



**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 2015.

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

### ► To cite this version:

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, et al.. Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'avancement 2015.. [Rapport de recherche] IRSTEA; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2015. halshs-01319231

**HAL Id: halshs-01319231**

**<https://shs.hal.science/halshs-01319231>**

Submitted on 24 Apr 2024

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

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



Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



Suivi scientifique du programme de restauration  
hydraulique et écologique du Rhône  
Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve  
Rapport d'état d'avancement (2015)





## Réalisation des travaux

Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUREUX** (IRSTEA – Lyon), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Raphael MONS, Antonin VIENNEY, Dominique REYNAUD, Hermeline ESNARD et Xavier COLOMBET (UMR CNRS 5023).

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

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

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA**, **Hélène MAYOR**, **David McCRAE**, **Pierre MARLE**, **Pablo TIMONER** (Institut Forel et Institut des Sciences de l'Environnement, Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Genève), **Véronique ROSSET** (IRSTEA Lyon)

Partie Structuration génétique et différenciation intra-populationnelle de poissons : **Vincent DUBUT**, **Rémi GRENIER**, **Caroline COSTEDOAT**, UMR 7263 – IMBE, Equipe Evolution Génome Environnement, Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Centre Saint-Charles. *(Les auteurs remercient l'ensemble des personnels d'Irstea, de l'UMR CNRS 5023 - Université Lyon 1, qui ont conduit l'échantillonnage des cyprinidés étudiés dans ce rapport, ainsi qu'Alexandre Nabonnand pour sa participation à l'acquisition des données génétiques. Nous remercions tout particulièrement et chaleureusement Georges Carrel pour son enthousiasme et son soutien dans l'aboutissement de ce travail, ainsi que pour sa relecture attentive et éclairée de ce rapport).*

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

Les données hydrologiques sont fournies par la CNR.





# Sommaire

<b>1 Introduction</b>	1
<b>2 Cadre physique : restauration et hydrologie</b>	11
2.1 Opérations de restauration	11
2.2 Hydraulique du chenal	15
<b>3 Organisation du suivi</b>	17
<b>4 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)</b>	22
4.1 Objectifs et méthodologie	22
4.2 Échantillonnage	22
4.3 Résultats des pêches	23
4.3.1 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1)	26
4.3.2 Canal de Miribel	32
4.3.3 Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.3)	35
4.3.4 Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon	37
4.3.5 Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf	40
4.3.6 Vieux-Rhône de Montélimar	43
4.3.7 Vieux-Rhône de Donzère	46
4.4 Conclusion	49
<b>5 Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône)</b>	50
5.1 Objectifs	50
5.2 Méthodologie	51
5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage	53
5.4 Contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages	54
5.5 Bilan multi-sites	55
5.5.1 Densité en invertébrés	55
5.5.2 Richesse taxonomique	57
5.5.3 Densité en Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)	58
5.5.4 Richesse taxonomique en Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)	60
5.6 Évolution des densités par guildes de préférences hydrauliques	61
5.6.1 Évolution interannuelle des densités par guildes de préférence de contraintes hydrauliques	61
5.6.2 Exemples de réponses biologiques aux opérations de restauration	64
<b>6 Hydromorphologie des îlots</b>	66
6.1 Objectifs et méthodologie	66
6.2 Typologie des patrons de sédimentation fine moyens observés après restauration	67
6.3 Évaluation des facteurs de contrôle de la propension des bras à sédimenter	69
6.4 Estimation de la durée de vie potentielle des bras en tant qu'habitat aquatique	74
6.5 Conclusions et perspectives pour l'année 2016	76
<b>7 Suivi des invertébrés des annexes fluviales</b>	78

<b>7.1 État initial pré-restauration des communautés de macroinvertébrés et d'odonates adultes sur le secteur de Miribel-Jonage</b> .....	78
7.1.1 Introduction.....	78
7.1.2 Échantillonnages.....	78
7.1.3 Méthodes d'analyse des données.....	85
7.1.4 Résultats du suivi des macroinvertébrés.....	86
7.1.5 Résultats du suivi des Odonates adultes.....	95
7.1.6 Conclusions.....	103
<b>7.2 Les communautés de macroinvertébrés de sept lônes du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration (2003 - 2015)</b> .....	104
7.2.1 Introduction.....	104
7.2.2 Sites et méthodes.....	105
7.2.3 Description globale de la diversité des communautés d'invertébrés des lônes de Belley (2003 - 2015) .....	107
7.2.4 Analyse des changements temporels de la diversité des communautés d'invertébrés par lône (secteur de Belley 2003 - 2015) .....	112
7.2.5 Bilan synthétique concernant le secteur de Belley dix ans après restauration.....	130
<b>8 Assemblages des communautés de poissons dans les lônes</b> .....	134
8.1 Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.....	135
8.2 Secteur de Péage-de-Roussillon.....	138
8.3 Secteur de Donzère.....	142
8.4 Conclusion.....	145
<b>9 Structuration génétique et différenciation intra-populationnelle de poissons cyprinidés dans des sections fluviales aménagées du Bas-Rhône médian</b> .....	146
9.1 Contexte de l'étude.....	146
9.2 Matériel et méthodes.....	149
9.2.1 Échantillonnage.....	149
9.2.2 Développement des marqueurs génétiques.....	150
9.2.3 Analyses génétiques et statistiques.....	150
9.3 Résultats et discussion.....	151
9.3.1 Diversité génétique et effectif efficace.....	151
9.3.2 Différenciation génétique.....	155
9.4 Conclusions.....	159
9.4.1 Différenciation génétique : point méthodologique.....	159
9.4.2 Effets des aménagements sur la connectivité.....	160
<b>10 Conclusion générale</b> .....	162
<b>Références bibliographiques</b> .....	164
<b>Annexes</b> .....	171

# 1 Introduction

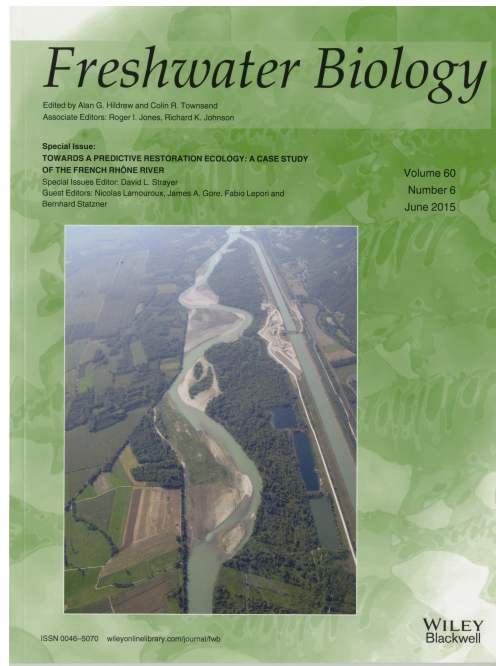
Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le plan Rhône (2007-2013 et 2015-2020) et actuellement poursuivi notamment sur le site de Donzère-Mondragon, comprend trois axes : la modification des débits à l'aval des barrages de dérivation, la restauration d'anciens bras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

