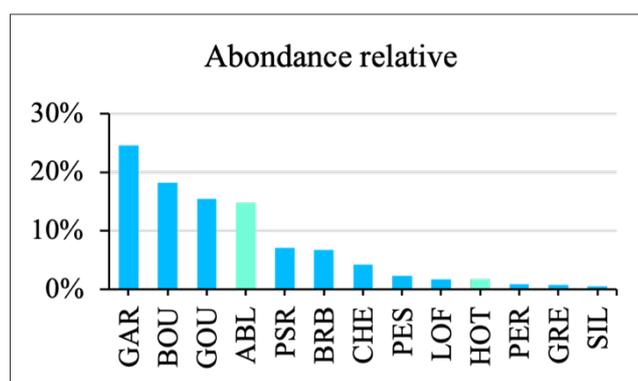


Figure 4.27 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Péage-De-Roussillon en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont représentées en vert.

En 2021, seulement 768 juvéniles de l'année ont été échantillonnés, c'est une des valeurs les plus faibles sur la période 2014-2021, dont la moyenne s'élève à 2417 individus (Figure 4.28). Cette année, les juvéniles représentent seulement 35,1% des effectifs totaux pêchés (la

moyenne sur la période 2014-2020 est de 60,9%). Le gardon représente 39,2% des effectifs de juvéniles de l'année, l'ablette représente 17,2%, la brème bordelière 9,6%, le chevaine 8,6%, le goujon 7% et le hotu 3,8% (Figure 4.29 et Tableau 4.13).

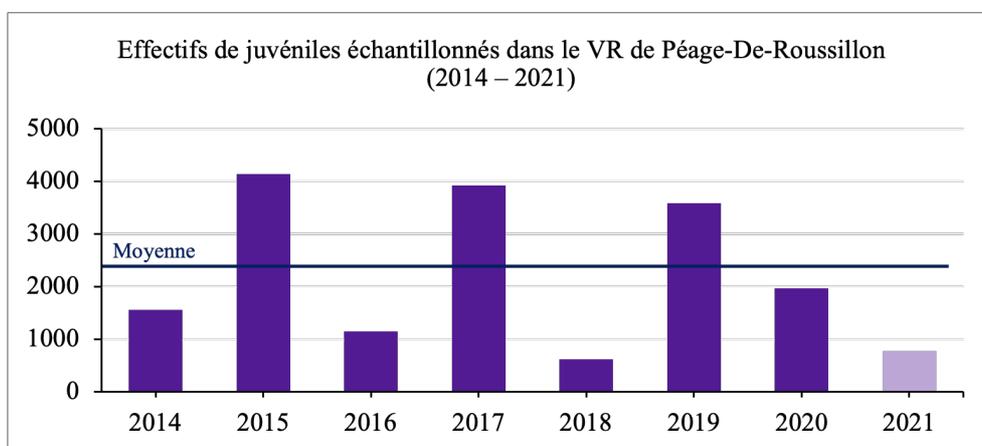


Figure 4.28 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Péage-De-Roussillon en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont représentées en vert.

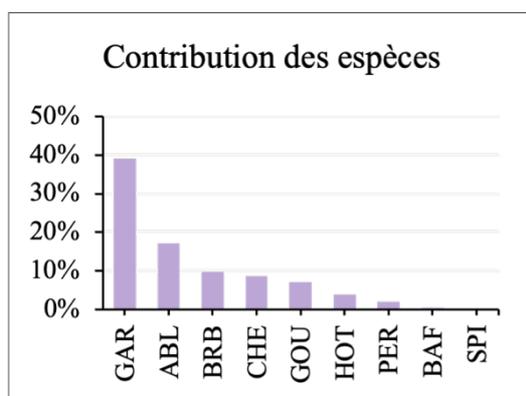


Figure 4.29 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Péage-De-Roussillon.

La valeur moyenne de la proportion d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2014-2021) est de 25,3%. La valeur de cette métrique est restée très proche de la valeur pré-restauration (27,8%). En 2021, la proportion des espèces d'eau courante est de 16,6%, valeur nettement inférieure à la moyenne observée sur la période 2014-2020 (26,5%) (Figure 4.30). Les effectifs d'ablette contribuent largement à la valeur de cette métrique (89%). Les contributions du hotu (8,2%) et du barbeau fluviatile (2,6%) sont modestes (Tableaux 4.13 et 4.14). L'augmentation du débit réservé dans ce secteur est récente il est donc difficile de mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. De plus, la

présence du seuil de Peyraud induit un ralentissement des vitesses d'écoulement en amont de sorte que l'impact de l'augmentation du débit réservé sur les vitesses moyennes d'écoulement est limité.

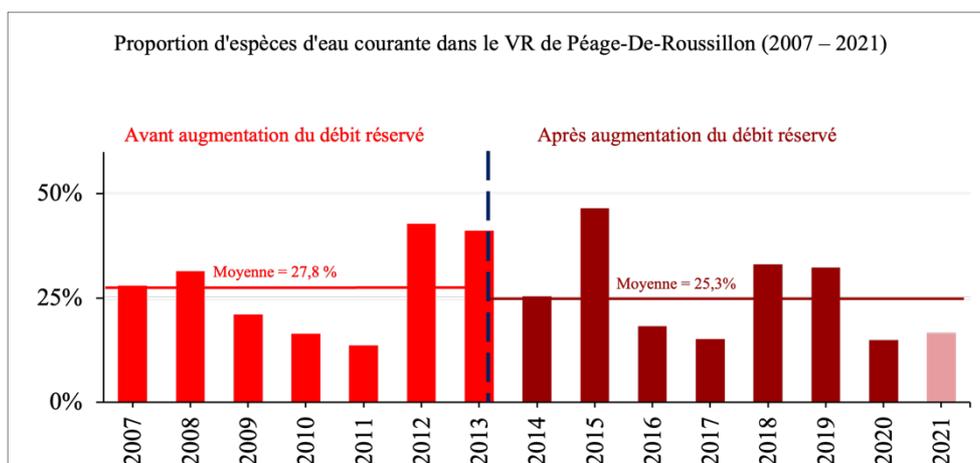


Figure 4.30 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation de débit.

Tableau 4.13 – 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 2007-2013 et 2014-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. Les valeurs « 2010-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

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%
2007-2013	12811	21	27,8%	24,2%	1,1%	2,4%	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%
2019	5228	22	32,3%	29,8%	0,1%	2,4%	0,0%
2020	3021	21	15,0%	10,6%	0,5%	3,8%	0,2%
2021	2188	22	16,6%	14,7%	0,2%	1,7%	0,0%
2014-2021	28023	22	25,3%	22,9%	0,6%	1,7%	0,1%

Tableau 4.14 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2021 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 orange. Les valeurs « 2007-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

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%
2007-2013	498	87,6%	3,6%	8,8%	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%
2019	1688	92,4%	0,2%	7,4%	0,0%
2020	453	70,4%	3,1%	25,4%	1,1%
2021	364	88,5%	1,1%	10,4%	0,0%
2014-2021	959	89,0%	2,6%	8,2%	0,3%

4.3.4 Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf

Dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf, 656 individus ont été échantillonnés en 2021. Cette valeur est du même ordre de grandeur que la valeur moyenne des effectifs échantillonnés sur ce secteur sur la période 2014-2020 (676 individus) (Figure 4.31). Dix-neuf espèces ont été recensées, ce qui est conforme à la valeur moyenne observée les années précédentes (17 espèces). Les espèces les plus représentées sont l’ablette (39,6% des effectifs échantillonnés, soit 260 individus), le hotu (17,4%, soit 114 individus), le goujon (7,5%, soit 49 individus), le spirin (7,3%, soit 48 individus) et le chevaine (6,9%, soit 45 individus). Pour ces espèces, les effectifs échantillonnés restent conformes à ceux préalablement observés, à l’exception du hotu dont l’abondance relative a fortement augmenté en 2021. En moyenne sur la période 2014-2020, les effectifs échantillonnés de hotu représentent 4,7% de l’abondance totale, soit une vingtaine d’individus seulement (Figure 4.32 et Annexe 4.4).

Le suivi du peuplement piscicole du Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a débuté en 2010.

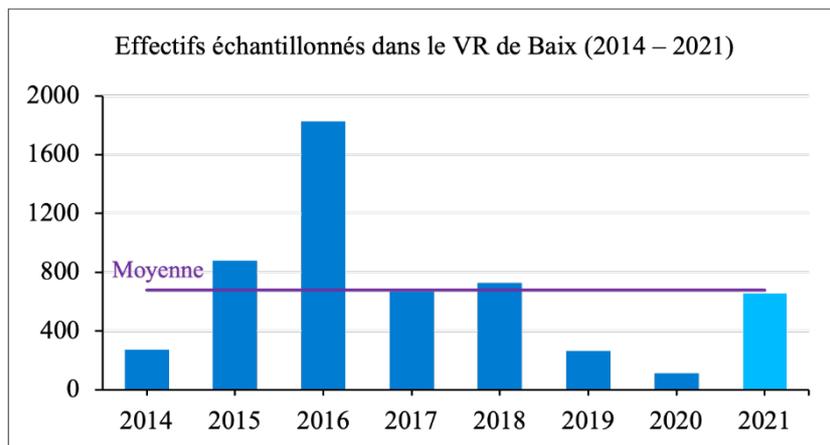


Figure 4.31 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf depuis augmentation du débit réservé (période 2014 – 2021).

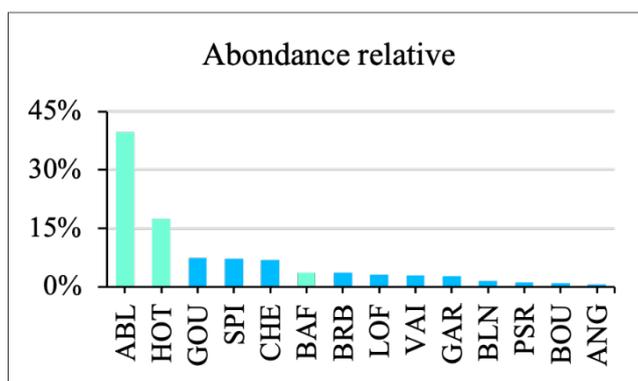


Figure 4.32 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d’eau courante sont représentées en vert.

En 2021, 482 juvéniles de l’année ont été échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf, cette valeur est légèrement supérieure à la moyenne de juvéniles pêchés dans ce secteur sur la période 2014-2020 (346 individus) (Figure 4.33). Cette année, les juvéniles représentent une proportion importante, soit 73,5% des effectifs totaux pêchés (la moyenne sur la période 2014-2020 est de 51,3%). L’ablette représente 48,8% des effectifs de juvéniles de l’année, le hotu 21,2%, le goujon 6%, le chevaine 4,8%, le barbeau fluviatile 4,4% enfin, la brème bordelière et le spirilin représentent tout deux 4% de ces effectifs (Figure 4.34).

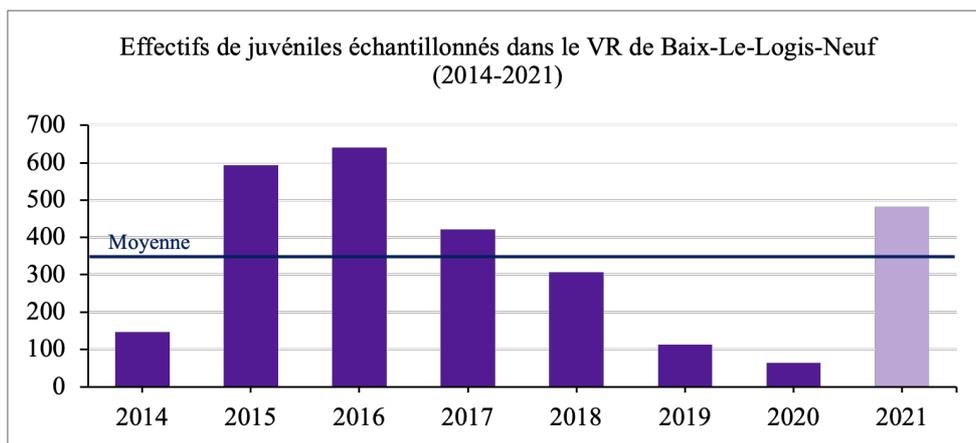


Figure 4.33 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf depuis l'augmentation du débit réservé (2014-2021).

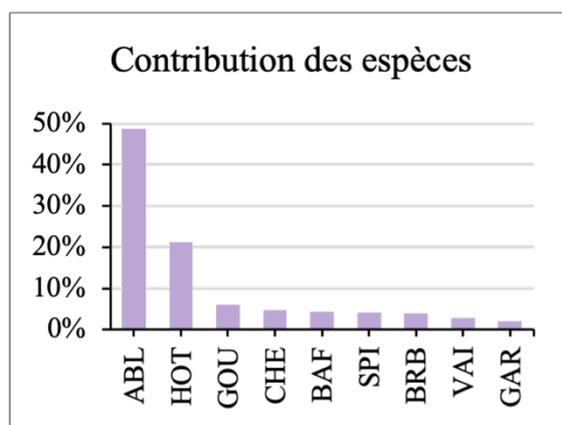


Figure 4.34 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf.

Depuis l'augmentation importante du débit réservé au 1^{er} Janvier 2014 (passé de 10-20 m³.s⁻¹ à 73 m³.s⁻¹), la valeur moyenne de la proportion des effectifs d'espèces d'eau courante a nettement augmenté. Elle est passée d'une valeur moyenne de 17,2% avant augmentation du débit minimum à une valeur moyenne de 34,7% après augmentation du débit minimum. En 2021, la valeur de cette métrique (60,7%) est la plus élevée de toute la chronique (Figure 4.35). Dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf, la valeur de cette métrique dépend principalement des effectifs d'ablettes (71,3% des effectifs d'espèce d'eau courante) et du succès de reproduction de celle-ci, relativement élevé cette année. Les autres espèces de la guildes, barbeau fluviatile et hotu, contribuent dans une moindre mesure à cette métrique (8,9% et 19,8% des effectifs d'espèces d'eau courante). Néanmoins, en 2021, les effectifs de hotus, principalement juvéniles, pêchés sur ce secteur sont importants et contribuent pour une part non négligeable à cette métrique (28,6%), probablement en lien avec une hydrologie

favorable au moment où la température de l'eau était propice à la reproduction de cette espèce (8 à 14°C). (Tableaux 4.15 et 4.16).

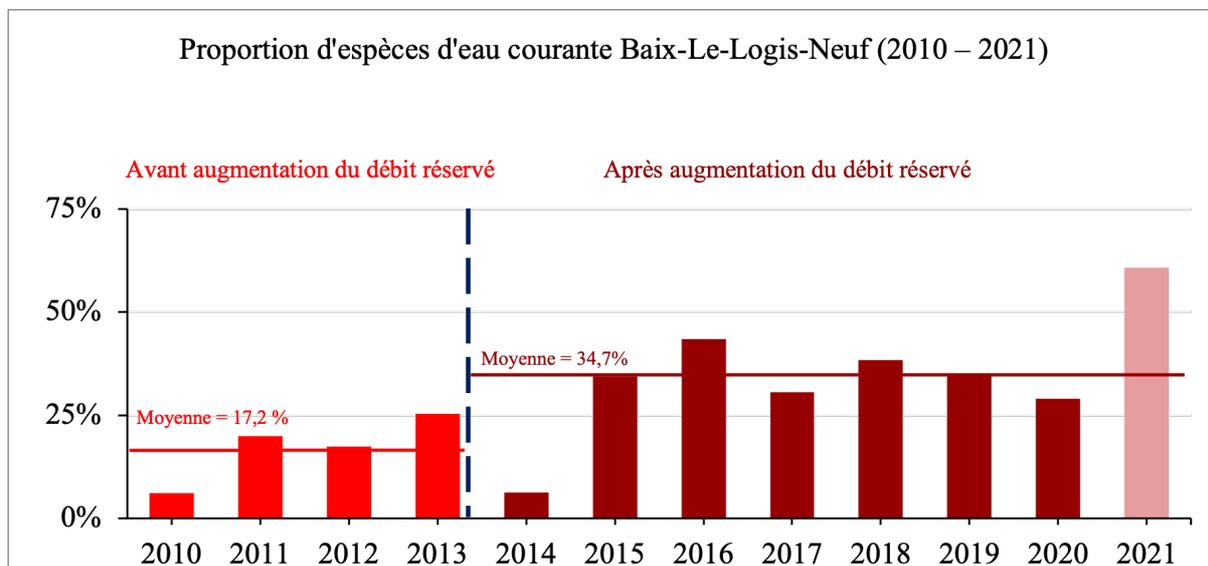


Figure 4.35 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles et de hotus) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation de débit.

Tableau 4.15 – 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 2007-2013 et 2014-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. Les valeurs « 2010-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	672	19	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%
2010-2013	4152	19	17,2%	8,9%	3,3%	5,0%
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%
2019	265	17	34,7%	20,8%	4,9%	9,1%
2020	114	14	28,9%	14,9%	0,9%	13,2%
2021	656	19	60,7%	39,6%	3,7%	17,4%
2014-2021	5411	17	34,7%	24,9%	3,1%	6,7%

Tableau 4.16 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2010 à 2021 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 orange. Les valeurs « 2010-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

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%
2010-2013	134	47,4%	21,1%	31,5%
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%
2019	92	59,8%	14,1%	26,1%
2020	33	51,5%	3,0%	45,5%
2021	398	65,3%	6,0%	28,6%
2014-2021	265	71,3%	8,9%	19,8%

Il est nécessaire de disposer de données sur une période suffisamment longue pour confirmer un effet durable de l'augmentation du débit réservé sur les populations de hotus. Des réinjections sédimentaires de limons et de graviers ont eu lieu dans le Vieux-Rhône de Baix en début d'année 2021 et pourraient augmenter la diversité d'habitats disponibles.

4.3.5 Vieux-Rhône de Montélimar

Le suivi du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Montélimar a débuté en 2006. Entre 2006 et 2021, 30 espèces de poissons ont été échantillonnées (annexe 4.5).

En 2021, 396 individus ont été échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Montélimar. Cet effectif est parmi les plus faibles de la chronique (724 individus échantillonnés en moyenne) (Figure 4.36). Dix-huit espèces ont été recensées ce qui est conforme à la valeur moyenne observée les années précédentes (17 espèces). Les espèces les plus représentées sont le hotu (30,1% des effectifs échantillonnés, soit 119 individus), l'ablette (20,2%, soit 80 individus), le chevaine (17,2%, soit 68 individus) et le goujon (11,9%, soit 47 individus). L'abondance relative de l'ablette a diminué en 2021 par rapport à la moyenne observée sur la période 2014-2020 (38,7%) et celle du hotu a fortement augmenté en 2021 par rapport à la moyenne des années précédentes (6,1%, soit une vingtaine d'individus) (Figure 4.37 et Annexe 4.5). Les espèces dont les abondances relatives sont les plus importantes sont : l'ablette (34,1%), le chevaine (15,2%), la brème bordelière (8,2%), le goujon et le barbeau fluviatile (~ 7%), le gardon (6%), le hotu (~ 6 %) et la loche franche (~ 5%).

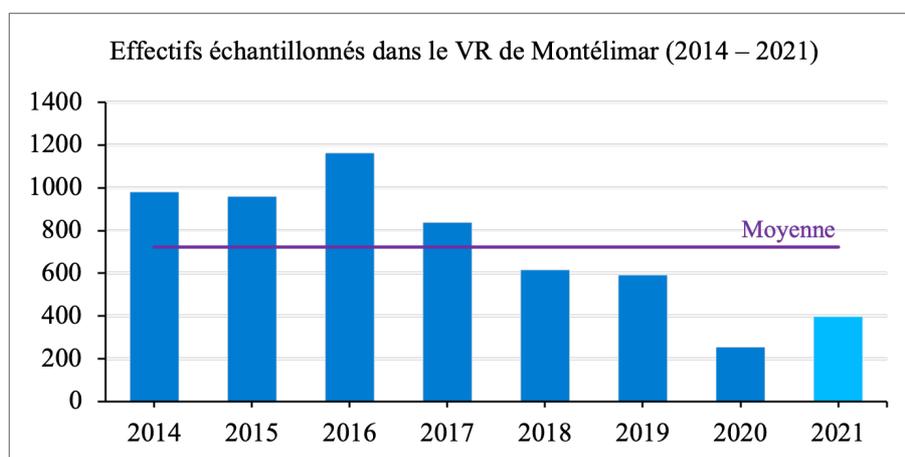


Figure 4.36 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Montélimar depuis augmentation du débit réservé (période 2014 – 2021).

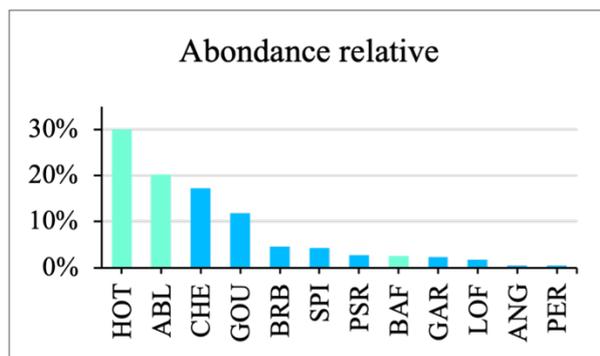


Figure 4.37 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Montélimar en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont représentées en vert.

En 2021, les juvéniles de l'année représentaient 56,1% (soit 222 individus) des poissons capturés, cette proportion est du même ordre de grandeur que la moyenne observée les années précédentes (Figure 4.38). Le hotu représente 47,8% des juvéniles de l'année, l'ablette 20,7% et le chevaine 12,6% (Figure 4.39).

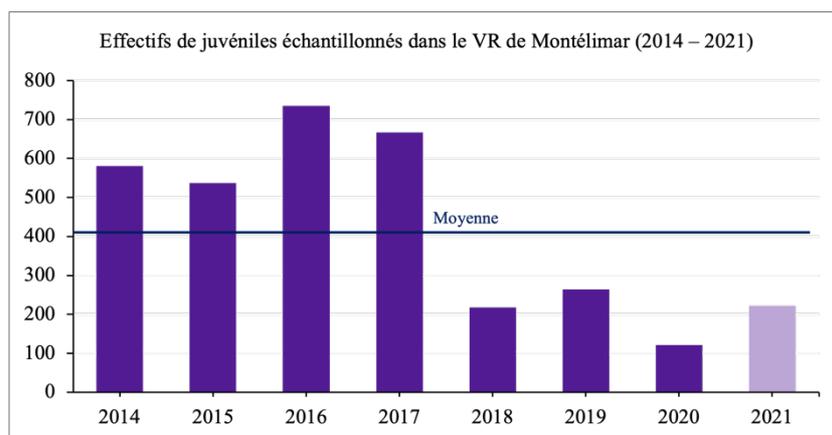


Figure 4.38 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Montélimar depuis l'augmentation du débit réservé (2014-2021).

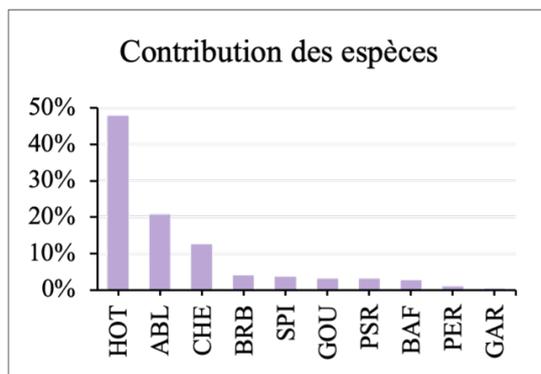


Figure 4.39 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Montélimar.

Le débit minimum dans le Vieux-Rhône de Montélimar a été très peu augmenté ($15-60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), l'amplitude des changements hydrauliques associés à cette modification est donc mineure. La valeur moyenne de la proportion d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2014-2021) de 45,9% est restée proche de la valeur pré-restauration (45,1%) (Figure 4.40). En moyenne, l'ablette est l'espèce qui contribue le plus à cette valeur (représente 70,3% des effectifs d'espèces d'eau courante), bien que les abondances relatives du hotu et du barbeau fluviatile soient relativement élevées (respectivement 19,3% et 10,1% des effectifs d'espèces d'eau courante). En 2021, c'est le hotu qui contribue le plus à la valeur de cette métrique (56,7% des effectifs d'espèces d'eau courante) (Tableaux 4.17 et 4.18). Probablement en lien avec un bon succès de reproduction pour cette espèce, révélé par un taux élevé de juvéniles de l'année.

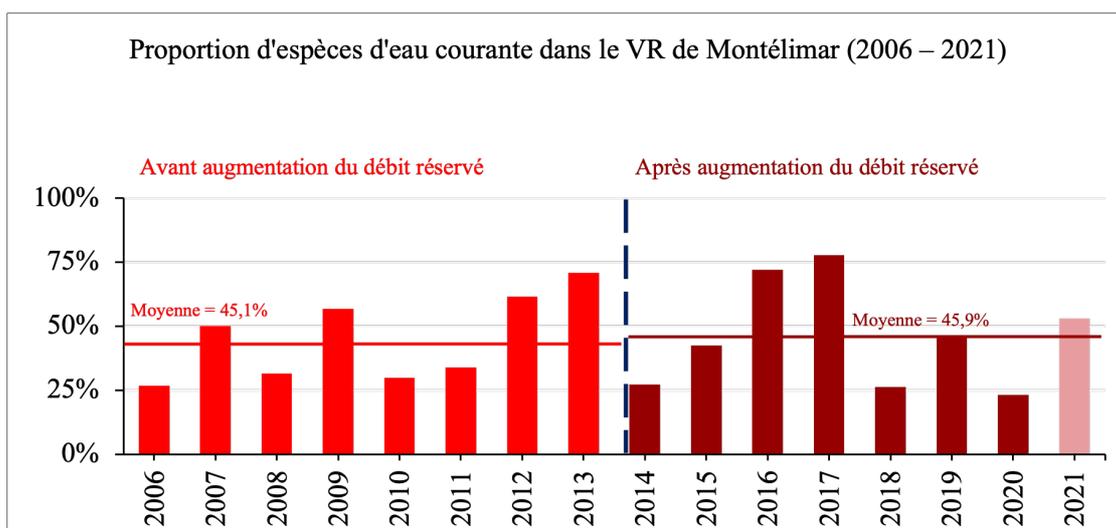


Figure 4.40 - Proportion d'individus d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, de hotus et de vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Montélimar. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation de débit.

Tableau 4.17 - 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 2006-2013 et 2014-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guilde des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. Les valeurs « 2006-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. Vandoise
2006	888	23	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	31,3%	21,2%	4,2%	5,8%	0,0%
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%
2006-2013	6814	20	45,0%	30,0%	7,8%	7,3%	0,0%
2014	980	14	27,1%	17,8%	3,0%	6,4%	0,0%
2015	959	18	42,4%	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	26,1%	19,8%	3,1%	2,9%	11,8%
2019	590	18	45,8%	29,3%	2,0%	14,4%	0,0%
2020	252	17	23,0%	12,7%	5,6%	4,8%	0,0%
2021	396	18	53,0%	20,2%	2,5%	30,1%	5,6%
2014-2021	5794	17	45,9%	33,7%	4,1%	8,1%	2,2%

Tableau 4.18 - Détail de la contribution des différentes espèces de la guilde des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2021 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 orange. Les valeurs « 2006-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. Vandoise
2006	233	55,4%	28,3%	16,3%	0,0%
2007	375	60,5%	8,8%	30,7%	0,0%
2008	162	67,9%	13,6%	18,5%	0,0%
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%
2006-2013	377	65,5%	17,4%	17,1%	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	161	75,8%	11,8%	11,2%	1,2%
2019	270	64,1%	4,4%	31,5%	0,0%
2020	58	55,2%	24,1%	20,7%	0,0%
2021	210	38,1%	4,8%	56,7%	0,5%
2014-2021	358	70,3%	10,1%	19,3%	0,2%

4.3.6 Vieux-Rhône de Donzère

Dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon, 1035 individus ont été pêchés en 2021. Cette valeur est inférieure à la valeur moyenne des effectifs échantillonnés sur ce secteur sur la période 2014-2020 (1584 individus), mais il est en augmentation par rapport aux deux précédentes années (2019 : 715 ind. et 2020 : 710 ind.) (Figure 4.41). 19 espèces ont été recensées ce qui est conforme à la valeur moyenne observée depuis 2014. Les espèces les plus représentées sont l'ablette (38,5% des effectifs échantillonnés, soit 398 individus), le chevaine (21,9%, soit 227 individus), le vairon (8,8%, soit 91 individus), le barbeau fluviatile (7,1%, soit 74 individus), le goujon et le pseudorasbora représentent tout deux ~5% des effectifs totaux pêchés. Pour trois de ces espèces, l'ablette, le chevaine et le vairon, les abondances relatives en 2021 sont beaucoup plus élevées que la moyenne sur la période 2014-2020 (Figure 4.25 et Annexe .4.6).

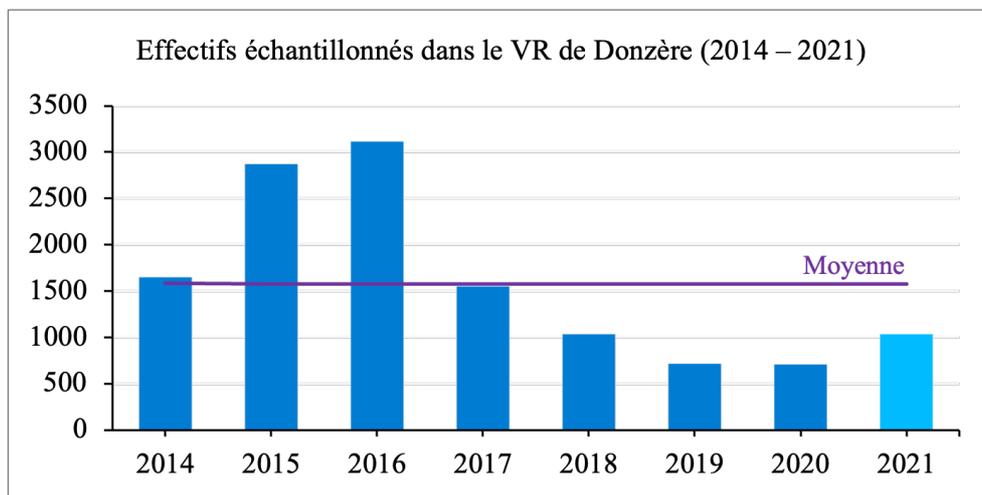


Figure 4.41 - Effectifs échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon depuis augmentation du débit réservé (période 2014 – 2021).

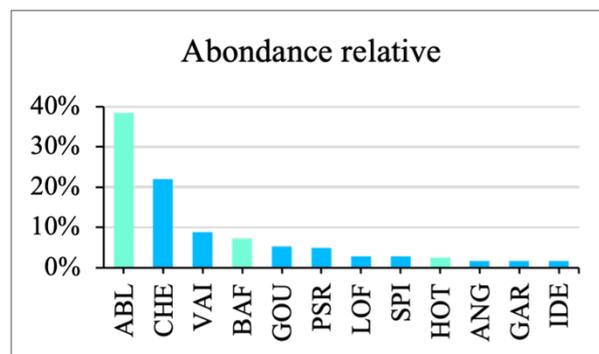


Figure 4.42 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon en 2021. Les espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante sont représentées en vert.

En 2021, 860 juvéniles de l'année ont été échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon, cette valeur est légèrement inférieure à la moyenne des effectifs de juvéniles pêchés dans ce secteur sur la période 2014-2020 (1172 individus) (Figure 4.43). Néanmoins, cette année, les juvéniles représentent une proportion très importante, soit 83,1% des effectifs totaux pêchés (la moyenne sur la période 2014-2020 est de 66,3%). L'ablette représente 45% des effectifs de juvéniles de l'année, le chevaine 21,7%, le vairon 9,8%, le goujon 6,2% et le barbeau fluviatile 5,8% (Figure 4.44).

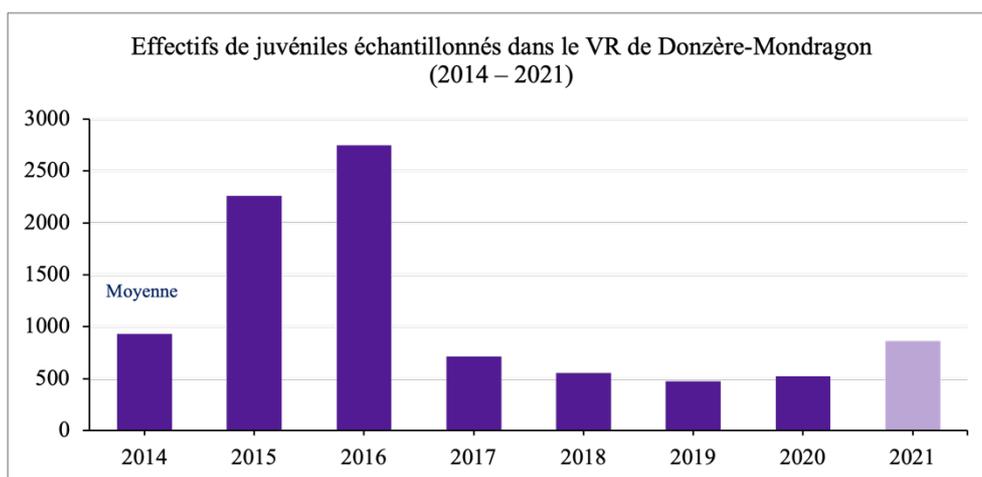


Figure 4.43 - Effectifs de juvéniles échantillonnés chaque année dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon depuis l'augmentation du débit réservé (2014-2021).

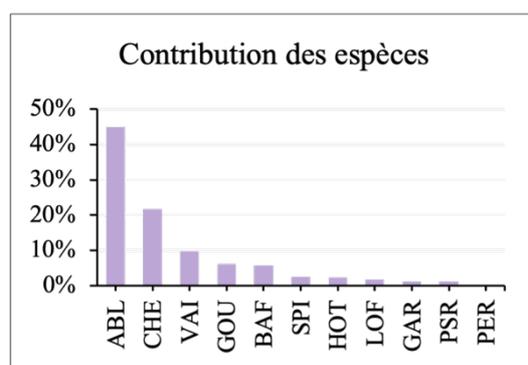


Figure 4.44 - Contributions des différentes espèces aux effectifs de juvéniles de 2021 dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon.

Au 1^{er} Janvier 2014, le débit minimum dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon a été légèrement augmenté ($60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), l'amplitude des changements hydrauliques associés à cette modification est donc mineure. La valeur moyenne de la proportion d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé (période 2014-2021) de 44% est restée

proche de la valeur pré-restauration (49,5%) (Figure 4.45). L'ablette est l'espèce qui contribue le plus à cette valeur (représente 67,5% des effectifs d'espèces d'eau courante), bien que les abondances relatives du barbeau fluviatile (16,8%) et du hotu (15,7%) soient relativement élevées (Tableaux 4.19 et 4.20).

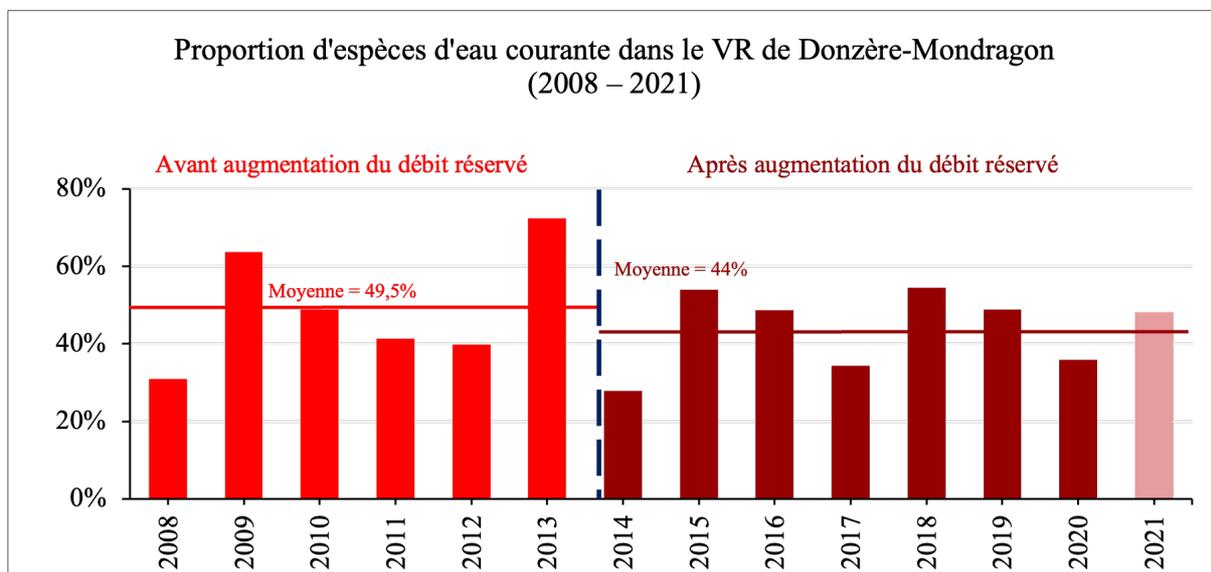


Figure 4.45 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles et de hotus) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon. La ligne pointillée indique la date de l'augmentation du débit minimum. En rouge les valeurs pré-augmentation du débit réservé, en bordeaux les valeurs post-augmentation de débit.

Tableau 4.19 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon depuis 2008. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2008-2013 et 2014-2021 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant à la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. Les valeurs « 2008-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

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	1778	17	63,7%	12,5%	14,2%	37,1%
2010	1717	21	48,9%	34,9%	8,2%	5,8%
2011	1957	20	41,4%	19,5%	2,9%	19,1%
2012	493	18	39,8%	33,3%	5,1%	1,4%
2013	1272	17	72,5%	42,1%	29,7%	0,6%
2008-2013	7724	18	49,5%	25,9%	12,6%	11,0%
2014	1644	18	27,9%	20,5%	2,3%	5,1%
2015	2868	20	54,0%	38,4%	14,7%	0,9%
2016	3116	17	48,7%	37,1%	11,6%	0,0%
2017	1552	20	34,4%	28,3%	4,4%	1,7%
2018	1034	18	54,5%	37,7%	15,8%	1,1%
2019	715	18	48,8%	30,6%	6,9%	11,3%
2020	705	18	35,9%	9,1%	1,6%	25,2%
2021	1035	19	48,1%	38,5%	7,1%	2,5%
2014-2021	12669	19	44,0%	30,0%	8,0%	6,0%

Tableau 4.20 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2008 à 2021 dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en orange. Les valeurs « 2008-2013 » et « 2014-2021 » sont les moyennes calculées sur les deux périodes indiquées.

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	810	47,0%	6,9%	46,0%
2012	196	83,7%	12,8%	3,6%
2013	922	58,1%	41,0%	0,9%
2008-2013	676	53,7%	25,1%	21,3%
2014	458	73,6%	8,1%	18,3%
2015	1549	71,1%	27,2%	1,6%
2016	1516	76,2%	23,7%	0,1%
2017	534	82,2%	12,9%	4,9%
2018	564	69,1%	28,9%	2,0%
2019	349	62,8%	14,0%	23,2%
2020	253	25,3%	4,3%	70,4%
2021	498	79,9%	14,9%	5,2%
2014-2021	715	67,5%	16,8%	15,7%

4.4 Conclusion

L'acquisition annuelle de données permet d'intégrer la variabilité inter-annuelle de structure des peuplements (notamment de l'abondance des juvéniles de l'année) dans l'analyse de la réponse de ces communautés aux augmentations de débits réservés. L'année 2021 a été marquée par 2 événements exceptionnels : les opérations franco-suisse de gestion sédimentaire (APAVER 2021) et une crue importante en juillet ($1530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ au Pont d'Evieu le 16/07). De plus, plusieurs aménagements ont subi des opérations de maintenance et des arrêts de groupes de production dans les usines hydroélectriques engendrant une variabilité hydrologique dans les Vieux-Rhône, ce fût notamment le cas à l'usine de Chautagne, de Brégnier-Cordon, de Pierre-Bénite et de Péage-de-Roussillon. Ces perturbations hydrologiques, notamment la crue de juillet ont très probablement fortement perturbé le succès de reproduction de la majorité des espèces en se produisant au cours d'une période de forte vulnérabilité des jeunes stades de développement. En conséquence, les effectifs capturés lors des pêches post-estivales ont été généralement très faibles, à l'exception du Vieux-Rhône de Belley et de celui de Baix-le Logis-Neuf où la proportion d'individus appartenant à la guide des espèces d'eau courante a atteint la valeur la plus élevée depuis le début du suivi du peuplement piscicole de ce Vieux-Rhône.

Les suivis annuels réalisés permettent de relativiser le poids des variations inter-annuelles constatées sur le long terme et constituent une base solide pour guider des actions destinées à apporter des améliorations complémentaires à celles mises en œuvre lors de la restauration des Vieux-Rhône et de leurs annexes. L'interprétation de la variabilité temporelle des assemblages de poissons doit évidemment prendre en compte l'évolution des conditions hydro-climatiques sous l'influence du changement global.

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 hydraulique et écologique 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 parfois 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).

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.)

En revanche, la restauration hydraulique dans les fleuves peut avoir comme conséquence une augmentation de la richesse/densité des espèces exogènes (Paillex *et al.*, 2015). Les données obtenues avant et après restauration 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 m².



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 précises 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 réalisés 1) par dragage dans le chenal (un par station, soit 3 m^2), et 2) 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 m^2 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.

Lorsque c'est possible, les invertébrés sont identifiés à l'espèce 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 des campagnes 2020/2021 sur le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf et Montélimar. Les données de la campagne d'été 2017 pour le secteur de Miribel-Jonage, des campagnes 2020/2021 pour les secteurs de Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon ainsi

que les campagnes 2021 pour les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon sont en cours d'acquisition (Tableau 5.1).

5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En 2022, 136 campagnes d'échantillonnages 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 au changement des conditions hydrauliques dans les Vieux-Rhône (Olivier *et al.*, 2007). Des données complémentaires ont été récoltées jusqu'en 2012 afin d'améliorer les modèles précédents. Cette revisite des modèles de préférences biologiques (Annexe 5.1) concerne 97 taxa parmi les 414 taxa recensés dans le cadre de ce suivi.

Tableau 5.1 - Campagnes d'échantillonnages sur les secteurs suivis du Rhône. En vert les campagnes déjà réalisées et pour lesquelles les données sont disponibles. En orange les campagnes déjà réalisées et pour lesquelles les données ne sont pas encore disponibles. En bleu les campagnes prévues. (X) Données issues des travaux de Fruget et Dessaix (non publiés). (1) Données récoltées par l'ARALEP (IBGA). Les lignes rouges symbolisent les dates de rehaussement des débits réservés. P : Printemps, E été. Total 1 : nombre total de campagnes d'échantillonnage, Total 2 : nombre total de prélèvements.

		Haut-Rhône				Bas-Rhône				
		Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Miribel	Pierre-Bénite (1)	Péage-de-Roussillon	Baix-Le-Logis-Neuf	Montélimar	Donzère-Mondragon
1995	P									
	E									
1996	P									
	E									
1997	P									
	E	X								
1998	P									
	E									
1999	P	X								
	E	X								
2000	P	X								
	E	X								
2001	P									
	E									
2002	P									
	E									
2003	P									
	E									
2004	P									
	E									
2005	P									
	E									
2006	P									
	E									
2007	P									
	E									
2008	P									
	E									
2009	P									
	E									
2010	P									
	E									
2011	P									
	E									
2012	P									
	E									
2013	P									
	E									
2014	P									
	E									
2015	P									
	E									
2016	P									
	E									
2017	P									
	E									
2018	P									
	E									
2019	P									
	E									
2020	P									
	E									
2021	P									
	E									
2022	P									
	E									
2023	P									
	E									
Total 1		25	16	14	10	22	13	12	12	12
Total 2		452	320	440	180	220	260	240	240	240

La situation sanitaire lors du printemps 2020 ne nous a pas permis de réaliser les échantillonnages initialement prévus dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon. Ceux-ci ont dès lors été reportés aux printemps 2021.

Les conditions hydrologiques lors de la campagne de printemps 2021 pour les secteurs de Péage-de-Roussillon et lors des campagnes de printemps et d'été 2021 pour le secteur de Pierre-Bénite ne nous ont pas permis de réaliser l'échantillonnage initialement prévu. Le suivi de Pierre-Bénite a dès lors été reporté à l'année 2022. Concernant le secteur de Péage-de-Roussillon, une réflexion avait été engagée afin d'envisager les différents scénarii possibles pour continuer à suivre ce secteur dans les meilleures conditions. Malheureusement, la campagne de printemps 2021 a été annulée en raison des conditions hydrologiques ne permettant pas l'application du protocole d'échantillonnage.

Lors des campagnes d'échantillonnages réalisées du 19 au 21 avril 2021 sur les secteurs de Baix-Le-Logis-neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon, nous avons pu observer une grande quantité de sédiments fins déposés sur les berges, mais également sur le lit du fleuve, recouvrant la quasi-totalité des habitats échantillonnés (Photos 5.3 & 5.4). Il est probable que ces dépôts aient un impact sur les communautés d'invertébrés collectées dans ces secteurs (diminution de la quantité/qualité du biofilm pour les invertébrés racleurs/broueteurs, diminution de l'accès à la zone interstitielle, ...).



Photo 5.3 - à gauche, dépôt de sédiment fins sur les berges (Donzère-Mondragon, 01/03/2021). **Photo 5.4** - à droite, dépôt de sédiment fins sur le substrat (Baix-Le-Logis-Neuf, 20/04/2021).

5.4 Baix-Le-Logis-Neuf

5.4.1 Evolution de la communauté benthique

La période 2011-2013 est caractérisée par une certaine stabilité de la structure de la communauté (Figure 5.1). Celle-ci est composée en majorité de diptères (46 %), de

trichoptères (18 %), d'isopodes (17 %) et de d'amphipodes (10 %). Cette structure est restée relativement stable en 2014 puis s'est considérablement modifiée à partir de 2017.

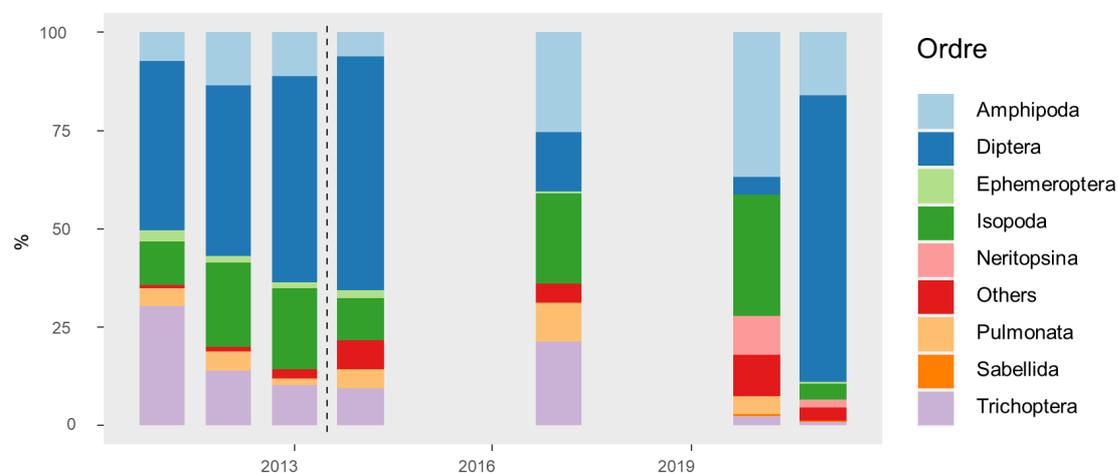


Figure 5.1 - Evolution de la proportion (%) annuelle des Ordres collectés sur le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits.

Après une forte diminution en 2017 et 2020, les diptères redeviennent majoritaires en 2021 (73 %). La proportion des amphipodes a également augmenté après 2014 (10 % à 20 %). Les trichoptères, très représentés sur la période 2011-2013, sont quasiment absents des campagnes 2020 et 2021 (< 2 %). Les éphéméroptères, déjà rares sur ce secteur avant rehaussement du débit réservé (2 %), sont eux aussi quasiment absents des campagnes 2020/2021 (<0.5 %).

Le rehaussement du débit réservé semble avoir engagé une modification profonde de la proportion des taxa présent sur ce secteur, notamment avec une diminution drastique des taxa EPT (éphémères, plécoptères, trichoptères). Néanmoins, cette évolution de la communauté n'est pas conforme à nos attentes et il est probable que d'autres événements (opération de recharge sédimentaire, qualité du substrat en 2021, ...), non liés à la restauration hydraulique et écologique, aient contribué à la modification de la structure de la communauté dans ce secteur.

5.4.2 Richesse taxonomique et abondance

L'évolution du nombre total de taxa ainsi que du nombre de taxa EPT sont de bons indicateurs de l'évolution des perturbations physico-chimiques du milieu (Barbour *et al.*, 1996). En effet, ces taxa EPT sont considérés comme sensibles et la diminution du nombre de ces taxa peut alors être considérée comme une indication de perturbation (Wallace *et al.*, 1996).

Les richesses taxonomiques totales et en taxa EPT ont des tendances à la hausse après rehaussement du débit réservé (Figure 5.2). Cette tendance est particulièrement marquée pour l'ordre des trichoptères (Figure 5.2C) avec l'apparition d'espèces rhéophiles comme *Chimarra marginata*, *Silo nigricornis* ou encore *Hydropsyche angustipennis*. Dans l'ordre des éphéméroptères (Figure 5.2D), on notera l'apparition dans nos échantillons d'*Oligoneuriella rhenana*, une espèce filtreuse présente de l'hyporhithral à l'épipotamal (Elpers & Tomka, 1995 ; Sowa, 1973) ainsi que d'*Ecdyonurus aurantiacus* (Photo 5.5), une espèce potamique commune sur le Rhône avant son aménagement (Perrin, 1978). Cette espèce est d'ailleurs considérée comme menacée dans la liste rouge des éphémères de France métropolitaine (UICN France *et al.*, 2018).

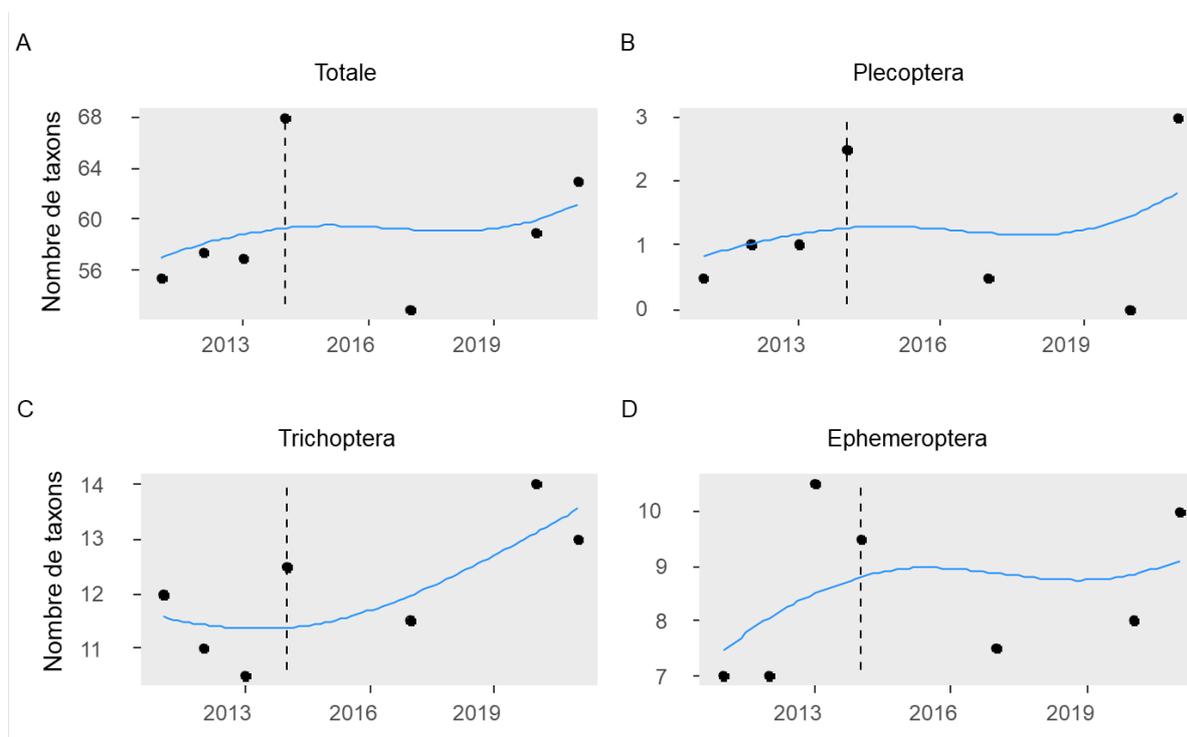


Figure 5.2 - Evolution de la richesse taxonomique (nombre de taxa) moyenne annuelle pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf. Avec A : richesse totale ; B : Richesse en taxa plécoptères ; C : richesse en taxa trichoptères et D : richesse en taxa éphéméroptères. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

L'apparition dans les échantillons pour la première fois dans ce secteur, (2020/2021), de nombreux individus du mollusque fluviatile *Theodoxus fluviatilis* est un indicateur de la bonne qualité de l'habitat périlithique (Photo 5.6-5.7).

Le retour de ces espèces témoigne de conditions plus lotiques et plus fraîches après rehaussement du débit réservé. La diversité des plécoptères (Figure 5.2B) est beaucoup plus faible (6 taxa) comme observée sur l'ensemble des secteurs suivis du Rhône. On notera tout de même, après rehaussement du débit réservé, l'apparition de nouveaux taxa comme *Protonemura* spp. ou *Isoperla grammatica*.