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

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

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

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



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

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



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



**SOMMAIRE**

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

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

**8**  
Neuf secteurs  
sous haute surveillance

**10**  
Des espèces d'eau courante  
favorisées

**12**  
La restauration des îlots  
et de leur biodiversité

**14**  
Des scénarios majeurs  
sur le fonctionnement des îlots

**16**  
Des modèles prédictifs pour préciser  
les choix de restauration

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

**20**  
Un programme scientifique  
plein d'avenir

**24**  
Glossaire et ressources



**Le présent rapport** concerne le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (programme 2014-2018, convention 2015). Il prolonge les activités contractuelles réalisées par la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) avant 2007 concernant l'évolution de l'état physique et biologique des sites. Il rend compte de l'avancement du programme au cours de l'année 2015. Il concerne l'ensemble des sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme. En ce qui concerne le suivi des effets des augmentations de débit réservé dans les vieux-Rhône, le rapport fait état de l'état d'avancement des suivis en cours sur les 9 tronçons court-circuités suivis et présente l'évolution des métriques. En ce qui concerne le suivi des îlots restaurés ou qui seront restaurés prochainement, le rapport fait état de l'avancement des travaux, en complément des informations fournies dans les rapports antérieurs. De plus, les travaux de thèse de J. Riquier (2015) ont permis de progresser efficacement dans la compréhension des mécanismes qui régissent l'évolution morpho-sédimentaire des îlots restaurés. Ce rapport présente trois synthèses concernant :

- 1) **un bilan des données collectées dans les différentes annexes fluviales du secteur de Miribel-Jonage avant restauration.** Dans ce secteur, dont les annexes



n'avaient pas encore été étudiées dans le cadre du suivi, 15 stations réparties dans 6 lônes et autres milieux aquatiques (Vieux-Rhône, Grella, Plançon, Rizan, 2 étangs – échantillonnage des libellules – et le Canal de Miribel) ont été échantillonnées depuis 2013 (5 campagnes d'échantillonnage, printemps et été 2013, printemps et été 2014, printemps 2015).

L'analyse concerne le peuplement de macroinvertébrés et un focus particulier concerne les Odonates (stade adulte).

En ce qui concerne le peuplement de macroinvertébrés, Les trois familles les plus abondantes dans le secteur de Miribel-Jonage sont : les Crustacés *Gammaridae* qui constituent à eux seuls près de 40% des individus, les Diptères Chironomidae, famille ubiquiste, les Gastéropodes Hydrobiidae qui sont constitués presque uniquement de l'espèce non-indigène *Potamopyrgus antipodarum*. Globalement, les familles échantillonnées témoignent de la présence à la fois de milieux lenticues (Asellidae, Planorbidae, Sphaeriidae,...) et de milieux lotiques (Gammaridae, Elmidae, Corbiculidae,...). La station la plus riche du secteur de Miribel est la station aval de la lône du Vieux-Rhône avec une richesse médiane de 44 taxa (peuplement riche en Coléoptères, Trichoptères et Mollusques), la richesse en insectes EPT est également la plus élevée du secteur (Ephémères *Centroptilum luteolum* et *Caenis luctuosa*, Trichoptères *Agraylea sexmaculata*, *Athripsodes aterrimus* et *A. cinereus* et *Mystacides azurea*). La station centre du Rizan et les deux étangs aux libellules possèdent également une richesse taxonomique totale importante (36 à 38 taxa). L'analyse de la variabilité spatio-temporelle de la composition faunistique met en évidence l'existence de 3 groupes de stations qui s'ordonnent selon un gradient lotique => lentique : (1) les deux stations centre et aval du ruisseau du Rizan se distinguent clairement des autres stations avec un courant fort (32 et 51 cm/s respectivement) et une faune typiquement rhéophile, (2) la station aval de la lône du Vieux-Rhône se positionne de façon intermédiaire entre les deux stations du Rizan et toutes les autres stations plus lenticues, elle abrite de nombreuses espèces présentes quasiment exclusivement dans cette station (Crustacés *Niphargus sp.* et *Proasellus sp.*, l'Ephémère *Centroptilum luteolum*, les Trichoptères *Agraylea sexmaculata*, *Mystacides azurea* et *Anabolia nervosa*, les Mollusques bivalves *Pisidium henslowanum*, *Pisidium moitessierianum*, *Pisidium supinum*) et, (3) les autres stations, majoritairement lenticues (à l'exception de 2 d'entre elles).

En ce qui concerne les Odonates, 38 espèces d'Odonates (adultes) ont été répertoriées. Le secteur abrite une espèce d'Odonate sur Liste Rouge : *Aeshna isoceles* (VU).

Parmi l'ensemble des stations étudiées, la station aval de la lône du Vieux-Rhône de distingue comme un « hotspot » de biodiversité remarquable. Sa richesse en macroinvertébrés (richesse totale, EPT et mollusques) est forte tout comme sa richesse en Odonates adultes. De plus, elle abrite certaines espèces patrimoniales, comme le *Coenagrion mercuriale* NT et *Gomphus vulgatissimus* NT. Les travaux de restauration devraient si possible viser à préserver l'intégrité physique et biologique de cette station.

D'un point de vue plus global, les résultats des suivis montrent que la biodiversité du secteur est très stable dans le temps et que les futurs sites restaurés sont très proches des témoins lenticques, suggérant un manque de dynamisme et de connectivité latérale. Les projets de restauration futurs pourraient ainsi viser à augmenter les fréquences et/ou l'intensité des connexions de certaines lômes avec le Rhône afin de rendre le milieu plus dynamique.

- 2) **une première synthèse sur l'état des communautés des sept lômes suivies dans le secteur de Belley, dix ans après leur réhabilitation**. Le suivi de la réhabilitation de 7 lômes (Béard, Luisettes, Moiroud, Fournier, lône d'En l'Île, Lucey et Chantemerle) a été analysé au cours de 6 périodes : pré-restauration (2003-04) et cinq périodes post-restauration : t+2 (2007), t+4 (2009), t+6 (2011), t+7 (2012) et t+10 (2015). L'analyse des peuplements de macroinvertébrés de ces lômes montre que ces lômes s'ordonnent en fonction de leur connectivité globale au fleuve. On peut, de façon simplifiée, distinguer trois groupes de lômes à connectivité croissante: Béard et Moiroud / Luisette et Fournier / Chantemerle, Lucey et En l'Île. La stabilité temporelle de la structure en gradient observée et la quantité de données maintenant disponibles permettent d'identifier des taxons "indicateurs" dont les variations d'abondances sont caractéristiques de niveaux de connectivité avec le fleuve. L'image globale de l'analyse des communautés d'invertébrés sur la période 2003 - 2015 est d'abord celle du maintien de la diversité des conditions de fonctionnement qu'elles reflètent. Trois points majeurs peuvent être soulignés, dont les deux premiers sont à mettre au crédit de la restauration:

- une augmentation tendancielle de la richesse en gastéropodes dans les sites isolés,

- une augmentation tendancielle de la richesse en insectes EPT dans les sites connectés,
- des fluctuations interannuelles qui peuvent être fortes, comme le montre la métrique décrivant les espèces exogènes.

La tendance, perçue dès 2009, à l'amplification des indicateurs de rhéophilie dans les chenaux latéraux courants s'est maintenue (En L'Île), voire amplifiée (Lucey) au cours du suivi sur dix ans. Il s'agit là d'un succès important à mettre au crédit de la restauration de ce secteur.

Comme cela avait également été souligné au début du suivi, certains secteurs de lône non directement touchés morphologiquement par la restauration, constituent des hotspots de diversité. Ils montrent des valeurs élevées pour des métriques traduisant des tendances inverses (richesses simultanément élevées en insectes EPT et en mollusques gastéropodes). Ces sites, dont l'aval des lônes de Béard et Fournier sont les archétypes, allient une faible profondeur, une ouverture aval sur le fleuve, une grande hétérogénéité de l'occupation du fond (patchs de sédiments et de végétation variés) et une oscillation possible du sens d'écoulement des eaux. Le fonctionnement et la richesse de ces sites ont été préservés au cours des dix années de suivi.

- 3) **le bilan des études concernant l'analyse de la connectivité biologique entre les différents types de milieu au niveau du Rhône médian** (contexte des aménagements de Baix-Le-Logis-Neuf et de Donzère-Mondragon) **à partir de l'analyse de la structure et la diversité génétiques des populations de cinq espèces de cyprinidés** (ablette, chevaine, gardon, spirilin et vairon grâce à des marqueurs microsatellites. Malgré une faible différenciation génétique de ces populations, il a été possible de mettre en évidence des pertes de connectivité à deux niveaux : (i) un manque de connectivité des annexes fluviales que sont les lônes avec les sections adjacentes du vieux-Rhône pour le chevaine, le spirilin et, dans une moindre mesure, l'ablette et le gardon ; et (ii) une absence de connectivité des populations de vairons au niveau du barrage du Pouzin. Ce travail suggère également que les populations de gardons semblent plus sensibles aux perturbations engendrées par les aménagements de la plaine alluviale que les autres espèces étudiées.

Le rapport s'appuie largement sur le Tableau de bord de la restauration du fleuve, interface web cartographique qui interroge dynamiquement la base de données des suivis. Le Tableau de bord permet de consulter l'évolution d'une série d'indicateurs de l'état physique et biologique de l'écosystème, des informations de synthèse ainsi que des éléments détaillés concernant la démarche et les méthodes utilisées (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>, Figure 1.1).