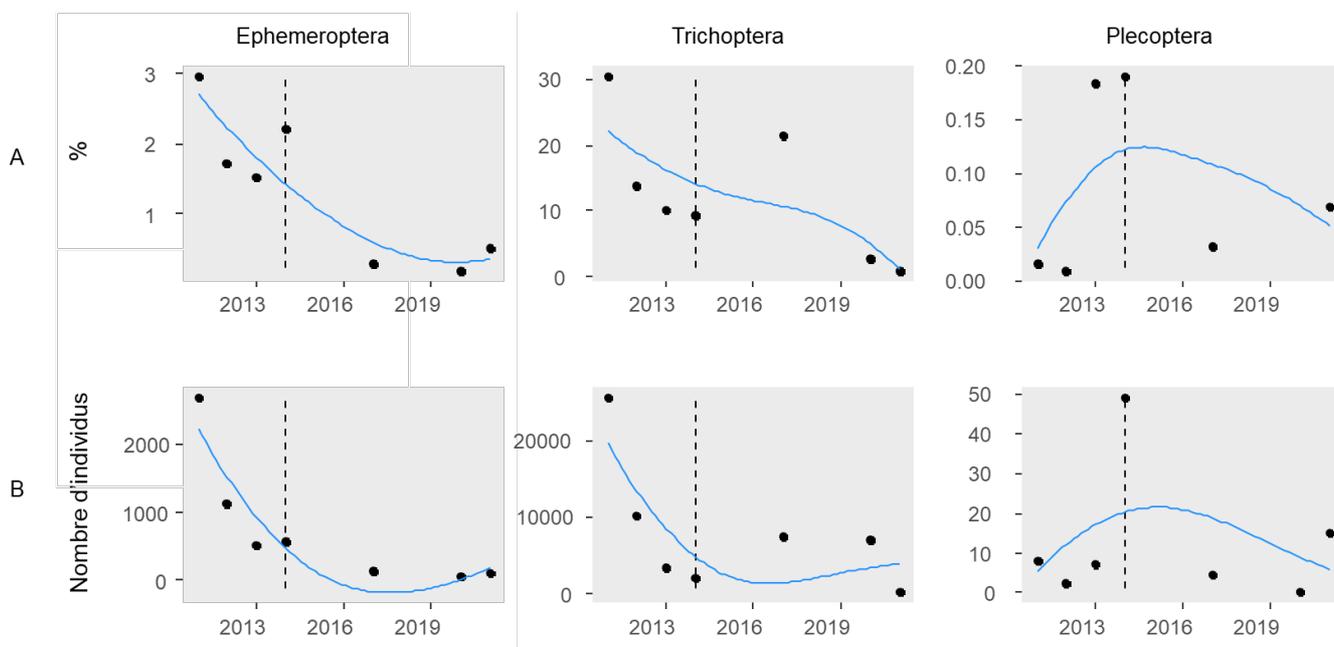


Figure 5.3 - Evolution de la proportion (%) annuelle (A) et de l'abondance moyenne annuelle (B) des taxa EPT pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

L'évolution de la proportion des taxa EPT est représentée en Figure 5.3A. Ces proportions sont en forte diminution depuis le début du suivi. Même si la proportion des plécoptères semble en diminution après rehaussement du débit réservé, les valeurs sont très faibles (<0.2 %) et confirme que cet ordre était et demeure rare sur ce secteur. L'évolution de la proportion de l'ordre des éphéméroptères et des trichoptères montre également une diminution drastique depuis le début du suivi sur ce secteur. Cette diminution des proportions est en partie liée à l'augmentation en parallèle de la proportion de taxa exogènes (24 % à 47 %) après rehaussement du débit réservé. Cette augmentation de la proportion de taxa exogènes concerne tous les secteurs du suivi du Rhône et a débuté avant les modifications de débit réservé. Néanmoins, l'évolution des abondances (Figure 5.3B) en taxa éphéméroptères et trichoptères, également à la baisse depuis le début du suivi sur ce secteur semble s'inverser à partir de 2020 pour les éphéméroptères et à partir de 2017 pour les trichoptères.

Une augmentation de la diversité en taxa benthiques s'est engagée sur ce secteur après rehaussement du débit réservé. Contrairement à nos attentes, la proportion des taxa sensibles EPT a diminué au profit de taxa plus généralistes (diptères, amphipodes, isopodes).

5.4.3 Proportion de taxa rhéophiles

La proportion de taxa rhéophiles avant rehaussement du débit réservé (70 %) était très importante par rapport aux autres secteurs suivis dans RhonEco, mais une tendance à la baisse est observée entre 2011 et 2013 (Figure 5.4). Cette tendance semble s'inverser depuis 2014. L'augmentation de la proportion de taxa rhéophiles est essentiellement portée par 2 taxa : les diptères Orthocladiinae et Simuliidae.

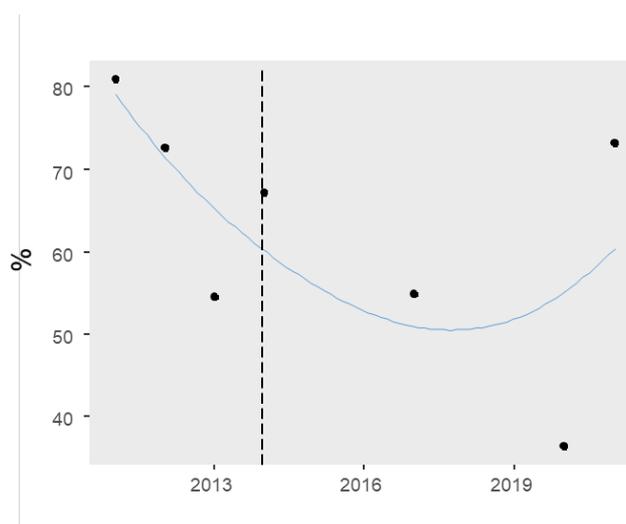


Figure 5.4 - Evolution de la proportion annuelle de taxa rhéophiles pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

La proportion de plusieurs taxa rhéophiles, moins abondants, a également augmenté comme les éphéméroptères *Heptagenia sulphurea* et *Heptagenia* juvéniles ou encore les trichoptères *Chimarra marginata*, *Hydropsyche angustipennis*, *H. incognita*. En revanche, la proportion de certains taxa rhéophiles a stagné (ex : *Rhithrogena* spp., *Hydropsyche siltalai*) ou diminué (ex : *Baetis fuscatus*, *Hydropsyche contubernalis*) après rehaussement du débit réservé (Annexe 5.5). La diminution de la proportion des différentes espèces de *Baetis*, toutes rhéophiles, est contraire aux attentes. Les adultes femelles du genre *Baetis* ont impérativement besoin de substrats minéraux émergés pour réaliser leur ponte. En effet, les femelles se posent sur ces substrats, marchent sous l'eau et déposent leur masse d'œufs sur ce même substrat. Il est probable que l'augmentation des hauteurs d'eau associées à l'augmentation du débit réservé,

en noyant ces types de substrat, ait ainsi diminué la proportion de substrats disponibles pour accomplir leur cycle de vie.

Conformément à nos attentes, les modifications hydrauliques engendrées par le rehaussement du débit réservé ont modifié les proportions de certains taxa rhéophiles mais il semble que d'autres facteurs (hydrologiques, sédimentaires, thermiques, ...) entraînent des effets inattendus sur certains taxa. La proportion de taxa appartenant aux guildes intermédiaires et limnophiles a fortement diminué.



Photo 5.5 - *Ecdyonurus aurantiacus* (Burmeister, 1839).

Les modifications de la structure de la communauté d'invertébrés engendrées par les opérations de restauration hydraulique sont toujours en cours dans ce secteur. Cette communauté d'invertébrés s'est diversifiée après rehaussement du débit réservé avec l'apparition dans les échantillons de nouveaux taxa, notamment l'éphéméroptère *Ecdyonurus aurantiacus*. La tendance à la diminution de la proportion de taxa sensibles EPT et de taxa rhéophiles, déjà élevés avant restauration, semble lentement s'inverser après augmentation du débit réservé.

5.5 Montélimar

5.5.1 Evolution de la communauté benthique

La période 2008-2012 est caractérisée par une certaine stabilité de la structure de la communauté (Figure 5). Celle-ci est composée en majorité de diptères (52 %), de trichoptères (17 %), d'isopodes (17 %) et d'amphipodes (10 %). Cette structure est restée relativement stable en 2014 puis s'est considérablement modifiée à partir de 2017.

Après une forte diminution en 2017 et 2020, les diptères redeviennent majoritaires en 2021 (76 %). La proportion des amphipodes a également augmenté après 2014 (10 % à 37 %). La diminution de trichoptères observée sur la période 2008-2012 se poursuit après 2014. Les éphéméroptères, déjà rares sur ce secteur avant rehaussement du débit réservé (< 2 %), sont quasiment absents dans les prélèvements des campagnes 2020/2021 (< 0.5 %).

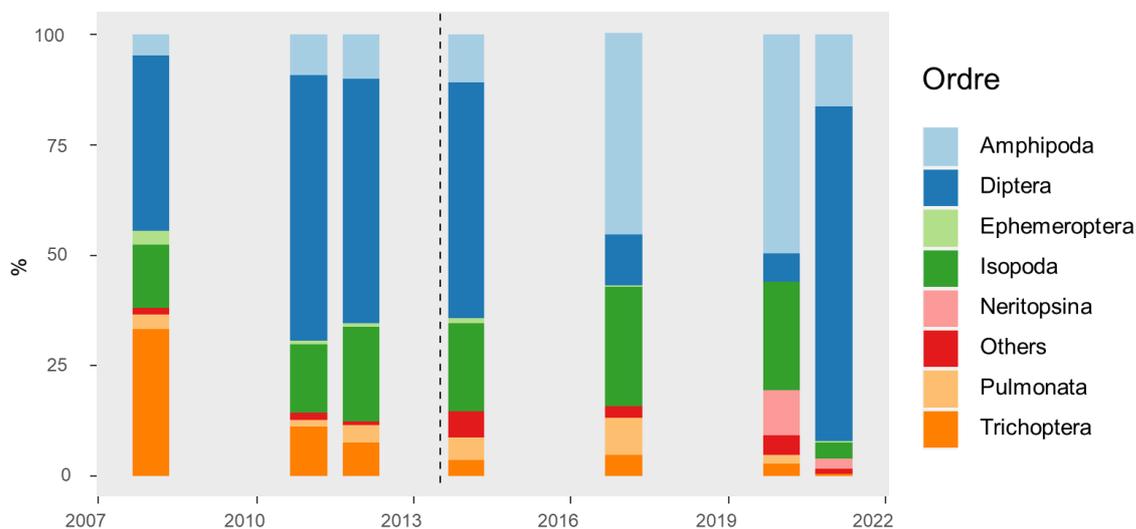


Figure 5.5 - Evolution de la proportion (%) annuelle des Ordres collectés sur le secteur de Montélimar. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits.

Comme pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf, le rehaussement du débit réservé semble avoir engagé une modification profonde de la proportion des taxa présents sur ce secteur, notamment avec une diminution drastique des taxa EPT. Néanmoins, cette évolution de la communauté n'est pas conforme à nos attentes et il est probable que d'autres événements (hydrologie, qualité du substrat en 2021, ...), non liés à la restauration hydraulique, contribuent à la modification de la structure de la communauté dans ce secteur.

5.5.2 Richesse taxonomique et abondance

Les richesses taxonomiques totales et en taxa EPT semblent stable après rehaussement du débit réservé (Figure 5.6). La richesse totale moyenne (Figure 5.6 A) mesurée depuis le début du suivi (48 taxa) est nettement inférieure à celle observée dans le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf (59 taxa). La richesse moyenne en taxa trichoptères (Figure 5.6 C, 8 taxa) est également inférieure à celle mesurée sur le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf (12). En revanche, la richesse en taxa éphéméroptères (Figure 5.6 D) est similaire dans les deux secteurs (8 taxa).

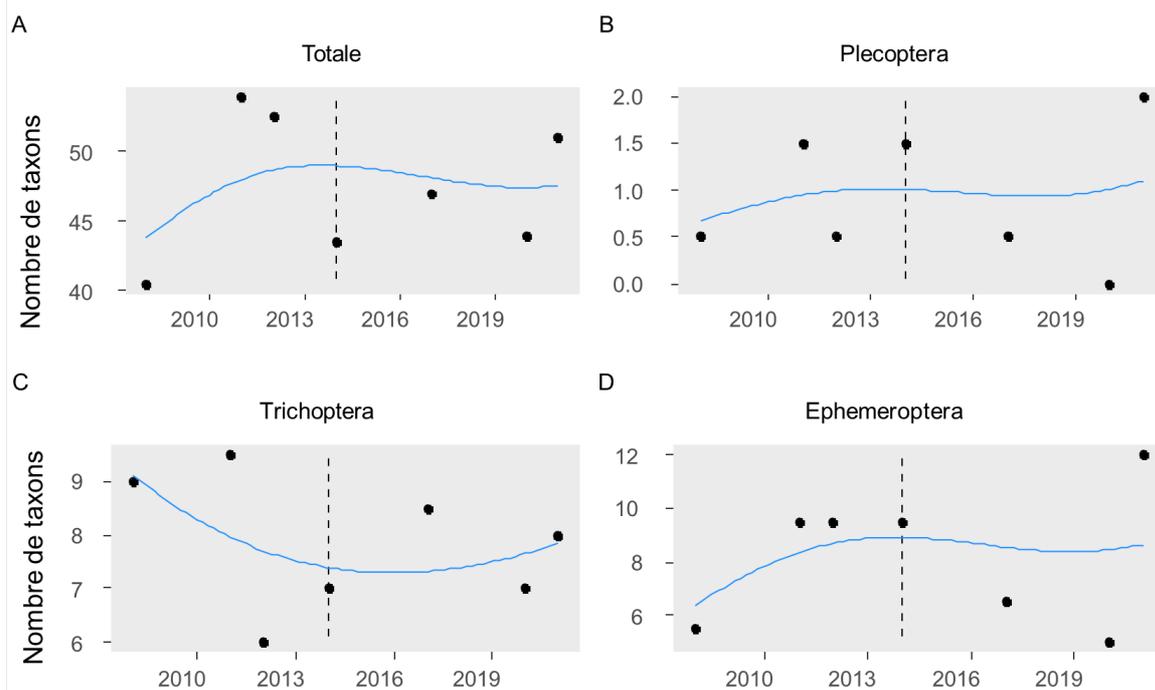


Figure 5.6 - Evolution de la richesse taxonomique (nombre de taxa) moyenne annuelle pour le secteur de Montélimar. Avec A : richesse totale ; B : Richesse en taxa plécoptères ; C : richesse en taxa trichoptères et D : richesse en taxa éphéméroptères. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

Comme observée dans le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf, la richesse en taxa plécoptères est très faible dans le secteur de Montélimar. On notera l'apparition dans les échantillons après rehaussement du débit réservé des trichoptères *Hydropsyche angustipennis* et *Paduniella vandeli*, de l'éphémère *Caenis pusilla* mais également du mollusque *Theodoxus fluviatilis* (Photo 5.6-5.7).



Photo 5.6 - *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) à Bais-Le-Logis-Neuf. A gauche, population fixée sur un bloc. **Photo 5.7** - A droite, individu fixé à la coque du bateau.

L'évolution de la proportion des taxa EPT est représentée en Figure 5.7A. Ces proportions sont en forte diminution depuis le début du suivi. Même si la proportion des plécoptères semble en légère augmentation après rehaussement du débit réservé, les valeurs sont très faibles (<0.05 %) et confirme que cet ordre était et demeure rare sur ce secteur. L'évolution de la proportion de l'ordre des éphéméroptères et des trichoptères montre également une diminution drastique depuis le début du suivi sur ce secteur. Cette diminution est en partie liée à l'augmentation en parallèle de la proportion de taxa exogènes (22 % à 33 %) après rehaussement du débit réservé. Cette augmentation de la proportion de taxa exogènes concerne tous les secteurs du suivi du Rhône et a débuté avant les modifications de débits réservés. L'évolution des abondances (Figure 5.7 B) en taxa éphéméroptères et trichoptères, également à la baisse depuis le début du suivi sur ce secteur, ne semble pas s'inverser, contrairement à ce que l'on peut observer sur le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf.

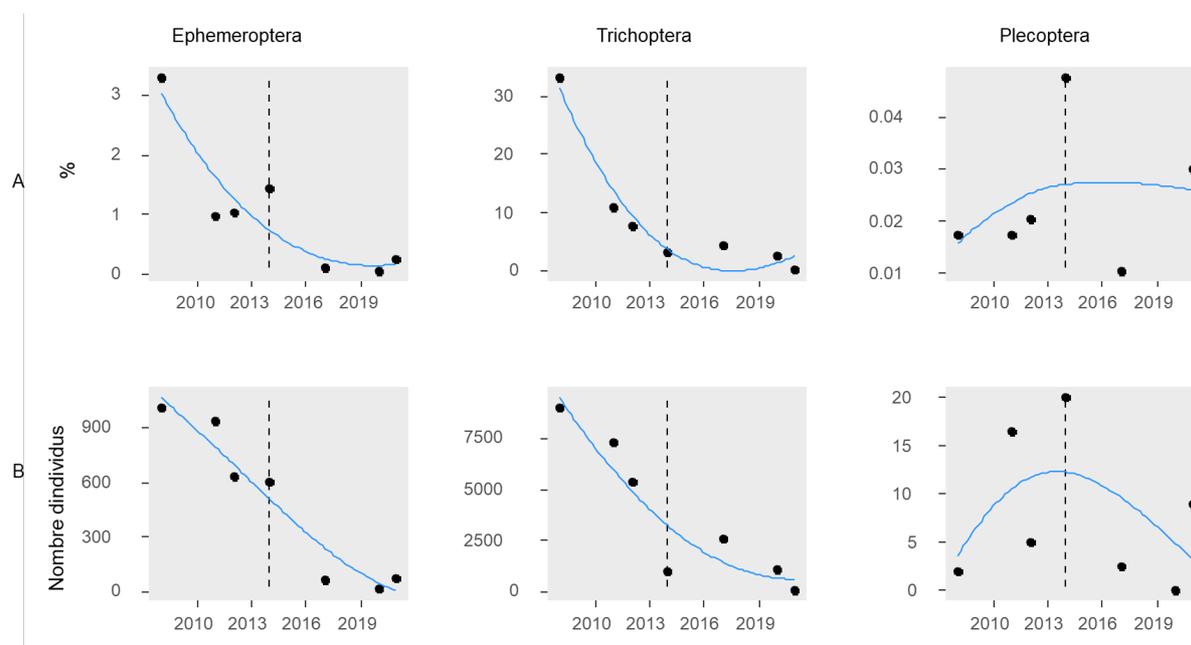


Figure 5.7 - Evolution de la proportion (%) annuelle (A) et de l'abondance moyenne annuelle (B) des taxa EPT pour le secteur de Montélimar. La ligne verticale noire signale la date de réhaussement du débit réservé et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

5.5.3 Proportion de taxa rhéophiles

La proportion de taxa rhéophiles avant rehaussement du débit réservé (82 %) était très importante par rapport aux autres secteurs suivis dans RhônEco, mais une tendance à la baisse est observée entre 2011 et 2013 (Figure 5.8). Cette tendance s'est poursuivie jusqu'en 2020 mais semble s'inverser en 2021. L'augmentation de la proportion de taxa rhéophiles observée en 2021 est essentiellement portée par 2 taxa : les diptères Orthoclaadiinae et Simuliidae.

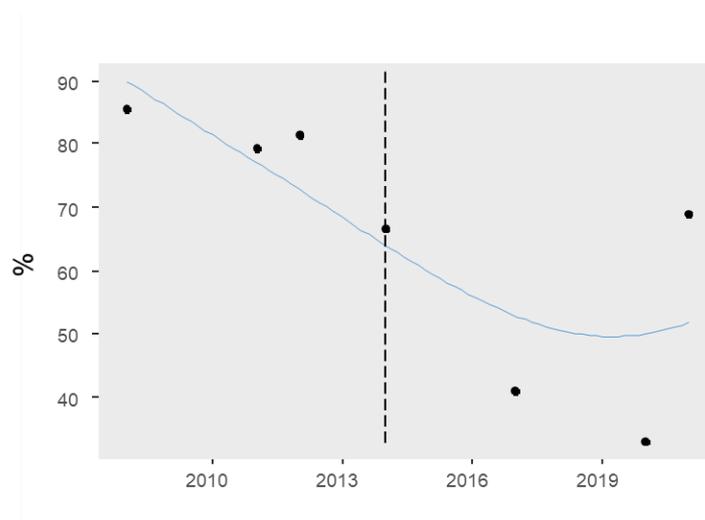


Figure 5.8 - Evolution de la proportion annuelle de taxon rhéophiles pour le secteur de Montélimar. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés et la courbe bleue représente un lissage non-paramétrique (loess, span=2).

La proportion de plusieurs taxa rhéophiles, moins abondants, a également augmenté comme l'éphéméroptère *Rhithrogena* spp., les trichoptères *Cheumatopsyche lepida*, *Hydropsyche angustipennis* et *H. incognita*. En revanche, la proportion de certains taxa rhéophiles a stagné (ex : *Limnius* spp., *Leuctra* spp.) ou alors diminué (ex : *Baetis fuscatus*, *B. vardarensis*, *Heptagenia sulphurea*) après rehaussement du débit réservé (Annexe 5.6). Comme observé dans le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf, l'évolution de la proportion des espèces du genre *Baetis* est contraire à nos attentes. Il est probable qu'une diminution de la proportion d'habitats propices à la ponte des femelles soit en cause (cf. 5.4.3).

Conformément aux évolutions attendues, les changements hydrauliques engendrés par le rehaussement du débit réservé ont modifié les proportions de certains taxa rhéophiles, mais il semble que d'autres facteurs (hydrologiques, sédimentaires, thermiques, ...) entraînent des effets inattendus sur certains taxa. Malgré une tendance générale à la diminution de la proportion des taxa rhéophiles ceux-ci demeurent majoritaires par rapport au reste de la communauté. La proportion de taxa appartenant aux guildes intermédiaires et limnophiles a globalement diminué.

La communauté d'invertébrés sur le secteur de Montélimar s'est diversifiée après rehaussement du débit réservé avec l'apparition dans les échantillons de nouveaux taxa, notamment le mollusque *Theodoxus fluviatilis*. La tendance à la diminution de la proportion de taxa sensible EPT et taxa rhéophiles, déjà élevée avant restauration, semble se poursuivre après restauration du débit réservé.

5.6 Conclusion et perspectives

Chaque secteur court-circuité possède ses propres particularités. En effet, ils diffèrent physiquement par leur hydrologie, leur géomorphologie, leur disponibilité sédimentaire... Ils diffèrent également biologiquement par leur communauté d'invertébrés. En effet, même s'il existe un pool commun de taxa pour l'ensemble des secteurs, de nombreuses différences existent notamment par la diversité en taxa exogènes. Ceci s'explique en partie par l'influence du gradient thermique très important sur le Rhône ainsi que par l'influence des différents affluents (Saône, Drôme...). Enfin, tous les secteurs ont bénéficié d'une augmentation de débit réservé avec des modalités différentes (temporalité, amplitude, modularité saisonnière). C'est pour ces raisons qu'une analyse globale des secteurs restaurés ou encore les comparaisons inter-secteurs reste encore délicate à interpréter.

Globalement, les opérations de restauration semblent avoir eu les effets attendus, mais la forte variabilité des réponses nous rappelle qu'il y a de nombreux facteurs influençant les communautés qui ne sont pas liés à l'hydraulique (pollution, disponibilité sédimentaire, compétition interspécifique...).

À l'échelle du secteur, les changements de densité et/ou proportion observés suite aux modifications des conditions hydrauliques engendrées par les opérations de restauration sont globalement conformes aux attentes avec une augmentation des taxa ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques élevées et une diminution des taxa ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques d'intermédiaires à faibles. Le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf a bénéficié d'un rehaussement de débit réservé plus important que pour le secteur de Montélimar et ceci se a un impact sur les modifications des proportions de taxa rhéophiles.

Cependant certaines métriques, comme la proportion de taxa sensibles n'évolue pas comme attendue. Il est très probable que les dépôts de limons observés sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon en 2021 aient eu un impact majeur sur le déroulement du cycle biologique des invertébrés. En effet, ils sont susceptibles d'avoir modifié la quantité et la qualité du biofilm, impactant ainsi les équilibres trophiques dans ces secteurs, ou encore augmenté le colmatage, limitant ainsi l'accès à la zone interstitielle.

L'analyse fonctionnelle (non présentée dans ce rapport, mais disponible dans le document de synthèse Olivier *et al.*, 2020) nous informe également de l'évolution des secteurs restaurés vers des conditions environnementales et trophiques plus proches de celles habituellement rencontrées dans les grands fleuves.

Enfin, les méthodes d'échantillonnages mises en œuvre dans le cadre de ce programme semblent pertinentes pour observer les changements engendrés par les opérations de restauration des débits réservés, dans la mesure où celles-ci sont d'une ampleur assez importante et que nous disposons de suffisamment de données 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 hydro-morphologique 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 hydro-morphologique des bras restaurés depuis une quinzaine d'années. Des avancées notables ont été réalisées autour de ces problématiques, notamment pour les bras pour lesquels le suivi post-travaux est 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 simple 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.*, 2019) 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 dans 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 pour le suivi des lônes les plus longues (Malaubert, Roussette). 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 équirépartis 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 l'aide 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 fines), ce qui permet des comparaisons entre les états initiaux et les états restaurés.

Enfin, le constat d'un manque de connaissances quant à l'ajustement des bras vifs permanents ou semi-permanents a donné lieu à l'élaboration d'un protocole de suivi dédié. Ce dernier doit permettre de compléter les retours d'expériences autour des questionnements soulevés par les axes de recherche 1, 2 et 3 (thèse de Nicolas Tissot, débuté en octobre 2019).

L'objectif du présent rapport est de fournir une synthèse des actions réalisées au cours de l'année 2021. Les points suivants sont résumés dans la suite de ce rapport d'étape :

- État des campagnes de suivi prévues en 2021.
- État d'avancement de la mise en œuvre du protocole de suivi dédié aux bras vifs.
- Conclusions et perspectives pour 2022.

6.2 Campagne de suivi 2021

Sur le Haut-Rhône, les lônes de Fournier, Lucey (secteur de Belley) et de Vachon, Granges, Cerisiers et Mathan (secteur de Brégnier-Cordon) ont été suivies. D'autre part, l'ensemble des échantillons de sédiments fins issus des campagnes de 2019, 2020 et 2021 ont été analysés au granulomètre laser. Les mesures dédiées aux bras vifs ont été poursuivies. Des campagnes de mesures granulométriques ont également été réalisées dans les bras de Donzère-Mondragon (Dames et Banc-Rouge), ainsi que quatre campagnes de traçage sédimentaire (suivis RFID) sur l'ensemble des bras équipés. Les campagnes de mesures des hauteurs d'eau et d'épaisseur de sédiments fins prévues sur les lônes des secteurs de Péage-de-Roussillon et de Donzère-Mondragon, initialement prévues en 2021, n'ont pas pu être réalisées. Suite aux discussions avec les partenaires présents lors du comité de pilotage du 9 mars 2022, ces campagnes seront réalisées en 2022.

Dans le cadre de l'évaluation de l'incidence de l'APAVÉR 2021 sur les sites restaurés du Haut-Rhône (convention CNR-CNRS), les lônes de Moiroud et Béard (secteur de Belley), des Molottes et de Ponton (secteur de Brégnier-Cordon), qui ont été identifiées comme sensibles à ces opérations, ont été suivies. La lône de la Malourdie qui n'avait pas fait l'objet de mesures lors de l'APAVÉR 2016 a également été intégrée à cette campagne. En complément, un nouveau protocole permettant d'évaluer l'incidence de l'APAVÉR 2021 sur le colmatage du lit mineur des bras vifs du Haut-Rhône (Fournier et en-l'Île à Belley, Chantemerle en tête de retenue de l'aménagement de Brégnier-Cordon et Vachon sur le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon) et a été déployé.

6.3 Suivi de l'atterrissement et des conditions d'habitat des bras vifs

L'atterrissement des bras vifs (i.e. la diminution progressive de la profondeur en eau) peut résulter de différents processus, à savoir : (i) un remplissage du bras par la charge de fond et/ou des sédiments fins, notamment contrôlé par l'angle de bifurcation entre le chenal principal et le chenal secondaire et la pente de la section transversale dans cette zone (e.g. Van Denderen *et al.*, 2019) et/ou (ii) un changement de géométrie (a) du chenal principal ou (b) du bras lui-même (Riquier, 2015) affectant alors directement le niveau de l'eau dans le bras. Les enjeux de connaissances en lien avec la dynamique de la charge de fond et le constat de l'atterrissement de certains bras vifs (Figure 6.1) ont conduit à la mise en place d'un protocole de mesures dédié (Tableau 6.1), en complément du suivi « classique » RhônEco (cf. §6.1). Le protocole élaboré repose sur une combinaison de nouvelles acquisitions *in situ* et de l'exploitation de données existantes.

Il s'agit notamment d'évaluer la mobilité de la charge de fond dans les bras avec l'emploi de galets équipés de traceurs RFID passifs et de caractériser les patrons granulométriques longitudinaux de surface à partir d'acquisitions de photographies subaquatiques. Les changements de géométrie des bras et du chenal principal, avant et après restauration, sont quantifiés à partir de données fournies par la CNR (profils en travers, plans d'exécution voire de récolements produits lors des travaux, levés de lignes d'eau). Enfin, la caractérisation des conditions hydrauliques s'appuie sur la combinaison de chroniques de débits horaires (CNR), de relations hauteurs-débits dans les bras (capteurs limnimétriques) et dans le vieux-Rhône à proximité des zones de diffluence/confluence des écoulements (courbe de tarage CNR), voire localement de modèles hydrauliques (e.g. modèle 2D CNR sur Banc-Rouge, Donzère-Mondragon). La confrontation de l'ensemble de ces mesures devrait ainsi permettre de mieux comprendre la trajectoire évolutive des bras vifs (durée de vie [axe 1] et évolution des conditions d'habitat [axe 2]) et de les discuter au regard du contexte rhodanien [axe 3].

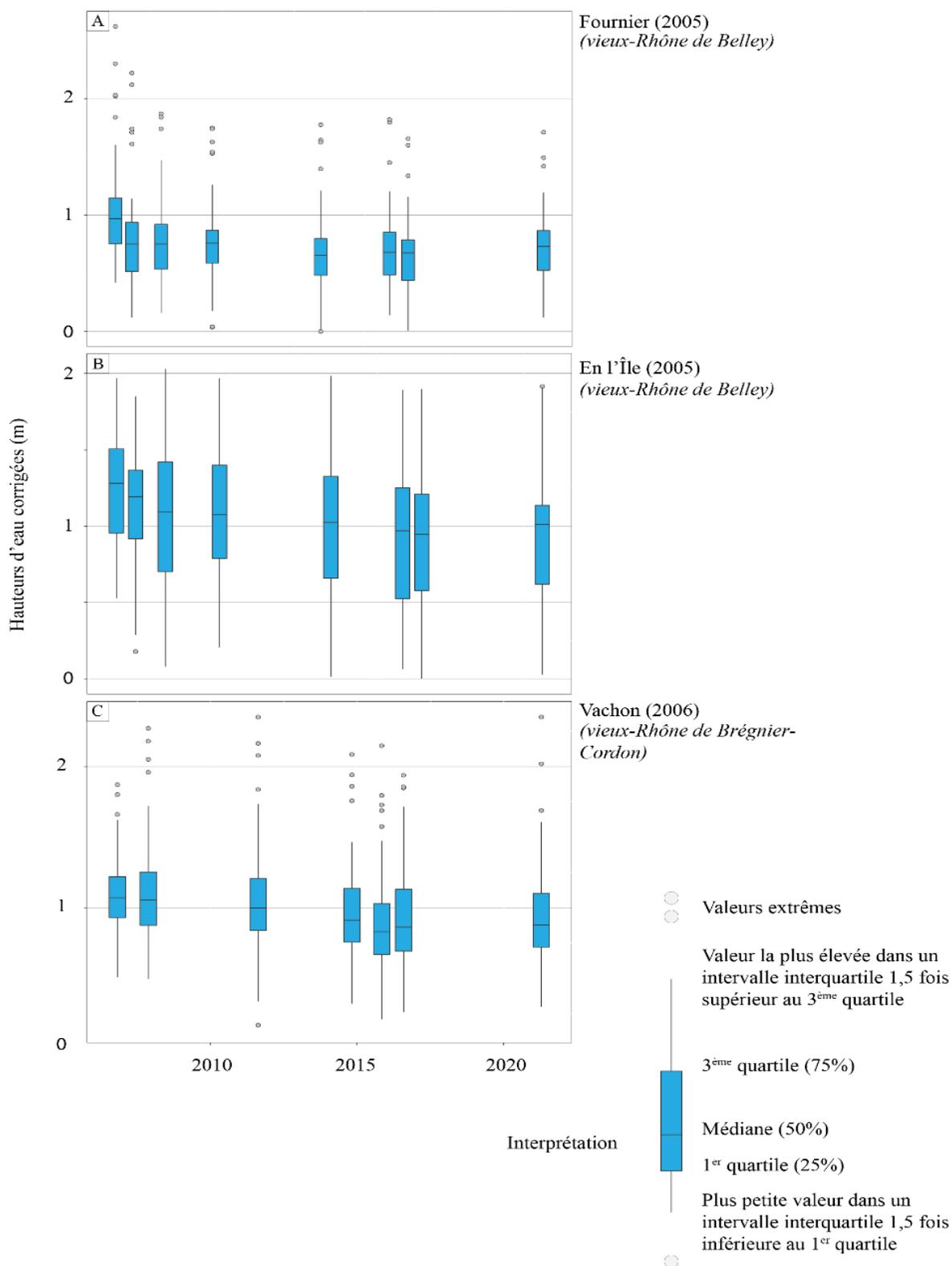


Figure 6.1 - Évolution de la profondeur en eau depuis restauration dans les bras de A) Fournier, B) en-l'Île et C) Vachon. Les dates entre parenthèses correspondent à l'année de restauration. Les hauteurs d'eau sont corrigées et ramenées à un débit de référence à la station hydrométrique la plus proche, à partir de l'exploitation des relations hauteurs/débits dans les bras. Les hauteurs d'eau affichées correspondent à un débit, de 60 m³.s⁻¹ pour Fournier et en-l'Île, et de 100 m³.s⁻¹ pour Vachon. La légende des boîtes à moustaches affichée sur cette figure est valable pour l'ensemble des figures suivantes.

Tableau 6.1 - Synthèse des différentes mesures réalisées ou planifiées dans le cadre du protocole de suivi de l'évolution hydro-morphologique des bras vifs restaurés du Rhône.

Secteurs	Sites	Traçage sédimentaire RFID	Granulométrie de surface par photographie subaquatique	Bilan sédimentaire	Installation de limnimètres
BEL	Luisettes	—	*	—	⬢
BEL	Fournier	⬢	*	⬢	⬢
BEL	En l'île	⬢	⬢	⬢	⬢
BRC	Vachon	⬢	*	—	⬢
BRC	Mathan	—	*	—	—
PDR	Platière	—	*	—	—
DZM	Grange-Écrasée	⬢	*	⬢	*
DZM	Dames	⬢	*	⬢	*
DZM	Banc-Rouge	⬢	*	⬢	*

⬢ : Mesures en cours

* : Mesures à réaliser en 2022

— : Sites non concernés

6.3.1 Caractérisation du régime d'écoulement des bras en crue

La quantification du régime d'écoulement des bras en crue demeure cruciale pour caractériser les conditions hydrauliques dans les bras (e.g. calcul de contraintes de cisaillement, identification des débits critiques de mise en mouvement de la charge grossière). La caractérisation des facteurs de contrôles hydrologiques et hydrauliques sont indispensables pour expliquer les ajustements morpho-sédimentaires qui s'opèrent dans ces bras depuis la restauration. Au-delà des débits morphogènes, ces données sont également essentielles pour évaluer l'évolution temporelle de la ligne d'eau dans les bras en condition de débit réservé et ainsi quantifier la part de l'atterrissement des bras vifs imputables à l'abaissement des lignes d'eau). Cette action repose sur l'installation de limnimètres (capteurs de pression Diver) aux extrémités amont et aval des bras et l'établissement de relations statistiques liant la hauteur d'eau dans les bras avec le débit transitant dans le Rhône à proximité. Ces données sont complétées par les données aux échelles limnimétriques de la CNR à proximité des bras étudiés et les profils topo-bathymétriques à différentes dates fournis par la CNR.

6.3.2 Evolution de la ligne d'eau avant et après restauration sur les bras du Haut-Rhône

Pour estimer l'impact des variations de lignes d'eau dans les vieux-Rhône à débit constant (débit réservé) sur les hauteurs d'eau observées dans les bras vifs (Figure 6.1), nous avons comparé les relations hauteur-débit actuelles (sondes installées fin 2020) avec celles calculées à partir de relevés de la CNR réalisés aux échelles limnimétriques implantées à proximité des bras étudiés entre 2000 et 2006 (ENIL, FOUR et VACH). Ces variations de niveau d'eau reflètent l'impact des changements de géométrie (dynamique d'engrèvement ou d'incision) du lit mineur des vieux-Rhône sur les niveaux d'eau observés. Les limnimètres n'étant pas implantés aux mêmes endroits que les échelles de la CNR, nous avons corrigé les cotes observées sur ces dernières, de manière à pouvoir les rendre comparables (i.e. prise en compte de la pente de la ligne d'eau entre les limnimètres et les échelles pour l'ensemble des débits modélisés). Cette analyse, dont les résultats bruts sont illustrés sur la Figure 6.2, a permis d'estimer que les bras de Fournier, d'en-l'Île et de de Vachon présentent un atterrissement imputable à l'abaissement des niveaux d'eau de l'ordre d'une dizaine de centimètres sur la période considérée (Tableau 6.2). Les extrémités amont et aval de la lône Fournier sont concernées par ce processus. Pour la lône d'en-l'Île et Vachon, seule l'une des extrémités de ces bras est concernée, ce qui limite l'atterrissement à l'échelle de l'ensemble de leur linéaire. Des analyses complémentaires permettront d'affiner l'incidence de ces dynamiques sur la ligne d'eau à l'échelle de l'ensemble des bras.

Tableau 6.2 - Comparaison des lignes d'eau avant et après restauration dans les bras vifs de Belley et de Brégnier-Cordon. Les cotes de 2000-2006 sont tirées des relations aux échelles fournies par la CNR et interpolées aux extrémités amont et aval des bras étudiés et celles de 2021 sont issus des limnimètres installés par le laboratoire EVS fin 2020.

Bras	Cotes 2000-2006 (m, IGN69)		Cotes 2021 (m, IGN 69)		Différentiel de hauteur d'eau (m)	
	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
FOUR*	227,37	227,33	227,24	227,24	-0,09	-0,10
ENIL*	222,48	222,38	222,37	222,38	-0,11	0,00
VACH**	209,19	209,05	209,23	208,93	0,04	-0,13

*Pour un débit de 90 m³/s dans le vieux-Rhône de Belley, en aval du Séran

**Pour un débit de 100 m³/s dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon, en aval du Guiers (les lignes d'eau dans le vieux-Rhône en amont du confluent sont influencées par cet affluent).

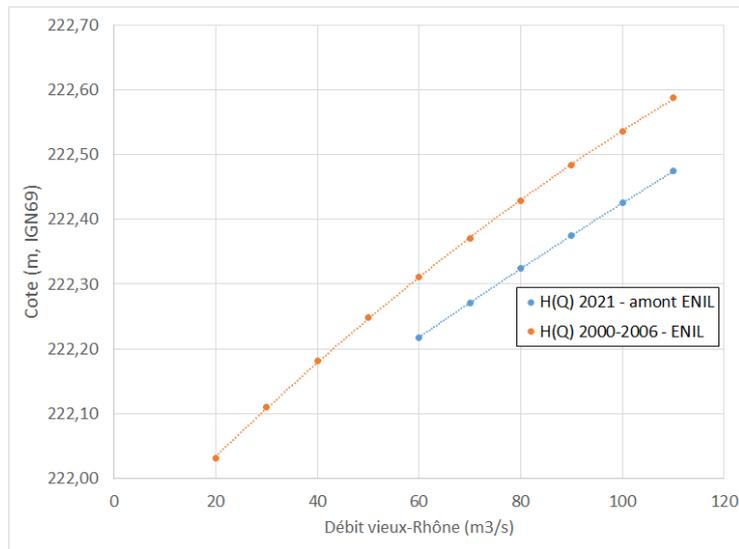


Figure 6.2 - Exemple de comparaison des relations H/Q établies sur l'amont d'en-l'Île avant restauration et actuellement.

6.3.3 Bilans sédimentaires dans les bras vifs

La réalisation de bilans sédimentaires dans les bras vifs doit permettre de quantifier leur remplissage sédimentaire par la charge de fond et d'estimer les ajustements morpho-sédimentaires qui se sont réalisés au cours du temps. Ces éléments permettront de mieux cerner la trajectoire évolutive de ces bras avant et après restauration. Ce volet s'appuie essentiellement sur des données topo-bathymétriques fournies par la CNR (plans d'exécution produits lors des travaux, acquisitions topo-bathymétriques réalisées par la CNR, levés LiDAR aéroportés). La CNR nous a également permis de consulter la base de données du logiciel « bathy », sur lequel sont stockés l'ensemble des levés topo-bathymétriques réalisés le long du corridor rhodanien depuis 1970. À cette occasion, nous avons constaté que dans les bras, les profils en travers peuvent résulter de l'assemblage de plusieurs dates, ce qui implique un contrôle systématique des données. Ce travail est en cours de réalisation.

6.3.4 Protocole de caractérisation des ajustements morphologiques dans les chenaux restaurés.

Les bilans sédimentaires ont été initiés en 2020. Deux sites tests, pour lesquels nous disposons de profils en travers levés tous les 100 mètres entre 1970 et 2019 (Tableau 6.3), ont été retenus : les îlons Fournier et d'en-l'Île (vieux-Rhône de Belley) (Figure 6.3). Les profils réalisés sur le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon ne s'étendant pas jusque dans la îlon de Vachon, elle n'a pas été prise en compte dans les analyses. D'autres sites pourront être intégrés, en fonction des données disponibles (e.g. les bras latéraux en Chautagne, restaurés en 2004 et non intégrés au suivi hydro-morphologique jusqu'à présent).

Tableau 6.3 - Dates des campagnes de levés topo-bathymétriques recensés dans le logiciel « Bathy » de la CNR pour la réalisation des bilans sédimentaires sur les lômes Fournier et d'en-l'île (vieux-Rhône de Belley).

Site	PK	État pré RCC	État post RCC	État post-restauration
Fournier	PK-129.3 - PK-127.5	1970	1994, 1997, 2001, 2004	2007, 2010, 2013, 2016, 2019
En l'île	PK-121.5 - PK-119.4	1970	1994, 1997, 2001, 2004	2007, 2010, 2013, 2016, 2019

Dans un premier temps, les profils ont été importés sous SIG. Les points des différents levés ont été projetés sur le même axe afin de convertir les coordonnées XYZ en distances à partir des coordonnées d'un point de référence situé en rive droite. Les points aberrants ont été supprimés des profils concernés. Dans un second temps, les profils ont été découpés selon deux grandes unités : vieux-Rhône et lôme. Les bilans sédimentaires présentés dans le cadre de ce rapport ne concernent que les lômes. Nous avons semi-automatisé le calcul de l'aire entre deux dates de levés successifs pour chaque profil en travers, à partir d'un script R. Enfin, nous avons converti les surfaces érodés-déposés (m²) en volume (m³) entre deux dates, à partir de la formule suivante :

$$V = \sum_{i=1}^M V_i = \sum_{i=1}^M D_i \Delta S_i$$

où ΔS_i représente l'évolution de la surface i entre la date 1 et la date 2 correspond à la différence d'aire entre les deux profils. La longueur D_i est égale à la somme des deux demi-distances entre des sections consécutives et M est le nombre de sections transversales (Guertault *et al.*, 2014). Les volumes sont ensuite divisés par le temps écoulé entre les deux dates de manière à obtenir des volumes érodés-déposés annuels moyens sur les périodes considérées.

Bilans sédimentaires des bras du Haut-Rhône

Les bilans réalisés sur les bras de Fournier et d'en-l'île ont porté sur deux périodes distinctes. Une période pré-restauration (1970-2004) et une période post-restauration (2007-2019) (Tableau 6.4, Figure 6.3). On notera qu'à l'heure actuelle, ces bilans ne permettent pas de dissocier la part des fines et du grossier dans les estimations de volume. D'autre part, les bilans post-restauration n'intègrent actuellement pas les mesures topo-bathymétriques issus des plans de recollement de 2005. Ces derniers permettront d'avoir une image beaucoup plus fine de la trajectoire évolutive des bras, étant donné que l'essentiel des ajustements morphologiques semblent se réaliser les premières années à la suite des travaux. Les résultats actuels montrent qu'après restauration, les bras stockent plus de sédiments qu'ils n'en évacuent. Ce fonctionnement de piège à sédiments est également observé pour ENIL avant restauration et correspond à une dynamique classique pour des bras fluviaux totalement connectés au cours principal. Le curage du bras lors de la restauration a amplifié cette tendance : on observe un bilan net de +5 m³/an sur la période 1970-2004 contre 12 m³/an

entre 2007 et 2019). Toutefois, une dynamique inverse était observée dans la lône Fournier (FOUR) avant restauration : les processus érosifs dépassaient largement les dépôts. Cette observation, qui mérite d'être approfondie, peut s'expliquer par des conditions hydrauliques relativement spécifiques avant restauration (et en partie avant dérivation) avec la présence d'une digue en rive gauche du bras et d'un angle de connexion amont avec le Rhône très faible qui pourrait expliquer une capacité de déstockage accrue lors d'évènements hydrologiques exceptionnels (e.g. 1990).

Tableau 6.4 - Caractérisation de la dynamique d'érosion/dépôt et bilans sédimentaires pour les bras de Fournier et d'en-l'île (secteur de Belley) avant (1970-2004) et après restauration (2007-2019).

FOUR	Érosion (m³)	Dépôt (m³)	Bilan (m³)	Largeur à plein bord (m)	Equivalent en épaisseur moyenne d'alluvions à l'échelle du bras (m)
1970 - 2004	-14802	5737	-9066	30	-0,41
2007 - 2019	-2042	8590	6549	40	0,20

ENIL	Érosion (m³)	Dépôt (m³)	Bilan (m³)	Largeur à plein bord (m)	Incidence du décapage/remplissage sur la profondeur en eau (m)
1970 - 2004	-4823	9626	4803	26	0,26
2007 - 2019	-1108	2756	1650	24	0,15

Les patrons longitudinaux en termes de processus d'érosion et de dépôt observés avant et après restauration dans les deux bras sont globalement similaires pour chacun d'eux (Figure 6.4B). Dans la lône Fournier, les volumes de sédiments érodés annuellement sont divisés par trois après restauration avec -170 m³/an, soit un total de -2 040 m³ sur la période 2007-2019 contre -435 m³/an sur la période pré-restauration (1970-2004), soit -14 802 m³ au total (Figure 6.4B, Tableau 6.4). En revanche, les volumes de sédiments déposés annuellement ont quadruplés après restauration, avec +715 m³/an sur la période 2007-2019 contre +169 m³/an entre 1970 et 2004 (total de 5 737 m³ avant restauration et de 8 590 m³ après restauration). L'essentiel des dépôts post-restauration sont observés sur le tiers aval du bras (+ 4 440 m³ après restauration). Dans la lône d'en-l'île, les volumes de sédiments érodés et déposés sont quasiment équivalents avant et après restauration, passant respectivement de -141 m³/an à -92 m³/an (total de -4 823 m³ avant restauration et de -1 108 m³ après restauration, sur l'ensemble des périodes considérées) et de +283 m³/an à +230 m³/an (soit un total de +9 626 m³ pour la période 1970-2004 et de 2 756 m³ entre 2007 et 2019).

En termes de bilan net annuel (volumes érodés + volumes stockés sur une période donnée) à l'échelle de l'ensemble du bras, le bilan est quasi-équilibré pour la lône Fournier avant

restauration (- 8 m³/an en moyenne sur la période 1970-2004), tandis que les dépôts sont dominants après travaux (+45 m³/an entre 2007 et 2019).

Enfin, en considérant la largeur à plein bord des bras étudiés pour les deux périodes considérées, nous avons pu fournir une première estimation de l'incidence du remplissage/déstockage sédimentaire observé dans les bras en termes d'épaisseur moyenne d'alluvions (Tableau 6.4). On notera qu'après restauration (2007-2019), les bras d'en-l'Île et de Fournier se sont atterrés par remplissage sédimentaire d'environ 15 cm et 20 cm, respectivement. Ces estimations seront affinées en 2022.

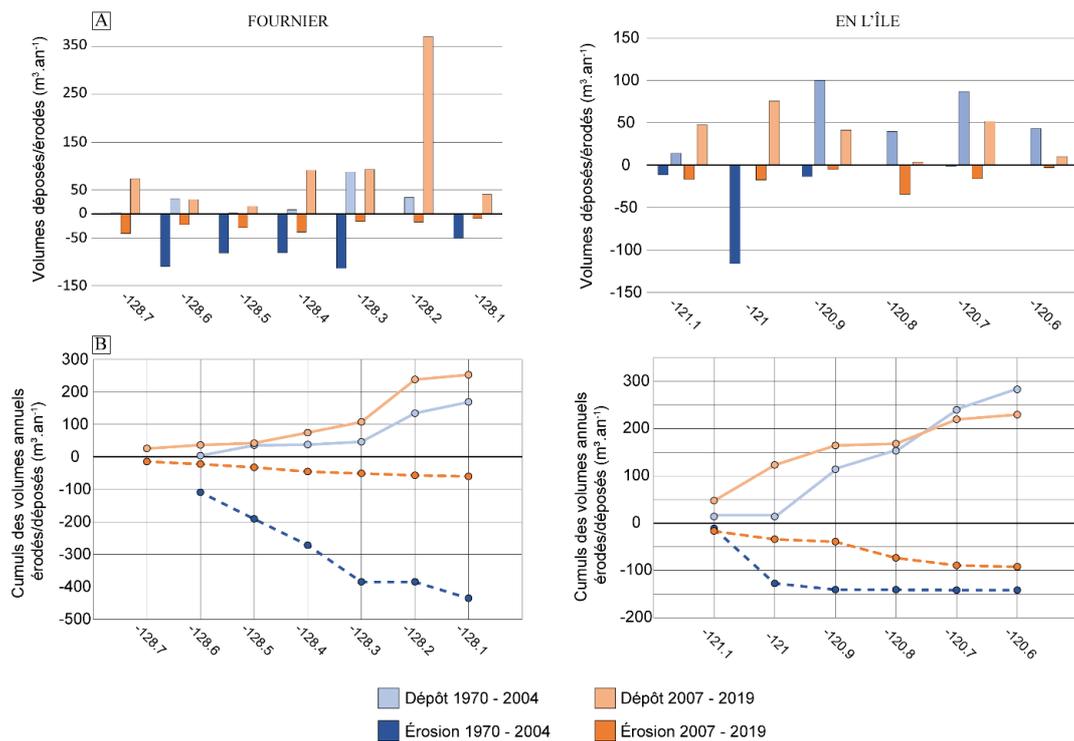


Figure 6.3 - A) Evolution des patrons longitudinaux en termes de volume de sédiments déposés/érodés dans les bras de Fournier et d'en-l'Île. Ces données sont issues de l'exploitation des profils en travers réalisés tous les 100 mètres par la CNR entre 1970 et 2019 et B) cumul longitudinal des volumes de sédiments érodés et déposés pour les deux périodes étudiées. Les lignes en pointillés bleus représentent les volumes érodés et les traits pleins les volumes déposés.

6.3.5 Suivi du transport solide par transpondeurs passifs

6.3.5.1 Protocole d'injection et de suivi des RFID dans les bras vifs

Le suivi de la mobilité des particules dans les bras vifs repose sur le déploiement de galets équipés de transpondeurs passifs RFID (*Radio Frequency IDentification*). Cette technologie permet de suivre le déplacement des particules équipées et plus largement d'estimer des taux de transport et d'explorer les facteurs de contrôle du charriage. Ces éléments constituent des

informations clés pour prédire les ajustements morphologiques de cours d'eau, notamment dans un contexte de restauration sédimentaire (Papangelakis & Hassan, 2016 ; Piégay *et al.*, 2016 ; Vázquez-Tarrío, 2019). Dans le cadre de RhônEco, l'emploi de ces traceurs doit nous permettre de préciser quelles fractions granulométriques sont concernées par le transport solide, quels sont les débits seuils d'entraînement associés et comment le charriage se manifeste dans le temps et dans l'espace au sein des bras vifs restaurés. Ainsi, entre avril 2019 et février 2020, 900 galets répartis-en 4 classes granulométriques et équipés de transpondeurs passifs (PIT-tag : *Passive Integrated Transponders*) de 32 et 24 mm, ont été injectés dans 6 bras vifs du Rhône (Tableau 6.5).

Entre 100 et 200 traceurs ont été injectés par site. Les profils sont situés dans le tiers amont des bras, à proximité de la zone de bifurcation des écoulements. Sur le Banc-Rouge, deux stations distantes de 200 mètres ont été équipées de 100 traceurs chacune, afin (i) de disposer d'une vision plus fine de la mobilité des particules et (ii) d'éviter une concentration trop importante des traceurs pour limiter les problèmes de collision des signaux (i.e. incapacité à distinguer l'ensemble des particules lorsqu'elles se retrouvent entassées sur un même point), notamment au cours du premier suivi post-crue morphogène (Chapuis *et al.*, 2014 ; Arnaud *et al.*, 2015 ; Piégay *et al.*, 2016). Pour chacun des bras suivis, les galets sont disposés en transects espacés de plus d'un mètre, suivant un espacement inter-particule d'au minimum 1 mètre, perpendiculairement à l'axe d'écoulement du chenal. À l'échelle de la zone d'injection, cela représente deux à trois profils pour chaque classe granulométrique : du plus grossier (64-80 mm) à l'amont, au plus fin (16-32 mm) à l'aval de la zone d'injection. La position GPS de la première et de la dernière particule de chaque profil a été enregistrée à l'aide d'un GPS (Trimble GeoXH) disposant d'une antenne externe (précision planimétrique de 10 à 30 cm), de manière à repositionner l'ensemble des particules sous SIG.

Les suivis ont été réalisés au moyen d'une grande antenne rectangulaire (L = 2m) tractée depuis une embarcation dans les zones profondes et/ou à pied au moyen d'une petite antenne circulaire ($\varnothing = 80$ cm) dans les zones peu profondes. À l'issue des premiers suivis, la précision horizontale de la géolocalisation des galets a été estimée à ± 5 m. Cette estimation prend en compte la distance qui sépare l'antenne du boîtier GPS et la précision intrinsèque de ce dernier. C'est pourquoi, d'après ces premiers éléments, nous avons retenu un seuil de 5 m en-deçà duquel nous considérons que la particule n'a pas bougé. Ainsi, les déplacements entre 5 et 10 m sont considérés comme de petits déplacements et les déplacements ≥ 10 m comme des déplacements francs.

Tableau 6.5 - Classes granulométriques des particules équipées de transpondeurs passifs et tailles des PIT-tags correspondantes.

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Axe-b (mm)	16-32	32-45	45-64	64-80
PIT (mm)	24	24	32	32

6.3.5.2 *Evaluation de la mobilité des particules grossières dans les bras vifs*

Depuis les injections, de multiples pulsations hydrologiques ont été observées dans les bras des vieux-Rhône étudiés (Figure 6.4). Sur le vieux-Rhône de Belley (Fournier et en-l'Île), le premier inter-observé (période entre l'injection et la première campagne de suivi [S1]) est marqué par un évènement hydrologique de faible intensité, inférieur à la crue annuelle. Le second inter-observé est marqué par un évènement légèrement inférieur à la crue biennale tandis qu'une crue quinquennale a été enregistrée au cours du troisième inter-observé (Figure 6.4A). Sur le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (Vachon), aucune crue significative n'a été recensée lors du premier inter-observé. Une crue quinquennale s'est produite en janvier 2021 lors du deuxième inter-observé et un évènement supérieur à la crue décennale a été enregistré en juillet 2021 lors du troisième inter-observé. Pour le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon (Grange Ecrasée, Dames et Banc-Rouge), un épisode légèrement supérieur à la crue annuelle s'est produit en mars 2020. Un évènement relativement long et supérieur à la crue biennale a été enregistré lors du deuxième inter-observée en février 2021. Le troisième inter-observé se caractérise quant à lui par une crue quinquennale en décembre 2021 et un second épisode légèrement supérieur à la crue biennale en juillet 2021. D'après les débits seuils d'entraînement établis par Cortier et Couvert (2001), ces évènements sont suffisants pour entraîner des alluvions dont le diamètre moyen est de 30 mm, 27 mm et 50 mm dans les vieux-Rhône de Belley, Brégnier-Cordon et Donzère-Mondragon, respectivement (Figures 6.4A et B).