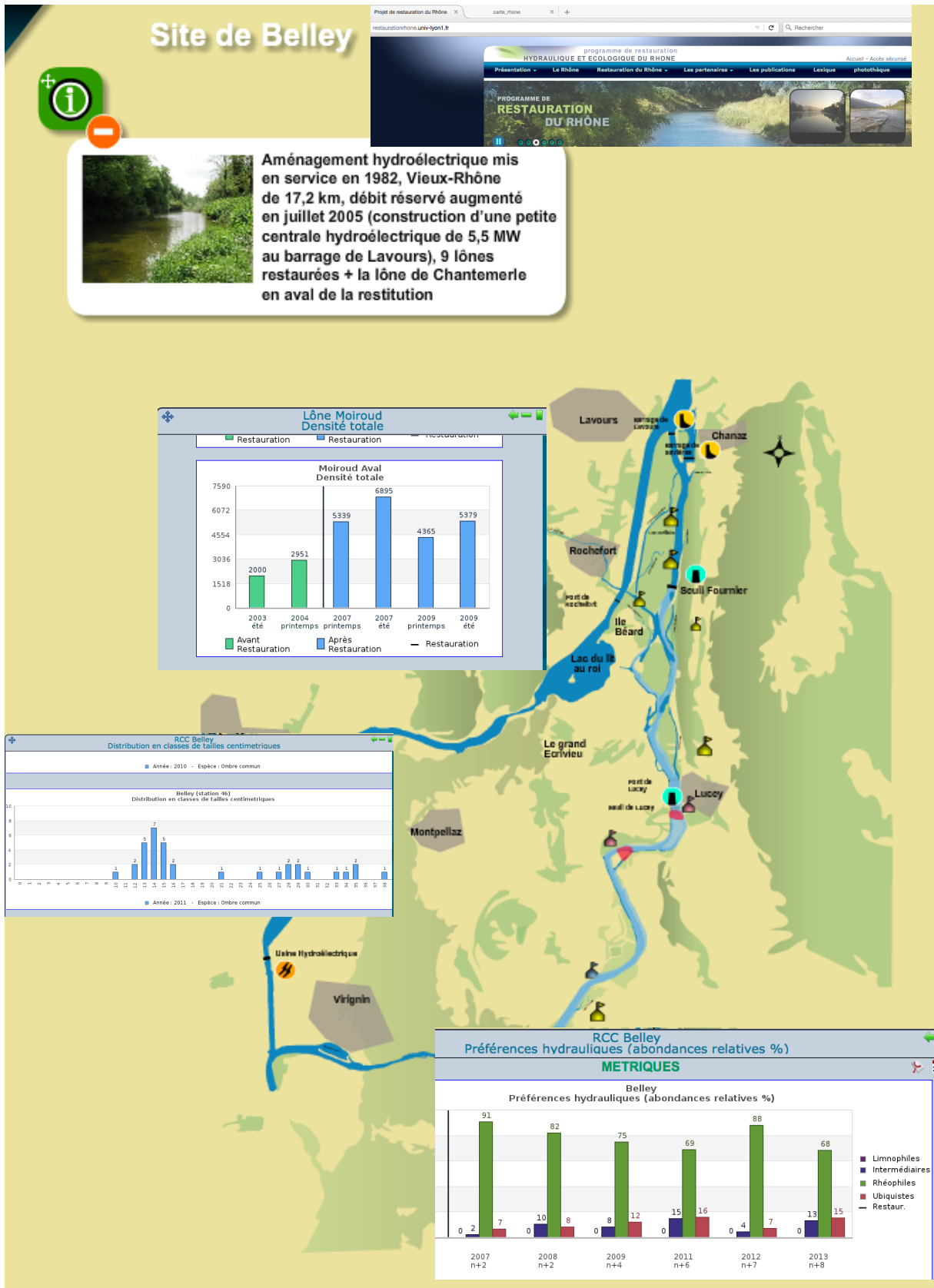


Figure 1.1 - Le site web du suivi de la restauration du Rhône : un outil de consultation cartographique partagé sur le web (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).

## 2 Cadre physique : restauration et hydrologie

### 2.1 Opérations de restauration

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

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été le premier site restauré en 2000. Le débit minimum dans le vieux Rhône était de 20 m<sup>3</sup>/s du 1<sup>er</sup> avril au 31 août et de 10 m<sup>3</sup>/s du 1<sup>er</sup> septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à 100 m<sup>3</sup>/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 îles ont été réhabilitées :

- Chautagne : Île de la Malourdie et du Brotalet,
- Belley : Anse de Chanaz, Île Moiroud, Île d'Orgeval, Île des Luisettes, Île Béard, Île Fournier, Île de Lucey, Anse de Yenne, Île dans l'île, Île de Virignin,
- Brégnier-Cordon : Île des Granges, Île Vachon, Île des Cerisiers, Île de l'Ilon, Île des Sables, Île Mattant, Île des Molottes, Île 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 Sérans,
- diagnostic du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage de Savières,

- diagnostic du fonctionnement de la rivière artificielle du seuil de Yenne,
- passe à poissons en rive gauche sur le Guiers à la confluence.

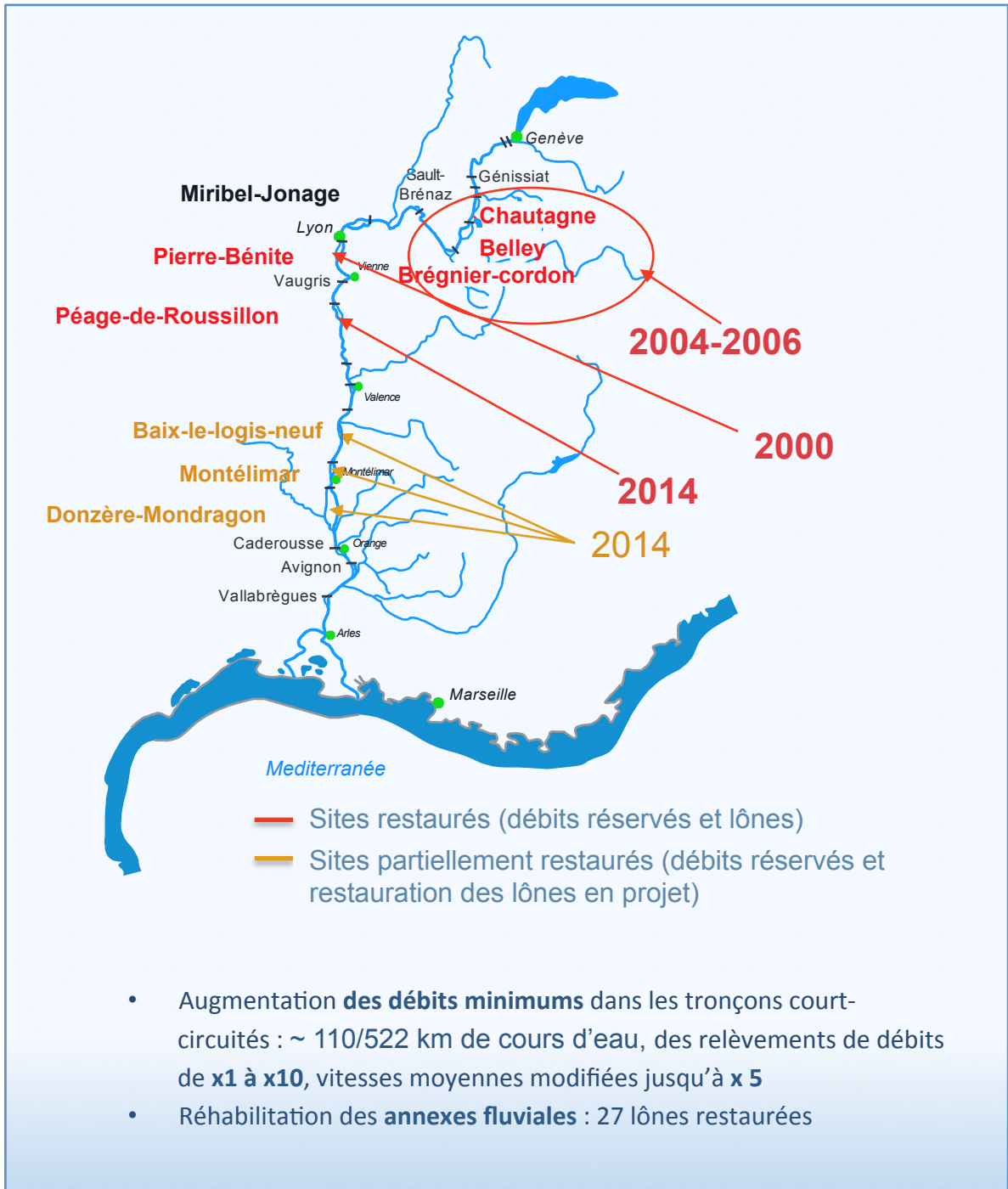


Figure 2.1 - Carte du Rhône montant les 8 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites partiellement restaurés (augmentation du débit réservé en janvier 2014 en orange, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné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

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

A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration des lônes se sont terminés en 2014 (restauration de 9 lônes et démantèlement de casiers Girardon en rive droite du vieux-Rhône). La restauration de l'Île des graviers (rive droite) est programmée pour fin 2016.

La lône de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

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

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

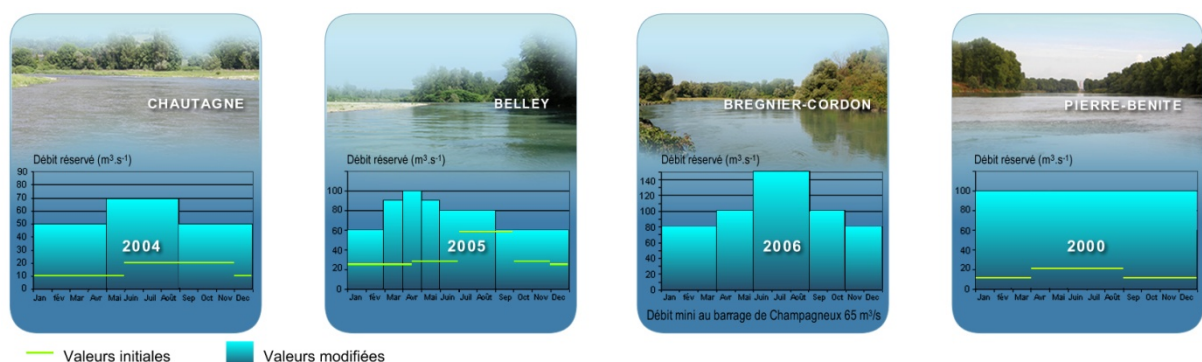


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.



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

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

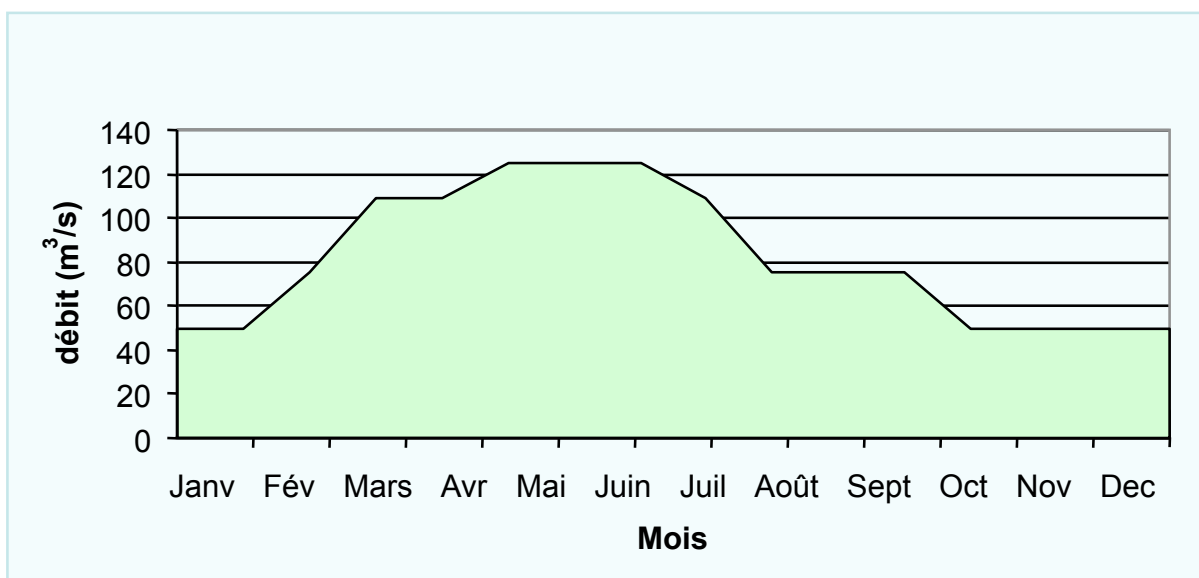


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014.