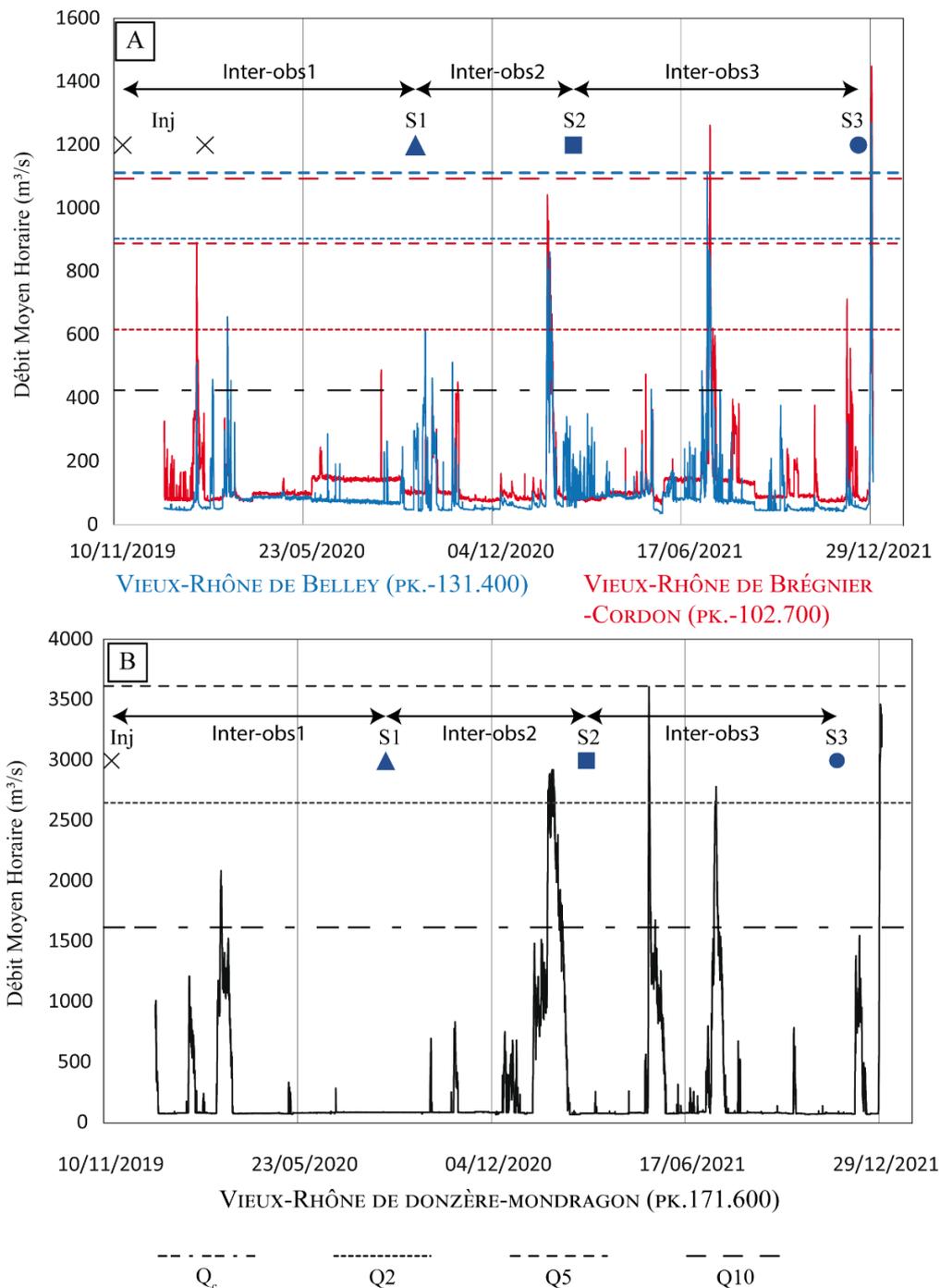


Figure 6.4 - Chroniques de débits horaires (CNR), de janvier 2020 à décembre 2021, de l'injection (Inj) des traceurs à la troisième campagne de suivi (S3), dans les bras de Fournier et d'en-I'île (FOUR et ENIL ; secteur de Belley), de Vachon (VACH ; secteur de Brégner-Cordon) et les îlons de la Grange Ecrasée, des Dames et du Banc-Rouge (GREC, DAME, BARO secteur de Donzère-Mondragon). La date précise des différents suivis pour chacun des bras étudiés est donnée dans le tableau 2. Le temps de retour des crues affichées pour le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon sont tirés de l'hydroportail (station de Bourg-Saint-Andéol ; <https://www.hydro.eaufrance.fr/>). Pour les vieux-Rhône de Belley et de Brégner-Cordon ces valeurs sont tirées de Riquier (2015) et ont été calculées de la manière suivante : débit caractéristique connu dans le Rhône total (non court circuité ; Q₂, Q₅, Q₁₀) en aval du tronçon considéré moins débit théorique s'écoulant dans le canal de dérivation selon les consignes d'exploitation de l'aménagement considéré pour le débit caractéristique recherché.

Les taux de retour pour l'ensemble des sites et des campagnes de suivis sont présentés dans le tableau 6.6. Le taux de retour global est de 76,1 %. Les bras de Grange-Écrasée et Dames, inclus dans ce tableau, ne sont pas pris en compte dans les analyses suivantes. Ces jeux de données plus conséquents (6 suivis post-injections) sont actuellement en cours de post-traitement et seront intégrés prochainement.

Tableau 6.6 - Chiffres clés des campagnes de traçage sédimentaire réalisées dans les bras vifs équipés. Les taux de retour (TR) sont calculés à partir de l'ensemble des traceurs retrouvés au cours de chaque suivi rapporté à l'ensemble des traceurs injectés dans le bras. Pour les lînes de la Grange écrasée et des Dames (Donzère-Mondragon, un total de six suivis post-injection a été réalisé par la CNR et l'UMR 5600 EVS).

Site	Injections	Date S1	TR S1	Date S2	TR S2	Date S3	TR S3
FOUR	19/11/2019	16/09/2020	73/100	25/02/2021	78/100	16/12/2021	80/100
ENIL	19/11/2019	16/09/2020	75/100	25/02/2021	73/100	16/12/2021	86/100
VACH	12/02/2020	16/09/2020	93/100	26/02/2021	90/100	17/12/2021	61/100
BARO_St1	18/11/2019	20/08/2020	80/100	10/03/2021	87/100	17/11/2021	79/100
BARO_St2	18/11/2019	20/08/2020	64/100	10/03/2021	54/100	17/11/2021	70/100
GREC	10/04/2019	18/08/2020	165/200	25/03/2021	170/200	18/11/2021	173/200
DAME	10/04/2019	18/08/2020	124/200	25/03/2021	159/200	18/11/2021	119/200
TR moyen			74,9/100		79/100		74,3/100

Les sites équipés du Haut-Rhône se caractérisent par des taux de retour élevés et des distances de transport amont-aval globalement faibles (Tableau 6.5 et Figure 6.5). Les distances maximales parcourues après trois suivis, répartis sur une période de 15 mois, n'excèdent pas les 25 mètres (Vachon, vieux-Rhône de Brégnier-Cordon). Les barycentres des nuages de traceurs propres à chaque campagne de suivi (i.e. leur centre de gravité) témoignent d'une faible dispersion du nuage de traceurs (~ 5 m parcourus depuis l'injection, Figure 6.5). À l'échelle des trois bras suivis, les distances médianes globales (i.e. pour l'ensemble des traceurs et l'ensemble des suivis) sont comprises entre 5 et 6 mètres. Cela signifie que la moitié des particules injectées a enregistré des déplacements d'une distance égale ou supérieure à 5 mètres, témoignant ainsi d'une mobilité relativement faible, mais pas inexistante, sur ces bras.

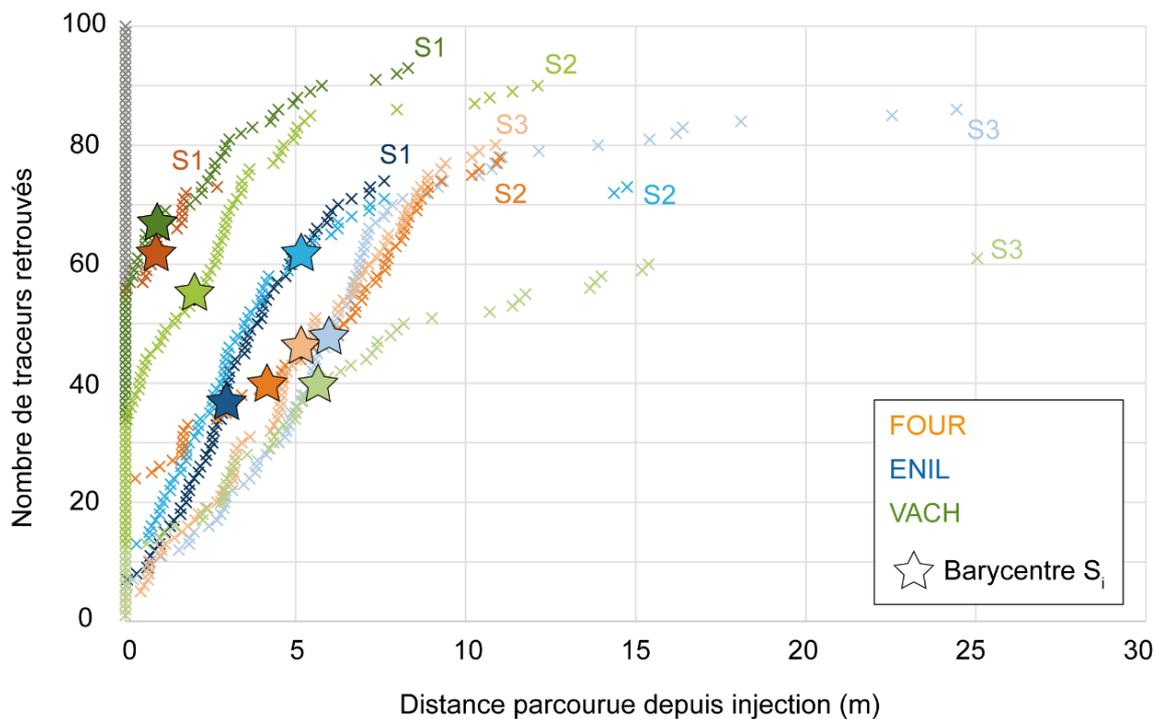


Figure 6.5 - Evolution des distances parcourues au cours du suivi par les traceurs passifs injectés dans les bras de Fournier, d'en-l'Île (secteur de Belley) et de Vachon (secteur de Brégnier-Cordon). Les croix représentent les traceurs retrouvés lors des différents suivis.

Le bras du Banc-Rouge (secteur de Donzère-Mondragon), a été équipé de 200 particules réparties en 2 stations de 100 individus chacune (Figure 6.6A). Après trois suivis depuis les injections, les résultats entre les deux stations sont contrastés. Les particules implantées sur la première station, située à une centaine de mètres en aval de la zone de bifurcation des écoulements (i.e. à proximité de l'extrémité amont), enregistrent une succession de faibles déplacements lors des deux premiers inter-observés et quelques déplacements francs (150 à 244 m) lors du troisième inter-observé (Figure 6.6 B et C). Les particules injectées au niveau de la station 2, qui se situe une centaine de mètres à l'aval de la première, présentent quant à elles une mobilité bien plus conséquente. Si l'on considère l'ensemble des traceurs retrouvés successivement à S1, S2 et S3 ayant parcouru une distance \geq à 5 mètres ($n=78$), la distance médiane observée lors du troisième suivi est égale 122 mètres. Le déplacement régulier et relativement important du barycentre des galets de la station n°2 au cours des suivis témoignent de cette dispersion importante du nuage de traceurs (Figure 6.6 B et C).

A

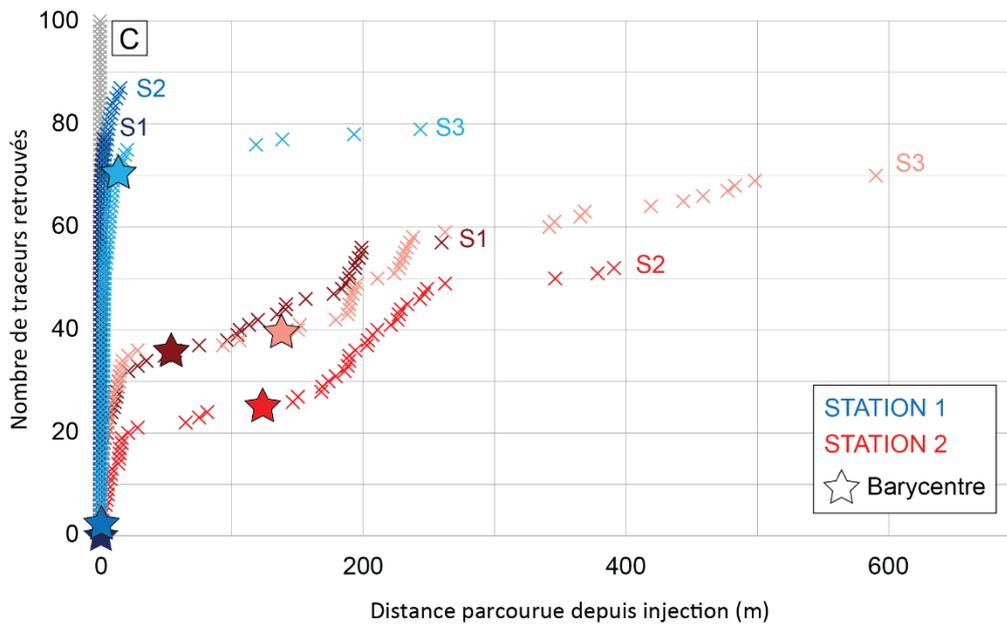
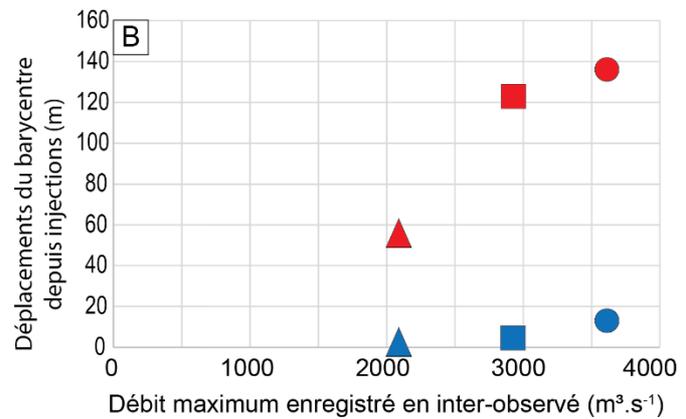


Figure 6.6 - Evolution des distances parcourues au cours du suivi par les traceurs passifs injectés dans le bras du Banc-Rouge (secteur de Donzère-Mondragon). A) Géopositionnement des particules retrouvées à S1, S2 et S3, B) déplacements du barycentre depuis injection et C) déplacements individuels des particules depuis injections.

Le déplacement des particules en fonction de leur classe granulométrique d'appartenance a également été étudié afin de voir s'il y a un effet de la granularité des galets sur les déplacements enregistrés (Figure 6.7).

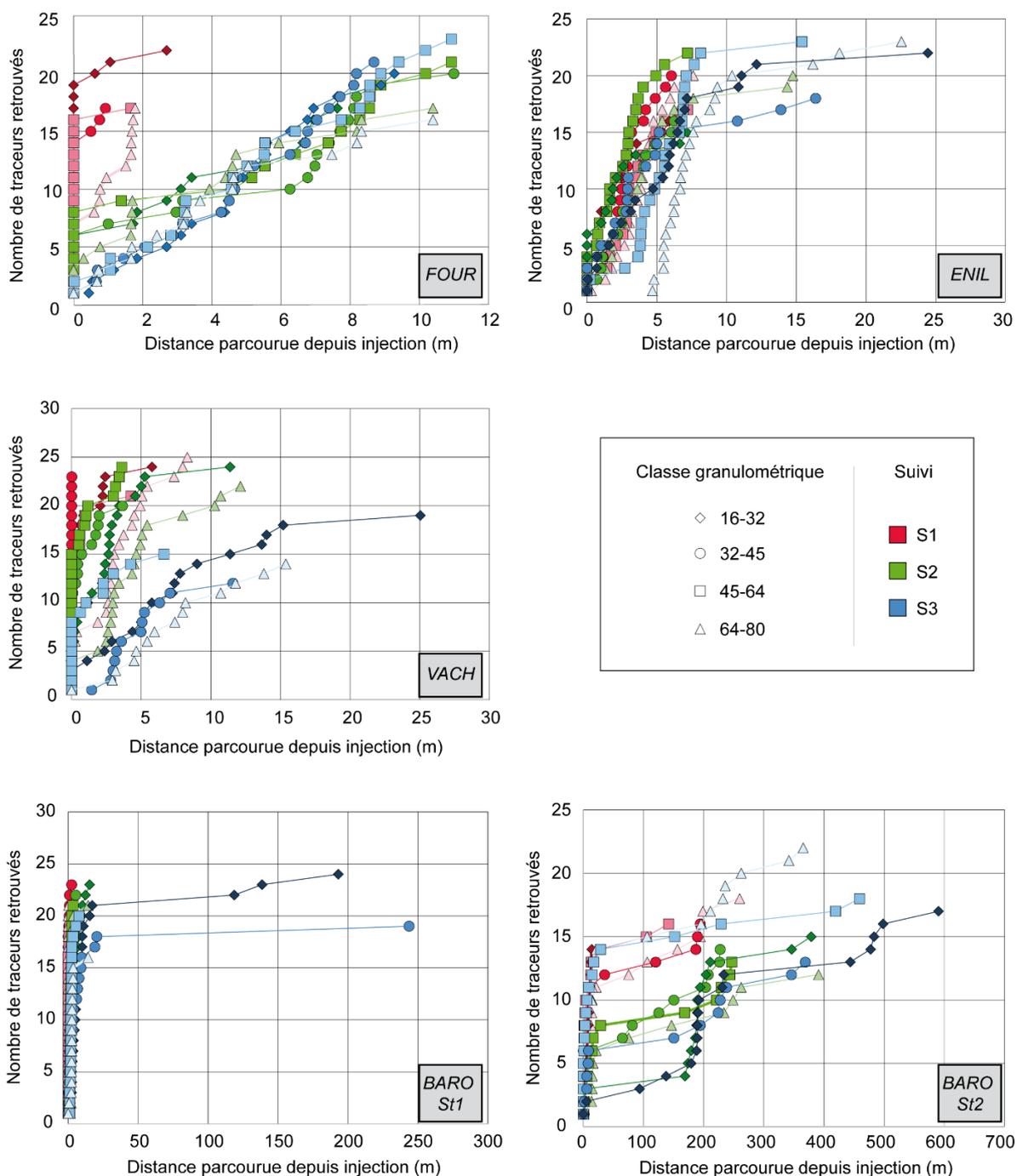


Figure 6.7 - Evolution des distances parcourues au cours du suivi par les traceurs passifs injectés en fonction de leur classe granulométrique d'appartenance (mm).

Sur le Haut-Rhône, un transport sélectif correspondant à un charriage partiel semble s’amorcer sur les bras d’En l’Île et de Vachon. Les particules les plus fines (16-32 mm) semblent se détacher du reste du nuage de traceurs au S3 (Figure 6.7, ENIL et VACH). Ce processus n’est pas observé sur Fournier, où le transport solide est plus faible et généralisé à l’ensemble de l’étendue granulométrique injectée.

Enfin, pour chaque site équipé, nous avons estimé une fourchette de débits critiques de mise en mouvement basés sur les résultats de l’ensemble des suivis réalisés. Nous avons appliqué la démarche de Vázquez-Tarrío *et al.* (2019) (Tableau 6.7).

- 1) Pour chaque site d’étude nous avons regardé quel était le débit le plus élevé pour lequel aucun déplacement significatif ($\geq 10\%$ des traceurs injectés ayant dépassé le seuil de 5 m) n’a été enregistré. C’est-à-dire le débit max, depuis injection, sans déplacement des traceurs.
- 2) Nous avons ensuite identifié le débit le plus bas pour lequel est enregistré un déplacement significatif des traceurs ($\geq 10\%$ des traceurs injectés ayant dépassé le seuil de 5 m). C’est-à-dire le débit le plus bas pour lequel sont enregistrés des déplacements des particules.
- 3) À partir de ces deux valeurs, nous déterminons une fourchette de valeurs possibles pour le débit critique de mise en mouvement pour chacun des bras étudiés.

Tableau 6.7 - Synthèse des estimations des débits critiques dans les différents bras équipés de traceurs passifs. *Les valeurs de débits fournies correspondent aux stations de référence CNR pour chaque vieux-Rhône considéré.

Site	Débits* max. sans déplacements (m ³ /s)	Débits* min. avec déplacements (m ³ /s)	Fourchette débit critique (m ³ /s)	Classes granulométriques concernées	% de traceurs mobilisés
FOUR	658	862	658-852	16-32; 32-45; 45-64	35
ENIL	-	658	?-658	16-32; 64-80	12
VACH	1043	1263	1043-1263	16-32; 64-80	27
BARO_St1	2089	2924	?-2924	16-32; 32-45	11
BARO_St2	-	2924	2089-2924	Toutes	38

Ces premières estimations sont dépendantes des événements de crue enregistrés au cours des inter-observés. En effet, certaines périodes comprennent plusieurs pics de crues

successifs, ce qui complexifie l'identification de la valeur de débit maximale pour laquelle on enregistre, ou non, des déplacements (Figure 6.4). Elles restent donc à affiner en utilisant, par exemple, les relations hauteurs-débits aux extrémités amont et aval des bras. D'ores et déjà, ces éléments de connaissance permettront de mieux planifier les futures campagnes de traçage sédimentaire dans les bras, à partir d'une veille sur les débits transitant dans les vieux-Rhône concernés.

6.3.6 Évaluation du colmatage interstitiel

6.3.6.1 Mécanismes de mise en place et impacts sur les milieux

Dans le cadre des opérations de l'APAVR 2021, les bras vifs du haut-Rhône ont fait l'objet d'un suivi pour caractériser l'incidence potentielle de ce type d'opération de gestion sédimentaire sur le colmatage interstitiel des bras (Tableau 6.8). Ce dernier résulte de l'accumulation de sédiments fins (< 2 mm) dans la sous-couche alluviale, qui peut altérer les fonctions du matelas alluvial par l'obturation de ses interstices (Gayraud *et al.*, 2002 ; Descloux, 2011 ; Datry, 2012 ; Loire *et al.*, 2021). Des effets sur la faune benthique et piscicole (McNeil et Ahnell, 1964 ; Gayraud *et al.*, 2002 ; Coulombre-Pontbriand et Lapointe, 2004 ; Datry, 2012 ; Mathers *et al.*, 2014 ; Mathers et Wood, 2016), ainsi que sur le transport solide (Gayraud *et al.* 2002 ; Navratil *et al.*, 2010 ; Haueur *et al.*, 2019), ont été identifiés dans la littérature. Toutefois, ces conséquences restent très théoriques du fait d'un manque de standardisation de la méthode pour mesurer le colmatage (Datry, 2012).

Tableau 6.8 - Bras vifs suivis dans le cadre de l'APAVR 2021.

<i>Bras</i>	<i>Secteurs</i>	<i>Dates des relevés pré-APAVR</i>	<i>Dates des relevés post-APAVR</i>
<i>Fournier</i>	VR Belley	29/04/2021	23/09/2021
<i>En l'Île</i>	VR Belley	28/04/2021	14/09/2021
<i>Vachon</i>	VR Brégnier-Cordon	30/04/2021	14/09/2021

Dans un chenal, le colmatage dépend en grande partie du flux de sédiments fins qui varie lui-même en fonction de l'occupation du sol dans le bassin versant, du niveau de connectivité avec les versants, des apports des tributaires, des apports latéraux (e.g. érosions de berges) et des variations du régime hydrologique du cours d'eau (e.g. intensité et durée des pics de crues) (Lopez-Tarazon *et al.*, 2011 ; Piqué *et al.*, 2014 ; Marteau *et al.*, 2017).

Les bras vifs permanents et semi-permanents, i.e. les plus connectés au fleuve, sont a priori les plus affectés par le passage du flux chargé de matières en suspension au cours des opérations de gestion sédimentaire du haut-Rhône. Pour répondre à cette problématique, un protocole dédié a été mis en place (Figure 6.8). En pratique, la variabilité longitudinale et

latérale inter- et intra-stationnelle est évaluée à partir de deux stations de mesures, localisées sur les sections amont et aval de chaque bras, comprenant trois points d'échantillonnage répartis latéralement (rive gauche, axe médian, rive droite), chacune. Pour chaque point, le colmatage est évalué en enfonçant un tube en acier de 15 cm de diamètre (échantillonneur « Mc Neil », Mc Neil & Ahnel, 1964) (Figure 6.8A). Les sédiments contenus dans l'échantillonneur Mc Neil sont ensuite extraits sur une quinzaine de centimètres de profondeur, jusqu'à la base du tube (Figure 8B). Deux mesures de hauteur d'eau sont réalisées, avant et après extraction, puis l'eau est légèrement remise en mouvement à la main afin de remobiliser les particules les plus fines (limons et argiles) et réaliser 1 à 2 prélèvements d'eau selon la concentration observée. Sur le terrain, la fraction grossière (> 8 mm) est tamisée à 64, 45, 32, 22, 16, 11 et 8 mm et pesée (Figure 8C). La fraction < 8 mm est prélevée pour être tamisée à 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.125, 0.05 et pesée en laboratoire (Figure 6.8D). Les échantillons d'eau sont quant à eux filtrés, séchés et pesés en laboratoire, afin de quantifier la concentration en fines dans le cylindre. La campagne pré-APAVER 2021 de mesure du colmatage dans les bras vifs a été réalisée entre avril et début mai 2021 (Tableau 6.7). L'essentiel des relevés post- APAVER 2021 concernant les bras vifs ont été réalisés en septembre 2021, à la suite des crues estivales enregistrées sur le Haut-Rhône (débits horaires maximums de $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le vieux-Rhône de Belley et de $1263 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon).



Figure 6.8 - Caractérisation du colmatage interstitiel du lit mineur des bras vifs : A) l'échantillonneur Mc Neil est enfoncé dans le lit du bras, B) puis les matériaux sont extraits jusqu'à la base du tube et C) la fraction > 8 mm est tamisée et pesée sur place et D) la fraction < 8 mm est prélevée pour être séchée, tamisée et pesée en laboratoire.

6.3.6.2 Evaluation du stockage des sédiments fins dans les bras et colmatage interstitiel

À l'échelle des bras, les courbes granulométriques obtenues après les processus de tamisage et de pesée sont globalement similaires (Figure 6.9). Les pourcentages de sédiments fins mesurés sont de 15, 12 et 18 % sur Fournier, en-l'île et Vachon, respectivement. Sur les six stations suivies au cours de l'APAVER 2021, seule la station amont d'en-l'île a enregistré une variation importante de sa part de fines, passant de 0.06 % en pré-APAVER à 10 %, soit un taux d'évolution de 16 567%.

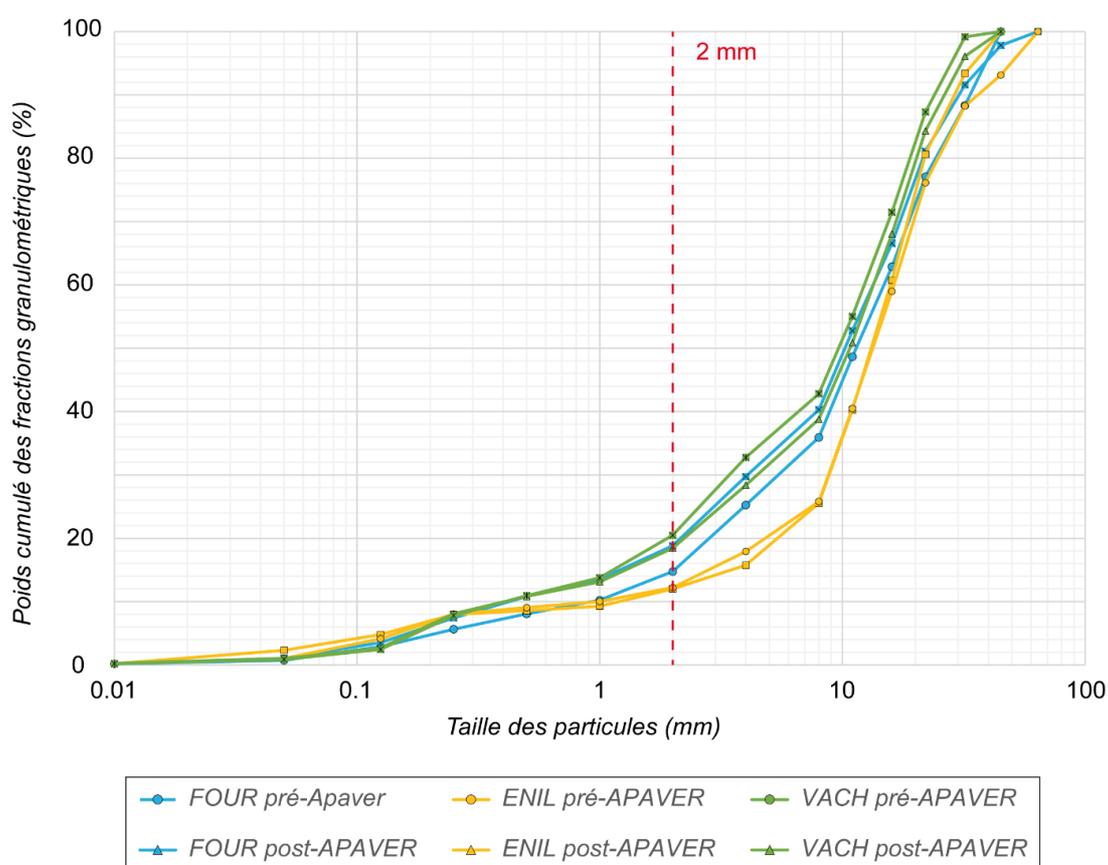


Figure 6.9 - Courbes granulométriques totales, construites pour chaque site, à partir de la somme des résultats des pesés après tamisages* des 6 points d'échantillonnages. Le poids de chaque fraction est ensuite rapporté au poids total de l'échantillon.

*Mailles utilisées : 64, 45, 32, 22, 16, 11, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.05 et 0.01 mm.

Le stockage des sédiments fins est évalué à partir des résultats des filtrations des échantillons d'eau à l'aide de filtres en fibre de verre 1 μm Whatman®. Pour déterminer la quantité de sédiments stockés par unité de surface, nous avons utilisé l'équation suivante, tirée des travaux de Marteau *et al.* (2017) :

$$U_i(t) = \frac{C_i(t) \cdot V_i(t)}{S}$$

Avec la concentration de sédiments en suspension C_i (g.l⁻¹) mesurée au laboratoire, V_i le volume d'eau (l) déterminé à partir de la profondeur en eau de la colonne d'eau (m) et la surface couverte par le cylindre (en m²). Les résultats sont présentés dans le tableau 8. Les bras d'en-l'île et de Vachon, se distinguent par des quantités élevées de sédiments fins stockés au niveau de leur station aval, tandis que la partie amont semble moins exposée. Pour la lône Fournier, les différences amont-aval sont moins contrastées.

Tableau 6.8 - Concentrations en g.l⁻¹ issues des flacons d'eau de 500 ml prélevés sur le terrain et multiplié par le volume d'eau contenu dans le cylindre pour chaque point d'échantillonnage, rapporté à la surface occupée par le cylindre afin d'obtenir la quantité de sédiments fins stockés en g.m⁻².

Site	Suivi	Localisation	Ci (g/l)	Ci (g.m ⁻²)
Fournier	pre	Amont	11.64	2265.42
	pre	Aval	10.14	2927.23
	post	Amont	13.53	1708.87
	post	Aval	13.47	1517.39
en-l'île	pre	Amont	9.24	1083.65
	pre	Aval	20.29	3496.35
	post	Amont	15.07	949.51
	post	Aval	29.29	4764.33
Vachon	pre	Amont	11.65	733.72
	pre	Aval	14.26	2923.66
	post	Amont	6.36	1044.51
	post	Aval	10.83	3003.12

Ces résultats permettent de mettre en avant la capacité de stockage des sédiments fins dans les bras vifs du haut-Rhône. Des mesures complémentaires (e.g. conductivité hydraulique, oxygène dissous) et/ou la confrontation de nos résultats aux suivis macro-invertébrés des lônes permettront de déterminer si ces milieux sont effectivement colmatés.

6.3.7 Caractérisation des patrons granulométriques longitudinaux

Afin de caractériser la granulométrie de surface de la charge de fond et ainsi mieux comprendre la diversité de conditions d'habitats des bras possédant des fonds graveleux, nous avons mis en place un échantillonnage par photographie subaquatique dans les chenaux actifs du Haut-Rhône et de Donzère-Mondragon. Cette méthode non-destructrice, permet la mesure rapide des particules qui composent la couche de surface et repose sur le principe de conversion du pixel en mm. Cette conversion se fait, soit en utilisant différents paramètres telles que la hauteur de prise de vue, la longueur de focale et la taille du capteur pour calculer la taille d'un pixel en mm à l'aide du théorème de Thalès, soit en disposant d'un repère présent sur l'image et dont les dimensions sont connues. Cette approche fournit des informations sur la distribution granulométrique des particules mesurées (D16, D50, D84, etc.) comparables aux résultats obtenus à partir des techniques d'échantillonnage traditionnelles, et présente des avantages importants en termes d'efforts de terrain (Graham *et al.*, 2010). La granulométrie par photographie en conditions émergées est aujourd'hui couramment utilisée pour caractériser la granulométrie de surface. Toutefois, sa mise en œuvre en conditions immergées reste parfois délicate du fait du nombre plus important de facteurs limitants (e.g. profondeur en eau, luminosité, conditions de débits, présence de biofilm et/ou de macrophytes aquatiques).

6.3.7.1 *Protocole de granulométrie par photographie subaquatique dans les bras vifs*

La mise en œuvre de cette approche dans les bras a nécessité des développements matériels importants. Au cours de l'année 2020, trois campagnes tests ont été conduites sur deux sites aux conditions hydrauliques contrastées, avec deux dispositifs d'acquisition différents (Tableau 6.5) : un premier dispositif développé au sein du laboratoire EVS - UMR 5600 et un second dispositif prêté par la CNR. L'utilisation de ces deux dispositifs à différentes périodes de l'année a permis d'établir un protocole adapté aux conditions observées dans les bras vifs (vitesses d'écoulement, hauteurs d'eau, turbidité, facilité d'accès). Sur le terrain, la stratégie d'acquisition se fait dans le même esprit que les relevés d'épaisseur de la sédimentation fine et de la hauteur d'eau. La granulométrie de surface est caractérisée à partir d'un réseau de points d'observation distribués le long de l'axe médian de chacun des bras (environ 1 point tous les 20 m de linéaire). La hauteur de prise de vue de 50 cm depuis la surface du lit est constante pour toutes les acquisitions.

Le développement matériel a été poursuivi en 2021, en partenariat avec l'atelier mécanique de l'École Normale Supérieure de Lyon (Figure 6.10). Ce nouveau dispositif mis en place est adapté aux mesures dans les bras vifs et permet une acquisition rapide tout en prenant en compte des contraintes inhérentes à ces milieux.

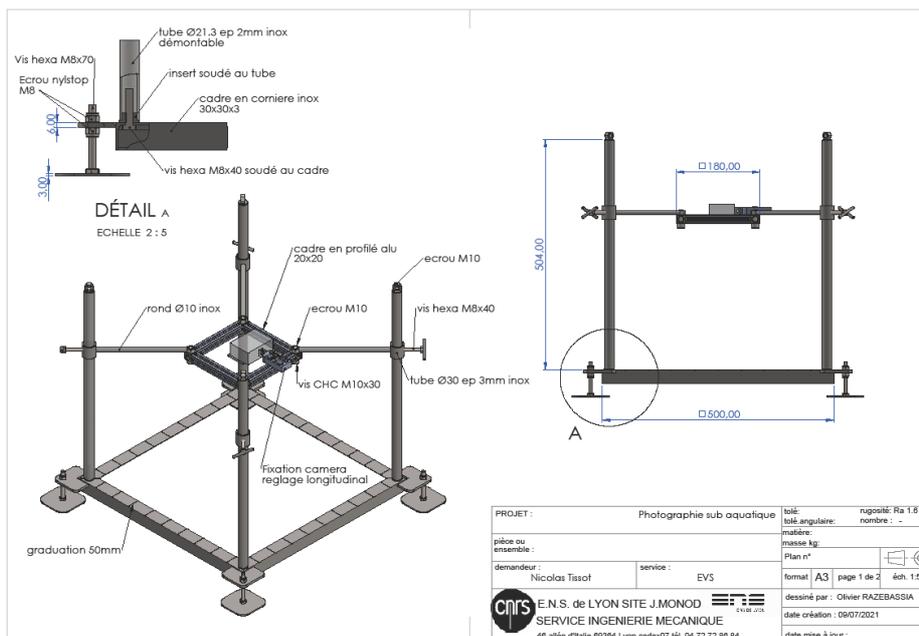


Figure 6.10 - Dispositif d'acquisition d'images pour mesurer la granulométrie de surface dans les bras, développé dans le cadre du suivi hydro-morphologique des bras vifs restaurés.

Pour le post-traitement des images obtenues, deux méthodes distinctes de mesures sont utilisées. Une première méthode dite « statistique », entièrement automatisée avec le logiciel « DGS » et qui permet le calcul du D50 et autres centiles d'intérêt à partir d'une photographie (Buscombe *et al.*, 2010 ; Buscombe, 2013). La seconde méthode, repose sur la digitalisation manuelle de l'axe-b des particules visibles, sous logiciel SIG (QGIS), en suivant un échantillonnage par grille dont chaque nœud est espacé de la valeur de l'axe-b de la plus grande particule observée sur l'image, afin d'éviter de mesurer deux fois le même individu (Chardon, 2020). Pour les acquisitions, nous avons utilisé une caméra GOPRO dont l'effet « *fisheye* » est important. Afin de corriger la déformation des images engendrée par ce type d'objectif, nous avons eu recours à l'outil « *Computer Vision Toolbox* » ainsi qu'un script dédié sur le logiciel Matlab® (Figure 6.11 A et B). Enfin, des échantillonnages Wolman ont été réalisés en complément des acquisitions photographiques, dans les zones où les hauteurs d'eau n'étaient pas favorables au déploiement de notre dispositif et de manière opportuniste sur des dépôts de pieds de berges accessibles.

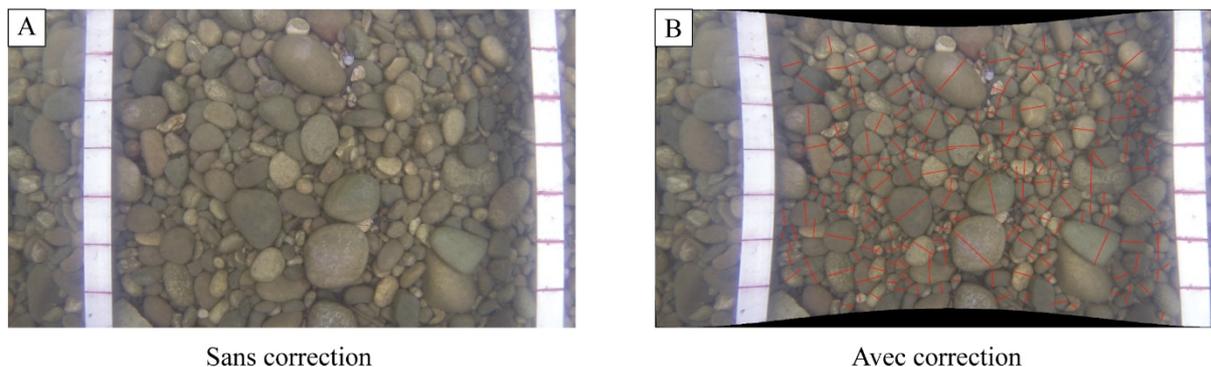


Figure 6.11 - Exemple A) d'une image brute post-acquisition et B) de la même image corrigée avec les axes-b des particules digitalisés et mesurés.

6.3.7.2 Résultats des campagnes de caractérisation de la granulométrie du lit mineur des bras vifs

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes, permettent aujourd'hui de dresser un profil granulométrique longitudinal complet de la lône d'en-l'île (secteur de Belley) (Figure 6.12A). Sur ce site, la caractérisation de la granulométrie de surface par photographie subaquatique, s'est accompagné de la mesure manuelle de 100 particules sur une surface de 1m^2 ('areal samples' ou échantillonnage surfacique) le long de l'axe médian du bras, lorsque la profondeur en eau n'était pas suffisante pour utiliser la photographie (i.e. $< 50\text{ cm}$) (Bunte & Abt, 2001). Dans les lônes Fournier, Dames et Banc-Rouge, les mesures manuelles ont été réalisées selon la méthode de Wolman (1954), qui consiste à mesurer 100 particules le long d'un transect, avec un espacement inter-particule supérieur à la taille de l'axe-b de la plus grande particule identifiée.

Pour la lône d'en-l'île, le patron granulométrique longitudinal issu des mesures par imagerie subaquatique se caractérise par un affinement granulométrique de l'amont vers l'aval, marqué par quelques rebonds de la valeur la taille médiane des particules (D50) (Figure 6.12). On retrouve cet affinement avec les résultats des échantillonnages surfaciques. Le D50 subaquatique (30 mm) est légèrement inférieur au D50 par échantillonnage surfacique (35 mm). Sur le Banc-Rouge, le patron granulométrique longitudinal par photographie subaquatique est incomplet (Figure 6.12). De mauvaises conditions dans le tiers amont du bras (hauteurs d'eau trop faibles, quantité de fines importantes, algues) n'ont pas permis d'investiguer cette section. Le profil granulométrique établi sur le reste du bras ne révèle pas d'affinement granulométrique marqué. En revanche, on observe une forte hétérogénéité de la taille des particules qui constituent la granulométrie de surface du bras (Figure 6.12). Cette hétérogénéité est plus grande encore si l'on compare ces résultats avec ceux provenant des mesures réalisées sur les bancs (Figure 6.12). D'après nos observations terrain, il semblerait que la granulométrie plus grossière qui constitue les bancs, résulte de l'érosion de berge, importante sur ce site, qui permet la reprise d'éléments grossiers, hérités d'une période où la

compétence des écoulements transitant dans le Rhône était plus importante (Figure 6.13). Plus largement, cette forte hétérogénéité granulométrique est le reflet des ajustements morphologiques conséquents qui se sont réalisés sur ce bras depuis sa restauration en 2018.

Enfin, des mesures complémentaires, suivant la méthode de Wolman, ont été réalisées sur les bancs et en pieds de berges des bras de Fournier (vieux-Rhône de Belley) et Dames (vieux-Rhône de Donzère-Mondragon) (Figure 6.12 C). Ces premiers résultats permettront de disposer d'une vision complète du patron granulométrique longitudinal de ces bras, lorsque les campagnes d'acquisition par photographies subaquatiques seront achevées (campagnes planifiées pour avril et mai 2022).



Figure 6.13 - Dépôts de pieds de berges caractéristiques observés sur le Banc-Rouge (23 mars 2021).

Méthodes d'échantillonnage :
■ Photographie subaquatique, lit mineur
■ Comptage Wolman, lit mineur ■ Comptage Wolman, pied de berge

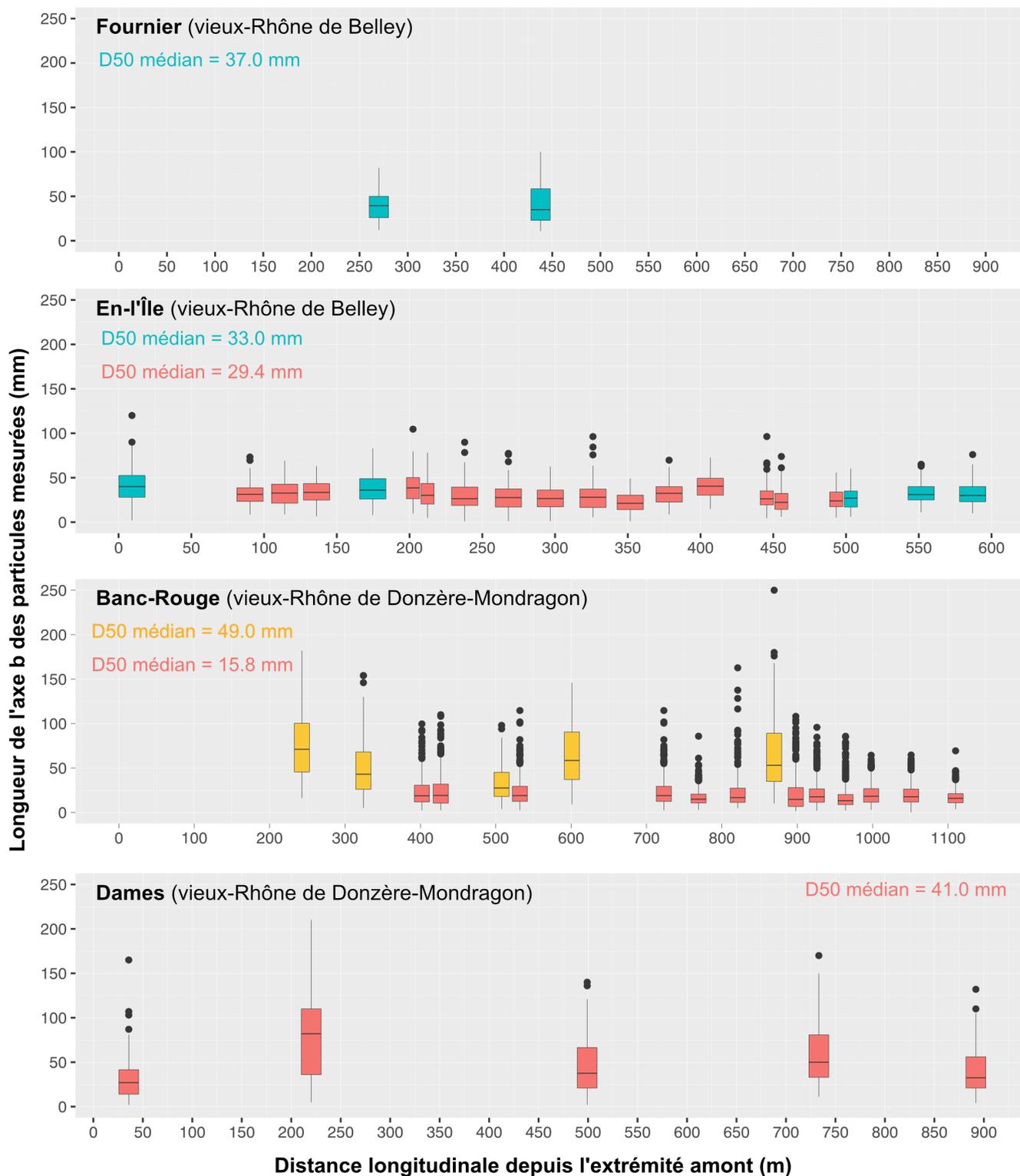


Figure 6.12 - Résultat des campagnes de mesures de la granulométrie des bras par photographie subaquatique et échantillonnage Wolman pour les sites de en-l'île, Fournier, Banc-Rouge et Dames.

6.3.8 Conclusions et perspectives pour 2022

Nous avons mis en place une approche multi-techniques pour caractériser le fonctionnement hydro-sédimentaire des bras vifs restaurés du Rhône. L'installation de limnimètres a permis l'élaboration de relations hauteur/débits aux extrémités amont et aval des bras équipés du Haut-Rhône. Les relations hauteur/débit actuelles (2020-2021) confrontées aux relations réalisées à partir des données aux échelles de la CNR (2000-2006) ont permis de démontrer un abaissement des lignes d'eau de l'ordre d'une dizaine de centimètres sur les bras du Haut-Rhône (Fournier, en-l'Île et Vachon) depuis la restauration. Les bilans sédimentaires, réalisés à partir des profils en travers fournis par CNR ont montré que le stockage des sédiments était dominant post-restauration. Ainsi pour les îlons Fournier et en-l'Île cela représentait entre 18 et 28 cm de dépôts sur la période 2007-2019, respectivement. En l'état, ces bilans ne permettent pas de distinguer la part imputable aux processus d'érosion latérale et/ou à l'évolution du fond du lit des bras. L'évaluation de la mobilité des flux sédimentaires grossiers dans les bras, avec l'utilisation du traçage sédimentaire par RFID passive, a permis de mettre en évidence deux dynamiques distinctes en termes de capacité de transport. Le transport solide dans les bras du Haut-Rhône apparaît relativement faible. A l'opposé, le bras du Banc-Rouge (Donzère-Mondragon) se distingue par une mobilité importante des particules injectées, dans un contexte d'ajustements morphologiques importants à la suite des travaux. L'analyse de la granulométrie de surface de ce bras vif a mis évidence des patrons granulométriques longitudinaux complexes, marqués par une forte variabilité de la taille médiane des particules, témoignant de conditions hydrauliques intra-bras diversifiées. Ces différents éléments combinés, permettent d'esquisser les premiers éléments explicatifs concernant l'atterrissement des bras vifs sur le Rhône. Les ajustements les plus importants semblent avoir lieu dans les premières années suivant la restauration. C'est ce que semblent indiquer les résultats du traçage sédimentaire avec des dynamiques inégales selon le temps écoulé depuis la restauration (dix-huit années sur le Haut-Rhône, quatre années sur Donzère-Mondragon). À ce titre, la prise en compte des plans de recollements dans les bilans sédimentaires s'avère cruciale pour caractériser plus finement l'évolution morpho-sédimentaires des bras à la suite des travaux de restauration. L'évaluation du colmatage interstitiel a montré la présence d'un stock de sédiments fins dans la sous-couche alluviale des bras vifs du haut-Rhône relativement conséquent. Ce dernier peut altérer le transport solide et la qualité des habitats. La réalisation de mesures granulométriques complémentaires, ainsi que l'installation des limnimètres sur les bras vifs de Donzère-Mondragon prévues en 2022, permettront de caractériser plus précisément le fonctionnement hydro-sédimentaire actuel (e.g. calcul des débits critiques) et donc la capacité d'ajustement de ces milieux. À ce titre, des mesures de colmatage sont également envisagées sur ces bras possédant encore une capacité d'ajustement morphologique élevée. La comparaison inter-sites, entre des bras possédant des caractéristiques morpho-sédimentaires et des temporalités de restauration différentes, devrait nous permettre de mieux cerner les trajectoires évolutives de ces bras après restauration et de fournir des recommandations opérationnelles adaptées à ces différents contextes.

7. Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Haut-Rhône dans le secteur de Belley (2007-2021). Etat d'avancement 2021.

7.1 Introduction

Etat d'avancement du suivi des annexes fluviales du Rhône (lônes) et contenu du rapport.

Les échantillonnages d'invertébrés aquatiques réalisés en 2021 dans les lônes du Haut-Rhône (secteurs de Belley et Brégnier-Cordon) étaient les derniers prévus dans le cadre du programme RhônEco 2019-2023. Débutés en 2003, ils permettent désormais de couvrir une période de 19 ans. Le tableau 7.1 montre le calendrier complet des prélèvements effectués dans les 5 secteurs pour lesquels les peuplements d'invertébrés des lônes ont été suivis. L'année 2022 sera consacrée à l'échantillonnage des secteurs du Rhône à l'aval de Lyon et constituera la dernière année d'échantillonnage prévue au programme RhônEco 2019-2023.

Le présent rapport propose l'analyse des données acquises sur les sept lônes suivies dans le secteur de Belley après restauration (2007 – 2021). L'ensemble du peuplement de macroinvertébrés est pris en compte. Trois thèmes d'analyse sont privilégiés : la diversité spatiale des peuplements et de leurs conditions d'habitat, les changements temporels observés post-restauration et le comportement des espèces exogènes.

7.2 Sites et méthodes

7.2.1 Sites et dates

Selon le protocole restreint appliqué dans la phase 2019-2023 du suivi RhônEco, une seule station a été suivie à partir de 2019 dans les sept lônes prises en compte à Belley, contre deux lors des phases antérieures du programme. Les analyses présentées ici portent sur cette station unique dans chaque lône pour l'ensemble de la période couverte (2007 – 2021). Comme depuis le début du suivi, deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées pour chaque station : au Printemps (mars – avril) et en été (juin – juillet, puis septembre à partir de 2019). Les sept lônes suivies à Belley sont : Luisettes - LUIS, Moiroud - MOIR, Fournier - FOUR, Béard - BEAR, Lucey - LUCE, En l'île – ENLI et Chantemerle – CHAN. Cette dernière, située sur le Rhône « plein » à l'aval de la restitution de l'usine de Brens, n'a pas été concernée par la restauration du secteur de Belley.

7.2.2 Echantillonnage de la macrofaune et des variables de milieu

Le protocole d'échantillonnage est le même depuis le début du suivi RhônEco. Dans chaque station (tronçon de 30 mètres selon l'axe amont-aval de la lône) trois points de prélèvement sont tirés au hasard et la macrofaune aquatique y est échantillonnée à l'épuisette à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50 cm. 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) dont la détermination est poussée à l'espèce dans la mesure du possible.

En chacun des trois points d'échantillonnage de la faune, une description de la structure de l'habitat (profondeur, courant, sédiment, végétation aquatique, ombrage, conductivité électrique de l'eau) est effectuée.

7.2.3 Analyse des données et calcul des métriques

Les méthodes et métriques suivantes ont été utilisées :

- Une Analyse en Composantes Principales (ACP centrée) a été utilisée pour décrire la **diversité faunistique entre sites** et les changements temporels de la composition des peuplements.
- La **richesse taxonomique** est le nombre d'unité taxonomique échantillonnées dans une station pour une « campagne » (réunion de 3 échantillons de printemps et trois échantillons d'été). Elle est exprimée pour le peuplement total (**richesse totale**) ou pour des sous-ensembles taxonomiques. Ainsi, la **richesse en insectes EPT** est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé

dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Elle augmente avec la qualité du milieu (qualité de l'eau, diversité des ressources trophiques, hétérogénéité des microhabitats). De même, **la richesse en mollusques gastéropodes** 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 gastéropodes est un indicateur de la qualité du milieu (diversité des végétaux aquatiques, complexité structurale de l'habitat).