## 2.2 Hydraulique du chenal

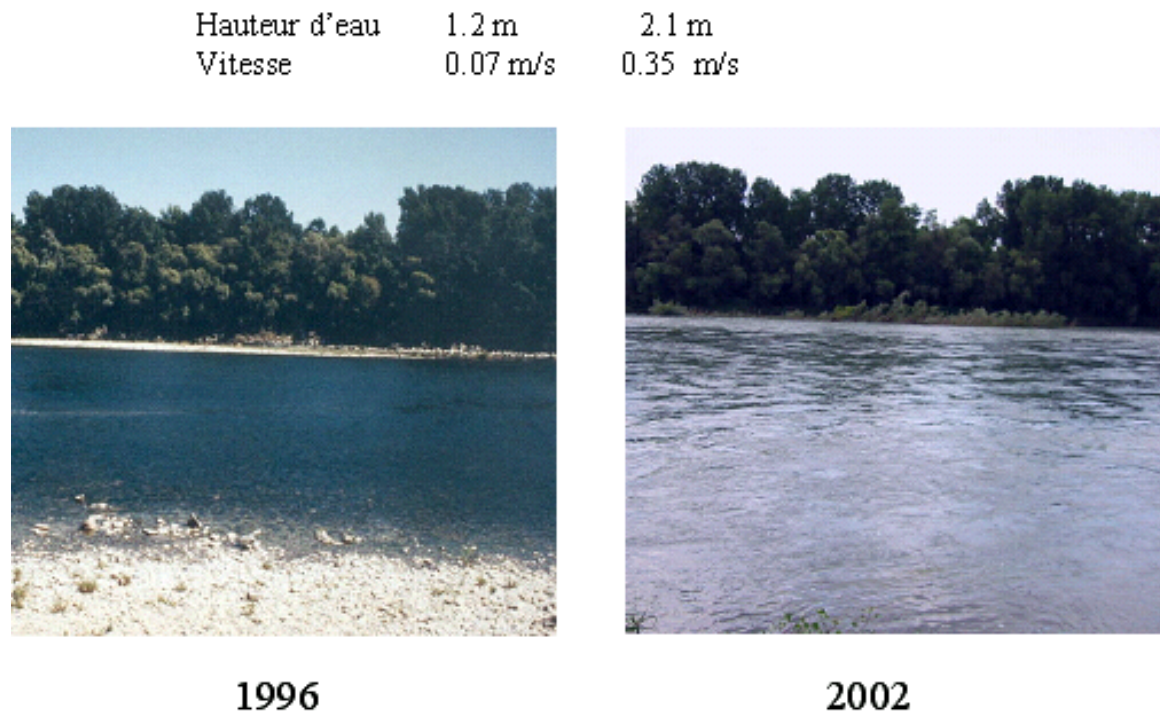


Figure 2.5 - Le vieux-Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

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

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

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

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

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

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

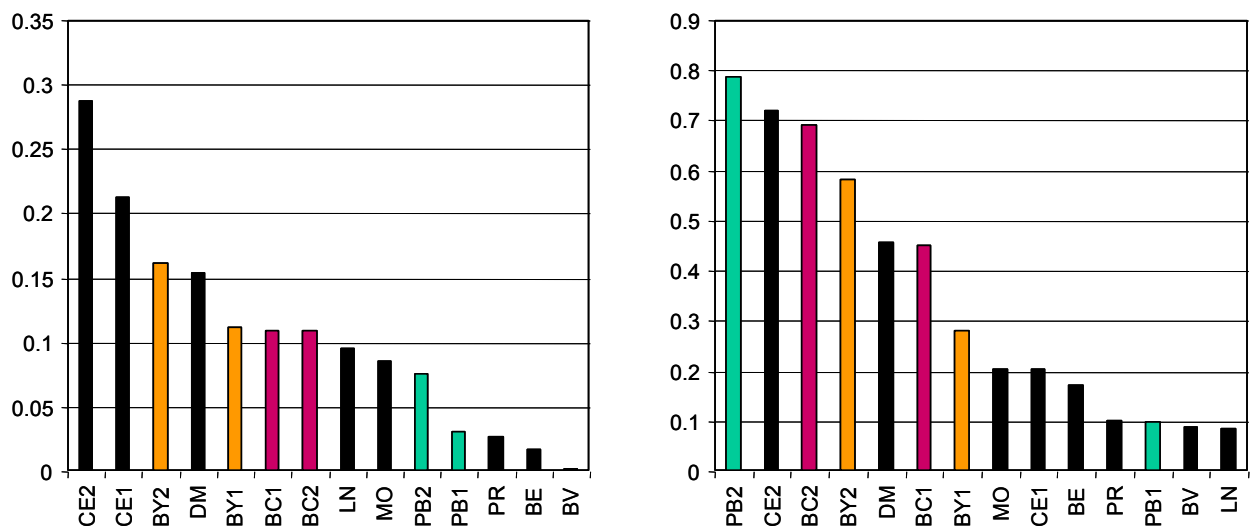


Figure 2.6 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes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

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

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

### **3 Organisation du suivi**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Situation		Thématiques			
Secteurs	Types de milieu	Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
<b>Chautagne</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Malourdie	X			X
	Lône du Brotalet	X			X
<b>Belley</b>	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
<b>Brégnier-Cordon</b>	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
<b>Canal de Miribel</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	lône Plançon		X		
	lône Grella		X		
	lône Vieux-Rhône		X		
	cours eau Rizan		X		
	étang LIB1		X		
	étang LIB2		X		
<b>Pierre-Bénite</b>	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
<b>Péage de Roussillon</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Platière	X	X	X	X
	Lône Noyé Nord	X	X	X	
	Lône Noyé Sud	X			X
	Ilon	X	X	X	X
	Lône de la Boussarde	X	X	X	
	Lône de la Sainte	X	X	X	X
<b>Montélimar</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Barcasse			X	
	Lône de la Roussette	X	X	X	X
<b>Donzère-Mondragon</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône Grange écrasée	X	X	X	X
	Lône de Malatras *		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 lônes sur les populations de poissons,
- modélisation de l'évolution de la biodiversité (macrophytes) dans les lônes en relation avec la trophie des milieux, l'intensité des perturbations hydrauliques dans ces milieux et les caractéristiques sédimentaires,
- prédiction de la durée de vie des bras restaurés et recherche de géométries fluviales particulières qui répondent sur un long terme à des attentes écologiques fixées initialement,
- établissement de modèles prédictifs de la richesse faunistique (macro-invertébrés) en fonction des caractéristiques écologiques (qualité des eaux, degré de connexion avec le chenal, diversité d'habitats...) des lônes,
- analyse synthétique des relations trophiques dans les annexes fluviales, intégrant les résultats des autres thématiques (en particulier l'analyse de la qualité de l'eau, de la structure des communautés végétales et invertébrés, et de l'abondance et de la diversité des peuplements de juvéniles de poissons),

Sur le plan pratique, la démarche a pour objectifs :

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

Un volet destiné à étudier **les liens fonctionnels entre tronçons du fleuve aménagé, annexes fluviales et affluents**. Cette étude a pour but de mettre en évidence l'existence d'une

structuration génétique des populations de poissons et d'analyser une potentielle différenciation intra-populationnelle au voisinage de deux aménagements : Baix-le-Logis-Neuf et Donzère – Mondragon. Les résultats sont présentés dans le présent rapport (§9).

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

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



## **4 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)**

### **4.1 Objectifs et méthodologie**

Le suivi des peuplements de poissons des chenaux courants (vieux-Rhône) a pour objectif de rendre compte des dynamiques des communautés de poissons dans un contexte de diversité locale et régionale. Les observations sont comparées aux prédictions quantitatives réalisées avant restauration par des modèles d'habitats (Lamouroux *et al.*, 1999). Ces prédictions prévoient une augmentation des espèces ayant une préférence marquée pour les habitats profonds et courants (espèces dites d'eau courante) comme l'ombre commun, le barbeau, le hotu 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 - (ou 30 ambiances de quelques dizaines de mètres carrés) réalisée en grande partie en bateau et quelquefois à pied. Les points de pêche sont répartis dans la partie non-influencée hydrauliquement du vieux-Rhône, sur une ou plusieurs stations. Le nombre de points d'échantillonnage est supérieur (200 points) dans le cas des vieux-Rhône longs et/ou hétérogènes. La méthode d'échantillonnage implique de surprendre le poisson dans son habitat.

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

### **4.2 Échantillonnage**

Les échantillonnages 2015 ont été réalisés de fin août à fin octobre (Tableau 4.1). Cent à 200 points de pêches (EPA) ont été effectués dans les vieux-Rhône, à l'exception du vieux-Rhône de Pierre-Bénite où 30 ambiances ont été échantillonnées comme lors des suivis précédents.