- **L'abondance** est le nombre d'individus par unité de surface (exprimé en log du nombre d'individus dans 0.75m²). Il s'agit ici de la moyenne des valeurs de printemps (3 échantillons additionnés de 0.25 m² chacun) et d'été (3 échantillons additionnés de 0.25 m² chacun). L'abondance est calculée pour le **peuplement total**, ainsi que pour les **insectes EPT** et les **mollusques gastéropodes**.
- Deux métriques sont utilisées pour caractériser **les espèces exogènes** au bassin du Rhône : **leur abondance** exprimée en densité comme présenté ci-dessus (log du nombre d'individus dans 0.75m²), et leur **proportion relative dans le peuplement de la station**, soit la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes dans l'ensemble de l'abondance échantillonnée dans une station.
- **La richesse raréfiée** du peuplement total a également été calculée afin de réduire le biais lié à l'hétérogénéité des nombres d'individus récoltés dans les stations et du lien entre l'abondance et la richesse taxonomique mesurée. Cette mesure de richesse est exprimée pour un nombre identique d'individus tiré dans chaque échantillon (ici l'ensemble des individus échantillonnés dans une station pour une « campagne » donnée (Heck et al., 1975 ; Krebs, 1999). Cette métrique permet une comparaison entre sites indépendante des différences d'abondances et représente également un indice de diversité très corrélé aux indices « classiques » de Simpson ou Shannon. Les calculs ont été effectués avec la fonction "rarefy" du jeu de fonctions "vegan".
- Les taxons les plus caractéristiques (**taxons « indicateurs »**) des lînes ou de groupes de lînes ont été identifiés par le calcul et le test de la significativité de leur valeur indicatrice au sens de De Cáceres & Legendre (2009) et Dufrêne & Legendre (1997). Il s'agit des taxons qui sont significativement plus fréquents et abondants dans les lînes (ou groupes de lînes) considérées que dans l'ensemble des échantillons.

Les calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le logiciel R (R Core Team, 2020) dans RStudio et les jeux de fonctions ade4 (Dray & Dufour, 2007) et vegan (Oksanen et al., 2017).

7.3 Résultats.

L'analyse globale des données complètes issues du suivi des lînes du secteur de Belley (7 lînes x 9 années x 202 taxons) montre une prédominance des différences spatiales sur les différences temporelles dans la structuration de la biodiversité des peuplements étudiés. En d'autres termes, l'hétérogénéité des conditions d'habitat entre lînes est un facteur prédominant par rapport aux changements temporels entre dates d'échantillonnage (Figure 7.1). En effet, la diversité faunistique totale peut être expliquée pour plus de la moitié (55.2%) par les différences entre lînes et pour moins de 10% (9.8%) par les différences entre années. Ces deux dimensions, spatiale et temporelle, sont détaillées ci-après.

7.3.1 Une diversité spatiale structurée par la fréquence de connexion au fleuve.

Les sept lînes suivies sont placées par leurs peuplements d'invertébrés dans un gradient qui reconstitue parfaitement l'augmentation de leur fréquence de leur connexion par l'amont avec le fleuve (Figure 7.1 de gauche à droite). Ce gradient est également clair pour les trois lînes à connectivité intermédiaire (Moiroud / Luisettes / Fournier) au centre de la figure. Ce gradient, établi par la faune, peut être expliqué par les changements progressifs de la distribution de taxons discriminants avec l'augmentation des contraintes hydrauliques (Tableau 2 de haut en bas et de gauche à droite). Les extrémités du gradient de connexion sont celles qui possèdent le plus grand nombre de taxons caractéristiques. Ceux-ci sont typiquement lénitophiles dans la lîne Béard (par ex. *Hyphydrus ovatus*, *Cloeon dipterum*, *Hippeutis complanatus*) et typiquement rhéophiles dans les lînes totalement connectées (par ex. *Serratella ignita*, *Silo nigricornis*, *Rhyacophila sp.*). Les trois lînes à connectivité intermédiaire possèdent peu de taxons discriminants (*Radix sp.*, *Stictotarsus duodecimpustulatus*) mais voient cohabiter taxons à tendance lénitophile (*Asellus aquaticus*, *Sialis lutaria*) et rhéophile (*Esolus parallelepipedus*, *Potamanthus luteus*).

Entre les deux extrémités du gradient de connectivité latérale, les différences de débit de connexion entre 170 m³/s (Fournier) et 420 m³/s (Moiroud) créent des conditions d'habitat très distinctes pour la faune (Figure 7.2, panel du haut). Ainsi, Moiroud, Luisettes et Fournier s'échelonnent dans un gradient décroissant d'influence des eaux souterraines traduit par la décroissance des valeurs de conductivité des eaux de surface. A Moiroud, le niveau de connectivité plus faible qu'à Luisette et Fournier, crée des similitudes fortes avec Béard (recouvrement important par la végétation aquatique, sédiment grossier peu représenté).

Parmi les métriques faunistiques (Figure 7.2), les richesses en Mollusques Gastéropodes et en Insectes EPT montrent les tendances respectives de diminution et d'augmentation avec la fréquence de connexion amont avec le fleuve. Sur ces deux tendances typiques (Reckendorfer *et al.*, 2006 ; Paillex *et al.*, 2007), certaines singularités peuvent être mises en avant :

- La station suivie pour la lône Béard (station BEARavn du suivi antérieur à 2019), représente l'habitat le plus déconnecté du fleuve étudié à Belley (conductivité élevée des eaux de surface, forte abondance de la végétation aquatique, granulométrie fine). Elle constitue un « hotspot » à l'échelle du secteur puisqu'elle combine les plus fortes valeurs observées (en valeur médiane, Figure 7.2) pour la richesse et l'abondance totales du peuplement, la richesse et l'abondance en Mollusques Gastéropodes, mais aussi l'abondance la plus forte en Insectes EPT (pour une richesse faible de ce groupe). Comme indiqué précédemment (Tableau 7.2), elle héberge un cortège de taxons très spécifiques qui n'ont pas été rencontrés dans les six autres lônes du secteur.
- La lône Fournier (station FOURam du suivi antérieur à 2019) combine la plus faible densité de macroinvertébrés benthiques (moins de 1'000 individus / 0.75 m² environ en valeur médiane) et leur plus forte diversité, telle qu'exprimée par la richesse raréfiée (plus de 100 taxons pour 15'000 individus, une valeur significativement supérieure à celle des six autres lônes). Rappelons que cette métrique qui exprime une richesse taxonomique pour un nombre d'individus commun à toutes les stations comparées, représente également un indice de diversité très corrélé aux indices « classiques » de Shannon ou Simpson dans la mesure où elle augmente avec l'homogénéité croissante des abondances relatives des taxons du peuplement. Ainsi, cette lône qui combine des phases de connexion par l'amont assez fréquentes, mais aussi assez « décapantes » (quasi absence de végétation aquatique, granulométrie grossière) et une alimentation par les eaux souterraines (conductivité médiane > 350 µS/cm), possède probablement une faible capacité d'accueil pour des échelons trophiques supérieurs consommateurs d'invertébrés, mais une diversité élevée de ces derniers, diversité comprise comme résultant d'un équilibre quantitatif entre taxons plus élevé que dans les six autres lônes du secteur.
- L'examen conjoint des variables de milieu, des métriques faunistiques (Figure 7.2) et des durées de vie modélisées des lônes (durée d'un stade aquatique permanent, Riquier *et al.*, 2017, 2019), laisse envisager deux seuils importants de connectivité latérale pour la diversité des assemblages d'invertébrés :
 - i) dans l'ordre croissant de connectivité des lônes (Figure 7.1), le passage de Moiroud (connectée à l'amont au-delà de 420 m³/s) à Luisettes (connectée à l'amont au-delà de 230 m³/s) correspond à un changement majeur de conditions d'habitat, celui d'un milieu largement végétalisé à granulométrie fine à un milieu quasiment dépourvu de végétation submergée à substrat grossier (Figure 7.2). Cette transition correspond à l'augmentation forte de la richesse en Insectes EPT (passage de moins de 7 à plus de 15 taxons en valeurs médianes), ainsi qu'à la transition entre des lônes à durée de vie modélisée inférieure au siècle (BEAR : 35 – 93 ans, MOIR : 51 – 90 ans, Riquier *et al.*, 2017, 2019) et des lônes s'auto-entretenant.

- ii) pour des valeurs de connectivité latérale plus élevées, le passage aux systèmes à connexion amont permanente (Chantemerle, Lucey, En l'île) est un seuil au-delà duquel la richesse et l'abondance en insectes EPT sont simultanément élevées (Figure 7.2), mais également la densité des individus appartenant aux espèces exogènes qui passe, en valeur médiane, au-dessus de de 150 individus / 0.75 m² et atteint dans ces lînes les valeurs maximales mesurées dans les lînes du secteur de Belley.

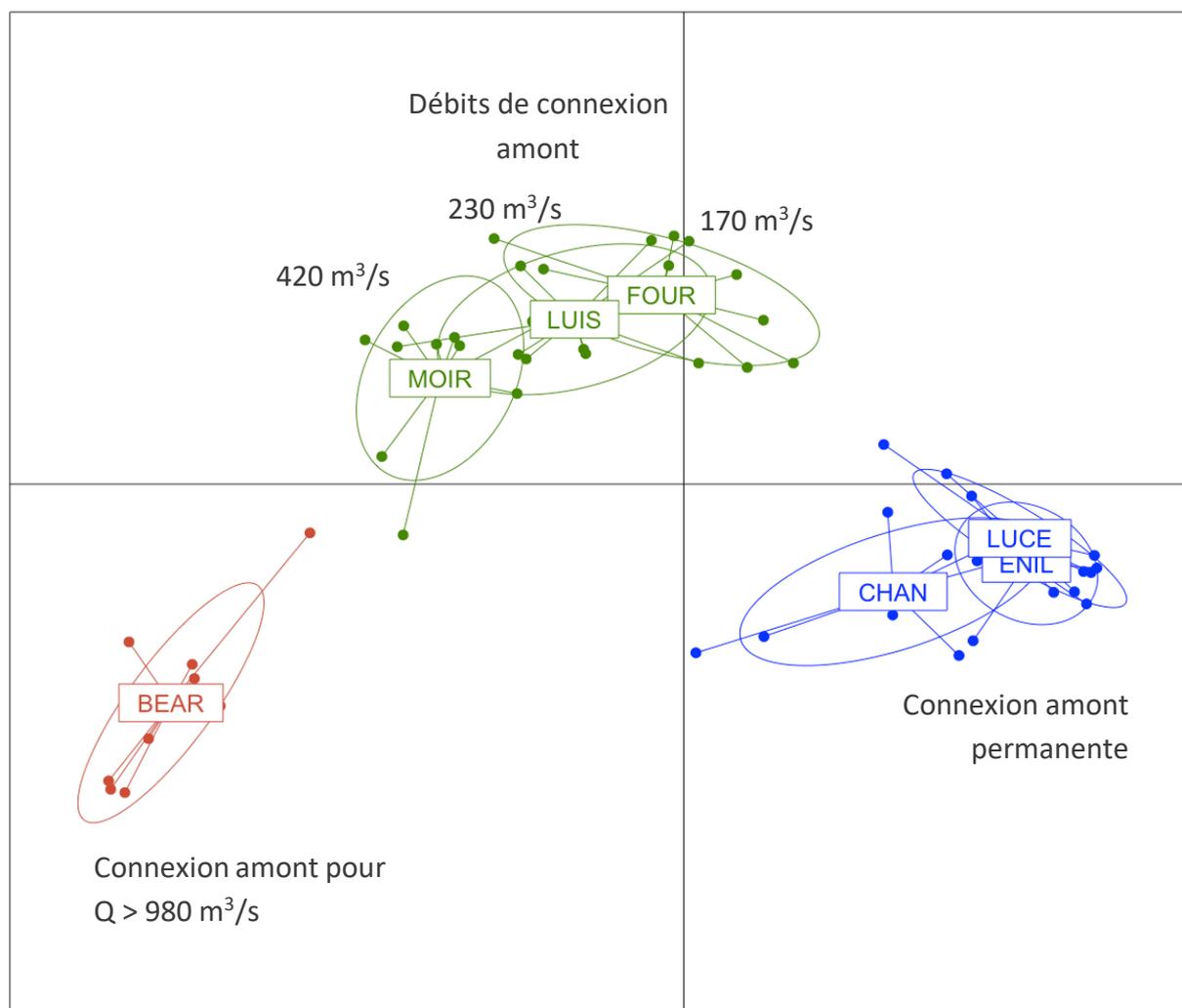


Figure 7.1 – Ordination de 7 lînes du secteur de Belley (2007-2021) décrivant la diversité de leurs assemblages d'invertébrés benthiques (202 taxons) après restauration. Analyse en Composantes Principales (ACP centrée) des abondances log-transformées. 1er axe (horizontal) – 39% de l'information, 2ème axe (vertical) – 10 % de l'information. Chaque point (n=63) représente l'état de l'assemblage d'invertébrés à une année donnée (9 années par lîne) exprimé par la moyenne de l'échantillonnage de Printemps (3 x 0.25 m²) et d'été (3 x 0.25 m²). Les débits de connexion sont issus de (Riquier et al., 2015 et Marle et al., 2021) et arrondis à la dizaine supérieure.

Tableau 7.2 (page suivante) – Soixante taxons identifiés comme les plus discriminants pour les sept lômes étudiées à Belley (2007 – 2021) ou des regroupements de ces sept lômes. Les lômes sont ordonnées de gauche à droite en fonction de leur fréquence de connexion croissante avec le Rhône (figure 7.1). Les taxons retenus comme « indicateurs » des lômes ou groupes de lômes sont ceux possédant une valeur indicatrice supérieure ou égale à 0.7 et une significativité $p < 0.01$. La valeur indicatrice, (De Cáceres *et al.*, 2010 ; Dufrene & Legendre, 1997), combine la « spécificité » du taxon pour une lôme ou un groupe de lômes (abondance du taxon dans la lôme / abondance totale du taxon) et sa « fidélité » (nombre d'échantillons de la lôme dans lesquels le taxon est présent / nombre total d'échantillons de la lôme). « EXO » : espèces exogènes au bassin du Rhône.

			BEAR	MOIR	LUIS	FOUR	CHAN	LUCE	ENIL
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	EXO							
Bivalvia	<i>Sphaerium sp</i>								
Coleoptera	<i>Hyphydrus ovatus</i>								
Coleoptera	<i>Ilybius sp</i>								
Coleoptera	<i>Laccophilus sp</i>								
Coleoptera	<i>Laccobius sp</i>								
Diptera	Culicidae ind								
Ephemeroptera	<i>Cloeon dipterum</i>								
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>								
Ephemeroptera	<i>Siphonurus aestivalis/lacustris</i>								
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>								
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp</i>								
Gasteropoda	<i>Anisus vortex</i>								
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>								
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>								
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>								
Heteroptera	Corixinae ind								
Heteroptera	<i>Hydrometra sp</i>								
Heteroptera	<i>Ilyocoris cimicoides</i>								
Heteroptera	<i>Plea minutissima</i>								
Odonata	<i>Lestes viridis</i>								
Trichoptera	<i>Athripsodes aterrimus</i>								
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>								
Odonata	<i>Coenagrion sp</i>								
Diptera	Stratiomyidae ind								
Coleoptera	<i>Agabus sp</i>								
Diptera	Ephydriidae ind								
Odonata	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>								
Coleoptera	<i>Dytiscus marginalis</i>								
Heteroptera	<i>Notonecta sp</i>								
Trichoptera	<i>Limnephilus germanus/lunatus</i>								
Bivalvia	<i>Pisidium sp</i>								
Coleoptera	<i>Halplus sp</i>								
Diptera	Ceratopogonidae ind								
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>								
Hirudinea	<i>Glossiphonia / Alboglossiphonia</i>								
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>								
Megaloptera	<i>Sialis lutaria</i>								
Gasteropoda	<i>Radix sp</i>								
Trichoptera	<i>Beraeodes minutus</i>								
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa/furcata</i>								
Coleoptera	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>								
Coleoptera	<i>Esolus parallelepipedus</i>								
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>								
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>								
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>								
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>	EXO							
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>	EXO							
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>	EXO							
Ephemeroptera	<i>Serratella ignita</i>								
Polychaeta	<i>Hypania invalida</i>	EXO							
Trichoptera	<i>Silo nigricornis</i>								
Trichoptera	<i>Hydroptila sp</i>								
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>								
Ephemeroptera	<i>Heptagenia cf sulphurea</i>								
Diptera	Simuliidae ind								
Ephemeroptera	<i>Baetis sp</i>								
Trichoptera	<i>Rhyacophila sp</i>								
Trichoptera	<i>Hydropsyche contubernalis</i>								
Trichoptera	<i>Agapetus sp</i>								

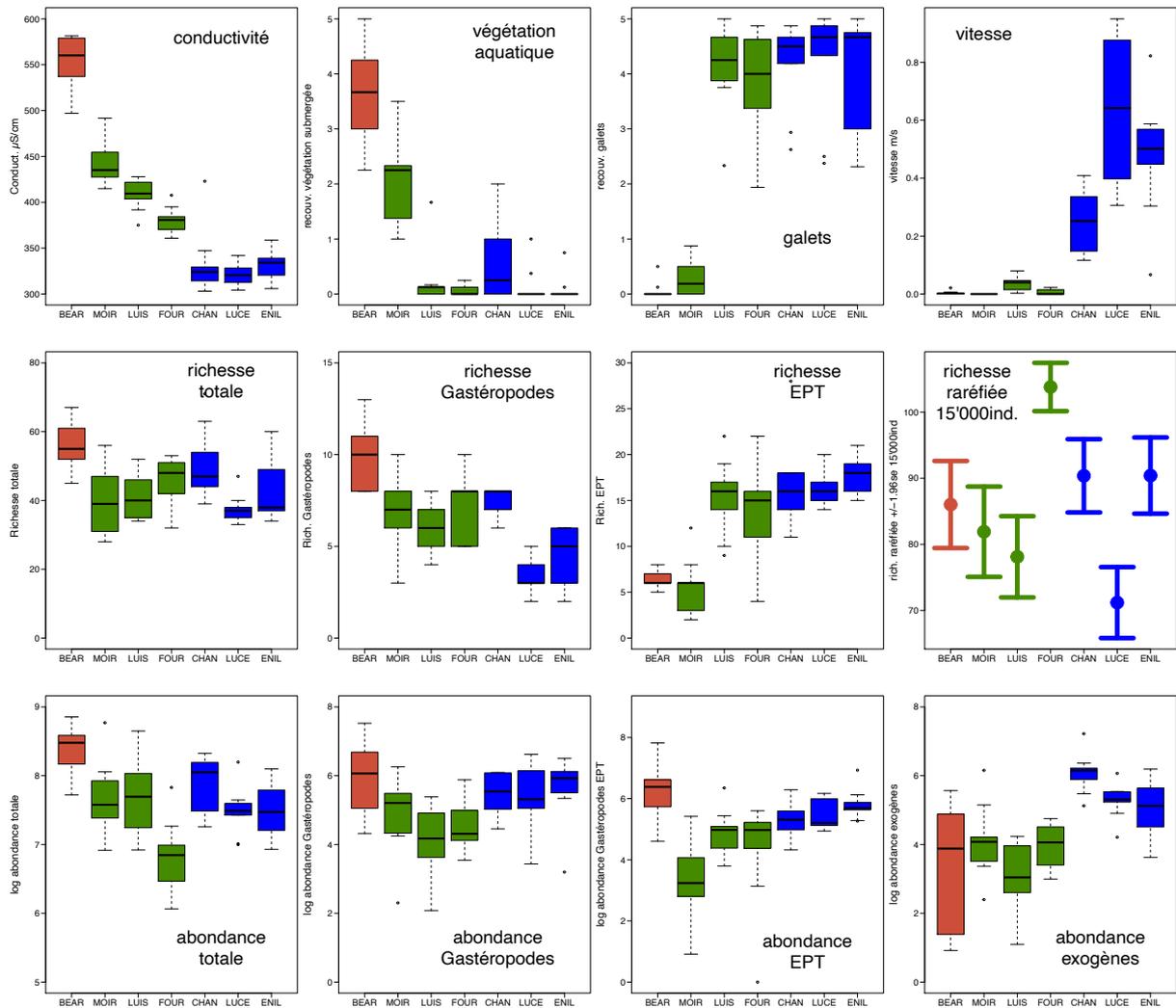


Figure 7.2 – Pour les sept îlones suivies à Belley et ordonnées de gauche à droite en fonction de leur fréquence de connexion croissante avec le Rhône (figure 1) :

*En haut : **4 variables de milieu** mesurées dans les points de prélèvement de la faune. Le recouvrement du lit par la végétation aquatique et par les galets (particules > 5cm) est exprimé en classes (1 < 5%, 2 : 5-25%, 3 : 25-50%, 4 : 50-75%, 5 : > 75%). Chaque boxplot regroupe les 9 moyennes de 6 mesures par année.*

*Au milieu : **4 métriques de richesse taxonomique** pour les invertébrés totaux, les insectes EPT et les mollusques gastéropodes. La richesse raréfiée est une mesure de richesse standardisée pour un effectif commun à toutes les îlones (ici 15'000 individus). Elle est calculée sur la somme de tous les échantillons effectués dans chaque îlone au cours des 9 années d'étude). Elle est accompagnée d'un intervalle de confiance à 95%.*

*En bas : **4 métriques d'abondance** pour les invertébrés totaux, les insectes EPT, les mollusques gastéropodes et les espèces exogènes. Les valeurs d'abondance (nombres d'individus dans 0.75m²) sont transformées en log_e. Les valeurs sur les axes verticaux correspondent aux effectifs suivants : 2 : 7 ind./ 0.75m² ; 4 : 55 ind./ 0.75m² ; 5 : 148 ind./ 0.75m² ; 6 : 403 ind./ 0.75m² ; 7 : 1097 ind./ 0.75m² ; 8 : 2981 ind./ 0.75m², en valeurs arrondies à l'entier le plus proche.*

7.3.2 Des changements faunistiques progressifs au cours du temps.

La différenciation spatiale des peuplements d'invertébrés des lônes en fonction de la connectivité latérale de celles-ci avec le fleuve constitue un aspect prédominant de la biodiversité du secteur de Belley considéré ici. Cette diversité inter-lônes reste très stable au cours du suivi post-restauration (Figure 7.1). Cette variabilité spatiale prédominante masque une dérive temporelle de moindre ampleur (moins de 10% de la diversité entre les 63 combinaisons lônes x années analysées) qui mérite cependant attention car elle possède un caractère tendanciel ordonné au fil du suivi. En effet, les positions moyennes des années du suivi (axe horizontal, Figure 7.3) se placent dans l'ordre chronologique de 2007 (t+2 après restauration) à 2021 (t+16), à l'exception de l'inversion 2009 / 2011. Cette succession quasi-chronologique traduit un phénomène de changement faunistique tendanciel concernant l'ensemble des lônes suivies. Six espèces contribuent de façon prépondérante à ce changement. Leurs variations temporelles d'abondance sont représentées pour chacune des lônes en Figure 7.4 (trois planches successives).

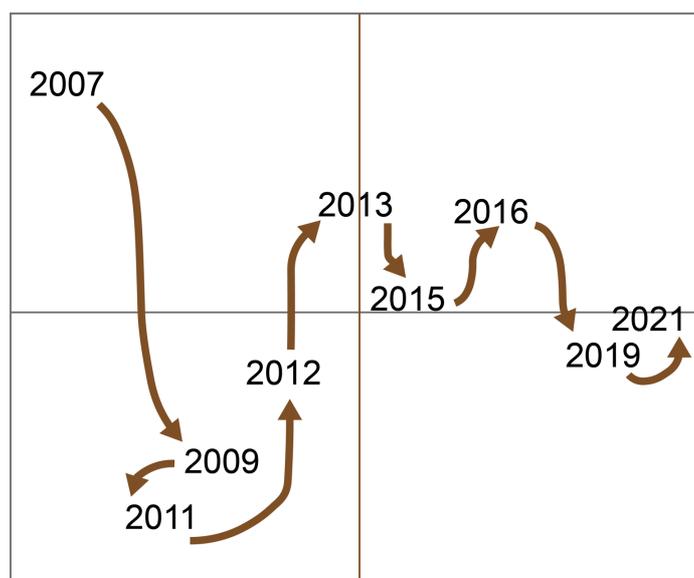


Figure 7.3 – Ordination des 9 dates de suivi de 7 lônes du secteur de Belley (2007-2021) après leur restauration. La position de chaque année représente la moyenne des 7 lônes à la date correspondante. Analyse en Composantes Principales (ACP centrée) inter-années des abondances log-transformées. 1er axe (horizontal) – 33% de l'information, 2ème axe (vertical) – 16% de l'information. A l'exception de l'inversion 2011 / 2009, l'axe horizontal de l'analyse traduit un changement progressif au fil du temps dans la composition globale des communautés. Cet effet temporel demeure mineur (10% de la diversité globale contre 55% pour la variabilité spatiale entre lônes). Il est attribuable principalement aux espèces dont les chroniques temporelles sont représentées en Figure 7.4.

Deux espèces montrent une tendance décroissante marquée (Figure 7.4) :

- **L’Insecte Éphéméroptère *Potamanthus luteus*** a été échantillonnée dans les sept lônes de Belley, mais elle atteint ses abondances maximales à partir de la lône Luisettes et au-delà dans le gradient de connectivité croissante avec le Rhône. A l’exception de la lône d’En l’Île où ses effectifs demeurent stables, l’abondance de *P. luteus* décroît dans les six autres lônes au cours du temps. Cette décroissance est particulièrement significative à Luisettes et Lucey. *P. luteus* est une espèce rhéo-limnophile, typique des zones supérieures des grands cours d’eau. Des déclinés de populations sont documentés en lien avec le colmatage des habitats larvaires par du sédiment fin. Elle est classée sur liste rouge en Allemagne et au Royaume-Uni et comme potentiellement menacée en Suisse. Sa tolérance relative vis-à-vis de la qualité de l’eau conduit à la considérer comme la dernière espèce d’Éphéméroptères typique de grandes rivières de plaines subsistant après la disparition du cortège des espèces plus sensibles (Lubini *et al.*, 2012, Bauernfeind & Soldán, 2012 ; Buffagni *et al.*, 2020). *P. luteus* est considérée comme espèce sensible, à risque lors d’exposition aux pesticides (index SPEAR, Liess & von der Ohe, 2005) mais comme très peu vulnérable vis-à-vis du changement climatique (index CCVS, Hershkovitz *et al.*, 2015).
- **Le Mollusque Gastéropode *Theodoxus fluviatilis*** n’a pratiquement été échantillonné que dans les lônes totalement connectées au fleuve (Chantermerle, Lucey, En l’Île) et donc à courant permanent. Elle établit des effectifs très élevés dans la lône d’En l’Île après sa restauration. Elle disparaît des lônes suivies à Belley à la suite de l’APAVER de 2012 et n’y a pas été retrouvée lors des prospections suivantes. *T. fluviatilis* est une espèce rhéophile également caractéristique des portions supérieures des grands cours d’eau, associée à une bonne qualité de l’eau (Tachet *et al.*, 2010) et très exigeante quant à la qualité du périlithon qu’elle consomme à la surface des galets (Neumann, 1961).

Quatre espèces, dont deux exogènes, montrent une tendance croissante marquée (Figure 7.4) :

- **Le Crustacé Amphipode *Dikerogammarus villosus*** est une espèce exogène originaire de la région Ponto-Caspienne. Il est mentionné pour la première fois dans le Léman en 2002 (Bollache, 2004) et sur le Haut-Rhône français en 2004 dans le Rhône court-circuité de Belley à l’amont de la lône Luisettes (suivi RhonEco). Son expansion en France est bien documentée (Bollache *et al.*, 2004). Il est considéré comme faisant partie des 100 espèces invasives les plus néfastes en Europe de par ses effets négatifs sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes envahis (Pöckl 2009 ; Boets *et al.*, 2010 ; Rewicz *et al.*, 2014). Toutefois, des études plus récentes laissent penser que les effets de cette espèce peuvent varier localement dans leur niveau de nuisance, en fonction de la composition des communautés locales (Gergs *et al.*, 2019 ; Hellmann *et al.*, 2017). A Belley, *D. villosus* est très peu représenté (Béard) ou absent (Moiroud) des lônes les moins connectées. Son abondance croît fortement dans les lônes totalement connectées (Chantermerle, Lucey, En

l'île) et montre des variations plus erratiques, avec une tendance décroissante récente, dans les îlots à connectivité intermédiaire (Luisettes, Fournier).

- **Le Crustacé Isopode *Jaera istri*** est également une espèce exogène originaire de la région Ponto-Caspienne. Mentionnée sur le Bas-Rhône en 2007 (Fayolle-Sanna *et al.*, 2012) et établie en Suisse dans la fin des années 1990 (Bassin du Rhin, Wittenberg, 2006 ; Binderheim, 2021), *J. istri* est l'espèce exogène la plus récemment trouvée dans le secteur de Belley (prélèvements réalisés en 2019). Cette espèce rhéophile et lithophile peut atteindre des densités considérables (17'000 individus/m², Bernauer & Jansen, 2006) et montre d'importantes fluctuations d'abondance. Elle est devenue l'une des espèces dominantes de la faune du Rhin inférieur (Kelleher *et al.*, 2000). L'espèce semble très tolérante vis-à-vis des conditions de milieu et de ses sources de nourriture (Bij de Vaate *et al.*, 2002) mais son écologie demeure mal connue. En Suisse, elle est considérée comme ne constituant pas une menace pour les écosystèmes d'eau douce (Wittenberg, 2006). Rencontrée à des densités très faibles à Béard et Luisette, *J. istri* montre une croissance exponentielle de ses effectifs dans les îlots les plus connectés (Fournier, Chantermerle, Lucey, En l'île) depuis ses premières observations dans le secteur en 2019.
- **L'Insecte Trichoptère *Agapetus sp.*** semble pouvoir majoritairement être rapporté à l'espèce *A. ochripes*, celle-ci étant par ailleurs la seule ayant été échantillonnée au stade adulte dans le secteur de Belley (Marle *et al.*, 2016). Rencontré de façon sporadique et à faible densité dans plusieurs îlots (Luisettes, Fournier, Lucey et En l'île avant 2012), ce taxon montre une croissance importante des densités observées dans les trois îlots les plus connectés (Chantermerle, Lucey, En l'île) après 2012. Dans les deux dernières, les densités sont plus basses en 2021. *A. ochripes* est une espèce rhéo-lithophile racleuse du substrat à la surface des galets et gros graviers (Schmedtje & Colling 1996; Graf *et al.*, 2002). Elle fréquente majoritairement la partie inférieure du rhithron (Graf *et al.*, 2002) et n'est pas considérée comme vulnérable vis-à-vis du changement climatique (index CCVS, Hershkovitz *et al.*, 2015).
- **Le Mollusque Gastéropode *Ancylus fluviatilis*** partage de grandes similitudes d'habitat avec *Theodoxus fluviatilis*, comme la litho-rhéophilie (Schmedtje & Colling 1996) mais possède des exigences beaucoup moins strictes. L'espèce est considérée comme tolérante (Graf *et al.*, 2020), peu spécifique en termes de préférendum thermique (Halle *et al.*, 2016) ou de saprobité (Tachet *et al.*, 2010) et non vulnérable aux pesticides (index SPEAR, Liess & von der Ohe, 2005). Les effectifs de *A. fluviatilis* fluctuent autour d'une moyenne stable à Luisettes et Fournier, mais augmentent dans les trois îlots les plus connectés (Chantermerle, Lucey, En l'île), de façon plus marquée dans les deux premières où une chute des effectifs est par ailleurs très notable lors de l'événement APAVER de 2012, suivi d'une récupération très marquée.

Les changements temporels des peuplements peuvent également être abordés à travers l'examen des principales métriques faunistiques mesurées au cours du suivi (Figure 7.5). L'image globale est celle d'une assez forte hétérogénéité des tendances entre lômes.

La richesse totale est globalement stable à déclinante au cours du temps, à l'exception de la lôme d'En l'île, sans qu'aucune tendance linéaire ne soit significative. Les valeurs les plus élevées sont mesurées dans la lôme Béard.

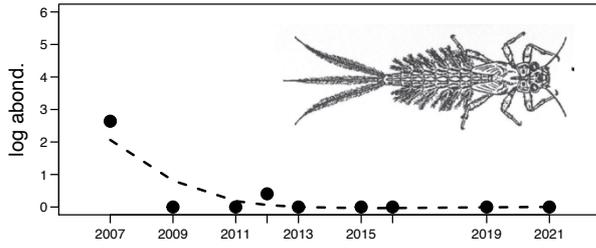
Le pourcentage de l'abondance des peuplements benthiques constitué par **les espèces exogènes** possède, comme observé dans les rapports antérieurs, des tendances temporelles assez erratiques. Les proportions les plus élevées ont été enregistrées dans les lômes de Chantemerle (2013) et d'En l'île (2015). Compte tenu de l'intérêt potentiel pour ces espèces, les chroniques temporelles des onze espèces exogènes les plus abondantes dans les lômes du secteur de Belley sont fournies en annexe.

Les richesses et abondances des **Insectes EPT** montrent des tendances temporelles très contrastées entre lômes. Ces métriques sont globalement croissantes dans les lômes les plus connectées (richesse et abondance à Lucey, richesse à En l'île). La croissance significative de l'abondance des insectes EPT est notable à Lucey dans la mesure où la lôme n'a bénéficié que de l'augmentation du débit réservé, sans modification morphologique. A Béard, richesse et abondance des insectes EPT décroissent au fil du temps. Les niveaux de densité de ces insectes y demeurent les plus élevés pour les sept lômes considérées ici.

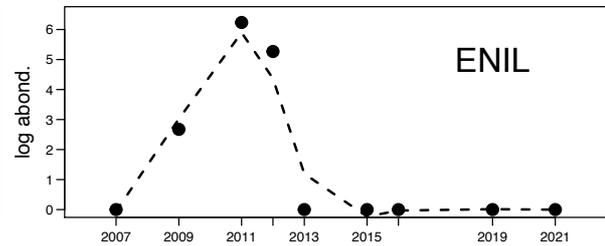
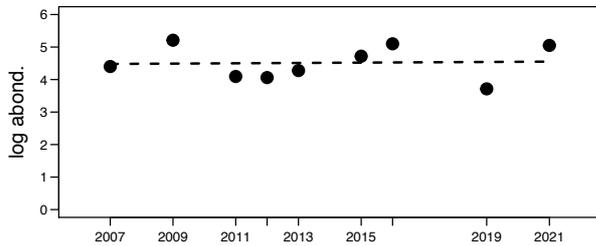
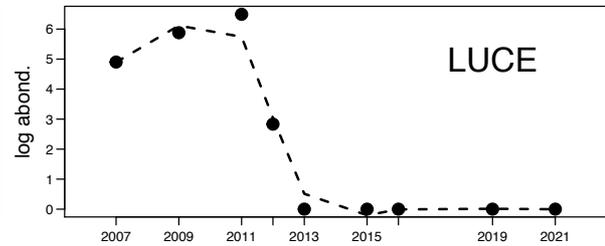
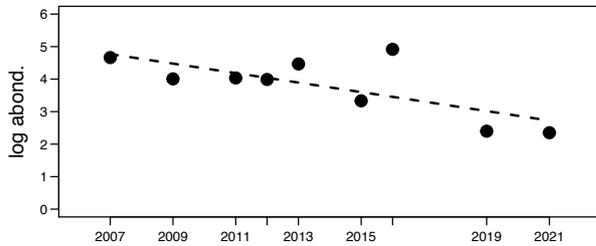
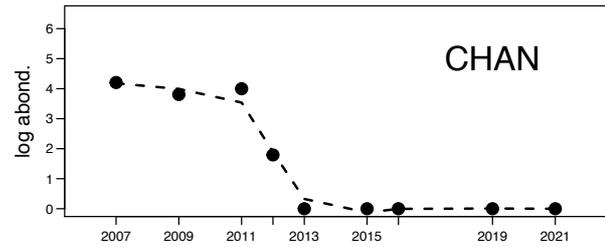
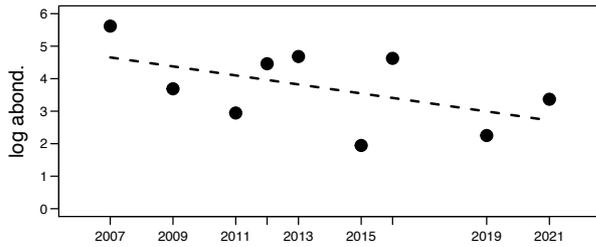
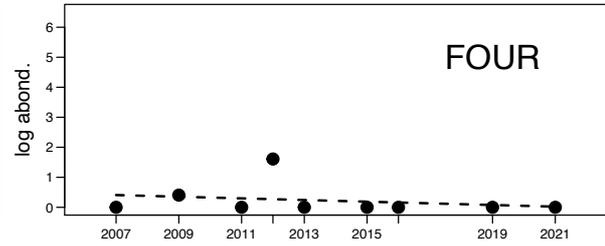
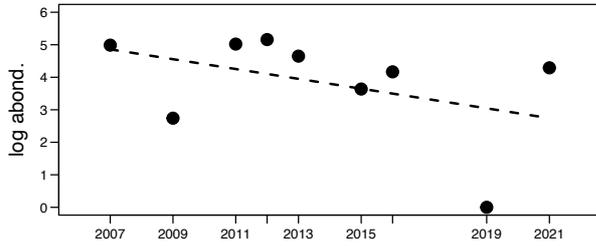
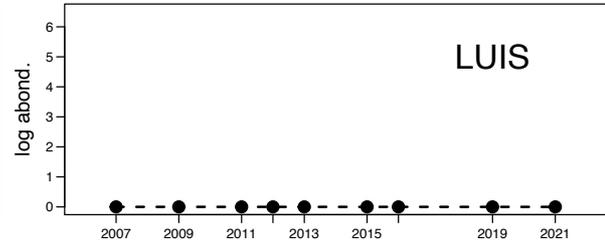
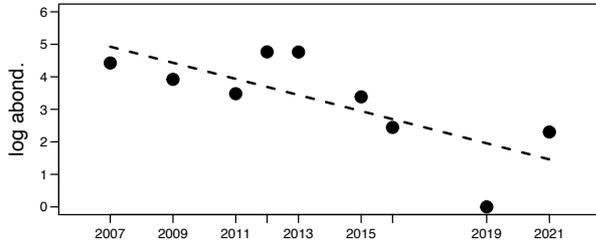
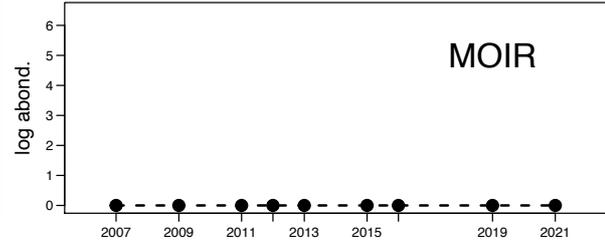
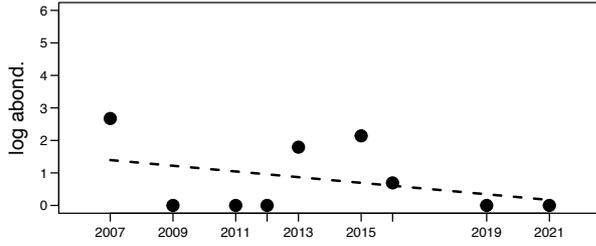
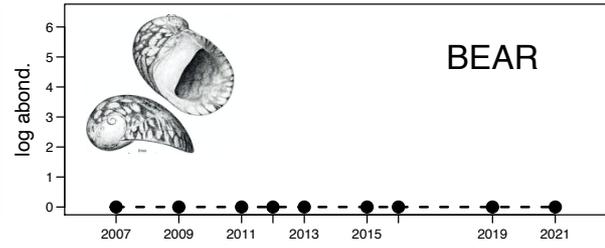
Les richesses et abondances des **Mollusques Gastéropodes** montrent également des tendances temporelles très contrastées entre lômes. Il est notable que dans les lômes situées aux deux extrémités du gradient de connectivité latérale (Béard et l'En l'île), ces deux métriques montrent des tendances croissantes, bien que les espèces impliquées soient très différentes.

Figure 7.4 (Trois planches successives sur les pages suivantes) – Changements temporels (2007 – 2021) de l'abondance des six espèces qui contribuent le plus à la succession temporelle globale des sept lômes suivies dans le secteur de Belley (Figure 3). Les lômes sont ordonnées de haut en bas en fonction de leur fréquence de connexion croissante avec le Rhône (figure 7.1). Les tendances linéaires significatives sont accompagnées du résultat d'un test de corrélation linéaire (rho de Spearman ou r de Pearson en fonction de la normalité des données). Les valeurs d'abondance (nombres d'individus dans 0.75m²) sont transformées en log_e(x+1). Les valeurs sur les axes verticaux correspondent aux effectifs suivants : 1 : 2 ind./ 0.75m² ; 2 : 6 ind./ 0.75m² ; 3 : 19 ind./ 0.75m² ; 4 : 54 ind./ 0.75m² ; 5 : 147 ind./ 0.75m² ; 6 : 402 ind./ 0.75m², en valeurs arrondies à l'entier le plus proche.

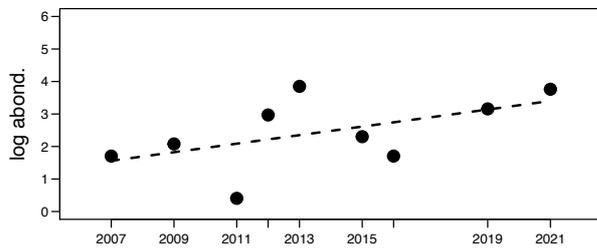
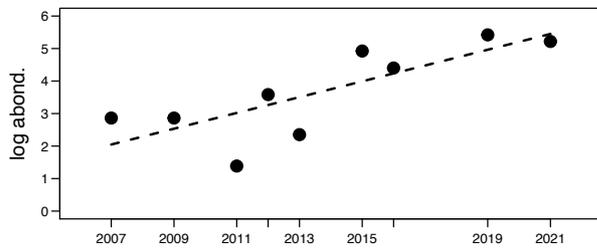
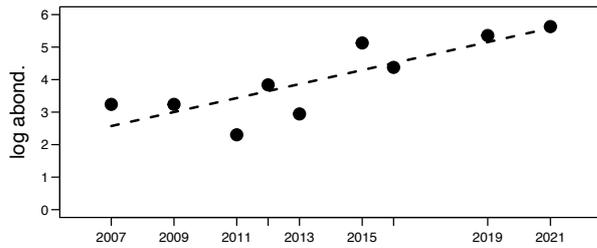
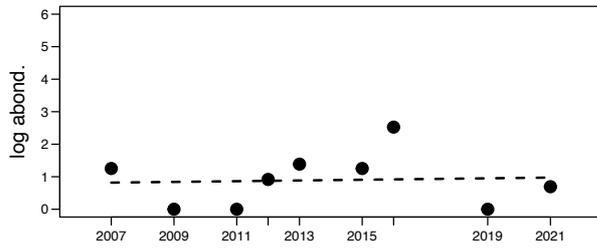
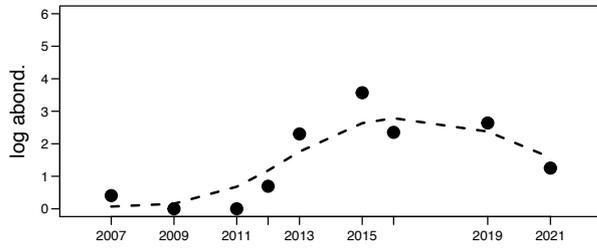
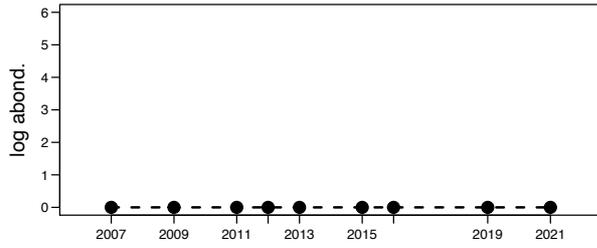
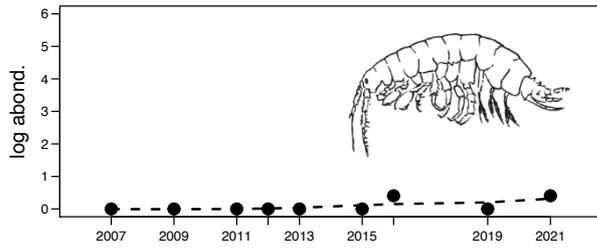
Potamanthus luteus (Ephéméroptère)



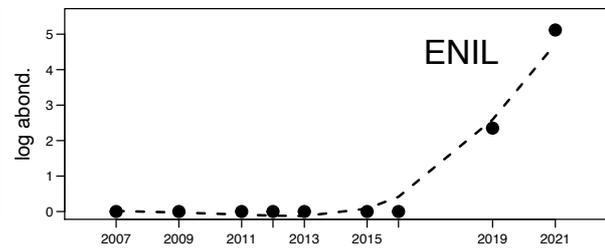
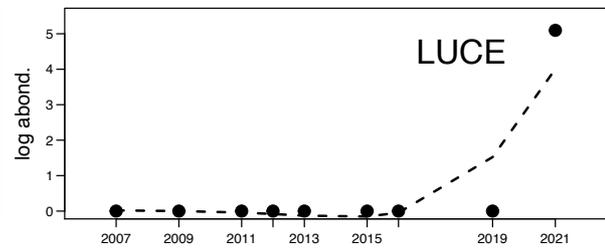
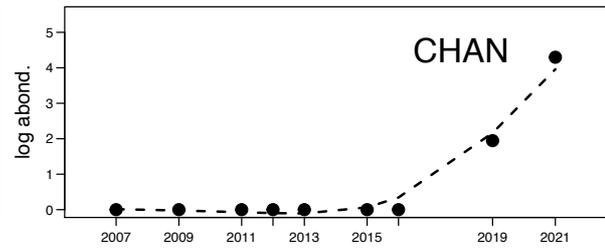
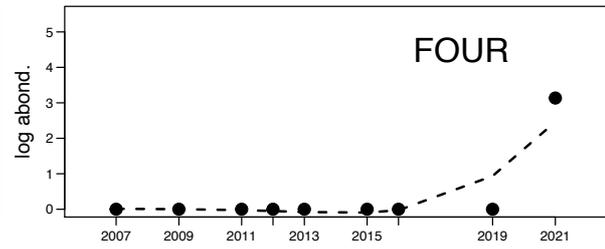
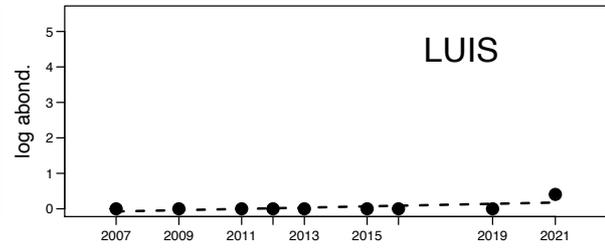
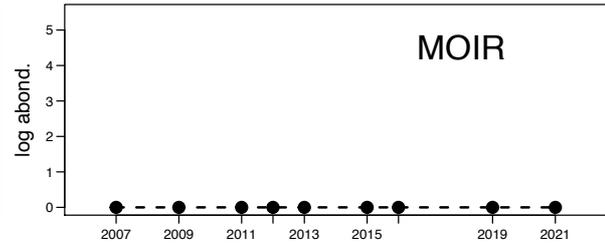
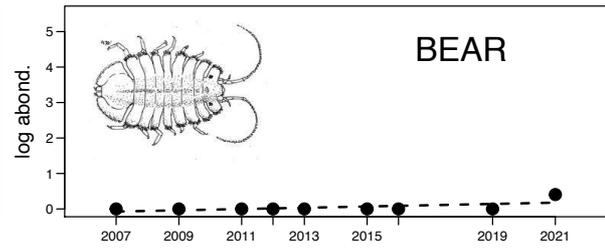
Theodoxus fluviatilis (Gastéropode)



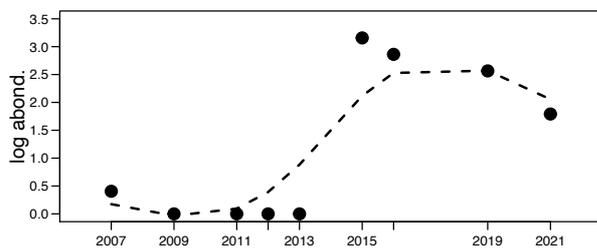
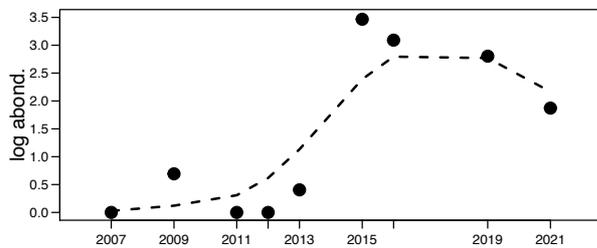
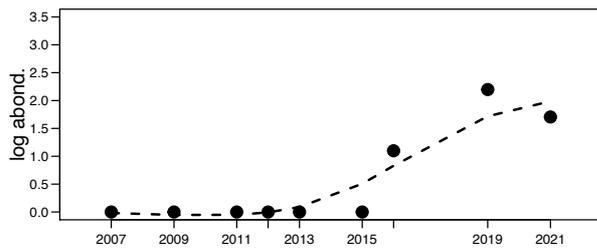
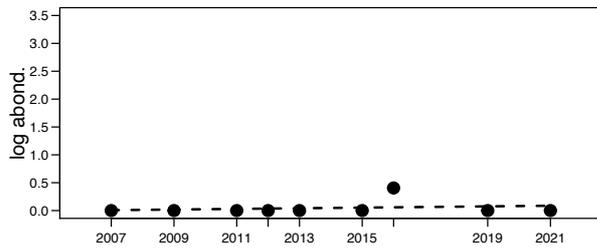
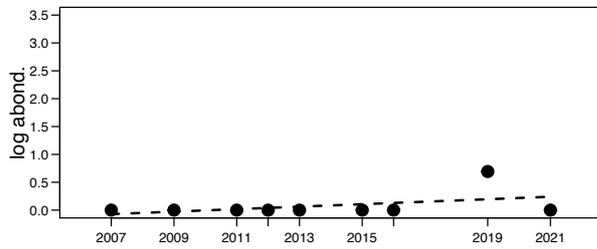
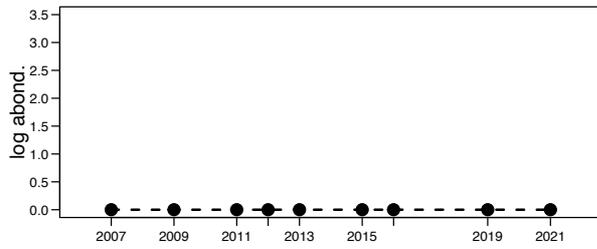
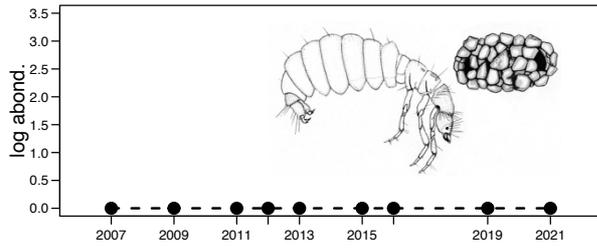
Dikerogammarus villosus (Amphipode)



Jaera istri (Isopode)



Agapetus sp. (Trichoptère)



Ancylus fluviatilis (Gastéropode)

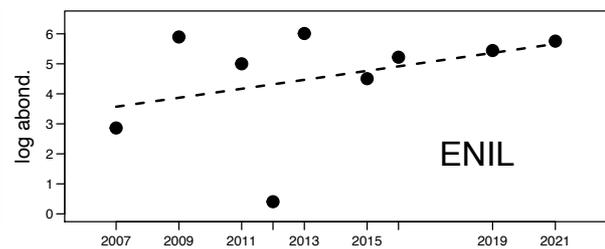
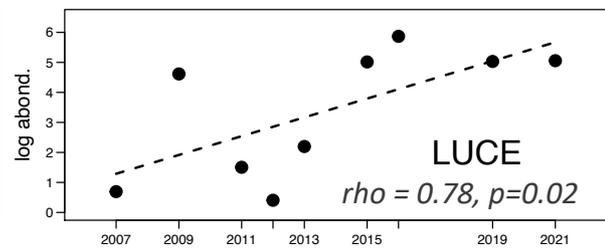
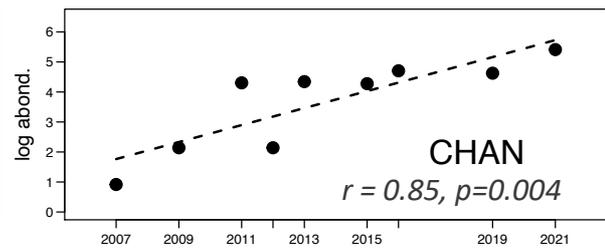
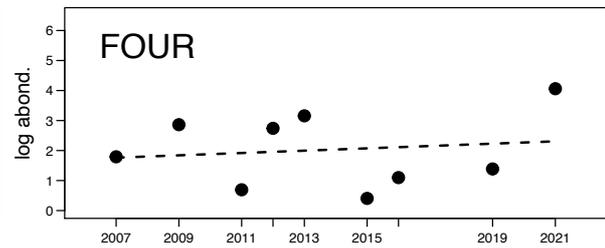
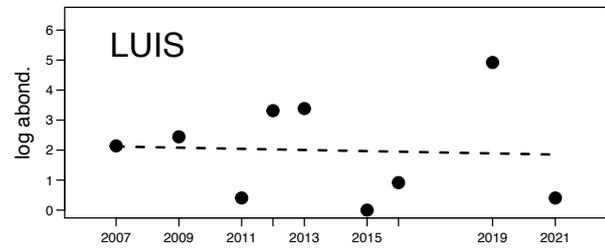
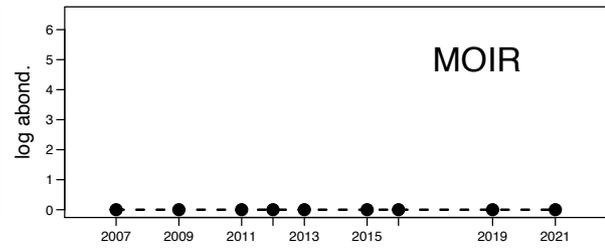
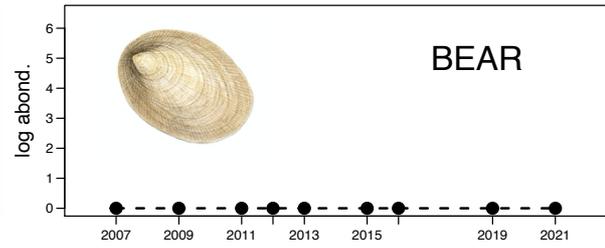


Figure 7.5 (Deux planches successives sur les pages suivantes) – Changements temporels (2007 – 2021) des valeurs de six métriques décrivant l'état des assemblages de macroinvertébrés des sept lônes suivies dans le secteur de Belley :

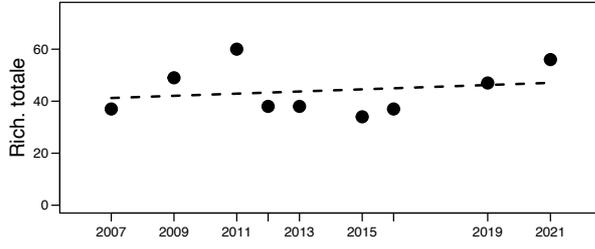
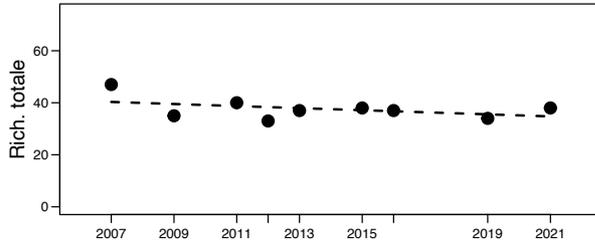
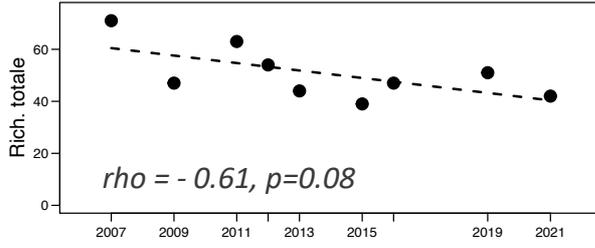
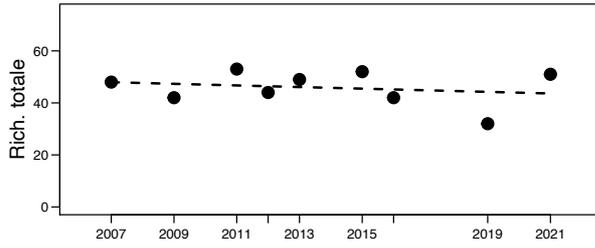
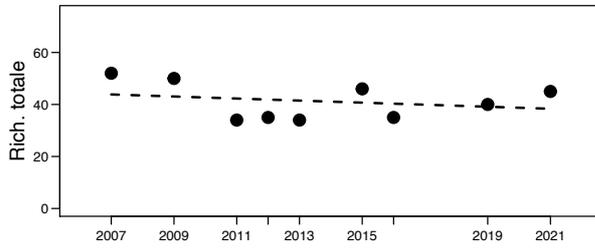
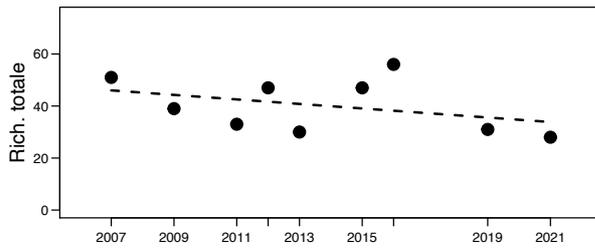
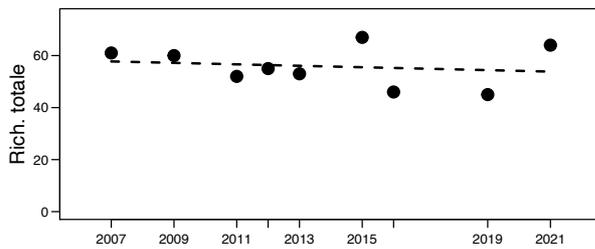
Richesse totale des assemblages (nombre de taxons dans 6 échantillons (3 de printemps, 3 d'été) de 0.25 m²);

Proportion de l'abondance représentée par des individus appartenant à des espèces exogènes (cumul de 6 échantillons (3 de printemps, 3 d'été) de 0.25 m²);

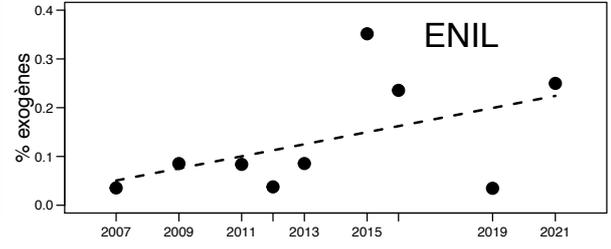
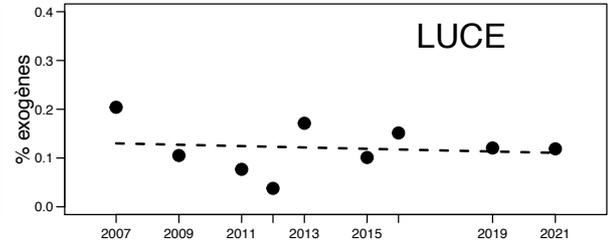
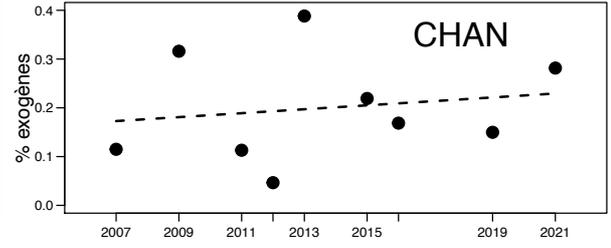
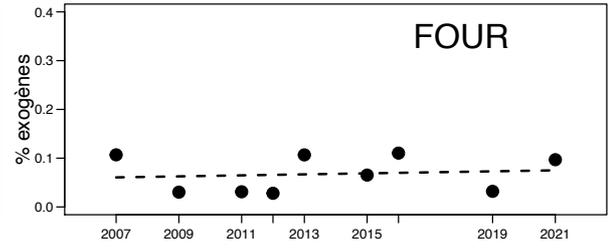
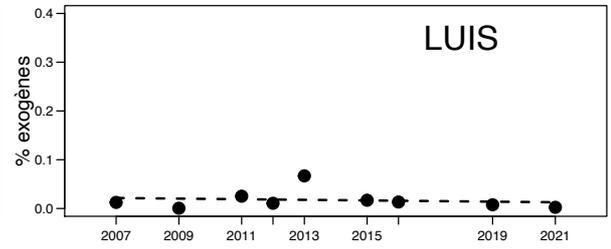
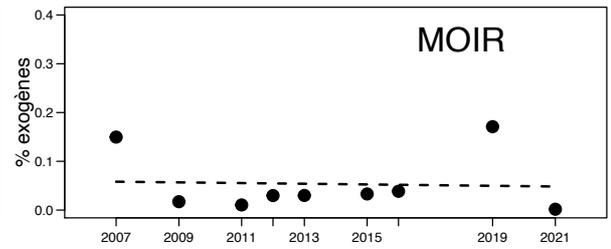
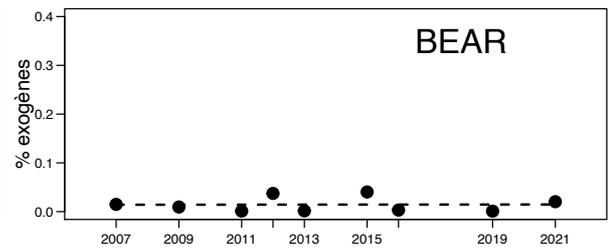
Richesse (nombre de taxons) et abondance pour les Insectes Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères et les Mollusques Gastéropodes. Les valeurs d'abondance (nombres d'individus dans 0.75m²) sont transformées en $\log_e(x+1)$. Les valeurs sur les axes verticaux correspondent aux effectifs suivants : 1 : 2 ind./ 0.75m² ; 2 : 6 ind./ 0.75m² ; 3 : 19 ind./ 0.75m² ; 4 : 54 ind./ 0.75m² ; 5 : 147 ind./ 0.75m² ; 6 : 402 ind./ 0.75m², en valeurs arrondies à l'entier le plus proche.

Les lônes sont ordonnées de haut en bas en fonction de leur fréquence de connexion croissante avec le Rhône (figure 7.1). Les corrélations linéaires significatives ($p \leq 0.05$) ou proches de la significativité ($0.05 < p < 0.1$) sont indiquées avec la valeur du coefficient employé (r de Pearson ou rho de Spearman en fonction de la normalité des données).

RICHESSE TOTALE

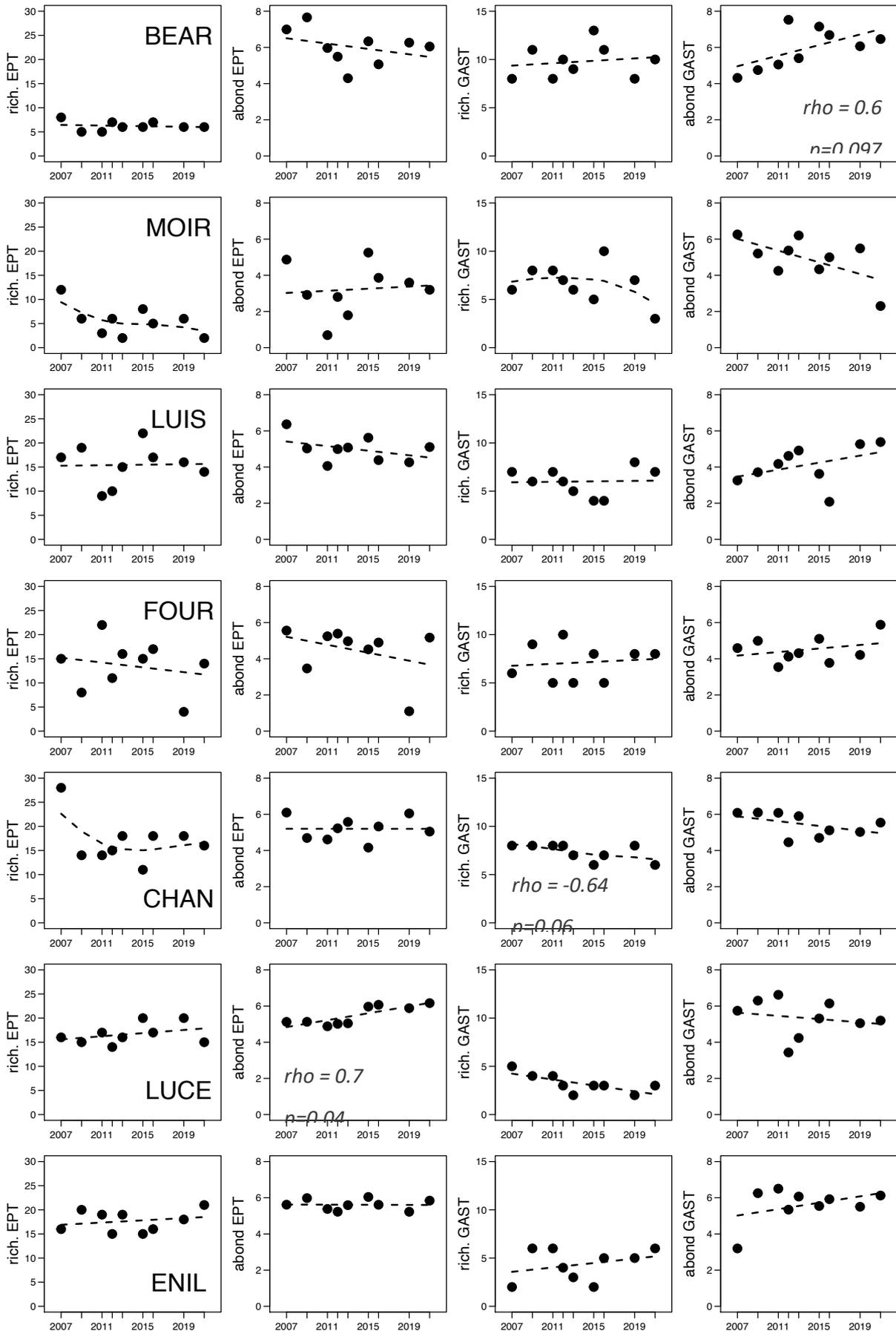


% ABONDANCE EXOGENE



INSECTES EPT – Richesse et abondance

GASTEROPODES - Richesse et abondance



7.4 Conclusions.

a. Les peuplements d'invertébrés benthiques des sept lônes suivies dans le secteur de Belley après sa restauration en 2005 indiquent **un gradient typique de condition d'habitat** et de diversité biologique en zone alluviale. La restauration du secteur a amplifié cette diversité qui se maintient à l'échelle de la période analysée (2007 – 2021).

b. En conditions de plus **faible connectivité latérale**, la lône Béard est un « hotspot » de diversité biologique à l'échelle du secteur (cortège spécifique de taxons propres peu ou pas représentés à des connectivités plus élevées, 5 des 6 métriques de richesse et d'abondance y atteignant leur valeur maximale, faible représentation des espèces exogènes).

c. En conditions de **connectivité latérale maximale** (permanente), les lônes de Chantemerle, Lucey et En l'Île jouent leur rôle d'habitat préférentiel pour un nombre élevé de taxons appartenant au groupe des insectes EPT. Leur richesse régulièrement croissante dans la lône de Lucey est un bon indicateur de ce processus. En l'Île, lône rétablie dans sa connexion permanente par la restauration de 2005, a bien vu, jusqu'à l'événement APAVER de 2012, un établissement rapide du Gastéropode *Theodoxus fluviatilis* qui peut être considéré comme indicateur de conditions potamiques optimales. Ces lônes sont également les plus influencées par les flux d'espèces exogènes dispersées majoritairement par le cours principal de fleuve. Ces éléments font apparaître que ces annexes totalement connectées sont les plus directement sensibles aux changements se produisant dans le cours principal du fleuve et que, *a contrario*, les milieux plus déconnectés possèdent une sensibilité plus faible vis-à-vis de telles modifications ou perturbations.

d. Les lônes à **connectivité latérale intermédiaire** (Moiroud, Luisettes, Fournier) témoignent de la diversité d'habitat et de peuplements pouvant être générée par des différences de fréquence de connexion amont. Comme le montre l'examen des tendances temporelles des métriques biologiques, cette hétérogénéité inter-lônes n'est pas statique, mais elle entraîne également des différences de dynamique au cours du temps et donc, très vraisemblablement, une hétérogénéité de modes de fonctionnement hydro-sédimentaires et écologiques. Dans ce groupe de lônes, Fournier, apparaît comme un autre type de « hotspot » avec des peuplements peu abondants mais très diversifiés (équilibre plus grand entre les abondances relatives des différents taxons).

e. Sur la période étudiée, **les chroniques temporelles** font apparaître trois types de tendances :

i) des variations « erratiques » difficilement interprétables dans l'état actuel des connaissances et qui concernent essentiellement les espèces exogènes,

ii) des tendances « progressives » qui se manifestent sur l'ensemble de la période à travers plusieurs métriques, de façon souvent hétérogène entre lônes et pour lesquelles les interprétations peuvent être multiples. Peuvent être soulignés :

- la décroissance globale de l'Ephéméroptère *Potamanthus luteus* qui peut être vue comme témoignant d'une dégradation qualitative de l'habitat potamique, sans que plus de précisions puissent être apportées,
- la croissance d'espèces exogènes très « actives » connues pour leur expansion globale à l'échelle européenne (*D. villosus*, *J. istri*, *D. rostriformis bugensis*),
- des phénomènes successionnels enclenchés par la restauration, comme la croissance des peuplements de Mollusques Gastéropodes à Béard (atterrissement progressif et développement de la végétation aquatique), mais aussi à En l'île où ce phénomène peut être interprété comme un signe de l'obturation progressive de la lône par évolution du bouchon sédimentaire amont.

iii) des variations plus abruptes qui affectent les sites les plus connectés au fleuve et dont le type est la disparition du Gastéropode *Theodoxus fluviatilis* après l'événement APAVER de 2012. La croissance, consécutive à cet événement et dans les mêmes sites, des taxons *Agapetus cf ochripes* et *Ancylus fluviatilis* qui occupent le même habitat et possèdent le même mode d'alimentation que *T. fluviatilis*, permet d'avancer l'hypothèse que l'effet, même temporaire, de la modification des conditions sédimentaires consécutive à l'APAVER, ont pu avoir des conséquences relativement marquées sur le fonctionnement des annexes concernées, via la compétition interspécifique et la sensibilité différentielle des espèces vis-à-vis de contraintes environnementales.

8. Assemblages de poissons dans les lônes

L'objectif principal de la réhabilitation écologique des lônes est de recréer des annexes fluviales dans une plaine alluviale. L'endiguement et l'aménagement hydroélectrique du fleuve ont eu pour conséquence une restriction de la connectivité hydrologique des bras avec le chenal, entraînant leur évolution vers un atterrissement progressif. Dans un système naturel, ces annexes participent au fonctionnement écologique du fleuve en ajoutant des fonctionnalités complémentaires de celles du chenal courant : production primaire plus importante, épuration naturelle des eaux... 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.

La réhabilitation des annexes fluviales du Rhône a privilégié d'une part la reconnexion de bras secondaires et d'autre part la reconnexion et le dragage d'annexes connectées par l'aval en dehors des épisodes de crue (lônes de type « parapotamon »).

Le suivi de la faune piscicole des lônes comprend :

- **Haut-Rhône** (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon) :
 - bras secondaires : Anse de Yenne, lône Vachon, lône des Cériseurs, lône Mattant
 - bras connectés par l'aval (parapotamons) : lône du Brotalet, lône Moiroud, lône des Molottes, lône du Ponton ;
- **Rhône-Moyen et Bas-Rhône** (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Donzère-Mondragon) :
 - bras secondaires : lône de Ciselande, lône de la Platière, lône du Noyer Nord, lône du Noyer Sud, lône de la Boussarde, lône de la Grange écrasée, lône des Dames, lône du Banc Rouge
 - bras connectés par l'aval (parapotamons) : lône de Jaricot, Lône de l'Ilon,
 - « Casiers Girardon » : lône de la Désirade

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.

En 2021, les échantillonnages par pêches électrique ont été réalisés du 23 Août au 9 décembre (Tableau 8.1). De manière générale, 25 points de pêche (E.P.A) sont réalisés dans chaque lôme, en bateau ou à pied selon les modalités d'accès à la lôme. Dans les lômes de grandes dimensions, le nombre de points de pêche peut être porté à 50.

Depuis quelques années, deux lômes du secteur de Brégnier-Cordon, la lôme des Molottes (depuis 2014) et la lôme du Ponton (depuis 2017) se déconnectent progressivement du chenal principal du fait de la formation d'un bouchon alluvial à leurs extrémités aval (Figure 8.1). Un débit minimum est désormais nécessaire pour pouvoir naviguer dans ces deux lômes et les échantillonner correctement. L'étiage prolongé de cet automne nous a contraint à repousser les pêches au 9 décembre 2021.

Dans le but de confirmer les premiers résultats encourageants obtenus post-restauration en 2020 pour les bras secondaires du Bas-Rhône il a été décidé de les échantillonner à nouveau cette année.

Tableau 8.1 - Dates d'échantillonnage et efforts d'échantillonnage (nombre d'échantillons ponctuels d'abondance E.P.A) pour les 12 lômes échantillonnées en 2021. Les deux pêches de la lôme des Molottes et de la lôme du Ponton effectuées tardivement sont notifiées en orange.

Secteurs	Lômes	Dates	Nb Points
Chautagne	Lôme du Brotalet	23/08/2021	25
Belley	Lôme Moiroud	14/09/2021	25
	Anse de Yenne	14/09/2021	25
Brégnier-Cordon	Lôme Vachon	27/08/2021	25
	Lôme des Cerisiers	15/09/2021	25
	Lôme des Molottes	09/12/2021	25
	Lôme Mattant	15/09/2021	25
	Lôme du Ponton	09/12/2021	25
Donzère-Mondragon	Lôme de la Grange Ecrasée	21/09/2021	40
	Lôme des Dames	22/09/2021	46
	Banc Rouge	20/09/2021	50
	Lôme de de la Désirade	20/09/2021	50



Figure 8.1 - Planche photos de la connexion aval de la lône du Ponton en octobre 2021 mettant en évidence la faible connectivité de la lône avec le chenal principal.

8.1 Résultats

8.1.1 Haut-Rhône

En 2021, les effectifs échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône ont été extrêmement faibles dans quasiment toutes les lômes. Les effectifs échantillonnés sont les plus faibles ou parmi les plus faibles de toute la chronique depuis la restauration des lômes à l'exception de la lôme Vachon (78 individus) (Figures 8.2 et 8.3). La lôme des Molottes et la lôme du Ponton ont été échantillonnées tardivement (9 décembre 2021) et le nombre d'individus pêchés dans ces deux lômes a été extrêmement faible (respectivement 20 et 5) (Tableau 8.2). Ces faibles effectifs peuvent s'expliquer par le fait qu'à cette période de l'année, la température de l'eau avoisine les 6°C, les poissons réduisent leur activité et se regroupent dans les zones les plus profondes, de plus le débit était relativement important au moment de la pêche (~ 460 m³/s⁻¹ dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon) compliquant ainsi leur capture.

Tableau 8.2 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2021. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

	Lôme du Brotalet	Lôme Moiroud	Anse de Yenne	Lôme Vachon	Lôme des Cerisiers	Lôme Mattant	Lôme des Molottes	Lôme du Ponton	Total
BAF	0	0	1	7	2	1	0	0	11
BLE	0	0	0	1	0	0	0	0	1
BOU	0	0	0	0	0	0	3	2	5
BRO	4	2	0	0	0	0	0	0	6
CHE	8	0	1	49	4	8	10	0	80
EPI	0	0	0	0	10	0	0	0	10
GAR	0	0	0	1	11	0	0	0	12
GOU	6	0	3	13	6	3	0	0	31
LOF	0	0	2	0	6	0	0	0	8
PCH	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PER	2	0	0	1	0	2	0	0	5
PES	4	0	0	1	0	0	2	0	7
PSR	1	0	0	0	2	0	3	0	6
ROT	0	4	0	0	0	0	1	0	5
SIL	0	0	1	2	0	1	0	0	4
SPI	0	0	0	2	0	0	0	0	2
TAN	7	1	0	0	9	0	1	2	20
TRF	0	0	0	0	0	1	0	0	1
VAI	2	0	0	0	1	0	0	0	3
VAN	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	34	7	8	78	51	16	20	5	219
Nb espèces	8	3	5	10	9	6	6	3	20

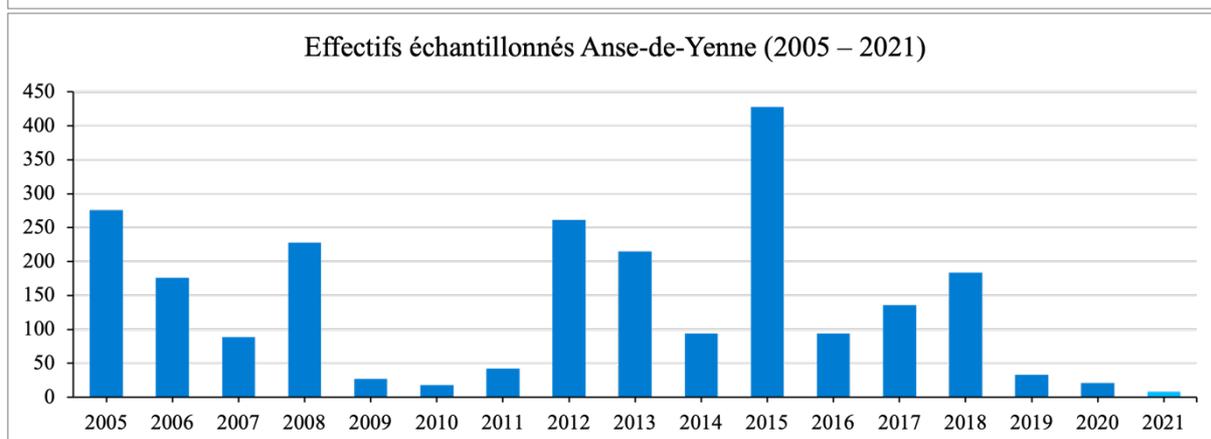
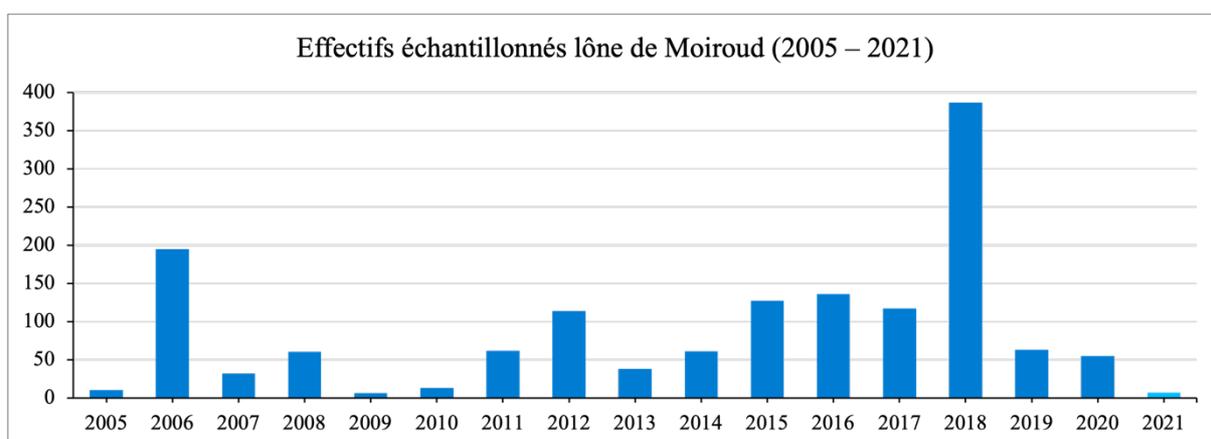
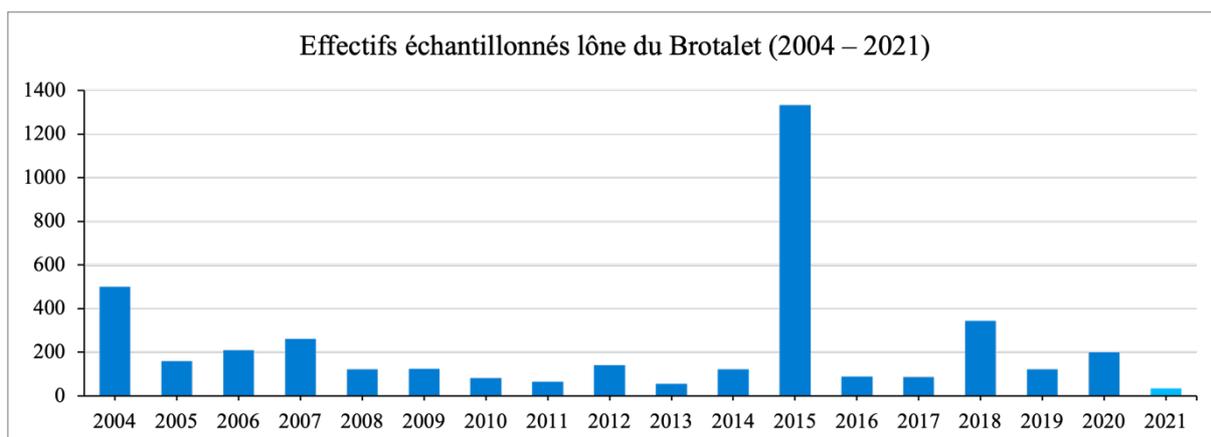


Figure 8.2 – Effectifs échantillonnés depuis la réhabilitation des lônes du secteur de Brégner-Cordon (effort d'échantillonnage 25 E.P.A par date et par station).

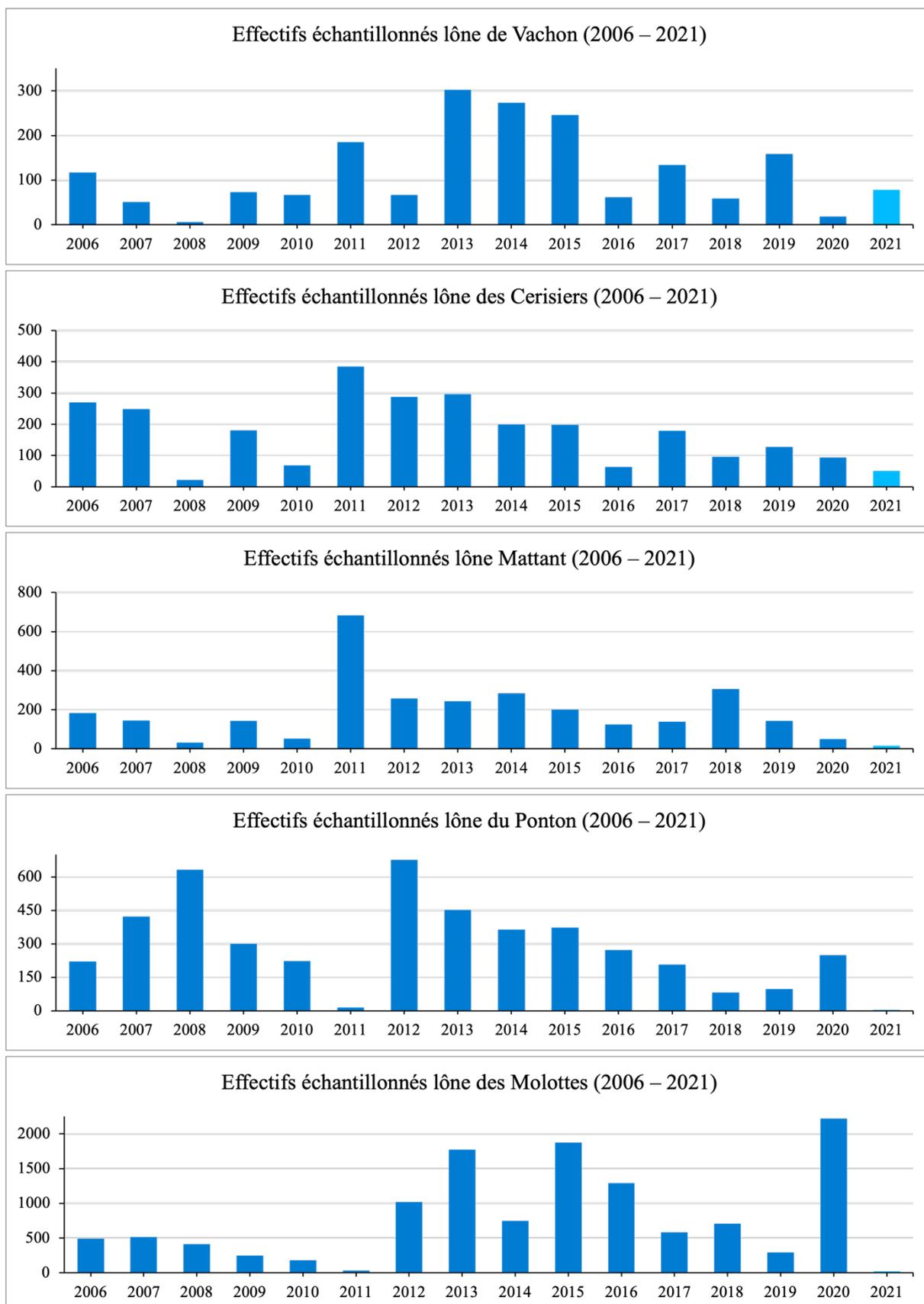


Figure 8.3 - Effectifs échantillonnés depuis la réhabilitation des lômes des secteurs de Brégner-Cordon (effort d'échantillonnage de 25 E.P.A par date et par station).

Les bras secondaires courants : Anse de Yenne, Vachon, Cerisiers et Mattant abritent généralement des espèces trouvées également dans le Vieux-Rhône, comme le chevaine, le goujon, le barbeau fluviatile, la loche franche, le vairon, la vandoise, l'ablette, le spirilin, la truite fario et le chabot (Annexe 8.1). En 2021, les effectifs échantillonnés sont très faibles dans l'Anse de Yenne (8 individus) et la lône de Mattant (16) et sont faibles pour les lônes Vachon (78) et des Cerisiers (51). Cinq espèces ont été recensées dans l'Anse de Yenne : le barbeau fluviatile, le chevaine, le goujon, la loche franche et le silure glane (Annexe 8.1). Dix espèces ont été recensées dans la lône de Vachon, les espèces les plus représentées sont le chevaine (62,8% des effectifs échantillonnés, soit 49 individus) et le goujon (16,7%, soit 13 individus) (Annexe 8.1). Dans la lône des Cerisiers 9 espèces ont été rencontrées, le gardon, la tanche et l'épinoche sont les espèces les plus représentées (respectivement 21,6%, 17,6% et 16,6% des effectifs échantillonnés) (Annexe 8.1). Dans la lône de Mattant, 6 espèces ont été recensées, le barbeau fluviatile, le chevaine, le goujon, la perche fluviatile, le silure glane et la truite fario (1 individu de 37,2 cm) (Annexe 8.1).

Depuis leur restauration, les proportions de juvéniles de l'année (0+) sont relativement importantes dans ces annexes. En 2021, aucun juvénile de l'année n'a été échantillonné dans l'Anse de Yenne. Les proportions de juvéniles diffèrent entre les 3 autres bras secondaires, elle est très faible pour la lône Vachon (3,8%) et proche de la moyenne observée, depuis la restauration de ces annexes en 2006, pour la lône des Cerisiers (43,1%) et la lône Mattant (31,3%) (Tableau 8.3).

Dans les 3 lônes de type « parapotamon » (Brotalet, Molottes et Ponton) et dans la lône Moiroud, les effectifs échantillonnés en 2021 ont été très faibles (Annexe 8.2). Aucun juvénile de l'année n'a été échantillonné dans la lône Moiroud en 2021. Pour les 3 autres annexes, les proportions de juvéniles restent élevées mais les effectifs échantillonnés sont tellement faibles qu'il n'est pas possible de les comparer aux données des années antérieures (Tableau 8.3).

Les faibles effectifs échantillonnés en 2021, et notamment les juvéniles de l'année, dans les lônes du Haut-Rhône sont probablement dû à l'impact de la crue de juillet et aux fortes amplitudes de variations de débits liées aux opérations de maintenance des groupes des usines du Haut-Rhône. Ces deux événements concomitants sont sans doute à l'origine du faible succès de reproduction observé en 2021.

Tableau 8.3 - Evolution 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 phytophiles 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	2019	2020	2021	Moyenne
Lône du Brotalet	Effect. total	500	160	210	262	121	125	82	64	140	55	123	1334	90	86	345	121	199	34	225
	%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%	12,4%	4,5%	41,2%	25,0%
	% 0+	66,0%	56,0%	80,0%	90,0%	79,0%	98,0%	67,1%	100,0%	50,0%	76,0%	97,6%	89,2%	93,3%	87,2%	89,0%	93,4%	88,4%	70,6%	81,7%
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	63	55	7	87
	%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%	39,7%	16,4%	100,0%	27,2%
	% 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%	27,0%	81,8%	0,0%	43,8%
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	33	21	8	138
	%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%	18,2%	4,8%	62,5%	13,8%
	% 0+	-	92,0%	93,0%	24,0%	41,0%	70,0%	61,1%	59,0%	59,0%	48,0%	81,9%	49,5%	51,1%	70,6%	47,8%	54,5%	85,7%	0,0%	58,1%
Lône de Chantemerle	Effect. total	-	-	192	56	25	22	135	3	330	281	-	-	-	-	-	-	-	-	131
	%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	159	18	78	112
	%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%	4,4%	11,1%	2,6%	12,5%
	% 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%	7,5%	55,6%	3,8%	34,2%
Lône des cerisiers	Effect. total	-	-	425	248	22	180	68	385	287	296	199	198	63	179	96	128	94	51	182
	%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%	12,5%	1,1%	60,8%	13,1%
	% 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%	19,5%	42,6%	43,1%	40,5%
Lône Mattant	Effect. total	-	-	76	145	31	143	53	683	258	243	284	202	125	138	305	143	49	16	181
	%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%	4,9%	20,4%	12,5%	11,1%
	% 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%	2,1%	53,1%	31,3%	32,9%
Lône des Molottes	Effect. total	-	-	68	513	411	246	180	35	1016	1772	748	1875	1292	584	708	293	2220	20	749
	%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%	69,6%	16,0%	25,0%	33,8%
	% 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%	68,3%	84,2%	45,0%	78,5%
Lône du Ponton	Effect. total	-	-	201	421	632	300	222	14	676	355	363	372	272	208	82	96	249	5	279
	%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%	87,5%	36,9%	40,0%	49,2%
	% 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%	79,2%	73,5%	60,0%	79,5%

8.1.2 Bas-Rhône : Secteur de Donzère-Mondragon

Le suivi réalisé en 2021 a concerné 4 îlons (Figure 8.4) :

- la îlon de la Désirade dans le cadre de l'acquisition de données pré-restauration,
- les îlons du Banc Rouge, de la Grange Écrasée, des Dames pour une deuxième campagne d'échantillonnage post-restauration. La réhabilitation de ces îlons a consisté au démantèlement des digues et épis « Girardon » pour permettre le re-créusement du talweg initial et la création de bras secondaires courants.

L'échantillonnage dans la îlon de la Désirade concerne les deux plans d'eau (casiers Girardon) de part et d'autre du passage à gué, il s'agit de milieux totalement lenticques.



Figure 8.4 - Photos satellites (2021) des îlons du Bas-Rhône : La îlon de la Grange écrasée, la îlon des Dames, la îlon du Banc rouge et la îlon de la Désirade.

Lône de la Grange écrasée et lône des Dames

Les travaux de restauration de ces lônes ont débuté fin 2017 pour s'achever au printemps 2019. Cela a donné lieu à la création de deux bras secondaires courants connectés au Rhône à leurs deux extrémités ont été réhabilités. Ces deux lônes ont été échantillonnées dès l'année suivante (2020) et les résultats ont mis en évidence une recolonisation rapide de ces annexes par les poissons.

En 2021, 483 individus ont été échantillonnés dans la lône de la Grange écrasée (1302 individus en 2020). 17 espèces ont été recensées, le hotu (29% des effectifs, soit 140 individus), le gardon (25,9% des effectifs, soit 125 individus), le chevaine (16,4% des effectifs, soit 79 individus), l'ablette (9,3% des effectifs, soit 45 individus) sont les espèces les plus représentées dans les pêches de 2021. Les abondances de spiralin et de barbeau fluviatile ont été relativement faibles (~ 3% des effectifs échantillonnés, soit une quinzaine d'individus). En 2020, les effectifs d'ablettes échantillonnés étaient très importants (425 individus), en 2021 seulement 45 individus ont été pêchés (Annexe 8.3 et Tableau 8.4).

La proportion de juvéniles est très faible, seulement 8,1% des individus pêchés en 2021 (contre 33,2% en 2020) (Tableau 8.4). Ce bras secondaire courant abrite essentiellement des individus de classes de tailles intermédiaires (Figure 8.5), notamment pour des espèces telles que l'ablette, le hotu, le gardon et le chevaine.

Dans cette lône courante (chenal secondaire), la proportion d'espèces d'eau courante après réhabilitation est relativement élevée (42,2% en 2020 et 41,2% 2021). L'ablette en 2020 (77% des effectifs d'espèces d'eau courante) puis le hotu en 2021 (70%) sont les espèces qui contribuent le plus à cette métrique.

Tableau 8.4 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Donzère-Mondragon en 2021. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu. Deux variables supplémentaires sont renseignées, l'abondance relative des espèces phytophiles et litho-phytophiles (espèces utilisant exclusivement ou non un substrat végétal comme support de ponte) et le pourcentage de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons pour chaque lône.

	Lône de la Grange écrasée	Lône des Dames	Lône du Banc-Rouge	Lône de la Désirade	Total
ABL	45	20	30	3	98
ANG	2	0	1	0	3
BAF	14	22	9	0	45
BOU	5	0	0	12	17
BRB	36	1	0	1	38
BRE	1	2	0	48	51
CGO	0	0	1	13	14
CHA	1	0	3	0	4
CHE	79	226	52	28	385
GAM	0	0	1	0	1
GAR	125	49	0	34	208
GOU	8	9	8	1	26
GRE	1	0	0	0	1
HOT	140	3	4	8	155
LOF	1	6	19	0	26
PER	0	0	0	3	3
PES	2	3	2	65	72
PSR	4	14	23	75	116
ROT	0	0	0	3	3
SAN	0	0	0	1	1
SIL	0	1	0	0	1
SPI	17	14	1	0	32
TAN	0	0	0	1	1
VAI	2	4	9	0	15
Total	483	374	163	296	1316
Nb. Esp	17	14	14	15	
% Esp Phyto Litho-phyto	43,89%	22,99%	33,13%	61,15%	
% Juv	18,6%	65,0%	22,7%	8,1%	

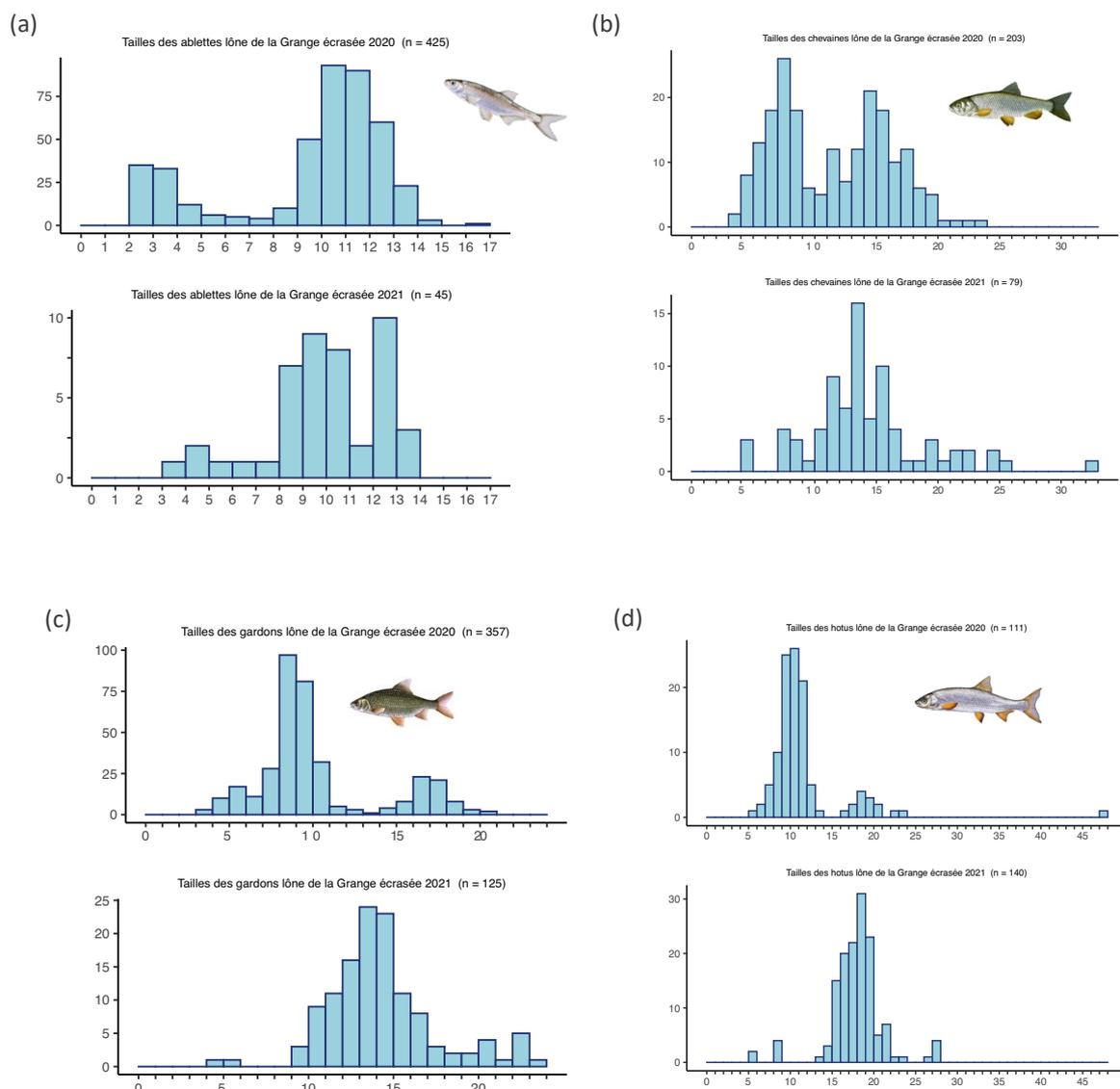


Figure 8.5 - Distribution en classe de tailles centimétriques des ablettes (a), des chevaines (b), des gardons (c) et des hotus (d) échantillonnés dans la lône de la Grange écrasée en 2020 et 2021.

Les effectifs échantillonnés dans la lône des Dames en 2021 (374 individus) sont du même ordre de grandeur qu'en 2020 (420 individus). 14 espèces ont été recensées. Les effectifs de chevine ont été très importants (60,4% des, soit 226 individus, soit 60,4% des captures). Parmi les autres espèces, le gardon (13,1%, soit 49 individus), l'ablette et le barbeau fluviatile (5-6%, soit une vingtaine d'individus) sont les espèces les mieux représentées dans les échantillons (Annexe 8.3).

La proportion de juvéniles de l'année a été faible (22,7%) et largement dominée par le chevine puis dans une moindre mesure par l'ablette et le barbeau fluviatile (Tableau 8.4). Les individus qui colonisent cette lône sont plutôt de tailles intermédiaires (Figure 8.6).

La proportion d'espèces d'eau courante est bien plus faible que dans la lône de la Grange écrasée en lien avec les faibles effectifs d'ablettes, de barbeaux fluviatiles et de hotus (Annexe 8.3).

Les résultats obtenus en 2021, confirment ceux de 2020, ces deux bras courants sont des habitats propices pour les individus de tailles intermédiaires qui y trouvent probablement des conditions de développement plus favorables que dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon.

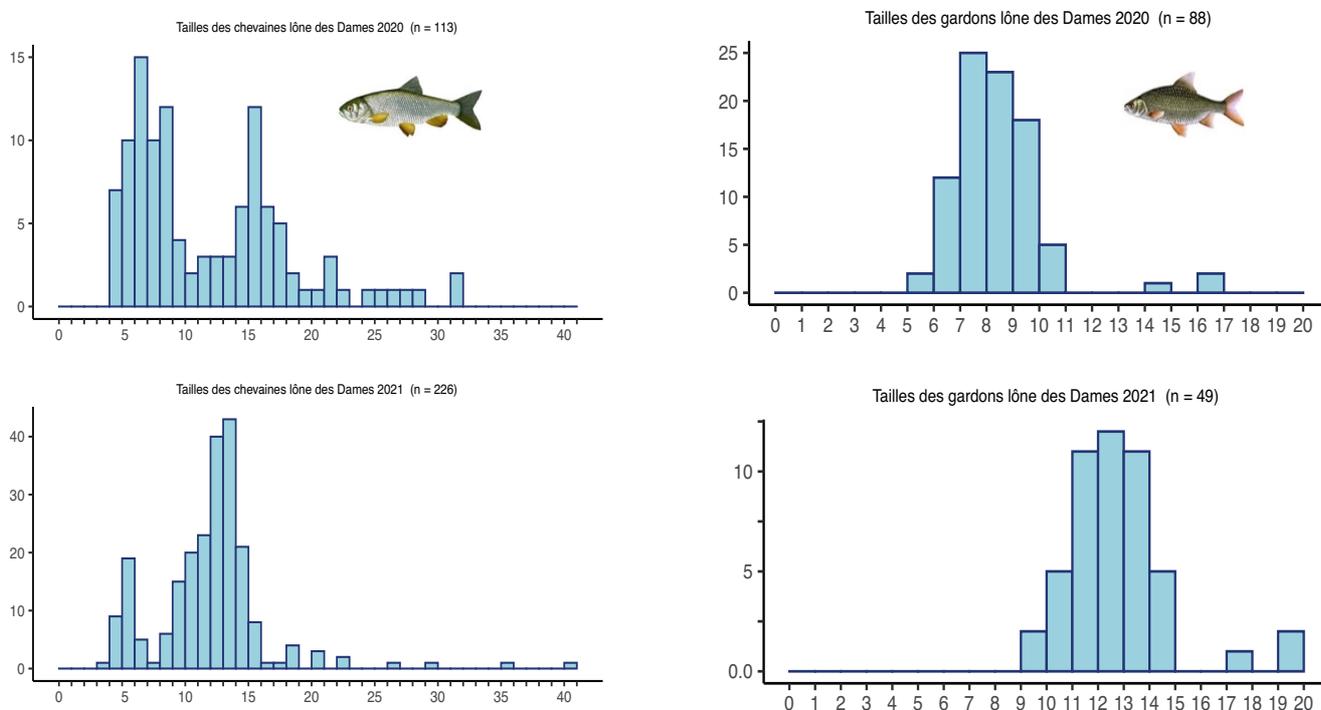


Figure 8.6 - Distribution en classe de tailles centimétriques des chevaines (à gauche) et des gardons (à droite) échantillonnés dans la lône des Dames en 2020 et 2021.

Lône du Banc Rouge

163 individus ont été échantillonnés en 2021 (602 individus en 2020), une valeur relativement faible. 14 espèces ont été recensées (15 en 2020). Les espèces les plus représentées sont, comme en 2020, le chevine (31,9% des effectifs échantillonnés, soit 52 individus), l'ablette (18,4%, soit 30 individus), le pseudorasbora (14,1%, soit 23 individus) et davantage en 2021, la loche franche (11,7%, soit 19 individus) (Annexe 8.3). L'assemblage d'espèces dans cette lône renferme des espèces rhéophiles comme le chevine, l'ablette, la loche franche et le

vairon mais aussi des espèces lémitophiles comme le pseudorasbora, la perche-soleil et le carassin argenté.

La proportion de juvéniles de l'année représente 100% des poissons capturés pour l'ablette et 50% pour le chevaine (Tableau 8.4). La présence de ces jeunes stades de développement dans la lône du Banc Rouge atteste d'une connexion avec le chenal principal. Suite aux différents épisodes de crue, la connexion amont s'est fortement réduite, la connexion aval n'est assurée que par un petit chenal étroit et très peu profond. La capacité d'accueil de ce bras pour les juvéniles pourrait être compromise dans les années futures si la connectivité avec le chenal principal devait se réduire encore. Les futures campagnes de pêche permettront d'estimer l'évolution de cette fonctionnalité.

La Jussie (*Lubwigia peploides*), espèce aquatique envahissante originaire d'Amérique du Sud, était présente en septembre 2021, essentiellement dans les parties amont et médiane de la lône.

Lône de la Désirade

En 2021, 296 individus ont été échantillonnés, c'est une valeur proche des effectifs habituellement échantillonnés (moyenne de 377 individus). Quinze espèces ont été recensées. Le pseudorasbora (25,3% des effectifs, soit 75 individus), la perche soleil (22% des effectifs, soit 65 individus), la brème commune (16,2% des effectifs, soit 48 individus), le gardon (11,5% des effectifs, soit 34 individus) et le chevaine (9,5%, soit 28 individus) sont les espèces les plus représentées (Annexe 8.3). Les juvéniles de l'année ne représentent que 18,6%, essentiellement des gardons et des chevaines (Tableau 8.4).

9. Complémentarité des habitats de la plaine alluviale pour les communautés aquatiques

Anaëlle Bouloy poursuit ses travaux initiés en Master 2 en 2020 dans le cadre d'une thèse (INRAE Lyon & Université de Genève) intitulée : complémentarité des habitats de la plaine alluviale pour les communautés aquatiques et influence des conditions biotiques et abiotiques. Modèles et implications opérationnelles.

Le travail au cours de l'année 2021 a été principalement consacré à la rédaction d'un article scientifique (actuellement en cours de finalisation) sur la dynamique spatio-temporelle de l'utilisation des habitats alluviaux par les poissons. La rédaction de cet article s'appuie sur les résultats obtenus lors du stage de master 2 (Bouloy, 2020). Ce travail de stage se focalisait sur l'utilisation des habitats par les poissons dans les trois secteurs du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier Cordon). L'ajout des données des cinq secteurs du Rhône en aval de Lyon (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Baix-le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère) a permis de considérer l'ensemble des actions de restauration entreprises dans le cadre du programme de restauration et de RhônEco.

Les objectifs de ce travail sont (1) de décrire l'utilisation spatio-temporelle des habitats de la plaine alluviale par les espèces de poissons et identifier le rôle complémentaire des habitats pour leur développement, et (2) d'analyser comment la restauration et les variations de débits influencent l'utilisation des habitats. Pour répondre à ces questions, des analyses multivariées (analyses en composantes principales et analyse de Co-inertie) basées sur les données multi-sites collectées pendant 20 ans dans les huit secteurs restaurés du Rhône (8 chenaux principaux et 23 îlots) ont été réalisées. Les résultats montrent que l'utilisation des habitats par les poissons est principalement liée aux caractéristiques de l'habitat comme la vitesse de courant, la dynamique sédimentaire ou encore la connectivité aux autres habitats (la variabilité spatiale représente 37 % de variance expliquée). Par exemple, les îlots déconnectés à l'amont, lenticulaires pendant la majeure partie du temps et au sein desquels les sédiments fins se sont accumulés depuis leur réhabilitation, constituent des habitats de nurserie importants pour de nombreuses espèces de poissons dont certaines espèces rhéophiles comme le chevesne et l'ablette (Figure 9.1).

Une ACP intra-secteurs ayant pour objectifs de mettre en évidence les différences majeures entre les différents types de milieux échantillonnés dans chaque secteur (vieux-Rhône, bras secondaires et îlots connectés uniquement par leur extrémité aval) a été réalisée sur un jeu de données comportant les densités (données transformées en log-densités annuelles) de 37 espèces de poissons à différentes classes de taille (e.g. BAF1 : juvénile de l'année, BAF2: < 12 cm, BAF3: 12-18 cm, BAF4: >18 cm). Les axes 1 et 2 de l'ACP (Figure 1) discriminent

principalement les taxons rhéophiles (guildes rhéophiles : Rheo_3T, Rheo_16T, et Rheo_4T), les taxons limnophiles (guildes limnophiles : Limno_9T et Limno_4T) et les taxons euryèces (gilde euryèces : Eury_4T). Les taxons des guildes rhéophiles utilisent préférentiellement les habitats lotiques (MC_Lot et FC_Lot). Les taxons des guildes limnophiles utilisent préférentiellement les habitats FC_Lent_SL. Les taxons de la gilde EURY_4T utilisent les habitats lotiques (MC_Lot et FC_Lot) ainsi que les habitats FC_Lent_SL. Ils peuvent aussi utiliser certaines stations comme BROT et MOIR qui sont des habitats FC_Lent_LL. Les taxons de cette gilde sont des juvéniles de l'année (GAR1, GOU1, CHE1 et ABL1) et les autres classes de tailles de ces espèces se trouvent dans les guildes Rheo_3T et Rheo_16T, de sorte qu'au stade adulte ce sont plutôt des espèces typiques de MC_Lot ou FC_Lot.

Si l'utilisation des habitats par les poissons semble principalement déterminée par les caractéristiques des habitats, l'analyse des chroniques de données révèle l'existence d'une variabilité temporelle (~10% de la variance expliquée), qui est probablement contrôlée par les facteurs hydro-climatiques. Parmi les facteurs responsables de cette variabilité temporelle, sont identifiés (1) l'effet de la restauration, en particulier pour les lînes pour lesquelles le régime de connexion a changé (Figure 2), et (2) l'effet du régime hydrologique qui a une influence sur l'utilisation des habitats ainsi que sur le recrutement de différentes espèces notamment celles à stratégies de reproduction dite périodique².