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

Stations	Dates
<b>Vieux-Rhône de Chautagne</b>	23-24/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Belley</b>	14-15/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon</b>	21-22/09/2015
<b>Canal de Miribel</b>	28-29/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Pierre-Bénite</b>	08/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon</b>	29/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf</b>	09/09/2015
<b>Vieux-Rhône de Montélimar</b>	05-06/10/2015
<b>Vieux-Rhône de Donzère</b>	07-08/10/2015

### 4.3 Résultats des pêches

Trente cinq espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les vieux-Rhône en 2015 (Tableau 4.2).

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône varie de 15 (à Pierre-Bénite et Baix-Le-Logis-Neuf) à 30 (Brégnier-Cordon) (Tableau 4.3). La première capture d'une ide mélanote (espèce introduite, originaire d'Europe centrale) à Brégnier-Cordon est à signaler en 2015.

Dix espèces sont échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône : le vairon, le spiralin, la perche, la loche franche, le goujon, le gardon, le chevaine, le barbeau fluviatile, l'ablette.

En 2015, six espèces sont présentes au moins dans 6 secteurs : le silure (absent en Chautagne en 2015 mais déjà observé antérieurement), la perche-soleil, le hotu, la brème bordelière, le pseudorasbora et la bouvière.

La truite, l'ombre commun et l'épinoche ne sont rencontrés que dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Bégner-Cordon.

Le blageon n'a été capturé que dans le Canal de Miribel et à Brégnier-Cordon.

Le carassin argenté (espèce introduite dont la distribution est en cours d'expansion) n'a été échantillonné qu'à Péage-de-Roussillon et à Donzère.

Bien que présent depuis le début de l'échantillonnage dans le Canal de Miribel et en aval de Lyon, le silure est régulièrement capturé dans le vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon depuis 2010.

Les effectifs échantillonnés en 2015 (2545) en Chautagne sont du même ordre de grandeur que ceux de 2014 (2765). En revanche, ils sont **2,5** fois supérieurs à ceux de 2014 à Belley et **2,8** fois supérieurs à Brégnier-Cordon. Ces différences sont essentiellement imputables au très bon succès de la reproduction en 2015, les proportions de juvéniles de l'année dans les échantillons sont de 81% à Belley et de 79% à Brégnier-Cordon.

Dans le Canal de Miribel, les effectifs en 2015 (3182) sont 1,5 fois supérieurs à ceux de 2014 (2027) et du même ordre de grandeur que ceux de 2011 et 2013.

Dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon, les effectifs sont exceptionnellement élevés (5946 poissons) et **2,1** fois supérieurs à ceux de 2014.

Dans les vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf et Montélimar, ils sont relativement élevés (respectivement 879 et 959) mais restent voisins des valeurs habituellement observées.

À Donzère, les effectifs de 2015 sont 1,7 fois supérieurs à ceux de 2014.

Tableau 4.2 - Liste des espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône (Prés. VR 2015) sont identifiées. L'appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) (Balon, 1975) est indiquée.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Prés. VR 2015	Guilde repro.
Petromyzontidae	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP	*	
Blenniidés	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	BLE	*	
Salmonidés	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR	*	
	Truite fario	<i>Salmo Trutta fario</i> (Linné, 1758)	TRF	*	
Esocidés	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	*	<b>P</b>
Lotidés	lote	<i>Lota lota</i> (Linné, 1758)	LOT		
Cyprinidés	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	GAR	*	<b>L-P</b>
	Blageon	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1827)	BLN	*	
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	VAN	*	
	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)	CHE	*	
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (L. 1766)	IDE	*	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	ROT	*	<b>P</b>
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)	TAN	*	<b>P</b>
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1766)	VAI	*	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)	ABL	*	<b>L-P</b>
	Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	SPI	*	
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	BRB	*	<b>P</b>
	Brème commune	<i>Abramis brama</i> (L., 1758)	BRE	*	<b>L-P</b>
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (L., 1758)	HOT	*	
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	TOX		
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1785)	BOU	*	
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	GOU	*	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Chlegel, 1842)	PSR	*	<b>L-P</b>
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (L., 1758)	BAF	*	
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (L., 1758)	CCO	*	<b>P</b>
	Carassin doré	<i>Carassius auratus</i> (L., 1758)	CAA	*	<b>L-P</b>
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	CGO	*	<b>L-P</b>	
Balitoridés	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758)	LOF	*	
Siluridés	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	*	
Ictaluridés	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH	*	
Anguillidés	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	ANG	*	
Gastérostéidés	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L., 1766)	EPI	*	
Centrachidés	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	PES	*	
Percidés	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	PER	*	<b>P</b>
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L., 1758)	GRE	*	<b>L-P</b>
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i> (L., 1758)	SAN		<b>P</b>
Cottidés	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA	*	

Tableau 4.3 - Effectifs échantillonnés dans les vieux-Rhône en 2015 (pêches réalisées en fin d'été-début d'automne) ; le nombre de points d'échantillonnage – E.P.A. –, le nombre d'espèces présentes – Nb esp. –, l'abondance relative des espèces « d'eau courante » (%age EC, espèces surlignées en bleu) et « d'espèces d'eau vive » sont renseignés pour chaque secteur.

Espèces/Sites	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Canal de Miribel	Pierre-Bénite	Péage-de-Roussillon	Baix	Montélimar	Donzère	Total
ABL	51	106	139	36	1197	2590	225	354	1102	5800
ANG	1	0	0	0	0	2	1	2	9	15
BAF	404	1115	628	661	65	72	68	26	422	3461
BLE	3	9	20	2	0	1	0	0	0	35
BLN	0	0	23	1	0	0	0	0	0	24
BOU	0	8	16	0	0	794	6	24	57	905
BRB	0	3	7	6	36	188	15	39	26	320
BRE	1	0	3	0	0	1	0	1	0	6
BRO	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
CGO	0	0	0	0	0	39	0	0	1	40
CCO	0	0	8	1	0	26	0	0	10	45
CHA	0	8	9	6	0	0	0	0	2	25
CHE	765	1266	1098	279	81	246	74	125	297	4231
EPI	41	11	20	0	0	0	0	0	0	72
GAR	335	659	162	1	102	93	14	22	7	1395
GOU	300	319	276	223	15	709	72	145	416	2475
GRE	13	13	2	0	1	0	0	0	0	29
HOT	0	3	86	6	47	104	9	27	25	307
IDE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
LOF	238	81	73	70	4	20	81	14	152	733
LPP	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
OBR	2	20	1	0	0	0	0	0	0	23
PCH	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
PER	24	12	25	5	3	7	3	37	2	118
PES	4	4	18	2	2	42	0	6	1	79
PSR	6	0	34	0	0	934	16	77	184	1251
ROT	0	1	2	1	0	0	0	0	0	4
SIL	0	2	2	46	2	55	3	5	1	116
SPI	135	306	130	1221	84	16	6	52	148	2098
TAN	1	27	33	0	0	1	0	0	1	63
TRF	2	14	1	0	0	0	0	0	0	17
VAI	217	66	119	615	1	3	286	2	4	1313
VAN	2	37	28	0	6	2	0	0	0	75
<b>Total</b>	<b>2545</b>	<b>4090</b>	<b>2966</b>	<b>3182</b>	<b>1646</b>	<b>5946</b>	<b>879</b>	<b>959</b>	<b>2867</b>	<b>25080</b>
Nb esp.	20	23	30	18	15	23	15	18	20	
Nb E.P.A.	100	200	200	100	100	100	80	180	200	
%age EC	18%	31%	30%	22%	80%	47%	34%	42%	54%	
%age EV	31%	37%	29%	62%	9%	2%	18%	10%	25%	