La plupart des lînes réhabilitées étaient des milieux fortement déconnectés et en voie d'atterrissement marqué (lîne de la Malourdie, lîne Béard, Anse de Yenne, lîne de Molottes, lîne Mattant, lîne du Ponton, lîne de la Sainte ...), certaines étaient complètement à sec (cas de la lîne du Noyer Sud par exemple). L'échantillonnage pré-restauration des poissons dans ces milieux avait été extrêmement restreint dans la plupart des cas. Les surfaces en eau étaient dans certains cas très réduites par rapport à la situation post-restauration (cas de la lîne Vachon par exemple). Dans d'autres cas, les procédures de réhabilitation ont consisté à réhabiliter une partie de lîne (partie amont de la lîne des Luisettes par exemple) ou à draguer les fonds (lîne Moiroud par exemple).

² Stratégie favorable aux individus vivant dans des milieux dont les caractéristiques changent de manière prévisible. Les individus des espèces ayant adopté cette stratégie ont une durée de vie longue et vont synchroniser leur reproduction avec les conditions environnementales, la maturation sera tardive et la ponte annuelle avec des œufs de petite taille et nombreux.

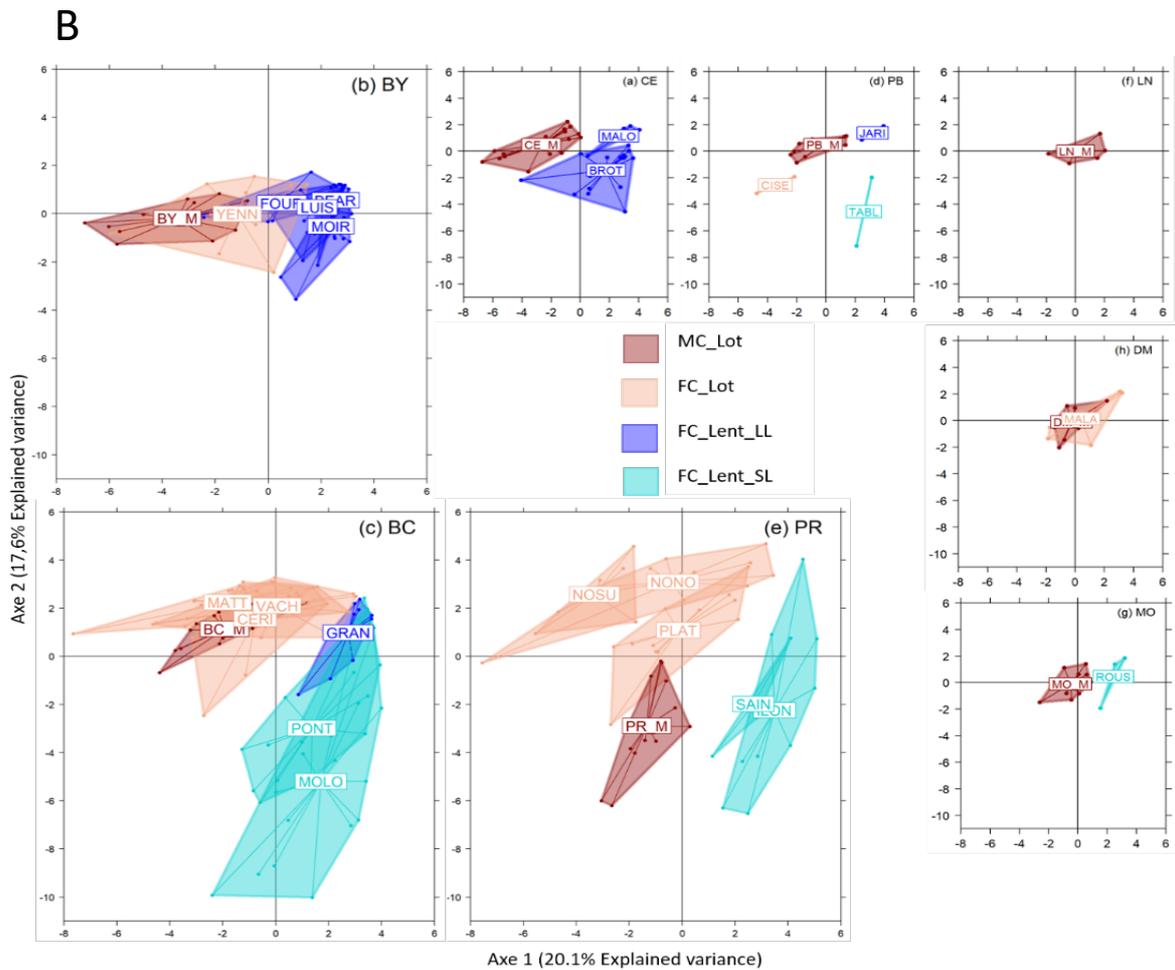
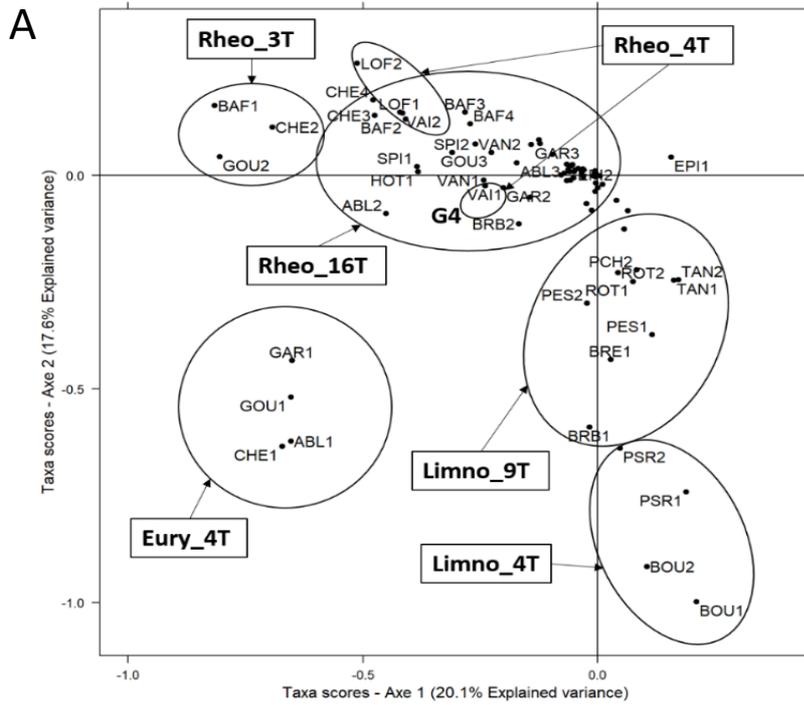


Figure 9.1 (page précédente) - Expression graphique des résultats de l'ACP intra-secteurs sur les log-densités annuelles des 82 taxons échantillonnés dans huit secteurs : Chautagne (CE), Belley (BY), Brégnier-Cordon (BC), Pierre-Bénite (PB), Péage-de-Roussillon (PR), Baix-le-Logis-Neuf (LN), Montélimar (MO), Donzère-Mondragon (DM). UN taxon est un groupe de poissons d'une espèce donnée appartenant à une même classe de tailles. La classe de tailles « 1 » correspond au juvéniles de l'année (ex : CHE1= juvéniles de l'année de chevaine). (A) Positionnement des scores des taxons sur les axes 1 et 2 de l'ACP intra-secteur. Une classification hiérarchique a conduit à regrouper les taxons a posteriori en 7 guildes. Pour des raisons de lisibilité, seule l'épinoche (EPI) a été conservée pour illustrer la septième gilde composée essentiellement de taxons très peu abondants dans le jeu de données. (B) Positionnement des années d'échantillonnage dans le plan 1x2 de l'ACP intra-secteurs. Les polygones identifient les différentes entités échantillonnées (vieux-Rhône (M) et îlons (FC)). Les types d'habitat définis a priori sont identifiés par la couleur des polygones. Le gradient en rouge représente les stations lotiques (i.e MC_Lot = chenal principal et FC_Lot = îlone lotique) et le gradient en bleu correspond aux stations lentiques (i.e FC_Lent_LL= îlone à « durée de vie » longue et FC_Lent_SL= îlone à courte « durée de vie » dû à une forte accumulation de sédiments). La « durée de vie » des îlons correspond aux valeurs modélisées par Riquier et al. (2017).

Les îlons prises en compte dans l'analyse sont les suivantes : MALO îlone de la Malourdie, BROT îlone du Brotalet, LUIS îlone des Luisettes, MOIR îlone Moiroud, BEAR îlone Béard, YENN Anse de Yenne, GRAN îlone des Granges, VACH îlone Vachon, CERI îlone des Cerisiers, MATT îlone Mattant, MOLO îlone des Molottes, PONT îlone du Ponton, JARI îlone de Jaricot, CISE îlone de Ciselande, TABL îlone de la Table Ronde, PLAT îlone de la Platière, NONO îlone du Noyer Nord, NOSU îlone du Noyer Sud, ILON îlone de l'Ilon, SAINT îlone de la Sainte, ROUS îlone de la Roussette, MALA îlone de Malaubert.

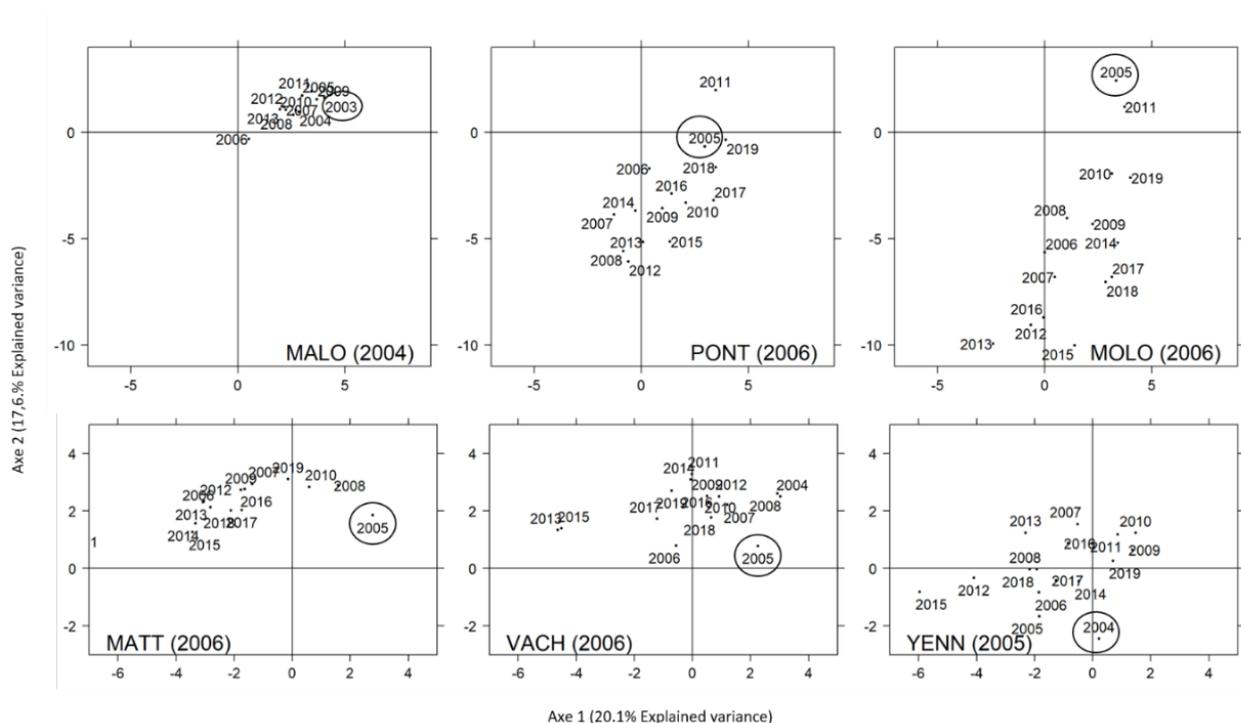


Figure 9.2 - Projection des coordonnées factorielles des années d'échantillonnage dans le plan 1x2 de l'ACP intra-secteurs pour 6 îlons pour lesquelles les modalités de connexion ont changé suite à leur restauration. L'année de la restauration est indiquée entre parenthèses et celle entourée correspond à l'année d'échantillonnage pré-restauration.

Après restauration, la lône de la Malourdie, la lône Béard et la lône des Granges par exemple ainsi que l'amont de la lône des Luisettes et de la lône Moiroud étaient caractérisées par des apports importants d'eau souterraine, conférant un régime thermique particulièrement frais à ces lônes ainsi qu'une eau très limpide, ces deux critères étant assez peu compatibles avec des densités de poissons élevées (Figure 1). La réhabilitation des bras secondaires (Anse de Yenne, Mattant, Vachon par exemple) a recréé des chenaux courants de faible profondeur rapidement colonisés par une faune rhéophile. Les lônes connectées par leur extrémité aval après réhabilitation (lône du Brotalet, lône des Molottes, lône du Ponton) sont caractérisées par des contraintes hydrauliques nulles, un régime thermique généralement favorable au métabolisme des poissons, une production de phyto et de zooplancton et un développement important de macrophytes. Ces caractéristiques leur confèrent une capacité d'accueil importante pour les jeunes stades de développement des poissons.

Perspectives pour 2022

Le premier objectif l'année 2022 sera de soumettre ce premier article dans la revue *Freshwater Biology* après relecture et correction par les co-auteurs. Ces résultats et conclusions feront l'objet d'une présentation à la conférence internationale IS Rivers de 2022. Le second objectif de cette année 2022 sera la rédaction d'un second article scientifique.

10. Communication

10.1 Journée restauration écologique du Rhône

Le Graie a organisé une « Journée restauration écologique du Rhône » le 23 novembre 2021 à Lyon au cours de laquelle les principaux résultats du programme RhônEco ont été présentés (https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesynteses/Actes_Graie_OHM_conf_Restauration_2021.pdf). L'après-midi a été consacré à une visite technique sur le site de Pierre-Bénite.

10.2 Restructuration de la base de données et du site WEB

En 2021 un travail important de restructuration de la base de données « RhônEco », qui contient les données collectées dans le cadre du programme, a été entrepris et se poursuit début 2022. Ce travail de restructuration de la base de données a pour premier objectif d'homogénéiser les tables correspondant aux stations d'échantillonnage des différentes thématiques, d'intégrer les données de géo-référencement en vue d'un affichage sous forme de WEBSIG des données et des métriques utilisées dans RhônEco. L'objectif est également de générer des fiches de métadonnées permettant de renseigner de manière synthétique et globale sur le contenu de la base en lien avec des stratégies d'échantillonnage, les secteurs et les périodes couvertes par l'échantillonnage. Ce travail de conceptualisation et de restructuration de la base est réalisé en collaboration avec les équipes impliquées dans l'ANR SO-DRIIHM élaboré dans le cadre du réseau des OHMs (Labex DRIIHM) (Figure 10.1)

Les propositions d'accompagnement des membres de SO-DRIIHM

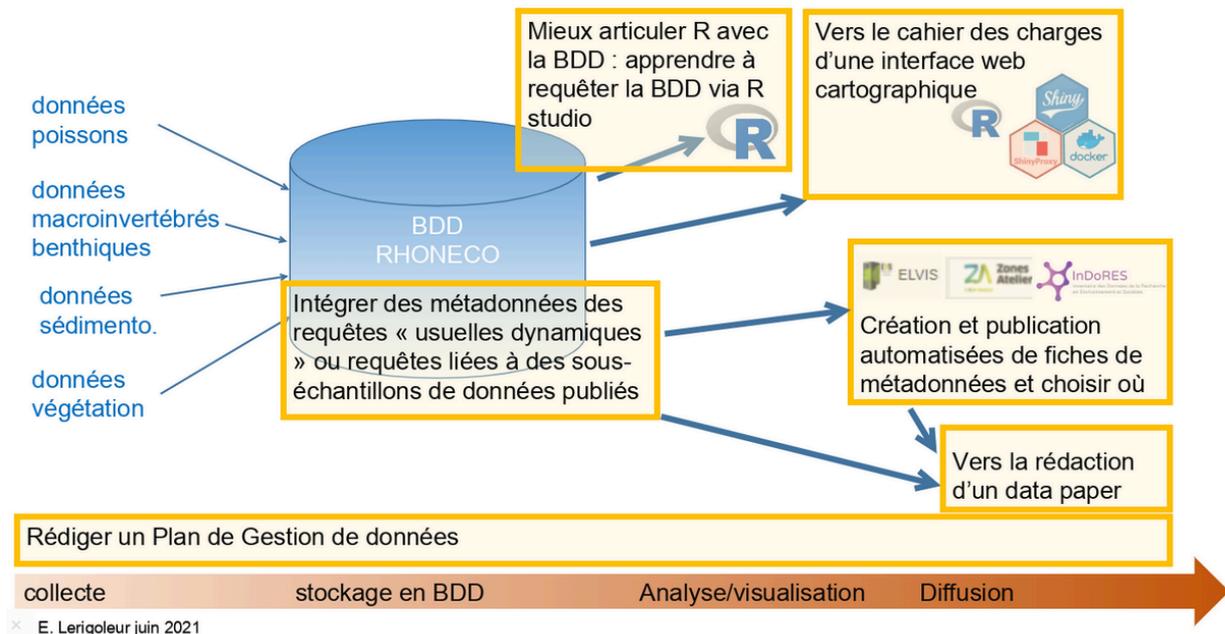


Figure 10.1 – Articulation des différentes tâches dans le cadre de la restructuration de la base de données et des objectifs de communication autour des données collectées dans le cadre de RhonEco.

L'objectif est d'élaborer un plan de gestion des données et de faire rentrer la base de données dans un format « **FAIR** » (Findable, Accessible, Interopérable, Réutilisable).

Ce travail devrait être abouti fin 2022.

11. Conclusion générale

Le programme RhônEco est un des programmes de l'Observatoire Homme-Milieu (OHM) Vallée du Rhône (<https://ohm-vallee-du-rhone.in2p3.fr/>) qui est un dispositif de recherche interdisciplinaire qui s'articule autour des questionnements scientifiques dédiés à la compréhension de l'évolution contemporaine et de la gestion durable de l'hydrosystème rhodanien. Il constitue le « site Rhône » de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR)

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 importante 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 des 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-morphologique des bras restaurés) et montrer l'hétérogénéité au sein des types de bras suivis, ainsi que les grands traits de l'évolution des structures de communautés aquatiques associées (Castella *et al.*, 2015).

Les modalités d'évolution de la topographie des bras restaurés et des processus sédimentaires associés ont été appréhendées à l'aide des données du suivi hydro-morpho-sédimentaire dans le cas des annexes reconnectées par l'aval (parapotamons) lors de la première phase du programme. L'acquisition des données correspondant à cette problématique continue,

notamment en lien avec les opérations de gestion sédimentaire du Haut-Rhône (APAVÉR). L'analyse des processus responsables de l'évolution physique des bras secondaires (connectés par l'amont et par l'aval) est plus récente. L'acquisition de connaissances concernant les processus d'érosion-dépôt de sédiments grossiers a progressé dans le cadre des travaux de thèse de N. Tissot (UMR CNRS 5600). La méthodologie déployée dans le cadre de ces travaux, basée sur l'analyse des déplacements de sédiments équipés de « traceurs » en lien avec l'hydrologie apporte des réponses intéressantes aussi bien dans les sites restaurés depuis une quinzaine d'année (Haut-Rhône) que pour des sites restaurés très récemment (Rhône moyen et Bas-Rhône) et dans lesquels des réinjections de sédiments ont également été pratiquées. Ces connaissances sur l'évolution hydrologique, morphologique et sédimentaire des bras constituent un socle important pour décrire et analyser l'évolution des habitats dans ces bras.

L'approche d'évaluation des effets des procédures de restauration sur les communautés aquatiques a d'abord été centrée sur les relations entre les caractéristiques de l'habitat physique (contraintes 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. Une ré-analyse de la pertinence des modèles d'habitats en mobilisant les jeux de données acquis dans le cadre de RhônEco et d'autres programmes de recherche a pu être réalisée dans le cadre des travaux de Plichard *et al.* (2020) et Forcellini *et al.* (2020). Ces actualisations des modèles d'habitats constituent un progrès important pour mieux comprendre les évolutions des structures de communautés piscicoles et de macroinvertébrés dans les Vieux-Rhône où le débit réservé a été modifié. De même, les travaux récents réalisés dans le cadre de la thèse de Pierre Marle soutenue en mars 2021 (Marle, 2021) montrent l'intérêt de développer des méthodes de modélisation qui s'appuient sur des données quantitatives pour caractériser l'influence des connexions hydrologiques à l'amont et à l'aval des bras restaurés sur les peuplements de macroinvertébrés des annexes fluviales. Ces avancées scientifiques constituent des atouts majeurs pour mieux interpréter les évolutions biologiques consécutives aux actions de restauration écologiques mais également pour aider à définir des objectifs écologiques pour de futurs projets de restauration.

La thèse d'A. Bouloy, débutée à l'automne 2020, a pour objectif d'analyser la réponse des communautés aquatiques (poissons et macroinvertébrés) aux actions de restauration à l'échelle des plaines alluviales, tous types de chenaux et de lônes confondus.

Dans les annexes fluviales de type parapotamon, peu soumises en dehors des épisodes de crues à des contraintes hydrauliques fortes, le rôle des contraintes liées aux paramètres physiques (éclairage, transparence de l'eau, température, nature du sédiment, renouvellement de l'eau) et chimiques (teneurs en nutriments, teneur en oxygène dissous, types d'apports en matière organique) et des interactions biotiques (prédation, compétition) devient prépondérant dans la sélection et la persistance des espèces végétales et animales. Il devient alors nécessaire de bien caractériser les processus écologiques qui se déroulent dans

ces milieux et d'aborder leur analyse écologique en étudiant comment se structurent les transferts de matière et d'énergie et se construisent les réseaux trophiques. Les premiers résultats obtenus dans le cadre de la thèse de P. Marle (voir chapitre 9) nous encouragent à poursuivre ces travaux.

L'ensemble de résultats acquis permet 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, doit être réalisée 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.

Ainsi, les milieux réhabilités dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, de Baix-le-logis-Neuf et de Donzère, historiquement fortement impactés par les aménagements Girardon du 19^{ème} siècle, présentent des caractéristiques physiques sensiblement différentes de celles des annexes réhabilitées sur le Haut-Rhône. Cette diversité de cas de figures démontre que les objectifs de restauration écologique ont évolué au cours des 20 dernières années en fonction des contextes géographiques et historiques, des progrès scientifiques et de l'élaboration d'une stratégie pour l'atteinte du bon potentiel dans les masses d'eau fortement modifiées du Rhône (en particulier les Vieux-Rhône) (Sivade *et al.*, 2018).

12. Bibliographie

- Amoros C., Richardot-Coulet M, Pautou G. 1982. Les « ensembles fonctionnels » : des entités écologiques qui traduisent l'évolution de l'hydrosystème en intégrant la géomorphologie et l'anthropisation (exemple du Haut-Rhône français). *Revue de Géographie de Lyon*. **57** : 49-62.
- 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.
- Arnaud F., Piégay H., Vaudor L., Bultingaire L., Fantino G. (2015). Technical specifications of low-frequency identification bedload tracking from field experiments: Differences in antennas, tags and operators. *Geomorphology*, Vol. 238, 37-46.
- Arnaud F., Sehen Chanu L., Grillot J., Riquier J., Piégay H., Roux-Michollet D., Carrel G., Olivier J.-M. (2021). Historical cartographic and topo-bathymetric database on the French Rhône River (17th–20th centuries), Earth System Science Data. Earth Syst. Sci. Data, 13, 1939–1955. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1939-2021>
- Balon E.K. (1975). Reproductive Guilds of Fishes: A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **32**, 821-864.
- Barbour M. T., Gerritsen J., Griffith G. E., Frydenborg R., McCarron E., White J. S., & Bastian M. L. (1996) A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **15(2)**, 185-211. doi.org/10.2307/1467948
- Bauernfeind E. & Soldán T. (2012). The mayflies of Europe. Apollo Books, Olllerup. 781p.
- Bernauer D. & Jansen W. (2006). Recent invasions of alien macroinvertebrates and loss of native species in the upper Rhine River, Germany. *Aquatic Invasions*. **1**: 55-71.
- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A.M., Gollasch S. & Van der Velde G. (2002). Geographical patterns in range expansion of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **59**: 1159-1174.
- Binderheim E. (2021). Biologischer Zustand der Schweizer Seen. Sponsolim Umweltconsulting im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern 45 p.
- Boets P., Lock K., Messiaen M. & Goethals P.L.M. (2010). Combining data-driven methods and lab studies to analyse the ecology of *Dikerogammarus villosus*. *Ecological Informatics*. **5**: 133-139.

- Bollache L. 2004. *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda): another invasive species in Lake Geneva. *Revue Suisse de Zoologie*. 111: 309-313.
- Bollache L., Devin S., Wattier R., Chovet M., Beisel J.N., Moreteau J.C. & Rigaud T. (2004). Rapid range extension of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in France: potential consequences. *Archiv für Hydrobiologie*. **160**: 57-66.
- Bouloy A. (2020). Complémentarité fonctionnelle des habitats du chenal et de la plaine alluviale et effets des débits et de la restauration physique : l'exemple des poissons du Rhône. Rapport de Stage Master 2 DYNEA (2019/2020), Université de Pau et des Pays de l'Adour. 36p. + annexes.
- 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.
- Buffagni, A., Armanini, D.G., Cazzola, M., Alba-Tercedor, J., López-Rodríguez, M.J., Murphy, J., Sandin, L. & Schmidt-Kloiber, A. (2020). Dataset "Ephemeroptera". www.freshwaterecology.info – the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 7.0
- Buscombe D. (2013). Transferable wavelet method for grain-size distribution from images of sediment surfaces and thin sections, and other natural granular patterns. *Sedimentology*, **60**, 1709-1732.
- Buscombe D., Rubin D. M., Warrick A. (2010). A universal approximation of grain size from omages of noncohesive sediment. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, 17 p.
- 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.
- Chardon V., Schmitt L., Piégay H., Lague D. (2020). Use of terrestrial photosieving and airborne topographic LiDAR to assess bed grain size in large rivers: a study on the Rhine River. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 45, 2314-2330
- Chapuis M., Bright C., Hufnagel J., MacVicar B. (2014). Detection ranges and uncertainty of passive Radio Frequency Identification (RFID) transponders for sediment tracking in gravel rivers and coastal environments. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 39, 2109-2120.
- 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.

- Coulombe-Pontbriand M., Lapointe M. (2004). Geomorphic controls, riffle substrate quality, and spawning site selection in two semi-alluvial salmon rivers in the Gaspé Peninsula, Canada. *River Research and Applications*, **20**, 577-590.
- Datry T. (2012). De l'écohydrologie aux interactions nappe-rivière : quantifier pour mieux gérer. Habilitation à diriger des recherches, Université Lyon I, 83 p.
- De Cáceres M., Legendre P. & Moretti M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119 : 1674-1684.
- Descloux S. (2011). Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : méthode d'estimation et effets sur la composition des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques. Université Claude Bernard – Lyon I, 313 p.
- 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.
- Dray S., Dufour A.B. (2007) The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, **22**, 1-20.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*. **67**: 345-366.
- Elpers C., Tomka I., Corkum L. D., & Ciborowski J. J. H. (1995) Food-filtering mechanism of the larvae of *Oligoneuriella rhenana* Imhoff (Ephemeroptera: Oligoneuriidae). *Current Directions in Research on Ephemeroptera*. *Canadian Scholars' Press Inc.*, Toronto, 283-294.
- Fayolle-Sanna S., Archambaud G., Breugnot C., Carrel G., Veslot J., Le Coarer Y. & Franquet E. (2012). Zoom sur les communautés phytoplanctoniques et sur la faune benthique d'un tronçon court-circuité du Bas-Rhône (espèces ordinaires ou invasives?). *IS.RIVERS 2012*. 3pp.
- Forcellini M., Plichard L., Merigoux S., Doledec S., Olivier. J.-M., Cauvy-Fraunié S., Lamouroux N. (2020) Microhabitat selection by macroinvertebrates: synthesis, generality among rivers and functional interpretation. *Journal of Ecohydraulics*, **7:1**, 28-41, DOI: 10.1080/24705357.2020.1858724
- Gergs R., Gemmer I., Koester M., Rothhaupt K.O. & Behrmann-Godel J. (2019). No evidence for a genetic impoverishment of the indigenous amphipod *Gammarus roeselii* (Gervais, 1835) due to the invasion of *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) in Lake Constance. *Hydrobiologia*. 829: 189-204.
- Graf W., Grasser U. & Waringer, J. (2002). Trichoptera. In: Moog, O. (ed.): *Fauna Aquatica Austriaca*, Lieferung 2002. *Wasserwirtschaftskataster*, Bundesministerium für Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- Graf W., Zoltan L., Dossi F. & Hayes, D. (2020). An integrative new index for assessing the ecological status of running waters: longitudinal distribution indicates sensitivity to environmental conditions. (En preparation).
- Graham D.J., Reid I., Rice S.P. (2005). Automated sizing of coarse-grained sediments: image-processing procedures. *Mathematical geology*, Vol. 37, 1-27.
- Graham D.J., Rollet A.-J., Piégay H., Rice S.P. (2010). Maximizing the accuracy of image-based surface sediment sampling techniques. *Water Resources Research*, Vol. 46, 1-15.
- Gayraud S., Hérouin E., Philippe M. (2002). Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 339-355.
- Halle M., Müller A. & Sundermann A. (2016). Ableitung von Temperaturpräferenzen des Makrozoobenthos für die Entwicklung eines Verfahrens zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels in Fließgewässern. KLIWA- Berichte, Heft 20 (www.kliwa.de).
- Hauer C., Holzappel P., Tonolla D., Hbaersack H., Zolezzi G. (2018). In situ measurements of fine sediment infiltration (FSI) in gravel-bed rivers with a hydropeaking flow regime. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 44, 433-448.
- Heck K.L. Jr., van Belle G. & Simberloff D. (1975). Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56: 1459-1461.
- Hellmann C., Schöll F., Worischka S., Becker J. & Winkelmann C. (2017). River-specific effects of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) on benthic communities. *Biological Invasions* 19: 381-398.
- Hershkovitz Y., Dahm V., Lorenz, A.W. & Hering, D. (2015). A multi-trait approach for the identification and protection of European freshwater species that are potentially vulnerable to the impacts of climate change. *Ecological Indicators* 50: 150-160.
- Kelleher B., Bij de Vaate A., Swarte M., Klink A.G. & Van der Velde G. (2000). Identification, invasion and population development of the Ponto-Caspian Isopod *Jaera istri* Veuille (Janiridae) in the Lower Rhine, The Netherlands. *Beaufortia* 50: 89-94.
- Krebs C.J. 1999. Ecological methodology. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.
- Lamouroux N., Olivier J.-M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y. & Statzner B. (1999) Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, 42, 275–299.
- Lamouroux N. & Capra H. (2002) simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47, 1543–1556.

- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., 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.
- Liess M. & von der Ohe P.C. (2005). Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **24** : 954-965.
- Loire R., Kondolf G.M., Malavoi J.-R., Melun G., Piégay H. (2021). Lâchers d'eau morphogènes. Guide de mise en œuvre. Office français de la biodiversité (OFB), 102 p.
- López-Tarazón J.A., Batalla R.J., Vericat D. (2011). In-channel sediment storage in a highly erodible catchment: the River Isábena (Ebro Basin, southern Pyrenees). *Zeitschrift für Geomorphologie*, Vol. **55**, 365-382.
- Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H. & Wagner A. (2012). Listes rouges Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. L'environnement pratique n° 1212: 111 p.
- Marle P. 2021. Lateral Connectivity In Large River Floodplains: From Invertebrate Community Prediction To Local Foodweb Transfers. Thèse de Doctorat. Université de Genève. A paraître.
- Marle P., Rabarivelo S., Maréchal S., Castella E., Rosset V. & Roger M.C. (2016). Light-trapped caddisfly assemblages in two floodplain reaches of the French upper Rhone River [Trichoptera]. *Ephemera* **18**:41-59.
- Marle P, Riquier J., Timoner P., Mayor H., Slaveykova V., Castella E. 2021. The interplay of flow processes shapes aquatic invertebrate successions in floodplain channels - A modelling applied to restoration scenarios. *Science of the Total Environment*. 750. 142081.
- Marteau B., Batalla R.J., Vericat D., Gibbins C. (2017). Asynchronicity of fine sediment supplys and its effects on transport and storage in a regulated river. *Journal of Soils and Sediments*, Vol.**18**, 20 p.
- Mathers K.L., Millett J., Robertson A.L., Stubbington R., Wood P.J. (2014). Faunal response to benthic hyporheic sedimentation varies with direction of vertical hydrological exchange. *Freshwater Biology*, **59**, 2278-2289.

- Mathers K.L., Wood P.J. (2016). Fine sediment deposition and interstitial flow effects on macroinvertebrate community composition within riffle heads and tails. *Hydrobiologia*, **776**, 147-160.
- Mérigoux S., Forcellini M., Dessaix J., Fruget J.-F., Lamouroux N., Statzner B. (2015) Testing predictions of changes in benthic invertebrate abundance and community structure after flow restoration in a large river (French Rhône). *Freshwater Biology*, **60 (6)**, 1104-1117. <https://doi.org/10.1111/fwb.12422>
- Navratil O., Legout C., Gateuille D., Esteves M., Liebault F. (2010). Assessment of intermediate fine sediment storage in a braided river reach (southern French Prealps). *Hydrological processes*, **24**, 1318-1332.
- Nelva, A., H. Persat, Chessel D. (1979). Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences. Paris, D* **289** :1295-1298.
- Neumann D. (1961). Ernährungsbiologie einer rhipidoglossan Kiemenschnecke. *Hydrobiologia*, **17**: 133–151.
- 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., Mérigoux S. (2004a). Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et lônes 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., Mérigoux S, Piégay H. (2004b). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes 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, JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Mérigoux 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 JM., Lamouroux N., Sagnes P., Mérigoux 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.

Olivier J.-M., Lamouroux N., Castella E., Forcellini M., Riquier J., Dolédec S., Marle P., Piégay H., (2020) Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Synthèse générale. Rapport à l'Agence de l'Eau RM & C, CNR, EDF, Région AURA, Région Sud. 201 p. (texte & annexes).

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.

Papangelakis E., Hassan M.A. (2016). The role of channel morphology on the mobility and dispersion of bed sediment in a small gravel-bed stream. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 41, 2191-2206.

Perrin, J. F. (1978). Signification écologique des peuplements benthiques du Haut-Rhône français (Doctoral dissertation).

Piégay H., Arnaud F., Cassel M., Dépret T., Alber A., Michel K., Rollet A.-J., Vaudor L. (2016). Suivi par RFID de la mobilité des galets : retour sur 10 ans d'expérience en grandes rivières. *BSGLg*, 67, 77-91.

Piqué G., López-Tarazón J.A., Batalla R.J. (2014). Variability of in-channel sediment storage in a river draining highly erodible areas (the Isábena, Ebro Basin). Vol. 14, 2031-2044.

Plichard L., Forcellini M., Le Coarer Y., Capra H., Carrel G., Ecochard R., Lamouroux N. (2020) Predictive models of fish microhabitat selection in multiple sites accounting for abundance overdispersion. *River Research and Applications*, **36(7)**, 1056-1075. <https://doi.org/10.1002/rra.3631>

Pöckl M. 2009. Success of the invasive Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* by life history trait and reproductive capacity. *Biological Invasions*. 11: 2021-2041.

- 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/>.
- Reckendorfer W., Baranyi C., Funk A. & Schiemer F. (2006). Floodplain restoration by reinforcing hydrological connectivity: Expected effects on aquatic mollusc communities. *Journal of Applied Ecology* **43**, 474–484.
- Rewicz T., Grabowski M., MacNeil C. & Bacela-Spychalska K. (2014). The profile of a ‘perfect’ invader – the case of killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*. *Aquatic Invasions* **9**, 267-288.
- 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., 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. (2019). Pertinence et pérennité de la restauration de chenaux latéraux : modèles issus de 15 ans de suivi sur le Rhône. *La Houille Blanche*, p.101-108.
- Schmedtje U. & Colling M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96, 543 pp.
- Sivade E., Lamouroux N., Olivier J.-M., Moiroud C., Roux-Micholet D. (2018) La restauration du fleuve Rhône : du fleuve « vif et courant » à l’optimisation du potentiel écologique 1998-2018. Communication orale à la 3^{ème} Conférence IsRivers 4-8 juin 2018, Lyon.
- Sowa R. (1973) Contribution à l’étude des Oligoneuriella Ulm. européennes (Ephemeroptera, Oligoneuriidae). *Bulletin de l’Académie polonaise des Sciences Cl. II*, 21, 657-665.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Poetra P. (2010) *Invertébrés d’eau douce: systématique, biologie, écologie*, 2nd ed. CNRS éditions.
- UICN France, MNHN & Opie (2018). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Ephémères de France métropolitaine. Paris, France
- Van Denderen R.P., Schielen R.M.J., Straatsma M.W., Kleinhans M.G., Hulscher S.J.M.H. (2019). A characterization of side channel development. *River Research and Applications*, **35**, 9, 1597-1603.

- 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.
- Vazquez-Tarrio, D., Recking, A., Liébault, F., Tal, M., Menendez-Duarte, R. (2019). Particle transport in gravel-bed rivers: revisiting passive tracer data. *Earth Surface Processes and Landforms*, **44**, 112-128.
- Vázquez-Tarrió D., Cassel M., Piégay H., Depret T., Arnaud F., Mouquet-Noppe C., Michel K., Noirod B., Vaudor L., Christophe Mora C., Meric L. (2021). Suivi de l'effet morphologique du démantèlement des marges : validation des estimations de charriage par des observations *in situ*. Rapport Final. Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR), 5ème Programme d'Actions, 58 p.
- Wallace J. B., Grubaugh J. W., & Whiles M. R. (1996) Biotic indices and stream ecosystem processes: results from an experimental study. *Ecological Applications*, **6** (1), 140-151. doi.org/10.2307/2269560
- Wittenberg R. (éd.) (2006). Espèces exotiques en Suisse. Inventaire des espèces exotiques et des menaces qu'elles représentent pour la diversité biologique et l'économie en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 0629: 154 p.

Annexes

Annexe 1.1 - Mesure des effets des modifications du régime des débits réservés (peuplements des vieux-Rhône courants)

Les travaux réalisés au cours de la période 2003-2006 ont permis de définir les métriques et les indicateurs. Les indicateurs retenus sont les suivants.

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 : spirilin, 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 lenticues	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 $3.93 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}^{-2}$). 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 $1.66 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}^{-2}$). 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.

Annexe 1.2 - Mesure des effets de la réhabilitation physique des lônes (annexes fluviales)

Les travaux réalisés au cours de la période 2003-2006 ont permis de définir les métriques et les indicateurs. Les indicateurs retenus sont les suivants.

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 ammoniacque,

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	<p>Richesse taxonomique totale</p> <p>Richesse spécifique des taxons Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères</p> <p>Richesse spécifique des mollusques gastéropodes</p> <p>% d'individus appartenant à des espèces non-indigènes</p> <p>Nombre d'espèces exogènes par site</p> <p>Densité moyenne (en nombre d'individus / m²) des espèces exogènes par site</p>
Caractéristiques biologiques et écologiques des taxons	<p>% broyeur</p> <p>% collecteurs filtreurs</p> <p>% prédateurs</p> <p>% taxons plurivoltins</p> <p>% taxons se déplaçant à la surface du substrat</p> <p>% taxons à dérive comportementale</p>

(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 Epheméroptères, 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 3.1 - Suivis pré- et post-restauration (prévision 2014-2018) des peuplements de poissons dans les chenaux court-circuités et dans les lônes.

Planning des pêches dans les Vieux-Rhône

Vieux Rhone	VR Chautagne	VR Belley	VR Bregnier-Cordon	Canal de Miribel	VR Pierre-Bénite	VR Péage-de-Roussillon	VR Baix Le Logis Neuf	VR Montélimar	VR Donzère
2001					1				
2002					1				
2003	1	1			1				
2004	1	1	1		1				
2005	1	1	1		1				
2006	1	1	1		1			1	
2007	1	1	1	1	1	1		1	
2008	1	1	1	1	1	1		1	1
2009	1	1	1	1	1	1		1	1
2010	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2011	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2012	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2013	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2014	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2015	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2017	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2019	1	1	1		1	1	1	1	1
2020	1	1	1		1	1	1	1	1
2021	1	1	1		1	1	1	1	1
2022	1	1	1		1	1	1	1	1
2023	1	1	1		1	1	1	1	1

Planning des pêches dans les lômes

Secteur	Lômes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chautagne	Lone Malourdie	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Chautagne	Lone Brotalet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Luisettes		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Belley	Lone Moiroud		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Beard		1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Belley	Lone Fournier		1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Belley	Anse de Yenne		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Chantemerle		1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Brégnier	Lone Vachon			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Granges			1	1	1	1	1	1	1	1										
Brégnier	Lone Cerisiers			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Mattant			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Molottes			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Ponton			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Pierre-Bénite	Lone Ciselande								1		1							1		1	
Pierre-Bénite	Lone Jaricot								1		1							1		1	
Pierre-Bénite	Lone Table Ronde								1		1										
Péage de Roussillon	Lone Platière				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Noyer Nord				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Noyer Sud									1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Ilon				1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Boussarde										1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Sainte										1	1	1			1					
Baix	Lone de Baix																	1		1	
Montélimar	Lone Roussette						1	1	1		1										
Donzère	Lone Bayard							1	1	1	1										
Donzère	Lone Caderousse							1	1	1	1										
Donzère	Lone Malaubert							1	1	1	1		1	1	1			0		0	
Donzère	Lone Grange écrasée							1	1	1	1		1	1	1			1		1	
Donzère	Lone Dion												1	1	1			0		0	
Donzère	Lone Jones							1	1	1	1										
Donzère	Lone carré							1	1	1	1										
Donzère	Lone Banc Rouge												1	1				1		1	
Donzère	Lone Désirade												1	1	1			1		1	
Donzère	Lone des Dames																	1		1	

Annexe 3.2 - 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).

		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				avril		juillet	mai	avril	avril
	été				août		septembre	août	août	août
2018	Print					x				
	été					x				
2019	Print									
	été									
2020	Print						x	x	x	x
	été						x	x	x	x
2021	Print	x	x	x		x				
	été	x	x	x		x				
2022	Print					x	x	x	x	x
	été					x	x	x	x	x
2023	Print									
	été									

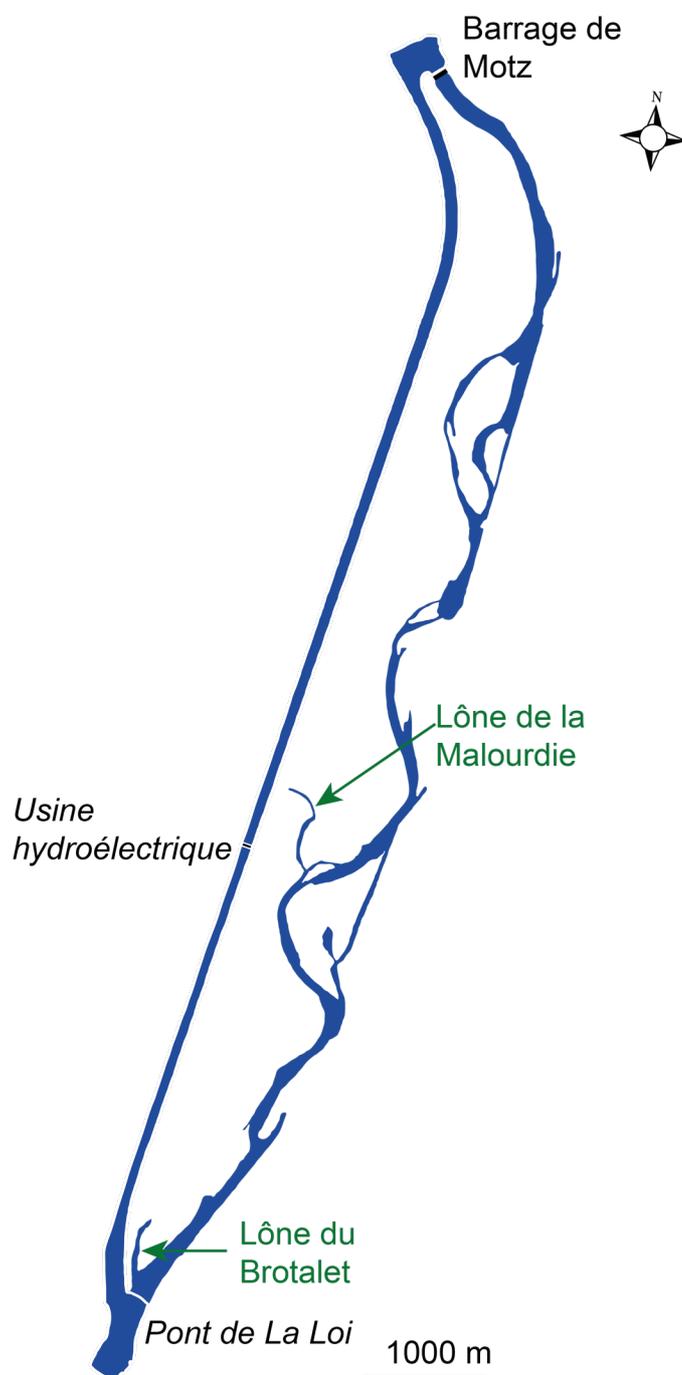
Page suivante : **Annexe 3.3** - Suivis hydro-morpho-sédimentaires pré- et post-restauration dans les lônes. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

	Réalisé													Prévisionnel				
	2003	2004	2005	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011	2013/2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chautagne																		
Malourdie		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T		Avr T		Avr T			Avr T	
Brotalet		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T				Avr T			Avr T	
Belley																		
Luisettes		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Moiroud		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Fournier		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Beard		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Lucey		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Anse de Yenne		Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Brégnier-Cordon																		
Chantemerle		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Abandon				
Granges		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Vachon		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Cerisier		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Mattant		Avr T			Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Molliotes		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Ponton		Avr T			Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T			Avr T	
Pierre-Bénite																		
Ciselande	Avr T	Avr T				Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T				Avr T	
Jaricot	Avr T					Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T			Avr T				Avr T	
Table-Ronde	Avr T			Avr T		Avr T	Avr T	Avr T	Avr T	Avr T				Abandon				
Péage-de-Rous																		
Sainte						Avr T		Avr T			Avr T	Avr T			Avr T		Avr T	
Ilon						Avr T		Avr T (2012)	Avr T			Avr T	Avr T			Avr T		Avr T
Noyer Nord								Avr T	Avr T		Avr T	Avr T			Avr T		Avr T	
Noyer Sud						Avr T		Avr T	Avr T		Avr T	Avr T			Avr T		Avr T	
Casier d'Arcoules						Avr T								Abandon				
Platière amont						Avr T		Avr T	Avr T		Avr T	Avr T			Avr T		Avr T	
Boussarde						Avr T	Avr T	Avr T	Avr T		Avr T	Avr T			Avr T		Avr T	
Montélimar																		
Roussettes						Avr T	Avr T	Avr T		Avr T				Avr T		Avr T		Avr T
Donzère-Mondragon (suivi Phase 1)																		
Bayard						Avr T	Avr T	Avr T						Abandon				
Caderousse						Avr T	Avr T	Avr T										
Malaubert						Avr T	Avr T	Avr T		Avr T				Avr T		Avr T		Avr T
Grange écrasée						Avr T	Avr T	Avr T						Avr T		Avr T		Avr T
Malatras						Avr T	Avr T	Avr T						Avr T		Avr T		Avr T
Jones						Avr T	Avr T	Avr T										
Carré						Avr T	Avr T	Avr T						Abandon				
République						Avr T		Avr T										
Donzère-Mondragon (suivi Phase 2)																		
Dames										Avr T				Avr T		Avr T		Avr T
Lascombe										Avr T				Avr T				
Surelle =(suivi amont Malaubert phase 1)						Avr T	Avr T	Avr T		Avr T		Avr T				Avr T		Avr T
Dion										Avr T			Avr T			Avr T		Avr T
Banc Rouge										Avr T				Avr T		Avr T		Avr T
Désirade										Avr T				Avr T		Avr T		Avr T
Miribel-Jonage																		
Jonage										Avr T			Avr T		Avr T		Avr T	
Plançon													Avr T		Avr T		Avr T	
Grella													Avr T		Avr T		Avr T	

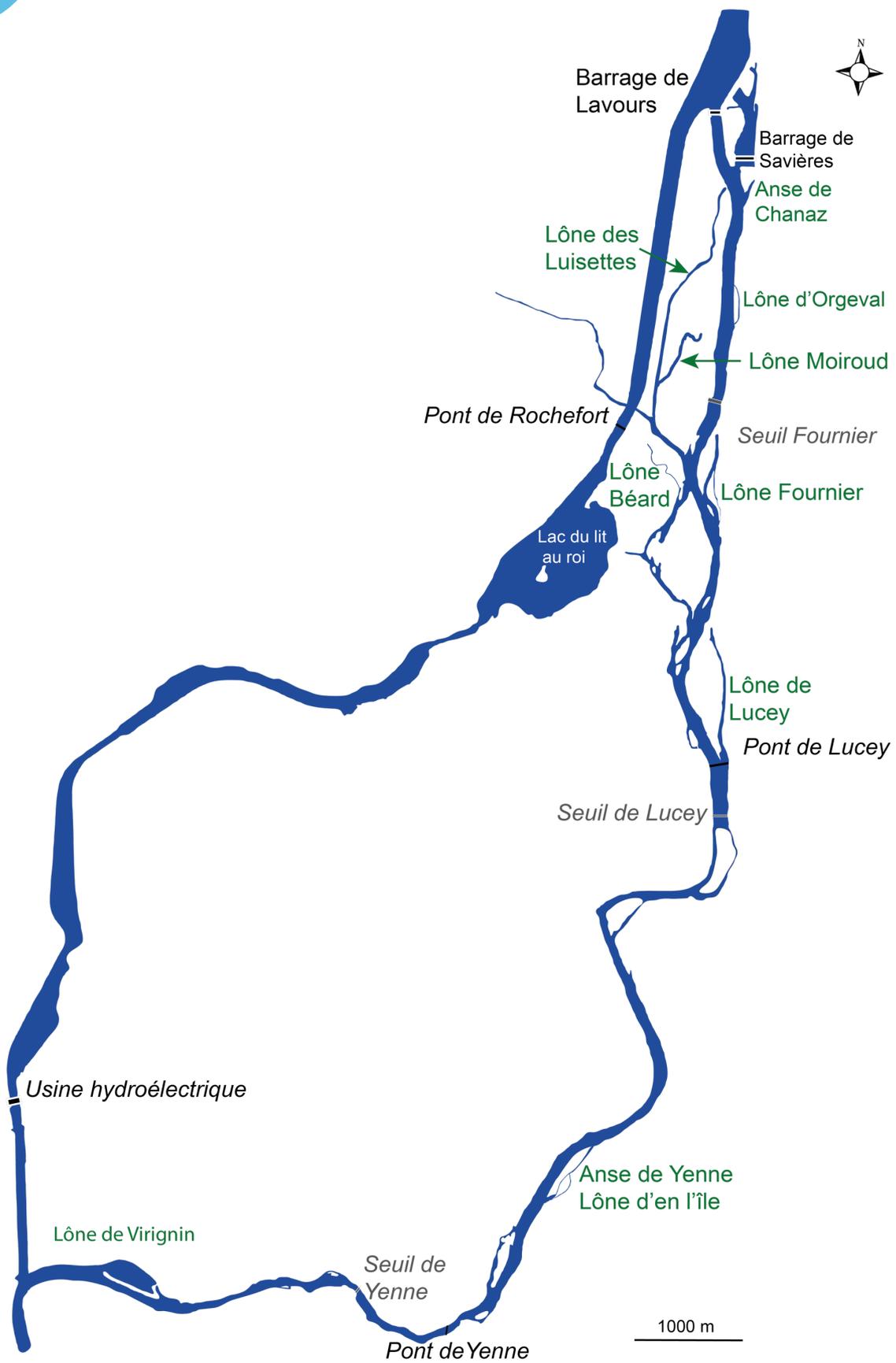
Annexe 3.4 - Suivis pré- et post-restauration des peuplements de macroinvertébrés benthiques des lônes du Bas-Rhône. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

secteur	lone	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021	2022	2022	nb de stations étudiées 2019-23		
		P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E					
Belley	Béard		*	*			*	*		*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	En L'île (Yenne)		*	*			*	*		*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	Fournier		*	*						*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	Lucey		*	*						*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	Luisettes		*	*						*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	Moiroud		*	*						*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1
Belley	Chantemerle			*	*					*	*			*	*			*	*	*	*	*	*		*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Granges				*	*						*	*			*	*			*	*	*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1	
Brégnier	Mattant		*	*								*	*			*	*			*	*	*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Brégnier	Molottes				*	*						*	*			*	*			*	*	*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Brégnier	Ponton				*	*						*	*			*	*			*	*	*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Brégnier	Vachon		*	*								*	*			*	*			*	*	*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Brégnier	Creux de Bleu	*	*									*	*			*	*			*	*	*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Brégnier	Plaine				*	*						*	*			*	*			*	*	*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1		
Brégnier	Tonkin						*	*				*	*			*	*			*	*	*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1		
Brégnier	Vieille Lône				*	*	*					*	*			*	*			*	*	*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1		
Péage	Boussarde													*	*			*	*			*	*			*	*		*	*					*	*			*	*			3	
Péage	Ilon										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			2	
Péage	Noyé Nord									*	*				*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Péage	Noyé Sud														*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1	
Péage	La Platière										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			3	
Péage	Lône des Saintes									*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			1		
Baix	Lone de Baix																																	*	*			*	*			2 à 3		
Montélimar	Roussette													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*					*	*			*	*			2		
Donzère	Banc Rouge																							*	*	*	*	*	*						*	*			*	*			2	
Donzère	Dames																							*	*	*	*	*	*						*	*			*	*			2	
Donzère	Désirade																							*	*	*	*	*	*						*	*			*	*			2	
Donzère	Dion																							*	*	*	*	*	*						*	*			*	*			2	
Donzère	Grange Ecrasée													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			3	
Donzère	Lascombe																						*	*	*	*	*	*	*						*	*			*	*			1 à 2	
Donzère	Surelle - Malaubert													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			3	
Donzère	Bayard													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1	
Donzère	Caderousse													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1	
Donzère	République													*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			2	

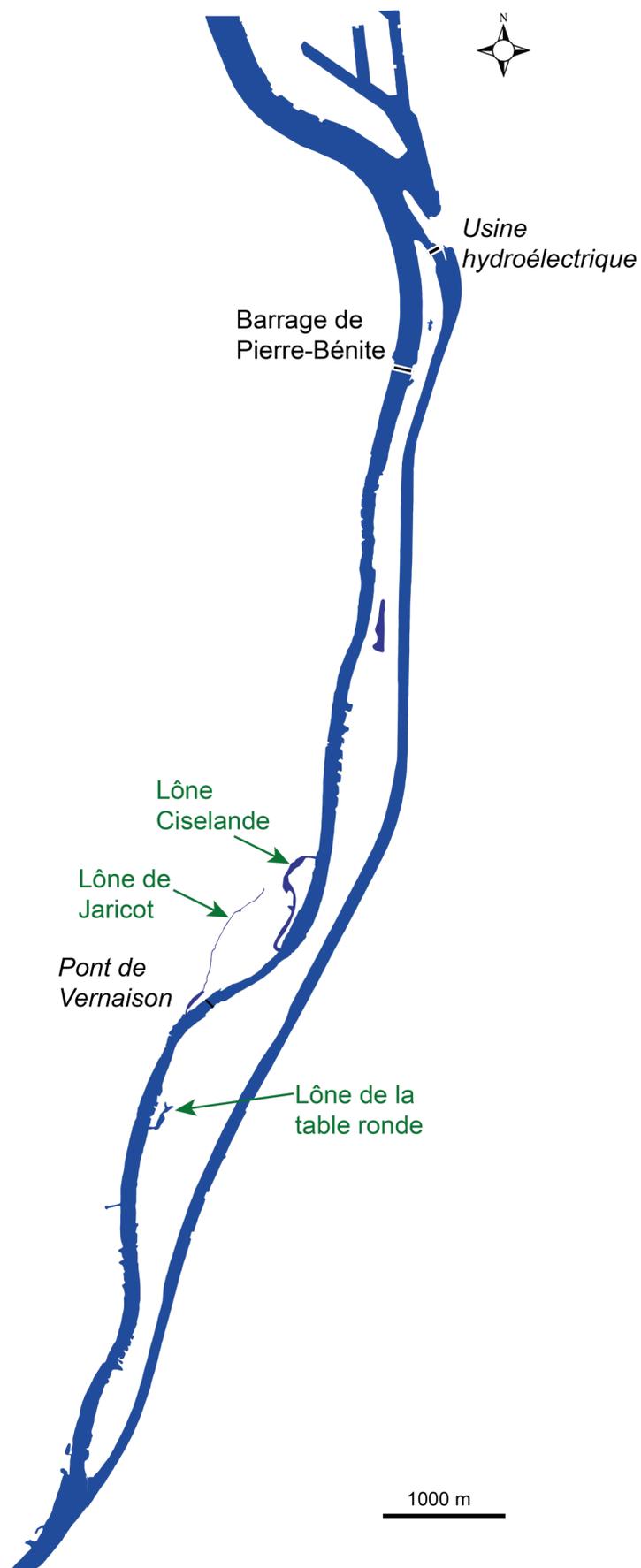
Annexe 3.5 - Cartes des différents secteurs échantillonnés en 2019



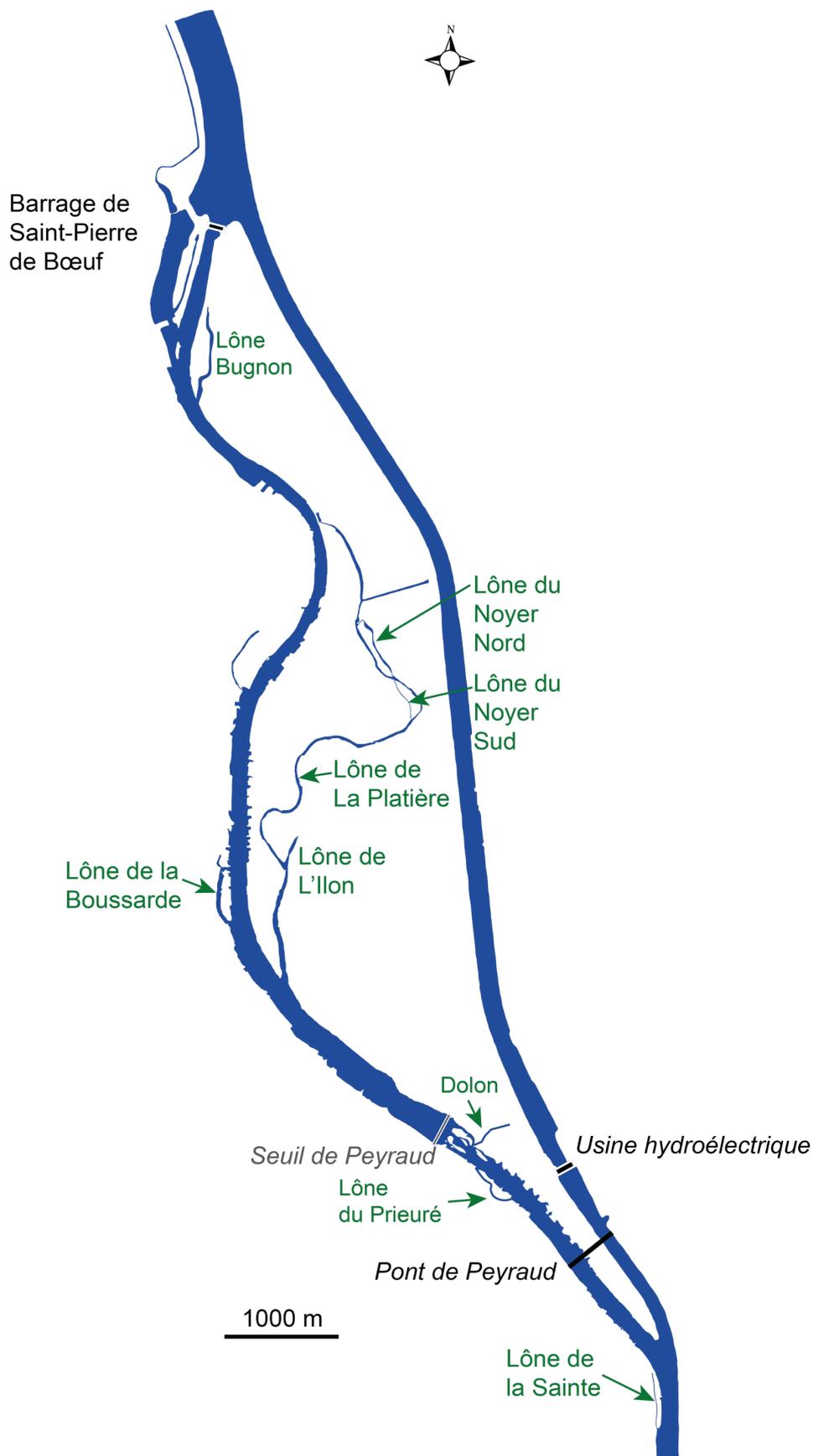
Carte du secteur de Chautagne



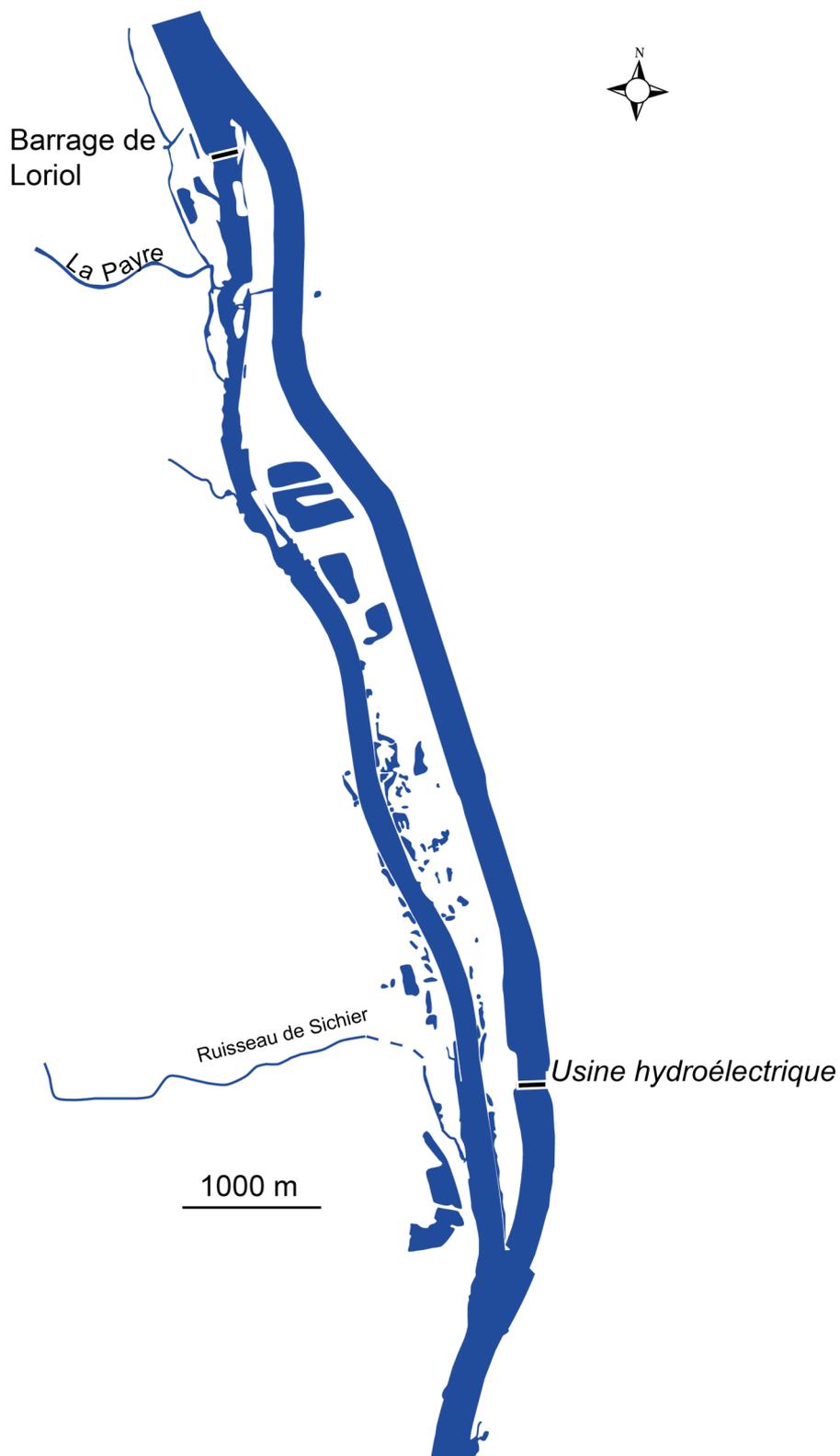
Carte du secteur de Belley



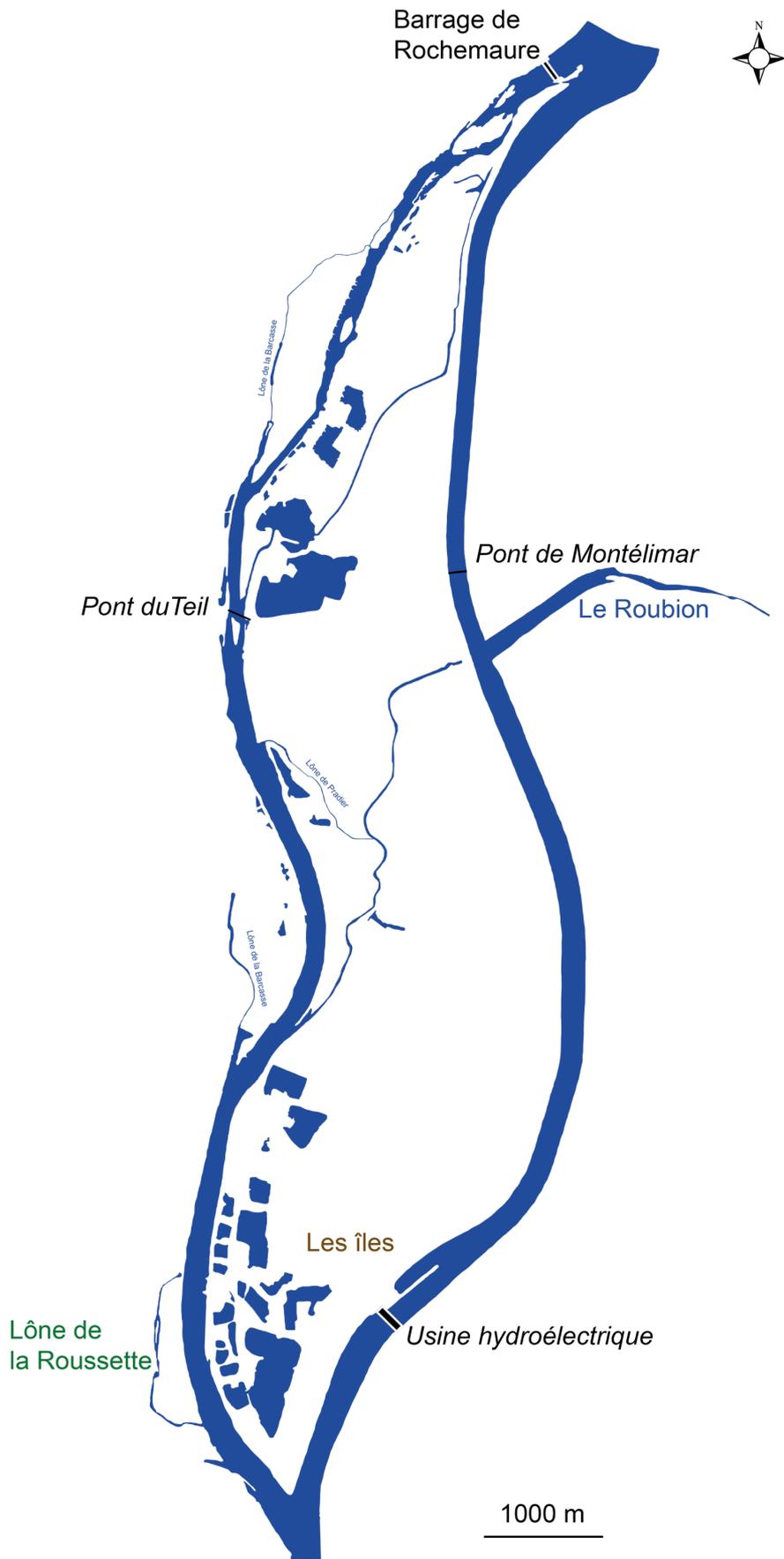
Carte du secteur de Pierre-Bénite



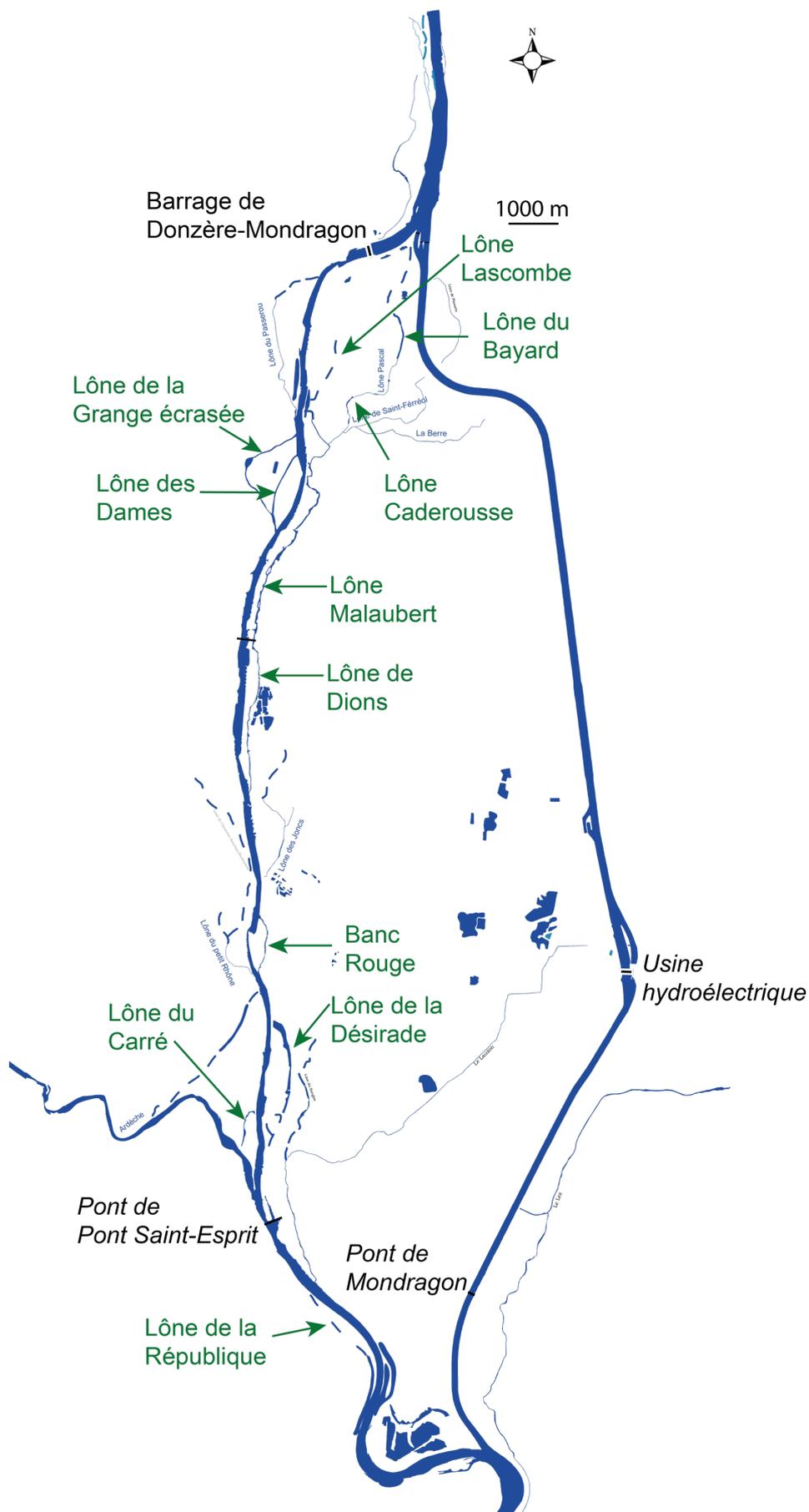
Carte du secteur de Pège-de-Roussillon



Carte du secteur de Baix-Le-Logis-Neuf



Carte du secteur de Montélimar



Carte du secteur de Donzère-Mondragon

Annexe 4.2 - 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	BRE	BRO	CAG	CAS	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2001	155	2	38	0	0	29	0	0	0	0	0	2	151	0	7	131	4	23	28	2	12	3	0	2	1	2	19	2	0	0	613	19	35,2%
2002	133	3	23	0	2	117	0	2	0	0	0	3	290	3	407	82	6	38	43	1	7	10	0	3	0	8	17	2	37	0	1237	22	15,7%
2003	174	2	104	0	4	37	0	0	0	5	0	3	159	0	141	58	0	38	16	4	5	27	1	3	1	9	25	13	0	17	846	22	39,4%
2004	130	2	35	1	0	35	0	0	0	1	0	8	37	1	134	23	0	14	7	2	5	31	1	1	1	2	11	1	0	12	495	23	38,6%
2005	463	3	16	0	0	16	0	0	0	3	0	1	43	0	110	17	0	8	9	4	3	12	4	4	1	5	11	0	0	2	735	20	66,5%
2006	1017	2	48	1	0	22	0	2	0	0	0	1	201	0	125	107	0	12	22	0	14	26	1	0	1	3	12	0	0	0	1617	18	66,6%
2007	277	0	8	0	0	11	0	0	0	0	0	6	53	0	41	39	1	4	19	0	6	10	0	0	0	2	8	0	0	1	486	15	59,7%
2008	96	5	33	1	0	41	0	3	0	0	0	4	206	4	71	18	16	9	19	0	38	19	0	0	1	5	108	0	1	2	700	21	20,0%
2009	61	1	42	0	0	12	0	0	0	0	0	4	41	0	62	17	2	4	17	0	3	0	0	1	1	1	53	0	0	0	322	16	33,2%
2010	40	3	49	0	0	4	0	0	0	0	0	0	85	0	35	9	6	82	2	0	17	7	0	0	0	5	115	0	4	10	473	16	38,3%
2011	341	1	31	0	0	41	0	1	3	0	1	1	57	0	217	26	1	86	3	0	12	2	0	0	1	3	0	0	1	3	832	20	55,4%
2012	45	1	11	0	0	12	0	1	0	0	1	0	73	0	35	5	0	3	0	0	10	5	2	0	0	0	8	0	4	0	216	15	27,3%
2013	203	0	15	0	0	77	0	0	0	0	0	0	23	0	29	8	3	0	0	0	3	9	0	0	1	1	40	0	0	1	413	13	53,0%
2014	268	1	18	0	2	21	0	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	47,1%
2015	1197	0	65	0	0	36	0	0	0	0	0	0	81	0	102	15	1	47	4	0	3	2	0	0	0	2	84	0	1	6	1646	15	79,9%
2016	652	1	30	0	2	3	0	0	0	0	0	0	57	0	59	13	3	23	5	0	3	21	0	0	0	7	8	0	0	1	888	16	86,3%
2017	159	1	10	1	1	10	0	1	1	0	0	0	149	0	183	62	2	29	28	0	16	19	4	0	0	0	38	6	0	25	745	20	26,6%
2018	507	0	32	0	0	15	0	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	76,7%
2019	903	2	59	1	0	62	1	2	0	0	0	0	136	0	261	16	2	11	5	0	2	10	4	0	0	0	29	0	18	15	1539	19	64,2%
2020	56	0	23	0	2	13	0	0	0	0	0	1	44	0	121	1	0	10	6	0	2	27	0	0	0	2	3	0	9	1	321	16	28,0%
2021	14	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	63	0	95	2	6	2	0	0	3	14	1	0	0	1	0	0	2	3	211	14	9,0%
Abondance totale	6891	31	690	5	13	618	1	12	4	9	3	35	2107	8	2766	720	60	796	247	13	179	266	18	14	9	59	610	24	77	106	16396	29	53,5%
Abondance relative	42,0%	0,2%	4,2%	0,0%	0,1%	3,8%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	12,9%	0,0%	16,9%	4,4%	0,4%	4,9%	1,5%	0,1%	1,1%	1,6%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	3,7%	0,1%	0,5%	0,6%			
Abondance moyenne	328	1	33	0	1	29	0	1	0	0	0	2	100	0	132	34	3	38	12	1	9	13	1	1	0	3	29	1	4	5	781		

Annexe 4.3 - résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	345	12	14	0	0	57	1	0	0	0	0	0	115	0	383	94	4	15	0	107	49	48	72	19	0	0	3	0	0	0	0	1338	16	28,0%
2008	515	11	23	0	0	92	35	6	0	4	0	0	293	0	386	75	12	3	0	138	8	12	26	69	7	1	8	0	0	0	0	1724	20	31,4%
2009	550	4	4	0	0	315	6	48	3	59	17	0	385	1	708	91	6	83	0	169	1	31	87	325	118	0	9	1	3	0	1	3025	25	21,1%
2010	186	2	11	0	0	197	23	4	1	13	0	0	141	0	196	63	13	32	0	61	6	21	235	158	15	0	11	2	5	1	0	1397	23	16,4%
2011	229	3	5	1	0	251	20	3	8	18	1	0	196	15	560	53	5	17	0	133	1	68	151	65	24	1	11	0	4	0	0	1843	25	13,6%
2012	393	2	34	0	0	172	3	0	0	3	2	2	112	0	168	140	4	123	1	28	1	19	63	10	2	0	5	0	0	0	0	1287	21	42,7%
2013	866	1	32	0	0	438	44	1	0	0	0	0	214	0	46	320	2	7	0	19	2	0	94	102	3	0	2	2	1	1	0	2197	20	41,2%
2014	623	2	6	0	0	715	6	4	1	6	2	1	205	8	520	171	0	82	2	162	0	8	41	208	9	0	19	1	0	0	0	2802	23	25,4%
2015	2590	2	72	1	0	794	188	1	0	39	26	0	246	0	93	709	0	104	0	20	1	7	42	934	0	0	55	16	1	3	2	5946	23	46,6%
2016	411	0	44	0	1	888	35	2	0	6	0	0	261	0	41	400	6	2	0	16	0	5	51	274	2	0	22	39	0	0	0	2506	19	18,2%
2017	678	0	15	0	0	224	248	11	5	8	0	0	72	1	2859	285	5	36	4	18	0	5	13	271	26	0	22	1	1	0	2	4810	23	15,2%
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	33,0%
2019	1559	1	4	0	0	533	329	127	4	10	0	0	352	1	1528	147	3	125	0	43	0	8	122	251	62	0	11	5	3	0	0	5228	22	32,3%
2020	319	0	14	0	0	243	126	23	0	12	3	0	329	0	1258	168	3	115	0	125	0	9	53	189	10	0	12	3	2	0	5	3021	21	15,0%
2021	322	2	4	3	0	400	149	0	2	0	1	0	92	0	537	338	17	38	3	39	0	19	50	155	2	1	13	1	0	3	0	2191	23	16,6%
Abondance totale	10074	42	287	5	1	5392	1247	232	24	178	52	3	3147	26	9561	3346	94	789	11	1090	69	293	1183	3059	287	3	227	74	20	8	13	40837	31	27,3%
Abondance relative	24,7%	0,1%	0,7%	0,0%	0,0%	13,2%	3,1%	0,6%	0,1%	0,4%	0,1%	0,0%	7,7%	0,1%	23,4%	8,2%	0,2%	1,9%	0,0%	2,7%	0,2%	0,7%	2,9%	7,5%	0,7%	0,0%	0,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%			
Abondance moyenne	672	3	19	0	0	359	83	15	2	12	3	0	210	2	637	223	6	53	1	73	5	20	79	204	19	0	15	5	1	1	1	2722		

Annexe 4.4 - 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	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2010	14	7	12	0	0	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	6,1%
2011	100	1	8	0	0	0	6	5	0	1	0	3	1	1	98	6	122	139	1	112	85	2	0	34	0	0	2	1	1	373	1102	22	20,0%
2012	36	5	23	0	0	0	39	0	3	0	0	0	0	0	56	0	23	12	0	22	15	0	0	17	0	0	2	3	0	211	467	14	17,3%
2013	126	8	44	0	0	2	31	27	0	1	0	0	1	1	99	1	6	112	0	22	100	0	0	46	0	1	0	11	0	120	759	19	25,3%
2014	12	3	1	0	0	0	39	6	0	0	0	0	0	2	27	0	19	29	0	4	77	3	2	9	1	0	1	0	0	38	273	17	6,2%
2015	225	1	68	0	0	0	6	15	0	0	0	0	0	0	74	0	14	72	0	9	81	3	0	16	0	0	3	6	0	286	879	15	34,4%
2016	718	4	60	0	0	3	58	8	0	0	0	0	0	0	103	0	2	50	0	14	95	3	6	47	1	0	5	371	0	278	1826	18	43,4%
2017	164	2	18	0	0	6	11	0	19	1	0	1	0	0	70	0	119	67	0	23	32	0	0	8	0	0	8	41	0	79	669	17	30,6%
2018	219	5	9	0	0	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	38,4%
2019	55	2	13	0	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	20	0	4	70	1	24	18	2	0	4	0	0	4	10	0	31	265	17	34,7%
2020	17	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11	0	9	36	2	15	1	0	1	3	0	0	0	5	0	11	114	14	28,9%
2021	260	4	24	1	1	10	6	24	0	0	0	0	0	1	45	0	18	49	3	114	20	0	0	8	0	0	0	48	1	19	656	19	60,7%
Abondance totale	1946	43	281	1	1	23	267	166	23	4	5	10	5	5	714	7	375	777	7	426	603	17	10	232	3	1	30	538	3	1888	8411	30	31,5%
Abondance relative	23,1%	0,5%	3,3%	0,0%	0,0%	0,3%	3,2%	2,0%	0,3%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	8,5%	0,1%	4,5%	9,2%	0,1%	5,1%	7,2%	0,2%	0,1%	2,8%	0,0%	0,0%	0,4%	6,4%	0,0%	22,4%			
Abondance moyenne	162	4	23	0	0	2	22	14	2	0	0	1	0	0	60	1	31	65	1	36	50	1	1	19	0	0	3	45	0	157	701		

Annexe 4.5 : 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	BBG	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.	%EC
2006	129	9	66	0	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	26,2%
2007	227	35	33	0	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	50,0%
2008	110	23	22	0	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	31,5%
2009	223	12	152	0	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	56,5%
2010	241	26	51	0	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	29,7%
2011	212	10	44	0	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	33,8%
2012	512	6	87	0	13	13	0	0	0	2	0	3	184	0	64	94	0	43	11	0	4	1	4	1	0	0	4	0	0	0	0	1046	17	61,4%
2013	345	4	72	0	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	70,8%
2014	174	7	29	0	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	27,1%
2015	354	2	26	0	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	42,0%
2016	702	4	130	0	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	72,1%
2017	608	3	21	0	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	77,8%
2018	122	0	19	0	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	26,1%
2019	173	2	12	0	73	7	0	0	0	0	1	0	51	0	37	30	21	85	27	0	3	1	37	2	0	3	25	0	0	0	0	590	18	45,8%
2020	32	4	14	0	7	13	0	0	0	1	0	0	36	0	8	75	1	12	6	0	1	0	25	2	0	1	14	0	0	0	0	252	17	23,0%
2021	80	2	10	1	0	18	0	0	0	1	1	1	68	0	9	47	1	119	7	0	2	0	11	0	0	0	17	0	0	0	1	396	18	52,8%
Abondance totale	4244	149	788	1	197	1025	18	2	9	15	13	9	1921	2	694	968	42	845	593	1	130	34	367	16	7	52	447	4	1	13	3	12608	31	46,6%
Abondance relative	33,7%	1,2%	6,3%	0,0%	1,6%	8,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	15,2%	0,0%	5,5%	7,7%	0,3%	6,7%	4,7%	0,0%	1,0%	0,3%	2,9%	0,1%	0,1%	0,4%	3,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%			
Abondance moyenne	265	9	49	0	12	64	1	0	1	1	1	1	120	0	43	61	3	53	37	0	8	2	23	1	0	3	28	0	0	1	0	788		

Annexe 4.6 : 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	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PCH	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2008	66	33	80	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	103	0	10	12	0	11	0	110	0	0	0	1	0	4	69	0	3	507	15	31,0%
2009	222	11	252	0	0	0	0	12	0	0	3	0	0	2	263	0	51	87	0	659	0	184	1	3	2	16	0	3	2	0	8	1781	18	63,6%
2010	600	14	140	0	0	1	4	13	0	0	0	7	3	3	412	0	25	100	0	100	0	159	0	7	4	43	0	8	47	5	22	1717	21	48,9%
2011	382	9	56	0	0	0	42	65	1	0	0	0	5	2	392	1	126	163	1	373	0	158	0	5	0	41	0	3	17	0	117	1959	20	41,4%
2012	164	10	25	0	0	0	4	5	0	0	0	0	1	0	152	0	8	40	0	7	0	4	0	3	0	1	1	3	53	1	12	494	18	39,7%
2013	536	9	378	0	0	0	4	13	0	0	0	4	2	0	119	0	5	45	0	8	0	37	0	1	0	20	0	10	80	0	1	1272	17	72,5%
2014	337	36	38	0	0	0	9	7	0	0	0	2	1	3	374	0	82	55	0	84	0	521	0	5	0	42	0	4	35	0	10	1645	18	27,9%
2015	1102	9	422	0	0	0	57	26	0	0	0	1	10	2	297	0	7	416	0	25	0	152	0	2	1	184	0	1	148	1	4	2867	20	54,0%
2016	1155	11	340	0	0	0	9	2	0	0	0	9	28	0	128	0	0	271	0	1	0	231	0	1	1	396	0	5	466	0	47	3101	17	48,2%
2017	439	9	69	0	0	2	11	14	0	0	0	6	11	0	97	0	72	266	2	26	0	122	0	4	0	178	2	3	160	0	60	1553	20	34,4%
2018	390	8	163	0	0	1	7	56	0	0	0	1	4	0	127	0	24	75	0	11	0	11	0	15	0	96	0	6	36	0	3	1034	18	54,5%
2019	219	5	49	0	0	0	3	7	0	0	0	5	0	1	119	0	33	73	0	81	0	67	0	2	3	30	0	2	7	0	9	715	18	48,8%
2020	64	6	11	0	0	1	4	13	0	0	0	10	1	0	165	0	73	22	2	178	0	54	0	0	0	50	0	3	19	0	30	706	18	35,8%
2021	398	17	74	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	226	0	17	53	1	26	17	28	0	1	0	50	0	2	28	0	91	1034	19	48,2%
Abondance totale	6074	187	2097	0	1	5	158	233	2	1	3	45	69	13	2974	1	533	1678	6	1590	17	1838	1	49	11	1148	3	57	1167	7	417	19351	30	50,4%
Abondance relative	31,4%	1,0%	10,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	15,4%	0,0%	2,8%	8,7%	0,0%	8,2%	0,1%	9,5%	0,0%	0,3%	0,1%	5,9%	0,0%	0,3%	6,0%	0,0%	2,2%			
Abondance moyenne	434	13	150	0	0	0	11	17	0	0	0	3	5	1	212	0	38	120	0	114	1	131	0	4	1	82	0	4	83	1	30	1456		

Annexe 5.1 - Assignation des taxa collectés dans les chenaux court-circuités du Rhône a une catégorie de guildes de rhéophilie (Forcellini *et al.*, 2020).

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	Code	Taxa	Guides									
Annelida	Hirudinea	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	Erpobdella	EOCT_i	Erpobdella octoculata_i	Intermédiaires									
					ERSP_i	Erpobdella spp._i	Intermédiaires									
					GCOM_i	Glossiphonia complanata_i	Limnophiles									
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Glossiphonia	GLOSS_i	Glossiphonia spp._i	Limnophiles									
					HSTA_i	Helobdella stagnalis_i	Limnophiles									
					HINV_i	Hypania invalida_i	Intermédiaires									
Arthropoda	Crustacea	Amphipoda	Corophiidae	Chelicorophium	CCSP_i	Chelicorophium curvispinum-sowinskyi_i	Rhéophiles									
					CCUR_i	Chelicorophium curvispinum_i	Rhéophiles									
					CHEL_i	Chelicorophium spp._i	Rhéophiles									
					GPUL_i	Gammarus pulex_i	Intermédiaires									
					Decapoda	Atyidae	Atyaephyra	ADES_i	Atyaephyra desmarestii_i	Rhéophiles						
								JIST_i	Jaera istri_i	Rhéophiles						
								MYSI_i	Mysidae_i	Intermédiaires						
					Mysida	Mysidae	Limnomysis	LIBE_i	Limnomysis benedeni_i	Limnophiles						
								Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Platambus	PMAC_l	Platambus maculatus_l	Limnophiles		
												Elmidae	Elmis	ELSP_a	Elmis spp._a	Rhéophiles
														ELSP_l	Elmis spp._l	Rhéophiles
														ESSP_a	Esolus spp._a	Rhéophiles
												LISP_a	Limnius spp._a	Rhéophiles		
												OUSP_a	Oulimnius spp._a	Rhéophiles		
												STSP_l	Stenelmis sp._l	Limnophiles		
								Halipilidae	Halipilus	HASP_l	Halipilus spp._l	Limnophiles				
										Hydraenidae	Hydraena	HYDRA_a	Hydraena sp._a	Rhéophiles		
					Diptera	Athericidae	Atherix	ATHE_l	Atherix sp._l			Rhéophiles				
								ACRA_l	Atrichops crassipes_l	Limnophiles						
								Chironomidae	Chironomini	CHSP_l	Chironomini_l	Limnophiles				
ORTH_l	Orthoclaadiinae_l	Rhéophiles														
TASP_l	Tanytarsini_l	Intermédiaires														
Limoniidae	Eriopterini	ERIO_l	Eriopterini_l	Limnophiles												
		Hexatoma	HEXA_l	Hexatoma_l				Intermédiaires								

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	Code	Taxa	Guides
			Psychodidae		PSSP_I	Psychodidae_I	Rhéophiles
			Simuliidae		SIMU_I	Simuliidae_I	Rhéophiles
					SIMU_n	Simuliidae_n	Rhéophiles
			Tabanidae		TABA_I	Tabanidae_I	Limnophiles
			Tipulidae	Tipula	TIPA_I	Tipula sp._I	Intermédiaires
		Ephemeroptera	Baetidae		BAET_I	Baetidae_I	Limnophiles
				Baetis	BFUS_I	Baetis fuscatus_I	Rhéophiles
					BLUT_I	Baetis lutheri_I	Rhéophiles
					BRHO_I	Baetis rhodani_I	Rhéophiles
					BASP_I	Baetis spp._I	Rhéophiles
					BVAR_I	Baetis vardarensis_I	Rhéophiles
				Centroptilum	CLUT_I	Centroptilum luteolum_I	Limnophiles
				Procloeon	PBIF_I	Procloeon bifidum_I	Limnophiles
					PROC_I	Procloeon sp._I	Limnophiles
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis	CALM_I	Caenis luctuosa-macrura_I	Intermédiaires
					CLUC_I	Caenis luctuosa_I	Intermédiaires
					CMAC_I	Caenis macrura_I	Intermédiaires
					CASP_I	Caenis spp._I	Intermédiaires
			Heptageniidae	Ecdyonurus	EVENO_I	Ecdyonurus venosus_I	Intermédiaires
				Epeorus	EPSP_I	Epeorus sp._I	Rhéophiles
				Heptagenia	HESP_I	Heptagenia spp._I	Rhéophiles
					HSUL_I	Heptagenia sulphurea_I	Rhéophiles
				Rhithrogena	RSEM_I	Rhithrogena semicolorata_I	Rhéophiles
					RHPS_I	Rhithrogena spp._I	Rhéophiles
			Leptophlebiidae	Habrophlebia	HLAU_I	Habrophlebia lauta_I	Intermédiaires
					HAPS_I	Habrophlebia spp._I	Intermédiaires
		Heteroptera	Corixidae	Micronecta	MISP_i	Micronecta spp._i	Limnophiles
		Megaloptera	Sialidae	Sialis	SISP_I	Sialis spp._I	Limnophiles
		Odonata	Calopterygidae	Calopteryx	CALO_I	Calopteryx spp._I	Limnophiles
			Gomphidae	Onychogomphus	ONSP_I	Onychogomphus sp._I	Limnophiles
		Plecoptera	Chloroperlidae	Siphonoperla	STOR_I	Siphonoperla torrentium_I	Rhéophiles
			Leuctridae	Leuctra	EGEN_I	Leuctra geniculata_I	Limnophiles
					LESP_I	Leuctra spp._I	Rhéophiles
			Nemouridae	Protonemura	PRSP_I	Protonemura spp._I	Rhéophiles
			Perlidae	Dinocras	DCEP_I	Dinocras cephalotes_I	Rhéophiles
					DISP_I	Dinocras sp._I	Rhéophiles

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	Code	Taxa	Guides
			Perlodidae	Isoperla	ISSP_i	Isoperla sp._i	Rhéophiles
			Taeniopterygidae	Brachyptera	BRSP_i	Brachyptera sp._i	Rhéophiles
		Trichoptera	Glossosomatidae		AGAP_i	Agapetus spp._i	Rhéophiles
				Agapetus	AGAP_i	Agapetus spp._i	Rhéophiles
				Glossosoma	GBOL_i	Glossosoma boltoni_i	Rhéophiles
					GLSP_i	Glossosoma spp._i	Rhéophiles
			Hydropsychidae	Cheumatopsyche	CLEP_i	Cheumatopsyche lepida_i	Rhéophiles
				Hydropsyche	HANG_i	Hydropsyche angustipennis_i	Rhéophiles
					HCON_i	Hydropsyche contubernalis_i	Rhéophiles
					HEXO_i	Hydropsyche exocellata_i	Rhéophiles
					HINC_i	Hydropsyche incognita_i	Rhéophiles
					HINS_i	Hydropsyche instabilis_i	Rhéophiles
					HSIL_i	Hydropsyche siltalai_i	Rhéophiles
					HYSP_i	Hydropsyche spp._i	Rhéophiles
			Leptoceridae	Mystacides	MAZU_i	Mystacides azurea_i	Limnophiles
					MYSP_i	Mystacides spp._i	Limnophiles
				Oecetis	OESP_i	Oecetis spp._i	Intermédiaires
			Philopotamidae	Chimarra	CMAR_i	Chimarra marginata_i	Rhéophiles
			Polycentropodidae	Polycentropus	PFLA_i	Polycentropus flavomaculatus_i	Intermédiaires
					POSP_i	Polycentropus spp._i	Intermédiaires
			Psychomyiidae	Psychomyia	PPUS_i	Psychomyia pusilla_i	Rhéophiles
				Tinodes	TDIV_i	Tinodes dives_i	Rhéophiles
			Rhyacophilidae	Rhyacophila	RHSP_i	Rhyacophila s. stricto spp._i	Rhéophiles
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Dreissenidae	Dreissena	DPOL_i	Dreissena polymorpha_i	Rhéophiles
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae		SPHA_i	Sphaeriidae_i	Limnophiles
	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	Radix	RASP_i	Radix spp._i	Intermédiaires
			Physidae	Physella	PACU_i	Physella acuta_i	Limnophiles
			Planorbidae	Gyraulus	GALB_i	Gyraulus albus_i	Intermédiaires
					GYSY_i	Gyraulus spp._i	Intermédiaires
Plathelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	Dugesia	DUSP_i	Dugesia spp._i	Intermédiaires
					DTIG_i	Dugesia tigrina_i	Rhéophiles

Annexe 5.2 - Conditions hydrologiques des campagnes d'échantillonnages. Date : date de l'échantillonnage ; Q camp : débit (m³/s) le jour de l'échantillonnage ; Q camp min 15 jours (m³/s) : débit minimum observé dans les 15 jours précédant l'échantillonnage ; Q camp max 15 jours (m³/s) : débit maximum observé dans les 15 jours précédant l'échantillonnage ; Q camp moy 15 jours (m³/s) : débit moyen observé dans les 15 jours précédant l'échantillonnage.

Secteur	Date	Q camp	Q camp min 15 jours	Q camp max 15 jours	Q camp moy 15 jours
Baix	16/05/2011	20	20	20	20
Baix	05/07/2011	20	20	20.1	20
Baix	20/04/2012	16.4	16	77.1	20.8
Baix	03/07/2012	23	21.6	23.4	22.5
Baix	11/06/2013	20	20	837.4	252.9
Baix	02/09/2013	10	10	20	19
Baix	23/04/2014	76	75.7	77.5	76.1
Baix	12/09/2014	76	75.9	119.2	78.8
Baix	21/05/2017	69.3	68.9	73.9	72
Baix	22/08/2017	81.7	81.5	84.6	82
Baix	08/09/2020	80.2	80.2	81.3	81
Montélimar	21/05/2008	73	73	85	80
Montélimar	25/08/2008	54	49	106	71.3
Montélimar	28/04/2011	17	13.7	40.4	19.9
Montélimar	07/07/2011	30.6	29.3	62.7	37.6
Montélimar	26/04/2012	71.1	61.6	161.3	76.8
Montélimar	11/07/2012	46.1	43.1	98.5	59.8
Montélimar	24/04/2014	98.3	95.5	98.4	97.3
Montélimar	11/09/2014	87.9	87.9	106.8	94.1
Montélimar	12/04/2017	103.6	100.9	152.1	105.1
Montélimar	30/08/2017	103.1	101.7	103.6	102.9
Montélimar	09/09/2020	80.7	79	114.8	97.3

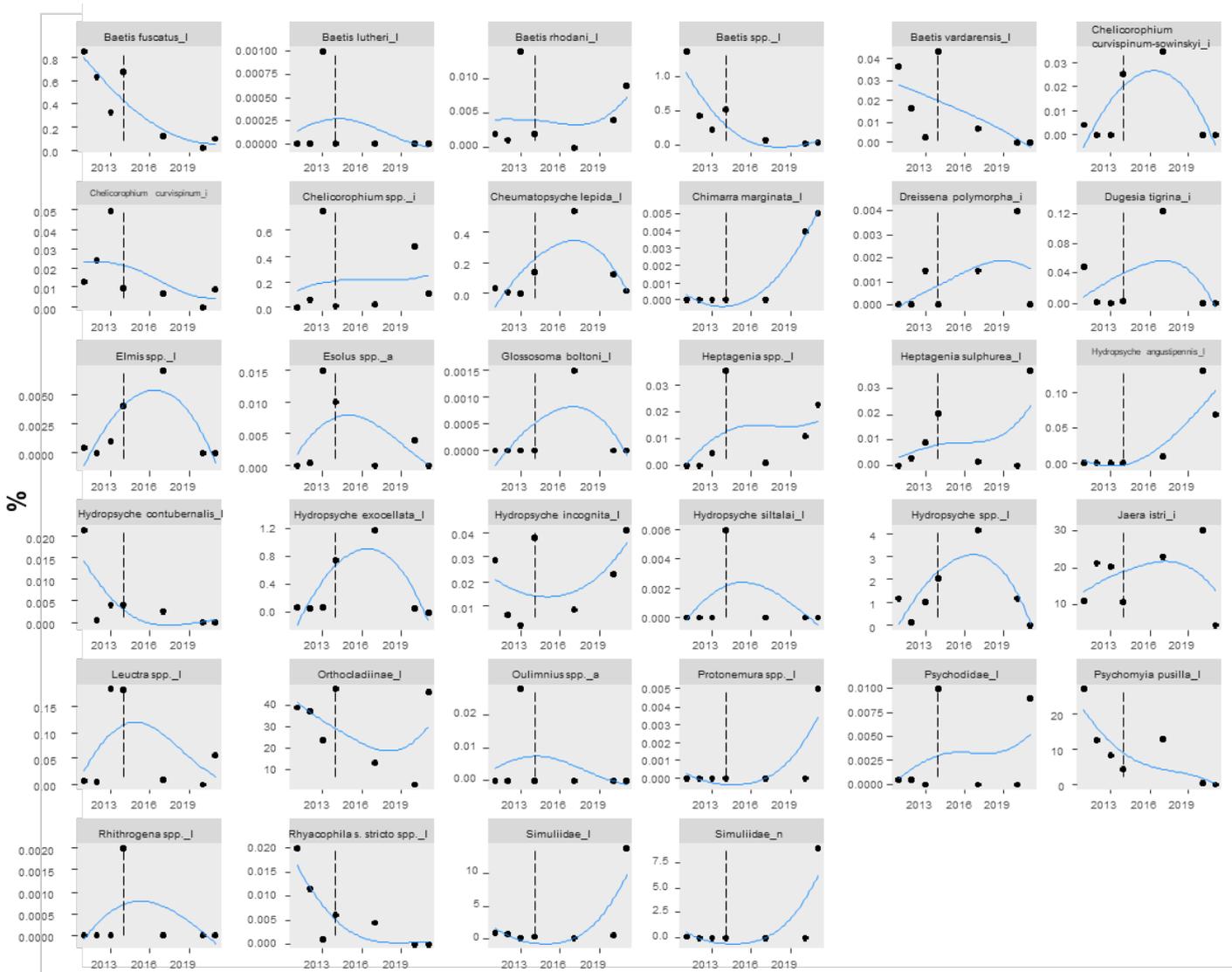
Annexe 5.3 - Baix-Le-Logis-Neuf ; Abondances relatives (%) des taxa sur l'ensemble du jeu de données (2011-2021), sur la période avant (2011-2013) et après (2014-2021) rehaussement du débit réservé et par campagnes. Seul les taxa possédant une proportion ≥ 0.05 % sont présentés. Taxa dominants : proportion sur la période 2011-2021 $\geq 5\%$; Taxa sub-dominants : proportion sur la période 2011-2021 [5%, 3%], Taxa résidants : proportion sur la période 2011-2021 [3%, 1%], Taxa sub-résidants : proportion sur la période 2011-2021 [1%, 0.05%].

Taxon	Catégorie	Total 2011-2021	Total 2011-2013	Total 2014-2021	2011/05	2011/07	2012/04	2012/07	2013/06	2013/09	2014/04	2014/09	2017/05	2017/08	2020/09	2021/04
Orthocladinae	Taxons dominants	30.579	33.807	23.798	47.079	30.352	43.655	29.873	33.025	13.192	63.896	30.545	21.526	3.617	2.71	45.544
<i>Jaera istri</i>	Taxons dominants	16.123	14.312	19.927	7.421	14.199	25.951	16.726	29.742	11.021	3.188	18.037	11.547	34.807	30.614	4.281
<i>Psychomyia pusilla</i>	Taxons dominants	14.976	18.791	6.962	23.314	30.234	3.52	21.497	8.726	7.812	1.361	7.506	13.256	12.071	0.373	0.147
Gammaridae-Pontogammaridae	Taxons dominants	8.35	5.682	13.953	3.071	5.226	6.168	11.73	10.774	1.623	1.013	6.26	8.789	23.028	26.334	8.612
Tanytarsini	Taxons dominants	6.918	9.536	1.42	1.875	2.506	1.404	3.199	1.263	46.969	2.28	4.336	1.464	0.223	0.884	0.318
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	Taxons sub-dominants	4.408	3.922	5.429	4.866	3.377	7.36	2.713	1.207	1.776	3.743	5.654	16.415	2.621	4.691	0.184
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Taxons sub-dominants	4.118	3.276	5.888	2.527	3.473	3.031	5.556	5.92	1.244	1.741	2.654	7.035	9.212	7.248	3.534
Diptera nymphe	Taxons résidants	1.599	1.516	1.775	0.529	0.438	3.16	2.19	0.561	2.135	5.601	2.127	1.318	0.095	0.152	3.461
Chironomini	Taxons résidants	1.593	1.59	1.601	0.377	0.926	0.44	1.082	0.842	6.136	6.505	2.213	1.471	0.193	0.221	0.313
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Taxons résidants	1.456	0.63	3.191	0.2	0.581	1.178	0.503	0.505	1.074	0.403	6.693	0.889	2.594	6.513	2.677
<i>Hydropsyche</i> spp.	Taxons résidants	1.357	0.889	2.34	0.993	1.334	0.004	0.303	0.309	1.778	0.023	4.118	6.689	1.697	1.208	0.018
Simuliidae	Taxons résidants	1.141	0.789	1.881	1.67	0.237	0.213	1.167	0.028	0.113	0.203	0.531	0.024	0.168	0.522	13.759
Trichoptera nymphe	Taxons sub-résidants	0.842	0.733	1.072	0.597	1.175	0.812	0.726	0.028	0.377	0.407	2.277	3.055	0.611	0.065	0.069
<i>Baetis</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.657	0.879	0.189	1.965	0.769	0.556	0.299	0.056	0.379	0.653	0.369	0.007	0.126	0.008	0.037
<i>Hypania invalida</i>	Taxons sub-résidants	0.611	0.165	1.548	0.189	0.118	0.065	0.122	1.768	0.239	4.322	1.103	1.554	0.42	2.47	0.424
<i>Baetis fuscatus</i>	Taxons sub-résidants	0.598	0.75	0.278	1.383	0.312	0.693	0.581	0.056	0.592	1.095	0.248	0	0.246	0.027	0.101
<i>Hydroptila</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.589	0.726	0.299	1.053	1.24	0.005	0.373	0.028	0.718	0.004	0.162	0.491	0.431	0.45	0.055
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Taxons sub-résidants	0.527	0	1.633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.886	1.691
<i>Dikerogammarus</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.492	0	1.525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.674	2.29	3.52
<i>Corbicula fluminea</i>	Taxons sub-résidants	0.432	0.105	1.119	0.051	0.114	0.038	0.018	0	0.362	0.07	0.245	1.104	2.367	1.395	0.101
Simuliidae nymphe	Taxons sub-résidants	0.387	0.052	1.092	0.153	0.035	0.025	0	0	0.005	0.027	0.011	0	0.029	0.004	9.004
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Taxons sub-résidants	0.29	0.066	0.761	0.041	0.106	0.056	0.031	0	0.118	0.063	1.438	1.166	1.21	0.042	0
<i>Caenis luctuosa</i>	Taxons sub-résidants	0.148	0.158	0.127	0.008	0.458	0.267	0.004	0.337	0.121	0.293	0.312	0.059	0.008	0.095	0.12
Hydroptilidae nymphe	Taxons sub-résidants	0.133	0.164	0.066	0.054	0.627	0.004	0.048	0	0.073	0.023	0.211	0.038	0.034	0.084	0.028
Tanypodinae	Taxons sub-résidants	0.125	0.153	0.066	0.032	0.005	0.023	0.314	0.281	0.427	0.16	0.158	0.048	0	0.027	0.069
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	Taxons sub-résidants	0.111	0.018	0.307	0	0.069	0.025	0	0	0	0.051	0.233	0.536	0.554	0.126	0.018
<i>Caenis macrura</i>	Taxons sub-résidants	0.104	0.126	0.058	0	0.369	0.319	0.001	0.196	0.015	0.129	0.117	0.052	0.008	0.008	0.092
<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	Taxons sub-résidants	0.091	0.133	0.002	0	0.535	0.054	0.031	0.056	0.058	0	0.004	0	0.004	0	0
<i>Radix</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.086	0.066	0.127	0.01	0.246	0.036	0.035	0	0.006	0.278	0.335	0.211	0.017	0	0.005
Baetidae	Taxons sub-résidants	0.073	0.107	0.002	0	0.019	0.087	0.212	0.14	0.265	0	0	0	0.002	0.011	0
Hemerodromiinae	Taxons sub-résidants	0.071	0.09	0.031	0.004	0.141	0.052	0.011	0.028	0.307	0.023	0.128	0.014	0.015	0	0.023
<i>Serratella ignita</i>	Taxons sub-résidants	0.062	0.034	0.12	0.001	0	0.226	0	0.056	0	0.806	0	0.007	0	0	0.046
<i>Chelicorophium</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.059	0.043	0.093	0.002	0	0.081	0.024	1.431	0.076	0	0.011	0.01	0.027	0.473	0.111

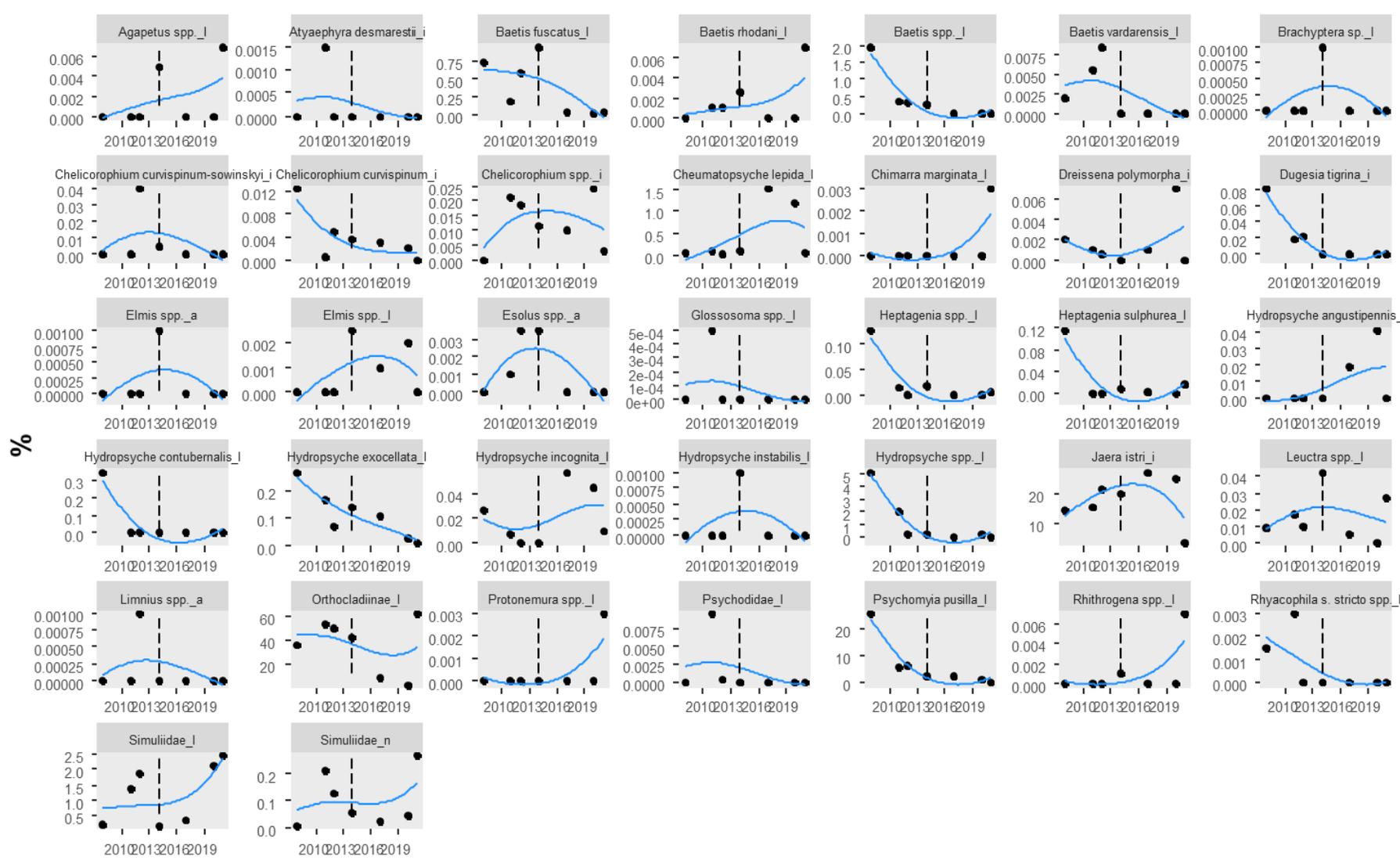
Annexe 5.4 - Montélimar ; Abondances relatives (%) des taxa sur l'ensemble du jeu de données (2008-2021), sur la période avant (2008-2012) et après (2014-2021) rehaussement du débit réservé et par campagnes. Seul les taxa possédant une proportion ≥ 0.05 % sont présentés. Taxa dominants : proportion sur la période 2008-2021 $\geq 5\%$; Taxa sub-dominants : proportion sur la période 2008-2021]5%, 3%], Taxa résidants : proportion sur la période 2008-2021]3%, 1%], Taxa sub-résidants : proportion sur la période 2008-2021]1%, 0.05%].

Taxon	Catégorie	Total 2008-2021	Total 2008-2012	Total 2014-2021	2008/05	2008/08	2011/04	2011/07	2012/04	2012/07	2014/04	2014/09	2017/04	2017/08	2020/09	2021/04
Orthoclaadiinae	Taxons dominants	38.698	49.671	24.079	49.931	23.907	70.968	37.352	56.054	45.042	49.836	35.931	16.383	2.793	3.674	62.37
<i>Jaera istri</i>	Taxons dominants	19.722	17.521	22.655	9.545	19.178	11.751	19.354	20.631	22.186	8.934	30.699	19.774	34.373	24.757	3.538
Gammaridae-Pontogammaridae	Taxons dominants	12.197	4.859	21.974	2.264	1.878	2.462	8.07	5.109	5.768	1.787	9.501	28.739	36.622	32.592	7.737
<i>Psychomyia pusilla</i>	Taxons dominants	5.828	9.044	1.543	15.88	34.718	0.596	9.747	1.327	10.76	1.813	1.938	2.927	1.31	0.762	0.02
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Taxons dominants	5.271	3.72	7.338	3.651	1.447	3.876	3.766	3.897	4.345	3.574	6.45	3.664	11.057	12.036	4.305
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Taxons sub-dominants	3.608	2.694	4.825	2.55	3.963	1.62	2.107	4.345	3.198	4.995	5.321	15.386	1.086	1.919	0.093
Diptera nymphe	Taxons résidants	2.857	2.034	3.955	1.592	0.493	2.728	1.688	3.617	1.35	12.966	3.691	1.446	0.116	0.163	10.188
<i>Dikerogammarus</i> spp.	Taxons résidants	1.558	0	3.634	0	0	0	0	0	0	0	0	6.06	5.429	4.853	4.158
Simuliidae	Taxons résidants	1.123	1.404	0.748	0.156	0.229	0.305	2.497	1.518	2.232	0.2	0.059	0.6	0.077	2.131	2.474
<i>Hydropsyche</i> spp.	Taxons résidants	1.108	1.822	0.156	7.671	2.553	1.812	2.187	0.028	0.451	0.014	0.498	0.006	0.112	0.296	0.003
<i>Hypania invalida</i>	Taxons résidants	1.096	0.272	2.193	0.204	0.418	0.453	0.301	0.073	0.097	9.532	0.983	0.413	0.914	1.805	0.133
Tanytarsini	Taxons sub-résidants	0.911	1.181	0.553	1.158	1.178	1.138	2.078	0.466	0.589	0.31	1.394	0.191	0.669	0.201	0.44
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Taxons sub-résidants	0.777	0	1.812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.442	2.388
Trichoptera nymphe	Taxons sub-résidants	0.775	0.966	0.52	2.511	1.506	0.302	1.113	0.361	1.31	0.984	0.864	0.925	0.242	0.075	0.007
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Taxons sub-résidants	0.72	0.642	0.825	0.373	1.072	0.311	1.217	0.316	0.45	0.181	0.994	0.405	1.008	1.534	0.734
<i>Psychomyia pusilla</i> nymphe	Taxons sub-résidants	0.556	0.973	0	0	0	0.062	3.753	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomini	Taxons sub-résidants	0.437	0.397	0.491	0.334	0.279	0.728	0.439	0.134	0.169	1.94	0.366	0.214	0.296	0.032	0.19
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	Taxons sub-résidants	0.412	0.061	0.879	0.082	0.04	0.001	0.185	0	0.023	0.038	0.117	1.297	1.729	1.175	0.05
<i>Baetis</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.397	0.625	0.092	0.143	3.74	0.183	0.521	0.251	0.369	0.305	0.245	0.013	0.004	0.01	0.027
<i>Baetis fuscatus</i>	Taxons sub-résidants	0.367	0.411	0.308	0.325	1.134	0.265	0.111	0.638	0.536	1.609	0.261	0.063	0.018	0.024	0.033
<i>Corbicula fluminea</i>	Taxons sub-résidants	0.257	0.028	0.562	0.026	0.074	0.023	0.033	0.024	0.013	0.057	0.153	0.739	0.965	0.898	0.15
<i>Hydroptila</i> spp.	Taxons sub-résidants	0.216	0.332	0.06	0.022	0.319	0.006	0.701	0.008	0.595	0.01	0.055	0.027	0.054	0.192	0.027
Hydroptilidae nymphe	Taxons sub-résidants	0.141	0.227	0.025	0.004	0.009	0.004	0.849	0.028	0.024	0.031	0.016	0.046	0.018	0.036	0
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Taxons sub-résidants	0.124	0.153	0.086	0.26	0.27	0.003	0.334	0.008	0.129	0.081	0.194	0.199	0.014	0.027	0.01
Simuliidae nymphe	Taxons sub-résidants	0.114	0.154	0.061	0	0.009	0.065	0.357	0.099	0.157	0.107	0.007	0.046	0	0.044	0.267
<i>Caenis macrura</i>	Taxons sub-résidants	0.063	0.094	0.021	0	0	0.015	0.301	0.095	0.003	0.029	0.023	0.017	0.022	0.002	0.037
<i>Caenis luctuosa/macrura</i>	Taxons sub-résidants	0.055	0.094	0.003	0.143	0.028	0.006	0.316	0	0.001	0	0.005	0	0.007	0	0
<i>Dugesia polychroa/lugubris</i>	Taxons sub-résidants	0.053	0.003	0.118	0.009	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0.453	0	0

Annexe 5.5 - Evolution de la proportion annuelle par taxon appartenant à la guildes des rhéophiles selon Forcellini *et al.* (2020) pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf.



Annexe 5.6 - Evolution de la proportion annuelle par taxon appartenant à la guildes des rhéophiles selon Forcellini *et al.* (2020) pour le secteur de Montélimar.



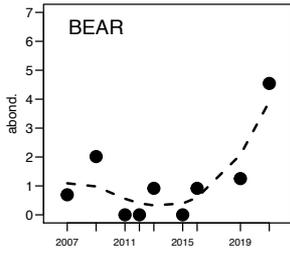
Annexe 7.1

(Trois planches successives) – Changements temporels (2007 – 2021) des densités des onze espèces exogènes les plus abondantes dans les sept lônes suivies dans le secteur de Belley :

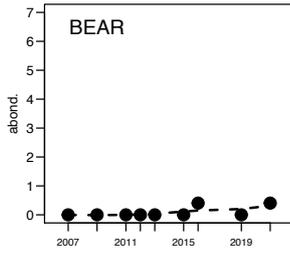
- Crustacés : *Crangonyx pseudogracilis*, *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri* ;
- Turbellariés : *Girardia tigrina* ;
- Mollusques bivalves : *Corbicula fluminea*, *Dreissena rostriformis bugensis*, *Dreissena polymorpha* ;
- Annélide Polychète : *Hypania invalida* ;
- Mollusques Gastéropodes : *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta*, *Gyraulus parvus*.
- N'ont pas été représentées en raison de leur faible occurrence : *Menetus dilatatus* et *Ferrissia californica* (Mollusques Gastéropodes), *Barbronia weberi* (Annélide Achète), *Orconectes limosus* (Crustacé).

Les abondances (nombres d'individus dans 0.75 m²) sont transformées en $\log_e(x+1)$. Les valeurs sur les axes verticaux correspondent aux effectifs suivants : 1 : 2 ind./ 0.75m² ; 2 : 6 ind./ 0.75m² ; 3 : 19 ind./ 0.75m² ; 4 : 54 ind./ 0.75m² ; 5 : 147 ind./ 0.75m² ; 6 : 402 ind./ 0.75m², en valeurs arrondies à l'entier le plus proche. Les lônes sont ordonnées de haut en bas en fonction de leur fréquence de connexion croissante avec le Rhône (figure 7.1).

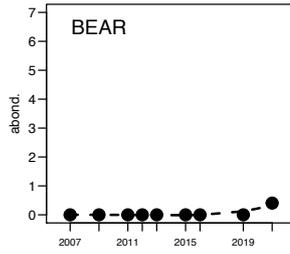
Crangonyx pseudogracilis



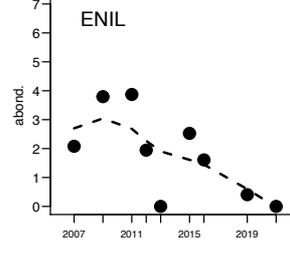
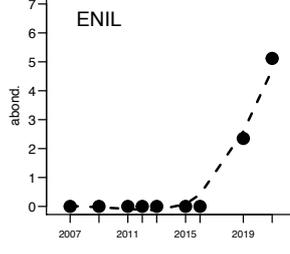
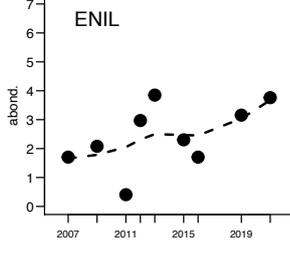
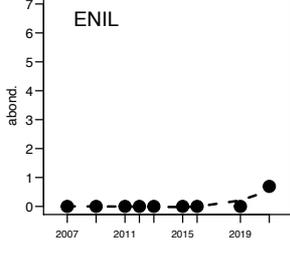
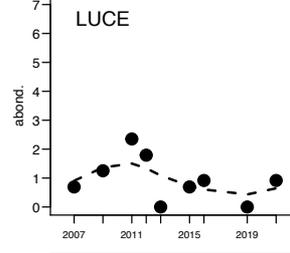
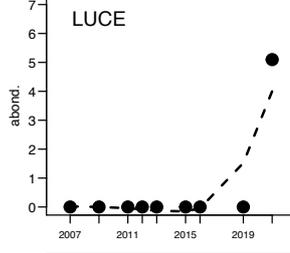
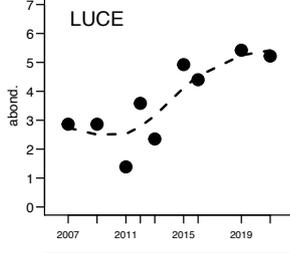
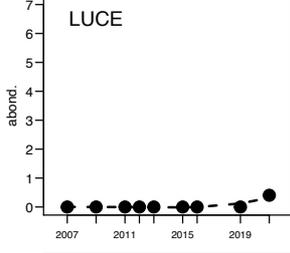
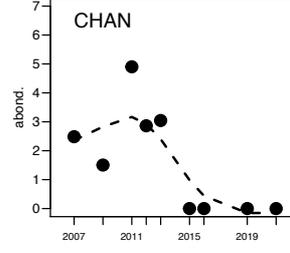
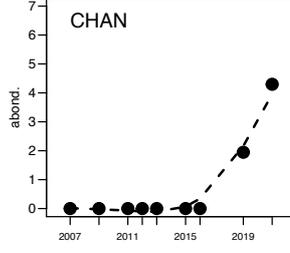
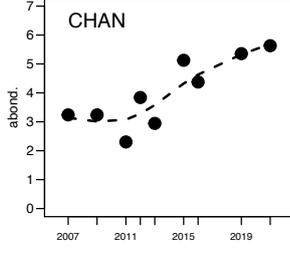
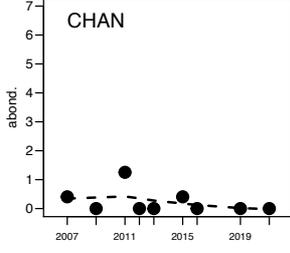
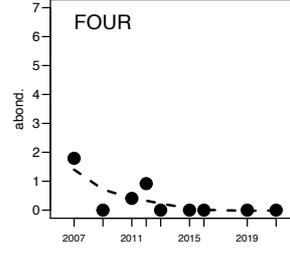
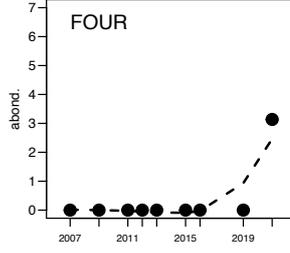
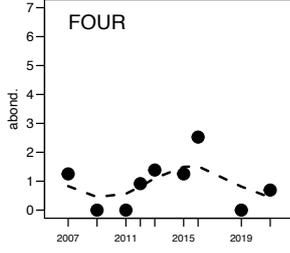
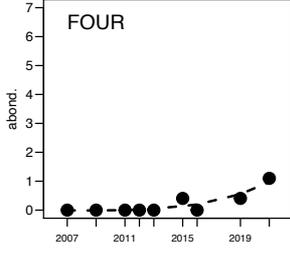
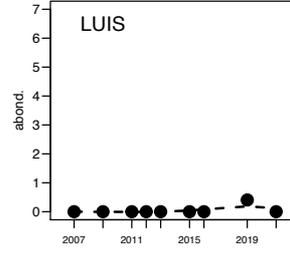
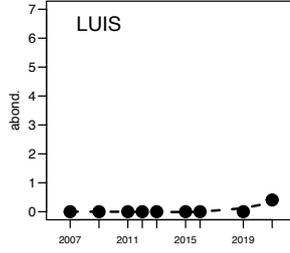
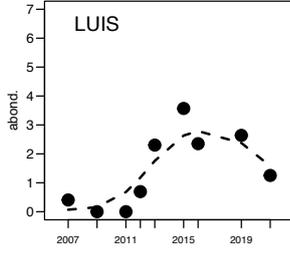
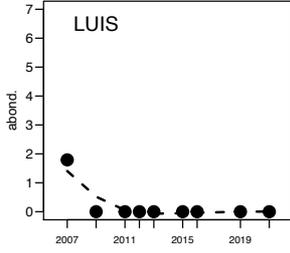
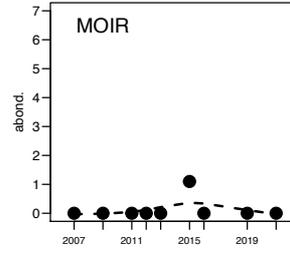
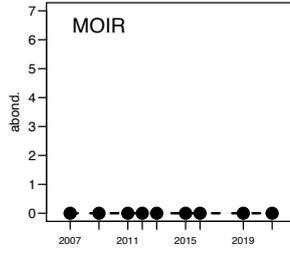
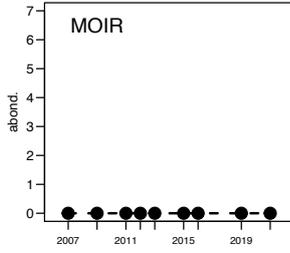
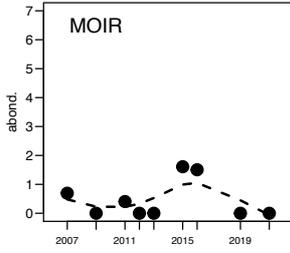
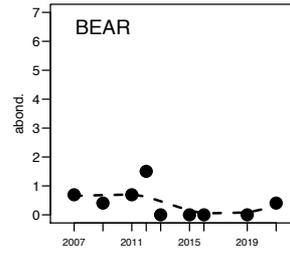
Dikerogammarus villosus



Jaera istri



Girardia tigrina

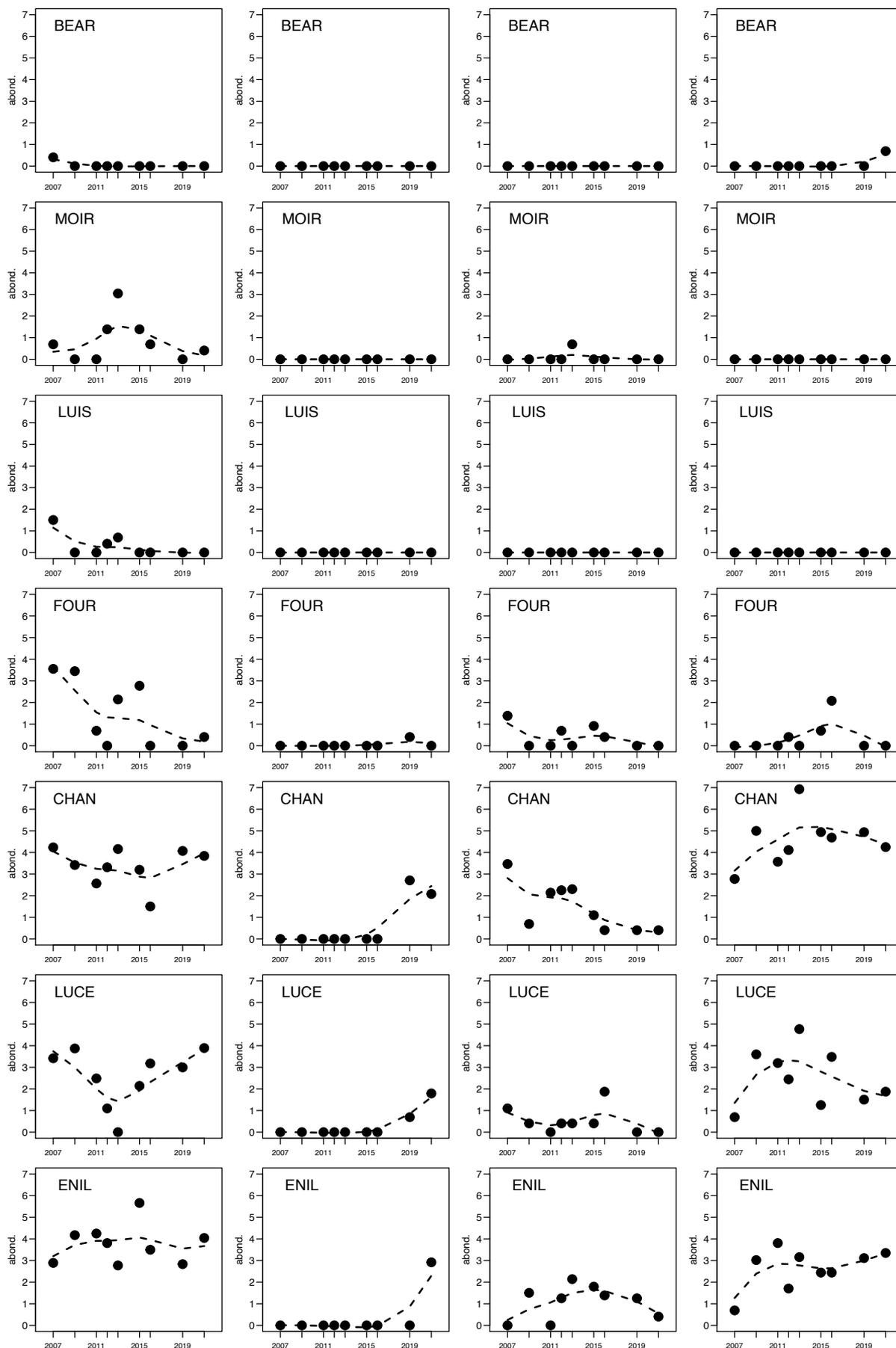


Corbicula fluminea

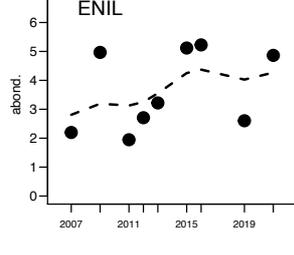
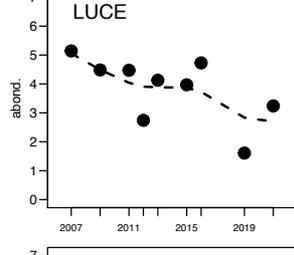
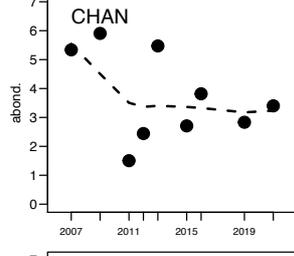
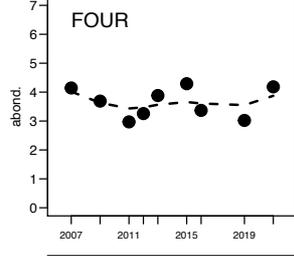
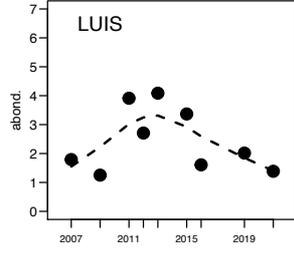
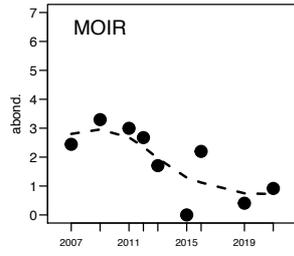
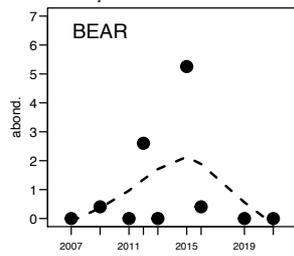
Dreissena rostriformis bugensis

Dreissena polymorpha

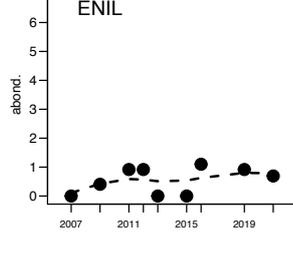
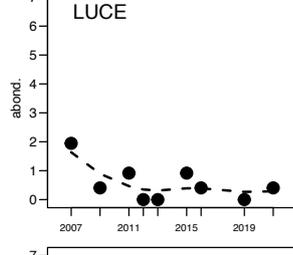
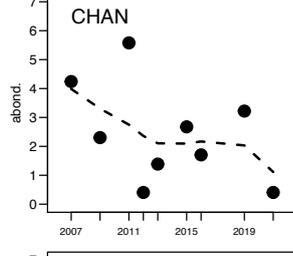
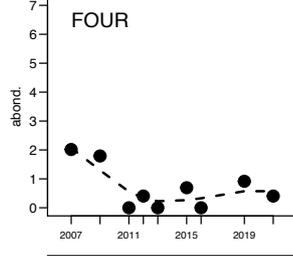
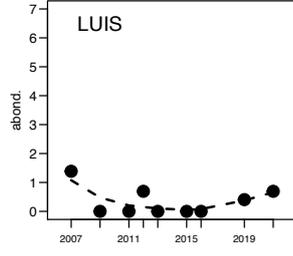
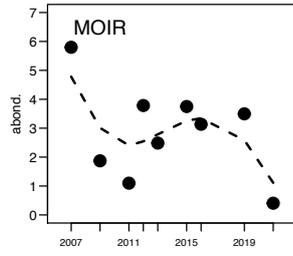
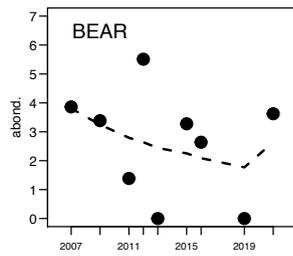
Hypania invalida



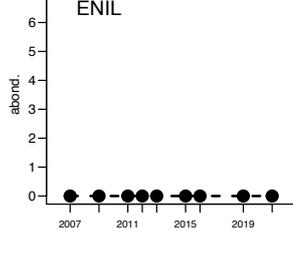
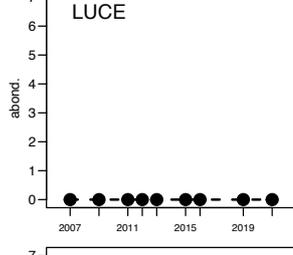
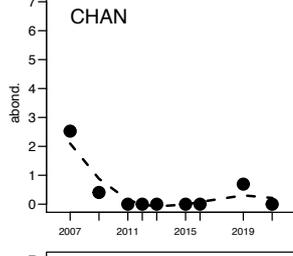
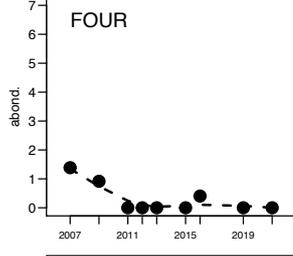
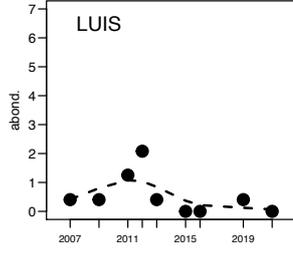
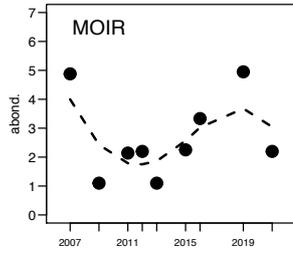
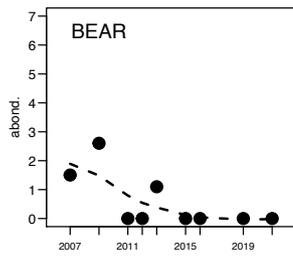
Potamopyrgus antipodarum



Physella acuta



Gyraulus parvus



Annexe 8.1 - Tableau récapitulatif des effectifs échantillonnés chaque année dans les bras secondaires courants de Anse de Yenne, Vachon, Cerisiers et Mattant depuis leur restauration (2005/2006-2021).

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Belley	Anse de yenne	2005	16	0	21	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	64	2	2	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	1	34	12	276	11
Belley	Anse de yenne	2006	17	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	2	2	86	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	1	0	5	7	176	10	
Belley	Anse de yenne	2007	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	2	1	24	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	26	89	10	
Belley	Anse de yenne	2008	1	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	96	1	0	20	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	7	90	228	11	
Belley	Anse de yenne	2009	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	27	5
Belley	Anse de yenne	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	18	3	
Belley	Anse de yenne	2011	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	8	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	42	8	
Belley	Anse de yenne	2012	1	0	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	70	0	40	100	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	14	12	261	12
Belley	Anse de yenne	2013	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	6	47	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	16	2	3	12	37	215	11
Belley	Anse de yenne	2014	30	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14	5	94	9
Belley	Anse de yenne	2015	13	0	19	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	112	1	55	152	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	1	2	49	2	428	14	
Belley	Anse de yenne	2016	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	3	8	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7	0	24	3	94	9	
Belley	Anse de yenne	2017	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	54	0	1	46	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	136	9	
Belley	Anse de yenne	2018	2	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	119	0	6	9	1	4	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	1	0	3	21	184	14	
Belley	Anse de yenne	2019	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	15	0	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	33	7	7
Belley	Anse de yenne	2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	9	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	21	6
Belley	Anse de yenne	2021	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	5
		Total	97	0	111	0	0	9	0	2	0	4	767	18	116	637	1	8	45	0	0	0	0	0	0	29	0	3	1	0	6	36	19	8	181	232	2330	21		
		Abond. Rel.	4,2%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%	32,9%	0,8%	5,0%	27,3%	0,0%	0,3%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,5%	0,8%	0,3%	7,8%	10,0%			
		Abond. Moy.	6	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	45	1	7	37	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	11	14	137	9	

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
Brégner	Vachon	2006	0	0	11	0	0	0	6	1	3	0	0	0	0	54	1	9	3	0	1	5	0	0	0	0	5	9	1	1	0	0	0	2	0	1	4	117	17		
Brégner	Vachon	2007	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18	0	1	3	1	2	7	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	51	12
Brégner	Vachon	2008	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	
Brégner	Vachon	2009	0	0	12	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	13	5	0	5	0	4	8	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	3	0	0	0	12	73	14		
Brégner	Vachon	2010	0	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	43	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	8	
Brégner	Vachon	2011	0	0	15	0	2	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12		
Brégner	Vachon	2012	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	23	0	11	1	0	0	6	0	0	0	0	12	3	0	0	0	0	4	2	0	0	2	67	12		
Brégner	Vachon	2013	20	1	43	0	3	6	0	0	0	0	0	0	8	82	0	18	43	0	2	27	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	15	302	14	
Brégner	Vachon	2014	16	0	79	0	6	4	0	0	0	0	0	0	3	80	0	27	27	0	0	18	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	7	0	0	1	0	273	13		
Brégner	Vachon	2015	12	0	0	0	0	0	110	0	12	6	0	0	0	20	2	3	2	0	0	0	0	0	5	13	25	11	4	0	0	0	15	0	5	1	246	16			
Brégner	Vachon	2016	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	30	1	0	9	0	1	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	62	10		
Brégner	Vachon	2017	0	0	39	0	0	0	5	1	0	0	0	0	2	44	0	0	23	0	0	5	0	0	0	0	9	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	134	11		
Brégner	Vachon	2018	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	59	7		
Brégner	Vachon	2019	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	1	1	35	0	0	2	0	0	0	0	5	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	159	10		
Brégner	Vachon	2020	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	18	6		
Brégner	Vachon	2021	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	1	78	10		
		Total	49	2	268	0	13	11	121	3	17	15	0	0	24	680	12	75	180	1	10	94	0	0	0	5	112	53	13	5	0	9	19	21	1	31	53	1897	28		
		Abond. Rel.	2,6%	0,1%	14,1%	0,0%	0,7%	0,6%	6,4%	0,2%	0,9%	0,8%	0,0%	0,0%	1,3%	35,8%	0,6%	4,0%	9,5%	0,1%	0,5%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	5,9%	2,8%	0,7%	0,3%	0,0%	0,5%	1,0%	1,1%	0,1%	1,6%	2,8%			
		Abond. Moy.	3	0	17	0	1	1	8	0	1	1	0	0	2	43	1	5	11	0	1	6	0	0	0	0	7	3	1	0	0	1	1	1	0	2	3	119	11		

Annexe 8.1 (suite)

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Brégnier	Cerisiers	2006	1	0	14	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	37	16	1	83	0	0	55	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	5	2	4	32	270	14
Brégnier	Cerisiers	2007	0	0	3	0	0	0	6	1	0	1	0	0	0	34	26	37	19	0	0	67	0	0	0	0	0	2	5	0	0	2	0	0	7	0	2	36	248	15
Brégnier	Cerisiers	2008	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	22	9	
Brégnier	Cerisiers	2009	0	0	11	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	20	40	0	67	0	0	6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	18	7	180	11	
Brégnier	Cerisiers	2010	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	14	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	5	4	68	9	
Brégnier	Cerisiers	2011	28	0	2	0	0	0	0	12	4	6	0	0	0	36	8	79	15	0	63	12	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1	52	62	385	16	
Brégnier	Cerisiers	2012	0	0	17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	43	50	0	24	0	3	73	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	23	2	25	24	287	13	
Brégnier	Cerisiers	2013	0	0	19	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	54	45	6	6	0	0	35	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	1	63	60	296	13	
Brégnier	Cerisiers	2014	1	0	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	13	46	1	24	0	0	72	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14	9	199	11	
Brégnier	Cerisiers	2015	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	31	35	0	50	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	13	2	198	10		
Brégnier	Cerisiers	2016	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	30	1	0	9	0	1	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	63	11	
Brégnier	Cerisiers	2017	12	0	3	0	0	0	2	18	0	0	0	0	0	21	30	22	10	0	17	14	0	0	0	1	0	3	0	0	1	1	0	0	2	0	3	19	179	17
Brégnier	Cerisiers	2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	1	19	7	0	0	7	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	4	0	1	5	96	11	
Brégnier	Cerisiers	2019	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	44	3	3	0	4	2	0	0	0	1	6	1	0	0	0	3	0	7	0	1	1	128	14	
Brégnier	Cerisiers	2020	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	10	0	7	0	7	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	3	94	10	
Brégnier	Cerisiers	2021	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	11	6	0	0	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	9	0	1	0	51	9	
		Total	44	0	106	0	1	0	21	36	5	9	2	0	3	467	377	179	338	0	95	465	0	0	0	2	2	42	12	3	1	5	5	1	62	7	208	266	2764	28
		Abond. Rel.	1,6%	0,0%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,3%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%	16,9%	13,6%	6,5%	12,2%	0,0%	3,4%	16,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	1,5%	0,4%	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,2%	0,3%	7,5%	9,6%		
		Abond. Moy.	3	0	7	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	29	24	11	21	0	6	29	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4	0	13	17	173	12	

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Brégnier	Mattant	2006	9	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	18	15	1	8	8	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	2	14	14	183	14
Brégnier	Mattant	2007	0	0	13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	71	2	1	11	0	10	14	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	5	0	13	145	14
Brégnier	Mattant	2008	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	31	7
Brégnier	Mattant	2009	4	2	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	31	0	5	23	1	4	24	0	1	0	0	0	4	0	0	0	2	0	12	0	4	7	143	17	
Brégnier	Mattant	2010	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	7	0	0	7	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	1	53	10	
Brégnier	Mattant	2011	25	0	63	0	0	0	1	2	0	1	0	0	22	203	0	29	211	0	6	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	83	0	4	15	11	683	16	
Brégnier	Mattant	2012	26	1	22	0	4	0	0	2	8	1	0	0	9	23	0	70	17	0	11	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	28	2	1	14	13	258	21	
Brégnier	Mattant	2013	1	0	72	0	0	6	0	0	0	0	0	0	3	48	0	0	31	0	0	12	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	2	57	0	3	2	243	13	
Brégnier	Mattant	2014	24	0	15	0	3	23	0	0	0	0	0	0	13	32	0	2	124	2	10	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	0	2	4	11	284	16		
Brégnier	Mattant	2015	13	0	47	0	4	1	1	0	0	0	0	0	8	39	0	4	32	0	14	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	17	0	0	10	0	202	15	
Brégnier	Mattant	2016	10	0	24	0	4	2	0	0	0	0	0	0	7	24	0	2	22	2	1	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	125	15	
Brégnier	Mattant	2017	1	0	40	0	1	0	3	0	0	0	0	0	22	0	0	51	0	2	6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	138	11	
Brégnier	Mattant	2018	10	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	223	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	305	7	
Brégnier	Mattant	2019	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	3	31	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	143	9	
Brégnier	Mattant	2020	10	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	49	6	
Brégnier	Mattant	2021	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	16	6	
		Total	139	3	444	0	16	32	5	5	8	3	0	0	65	705	2	135	804	6	68	132	0	9	0	0	1	28	4	0	0	3	18	221	4	16	53	72	3001	28
		Abond. Rel.	4,6%	0,1%	14,8%	0,0%	0,5%	1,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	2,2%	23,5%	0,1%	4,5%	26,8%	0,2%	2,3%	4,4%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	7,4%	0,1%	0,5%	1,8%	2,4%		
		Abond. Moy.	9	0	28	0	1	2	0	0	1	0	0	0	4	44	0	8	50	0	4	8	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	14	0	1	3	5	188	12	

Annexe 8.2 - Tableau récapitulatif des effectifs échantillonnés chaque année dans les 3 îlons de type « parapotamon » : Brotalet, Molottes, Ponton et dans la îlne Moiroud depuis leur restauration (2004/2006-2021).

Secteur	îlne	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Chautagne	Brotalet	2004	3	0	2	0	0	0	15	0	0	1	2	0	0	262	2	3	167	0	0	6	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0	23	0	6	0	500	13	
Chautagne	Brotalet	2005	3	0	0	0	0	0	29	2	0	0	0	0	0	59	2	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	35	0	12	0	160	9	
Chautagne	Brotalet	2006	0	0	0	0	0	0	16	0	7	1	0	0	0	31	0	14	114	0	0	0	0	0	0	0	4	5	7	0	0	0	2	0	5	4	210	12		
Chautagne	Brotalet	2007	1	0	0	0	0	0	106	0	1	3	0	0	0	79	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	2	0	0	0	11	0	25	0	262	11	
Chautagne	Brotalet	2008	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	69	1	1	3	0	0	4	0	0	0	0	0	2	6	5	0	0	0	23	0	3	0	121	12	
Chautagne	Brotalet	2009	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	32	0	52	0	125	7	
Chautagne	Brotalet	2010	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	28	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	26	0	12	0	82	9		
Chautagne	Brotalet	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	2		
Chautagne	Brotalet	2012	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	38	0	34	50	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	3	140	10		
Chautagne	Brotalet	2013	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	16	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	3	17	0	0	0	0	9	0	0	0	55	7	
Chautagne	Brotalet	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	82	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	8	0	19	0	123	7		
Chautagne	Brotalet	2015	6	0	16	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	335	1	729	152	0	0	0	0	0	0	0	46	5	2	0	0	0	2	0	8	30	1334	13		
Chautagne	Brotalet	2016	0	0	1	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	20	0	3	54	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	90	11		
Chautagne	Brotalet	2017	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	14	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	50	0	6	0	86	8		
Chautagne	Brotalet	2018	1	0	3	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	241	0	3	33	0	0	0	0	0	0	0	1	27	0	0	0	0	13	0	3	0	345	10		
Chautagne	Brotalet	2019	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	50	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	8	0	37	0	121	7		
Chautagne	Brotalet	2020	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	164	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5	19	0	0	0	0	0	4	4	0	199	7		
Chautagne	Brotalet	2021	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	8	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	7	0	2	0	34	8		
		Total	19	0	22	0	1	0	170	7	38	33	2	0	0	1594	7	788	640	0	0	10	0	0	0	0	68	106	54	9	0	0	0	250	0	196	37	4051	20	
		Abond. Rel.	0,5%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	4,2%	0,2%	0,9%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	39,3%	0,2%	19,3%	15,8%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	2,6%	1,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	4,8%	0,9%			
		Abond. Moy.	1	0	1	0	0	9	0	2	2	0	0	0	0	89	0	44	36	0	0	1	0	0	0	0	4	6	3	1	0	0	0	14	0	11	2	225	9	

Secteur	îlne	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Brégner	Molottes	2006	109	0	1	0	0	0	46	112	3	0	0	0	0	64	0	0	96	0	0	1	0	0	0	0	2	0	12	34	2	0	0	6	0	1	0	489	14	
Brégner	Molottes	2007	6	0	1	0	0	0	161	39	46	4	1	0	0	72	14	24	38	0	0	0	0	0	0	0	7	7	59	6	0	0	0	28	0	0	0	513	16	
Brégner	Molottes	2008	12	0	0	0	0	0	109	13	6	1	0	0	0	208	3	0	27	0	0	1	0	0	0	0	3	4	7	2	0	0	0	2	0	13	0	411	15	
Brégner	Molottes	2009	12	0	0	0	0	0	110	0	12	6	0	0	0	20	2	3	2	0	0	0	0	0	0	5	13	25	11	4	0	0	0	15	0	5	1	246	16	
Brégner	Molottes	2010	0	0	0	0	0	0	110	8	4	2	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	6	0	0	0	3	0	6	0	180	10	
Brégner	Molottes	2011	0	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	1	3	0	0	0	14	0	0	0	35	7	
Brégner	Molottes	2012	39	0	0	0	0	0	211	204	72	5	0	0	0	177	0	84	49	0	0	0	0	0	0	80	14	43	14	11	1	0	0	10	0	1	1	1016	17	
Brégner	Molottes	2013	518	0	0	0	0	0	157	160	63	2	1	0	0	513	0	34	191	0	0	0	0	0	0	5	4	27	77	3	0	1	0	4	0	12	0	1772	17	
Brégner	Molottes	2014	7	0	0	0	0	0	116	60	6	5	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	1	458	8	0	0	0	23	0	4	0	748	13	
Brégner	Molottes	2015	13	0	0	0	0	0	324	161	141	2	0	0	0	137	0	0	75	0	0	0	0	0	0	214	1	47	752	3	0	0	0	5	0	0	0	1875	13	
Brégner	Molottes	2016	22	0	0	0	0	0	532	12	24	2	0	0	0	181	0	4	32	0	0	0	0	0	0	45	5	97	291	10	0	0	0	35	0	0	0	1292	14	
Brégner	Molottes	2017	8	0	0	0	0	0	103	100	106	1	0	0	0	22	6	0	4	0	0	0	0	0	0	15	0	14	121	45	0	0	0	39	0	0	0	584	13	
Brégner	Molottes	2018	29	0	0	0	0	0	157	0	5	7	0	0	0	111	0	0	1	0	0	0	0	0	0	30	2	159	175	5	0	0	0	27	0	0	0	708	12	
Brégner	Molottes	2019	0	0	0	1	0	0	6	0	0	3	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	4	36	60	79	0	0	0	58	0	0	0	293	10	
Brégner	Molottes	2020	105	0	0	0	0	0	669	144	33	2	0	0	0	276	1	0	83	0	16	1	0	0	0	15	0	144	658	5	0	0	0	66	0	2	0	2220	16	
Brégner	Molottes	2021	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	20	6	
		Total	880	0	2	1	0	0	2816	1013	521	49	2	0	0	1843	47	149	598	0	16	3	0	0	0	0	473	53	631	2728	193	1	1	0	336	0	44	2	12402	24
		Abond. Rel.	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	22,7%	8,2%	4,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	14,9%	0,4%	1,2%	4,8%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,8%	0,4%	5,1%	22,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	0,0%	0,4%	0,0%			
		Abond. Moy.	59	0	0	0	0	188	68	35	3	0	0	0	0	122	3	10	40	0	1	0	0	0	0	32	4	42	182	13	0	0	0	22	0	3	0	775	13	

Annexe 8.2 (suite)

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
Brègnier	Ponton	2006	133	0	0	0	0	20	2	0	0	0	0	0	28	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	220	7	
Brègnier	Ponton	2007	0	0	2	0	0	119	2	1	0	0	0	0	91	0	76	92	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	5	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11	421	12
Brègnier	Ponton	2008	239	0	3	0	0	60	45	66	1	0	0	0	134	0	35	29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	632	13	
Brègnier	Ponton	2009	159	0	0	0	0	19	8	47	0	0	0	0	9	2	15	7	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	16	0	0	0	8	0	0	1	300	14			
Brègnier	Ponton	2010	0	0	0	0	0	77	26	2	0	0	0	0	34	0	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	24	5	0	0	13	0	2	0	222	11				
Brègnier	Ponton	2011	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	8	0	0	0	14	5		
Brègnier	Ponton	2012	145	0	19	0	0	209	95	18	1	0	0	0	136	0	5	16	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	18	0	0	2	2	0	3	0	676	15			
Brègnier	Ponton	2013	65	0	3	0	0	73	102	12	3	0	0	0	65	0	9	82	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	24	0	0	3	0	2	1	451	15				
Brègnier	Ponton	2014	187	0	0	0	0	19	16	0	0	0	0	0	42	2	32	48	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	0	0	2	0	6	0	363	13					
Brègnier	Ponton	2015	39	0	0	0	0	161	0	0	1	0	0	0	36	4	7	10	0	0	0	0	0	0	0	2	66	1	0	0	28	0	17	0	372	12					
Brègnier	Ponton	2016	0	0	2	0	0	27	17	3	0	0	1	0	63	3	1	7	0	0	0	0	0	0	0	3	17	45	1	0	0	79	0	0	3	272	15				
Brègnier	Ponton	2017	48	0	0	0	0	84	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	32	12	0	0	20	0	0	0	207	9				
Brègnier	Ponton	2018	0	0	0	0	0	24	0	2	7	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19	16	0	0	7	0	0	0	82	8					
Brègnier	Ponton	2019	0	0	0	1	0	5	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	49	1	0	0	28	0	0	0	97	9				
Brègnier	Ponton	2020	0	0	0	0	0	8	2	0	4	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	35	109	33	0	0	49	0	0	0	249	11				
Brègnier	Ponton	2021	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	3				
		Total	1015	0	29	1	0	907	316	151	26	1	1	0	649	12	204	327	0	0	0	0	0	2	0	2	19	117	371	124	0	0	0	260	0	33	16	4583	22		
		Abond. Rel.	22,1%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	19,8%	6,9%	3,3%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	14,2%	0,3%	4,5%	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	2,6%	8,1%	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%	0,0%	0,7%	0,3%				
		Abond. Moy.	63	0	2	0	0	57	20	9	2	0	0	0	41	1	13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	23	8	0	0	0	16	0	2	1	286	11		

Secteur	lône	annee	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CAG	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	MIS	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Belley	Moiroud	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	10	5	
Belley	Moiroud	2006	1	0	0	0	0	39	10	0	0	0	0	0	29	40	24	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0	0	16	0	0	0	11	0	9	10	195	4	
Belley	Moiroud	2007	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	3	0	0	2	0	0	0	32	10		
Belley	Moiroud	2008	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	6	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	60	13			
Belley	Moiroud	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3		
Belley	Moiroud	2010	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	7		
Belley	Moiroud	2011	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	6		
Belley	Moiroud	2012	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	6	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	7	0	114	12		
Belley	Moiroud	2013	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	6	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	1		
Belley	Moiroud	2014	0	0	0	0	0	11	0	0	1	0	0	0	4	35	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	1	0	0	0	61	10		
Belley	Moiroud	2015	0	0	0	0	0	40	1	0	0	0	0	0	34	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	16	0	0	13	0	2	3	127	3			
Belley	Moiroud	2016	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	18	54	3	0	0	2	0	0	0	0	2	2	1	2	4	0	0	2	0	0	7	136	12			
Belley	Moiroud	2017	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	2	55	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	0	0	0	117	9			
Belley	Moiroud	2018	0	0	0	0	0	102	1	0	1	0	0	0	44	11	49	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	48	90	0	0	22	0	1	12	387	9		
Belley	Moiroud	2019	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	2	0	0	5	0	0	1	63	14			
Belley	Moiroud	2020	0	0	0	0	0	27	0	0	2	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	0	55	5			
Belley	Moiroud	2021	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	7	5		
		Total	1	0	0	0	0	416	12	0	7	0	0	162	415	85	3	0	2	3	0	0	0	0	5	18	9	70	149	0	0	0	70	0	23	33	1476	18		
		Abond. Rel.	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	28,2%	0,8%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	11,0%	28,1%	5,8%	0,2%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,2%	0,6%	4,7%	10,1%	0,0%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	1,6%	2,2%			
		Abond. Moy.	0	0	0	0	0	24	1	0	0	0	0	0	10	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	9	0	0	0	4	0	1	2	92	8	

Annexe 8.3 - Effectifs échantillonnés chaque année dans les lômes du secteur de Donzère-Mondragon depuis 2015 pour la lôme de la Désirade ou depuis leur réhabilitation en 2020 pour les autres.

Station	Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAM	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAC	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces		
Grange écrasée	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	4
Grange écrasée	2011	1	0	0	4	0	0	2	1	2	1	0	1	0	2	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	11	
Grange écrasée	2012	9	1	0	2	0	0	2	6	1	5	1	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	1	1	29	1	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	14	
Grange écrasée	2013	120	2	0	10	0	0	10	56	20	3	10	0	0	11	0	0	56	8	0	1	0	0	0	0	1	4	51	27	64	0	0	0	0	0	6	0	0	0	460	18		
Grange écrasée	2015	4	1	0	5	0	0	71	2	4	1	2	1	0	9	0	0	42	2	0	1	0	0	0	0	1	0	12	20	13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	192	18		
Grange écrasée	2016	0	2	0	2	0	0	39	0	1	9	1	1	0	3	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	1	18	6	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	125	14			
Grange écrasée	2017	2	0	0	0	0	0	30	1	3	7	1	0	0	6	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	2	62	1	48	0	0	0	0	0	9	0	0	0	202	13			
Grange écrasée	2020	425	0	13	0	0	0	6	20	8	1	0	0	0	203	0	0	357	40	1	111	0	17	0	0	0	3	2	8	2	0	1	65	0	0	0	19	0	1302	19			
Grange écrasée	2021	45	2	14	0	0	0	5	36	1	0	0	0	1	79	0	0	125	8	1	140	0	1	0	0	0	2	4	0	0	0	17	0	0	0	2	0	483	17				
Total		470	2	27	0	0	0	11	56	9	1	0	0	1	282	0	0	482	48	2	251	0	18	0	0	0	3	4	12	2	0	1	82	0	0	0	21	0	1785	18			
Abond. Rel.		26,3%	0,1%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	3,1%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	15,8%	0,0%	0,0%	27,0%	2,7%	0,1%	14,1%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,7%	0,1%	0,0%	0,1%	4,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%						
Abond. Moy.		235	1	14	0	0	0	6	28	5	1	0	0	1	141	0	0	241	24	1	126	0	9	0	0	0	2	2	6	1	0	1	41	0	0	0	11	0	893				
Abond. Rel. 2021		9,3%	0,4%	2,9%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	7,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	16,4%	0,0%	0,0%	25,9%	1,7%	0,2%	29,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%						

Station	Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAM	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAC	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Dames	2020	50	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	113	0	0	88	14	0	38	0	14	0	0	0	0	0	10	0	0	0	43	0	0	0	39	0	420	14	
Dames	2021	20	0	22	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	226	0	0	49	9	0	3	0	6	0	0	0	0	3	14	0	0	1	14	0	0	0	4	0	374	14	
Total		70	0	28	0	0	0	1	2	2	0	0	2	1	339	0	0	137	23	0	41	0	20	0	0	0	0	3	24	0	0	1	57	0	0	0	43	0	794	14	
Abond. Rel.		8,8%	0,0%	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,3%	0,1%	42,7%	0,0%	0,0%	17,3%	2,9%	0,0%	5,2%	0,0%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	3,0%	0,0%	0,0%	0,1%	7,2%	0,0%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%			
Abond. Moy.		35	0	14	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	170	0	0	69	12	0	21	0	10	0	0	0	0	2	12	0	0	1	29	0	0	0	22	0	397		
Abond. Rel. 2021		5,3%	0,0%	5,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	60,4%	0,0%	0,0%	13,1%	2,4%	0,0%	0,8%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	3,7%	0,0%	0,0%	0,3%	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%			

Station	Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAM	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAC	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Banc rouge	2015	179	7	0	0	0	0	31	27	1	3	2	3	0	105	0	0	24	27	0	5	0	0	0	0	22	3	20	121	0	1	1	0	0	0	0	0	0	582	18	
Banc rouge	2016	17	1	0	0	0	0	65	0	1	0	0	0	0	8	0	0	8	9	0	17	0	0	0	0	3	0	10	38	1	0	0	0	0	0	1	0	0	179	13	
Banc rouge	2020	92	3	1	0	0	0	6	1	0	0	8	0	0	144	0	0	8	17	0	20	0	31	0	0	0	0	3	242	0	0	0	1	0	0	0	25	0	602	15	
Banc rouge	2021	30	1	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	52	0	1	0	8	0	4	0	19	0	0	0	0	2	23	0	0	0	1	0	0	0	9	0	163	14	
Total		122	4	10	0	0	0	6	1	0	0	9	0	3	196	0	1	8	25	0	24	0	50	0	0	0	0	5	265	0	0	0	2	0	0	0	34	0	602	15	
Abond. Rel.		20,3%	0,7%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,2%	0,0%	0,0%	1,5%	0,0%	0,5%	32,6%	0,0%	0,1%	1,3%	4,2%	0,0%	4,0%	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	44,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%			
Abond. Moy.		61	2	5	0	0	0	3	0,5	0	0	5	0	2	98	0	1	4	13	0	12	0	25	0	0	0	0	3	133	0	0	0	1	0	0	0	17	0	383		
Abond. Rel. 2021		18,4%	0,6%	5,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	1,8%	31,9%	0,0%	0,6%	0,0%	4,9%	0,0%	2,5%	0,0%	11,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	14,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	5,5%	0,0%		

Station	Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAM	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAC	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces
Désirade	2015	3	7	0	3	0	0	19	3	6	0	1	1	0	53	0	0	15	25	0	8	0	0	0	0	17	5	86	29	13	0	1	0	0	0	0	0	0	295	18	
Désirade	2016	2	10	0	1	0	0	11	21	0	0	1	2	0	18	0	0	22	4	1	1	0	0	0	0	33	45	189	51	4	0	2	0	0	0	0	0	418	18		
Désirade	2017	1	12	0	0	0	0	16	3	16	0	23	3	0	65	0	0	9	30	1	0	0	0	0	0	0	7	243	75	0	0	8	0	0	0	0	0	512	15		
Désirade	2020	0	2	0	0	0	0	14	0	55	1	0	1	0	24	0	0	13	12	0	1	0	0	0	0	1	37	83	112	8	0	0	0	0	0	0	0	364	14		
Désirade	2021	3	0	0	0	0	0	12	1	48	0	13	0	0	28	0	0	34	1	0	8	0	0	0	0	0	3	65	75	3	1	0	0	0	1	0	0	0	296	15	
Total		9	31	0	4	0	0	72	28	125	1	38	7	0	188	0	0	93	72	2	18	0	0	0	0	0	51	97	666	342	28	1	11	0	0	1	0	0	1885	16	
Abond. Rel.		0,5%	1,6%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	3,8%	1,5%	6,6%	0,1%	2,0%	0,4%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	4,9%	3,8%	0,1%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	5,1%	35,3%	18,1%	1,5%	0,1%	0,6%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Abond. Moy.		2	10	0	1	0	0	15	9	7	0	8	2	0	45	0	0	15	20	1	3	0	0	0	0	17	19	173	52	6	0	4	0	0	0	0	0	377			
Abond. Rel. 2021		1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,1%	0,3%	16,2%	0,0%	4,4%	0,0%	0,0%	9,5%	0,0%	0,0%	11,5%	0,3%	0,0%	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	22,0%	25,3%	1,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		

RHÔN ECO

Suivi scientifique
de la restauration
du Rhône

Dispositifs scientifiques cadres



Partenaires scientifiques



Université Claude Bernard



Lyon 1



UNIVERSITÉ
JEAN MONNET
SAINT-ÉTIENNE

Partenaires techniques et financiers



AVEC LE SOUTIEN DE L'UNION EUROPÉENNE