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

Dans le vieux-Rhône de **Chautagne**, 90% des effectifs capturés (période 2004-2015) appartiennent à 7 espèces (Figure 4.1) et les effectifs de trois espèces (chevaine, vairon et barbeau fluviatile) représentent 60% des poissons échantillonnés (Figure 4.1). La proportion des autres espèces est inférieure ou égale à 10%. En 2015, le hotu est absent.

La proportion des individus appartenant à la guildes des espèces d'eau courante est de 18% en 2015 (Figure 4.2), valeur inférieure à la moyenne (22,7%) sur la période post-augmentation de débit réservé (2004-2015). Au sein de cette guildes, les effectifs de barbeaux représentent 88% de l'abondance, le hotu n'a pas été échantillonné en 2015 et seuls 2 ombres communs et 2 vandoises ont été capturés. Depuis 2004, les effectifs d'ablettes et de barbeaux représentent 91% de l'abondance des espèces d'eau courante. Les effectifs de hotus et de vandoise, en déclin depuis la fin les années 1990, n'ont donc pas augmenté significativement depuis que le débit minimum a été relevé en juillet 2004. Les populations des deux espèces de

salmonidés (truite fario et ombre commun) se maintiennent avec des abondances très réduites (2 individus de chaque espèce échantillonnés en 2015). Les effectifs de chevaines représentent 25% des effectifs totaux échantillonnés sur la période 2004-2015 et le cumul des effectifs de loches franches et de vairons reste très important après 2004 (27% des effectifs totaux).

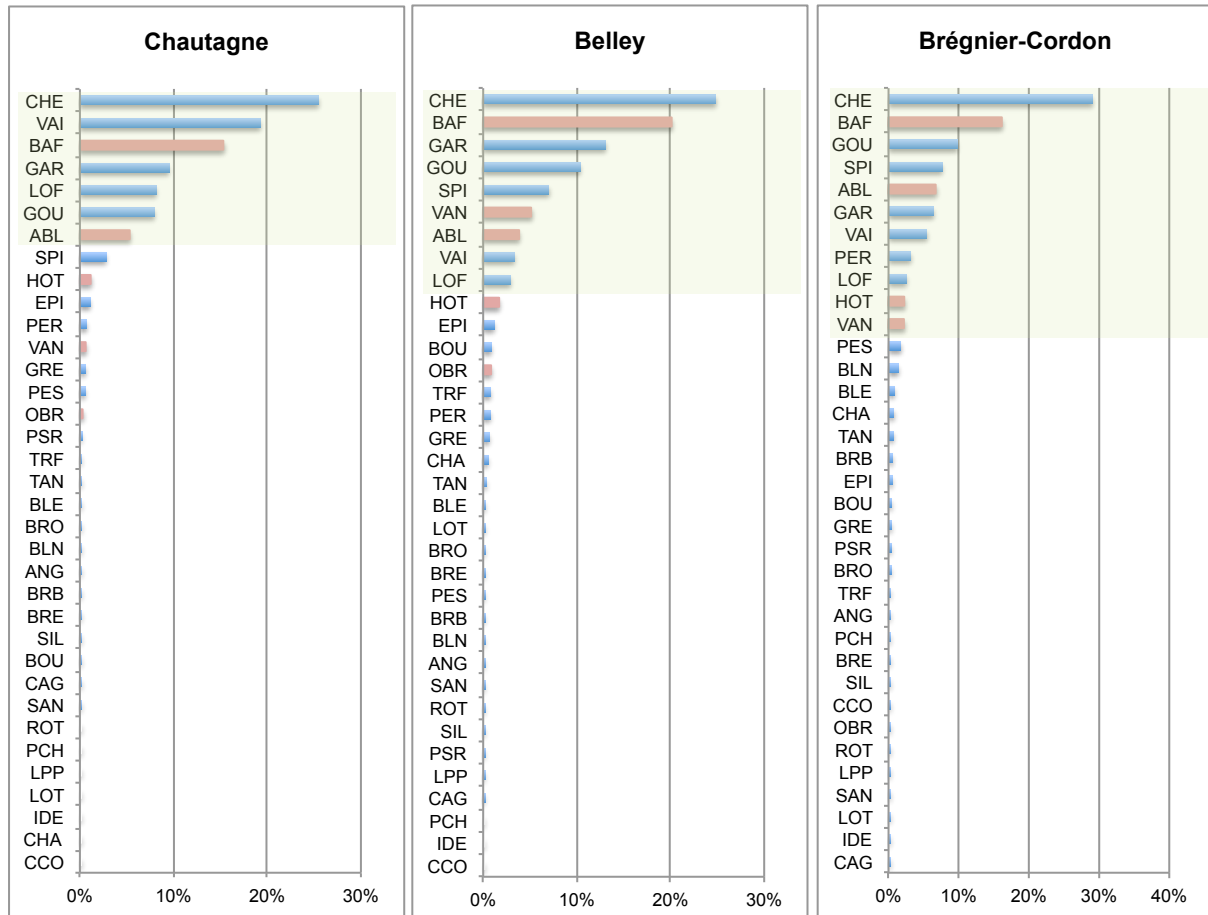


Figure 4.1 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées après augmentation des débits réservés dans les trois vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge. Le cadre vert regroupe les espèces dont le cumul des abondances relatives correspond à 90% des effectifs échantillonnés.

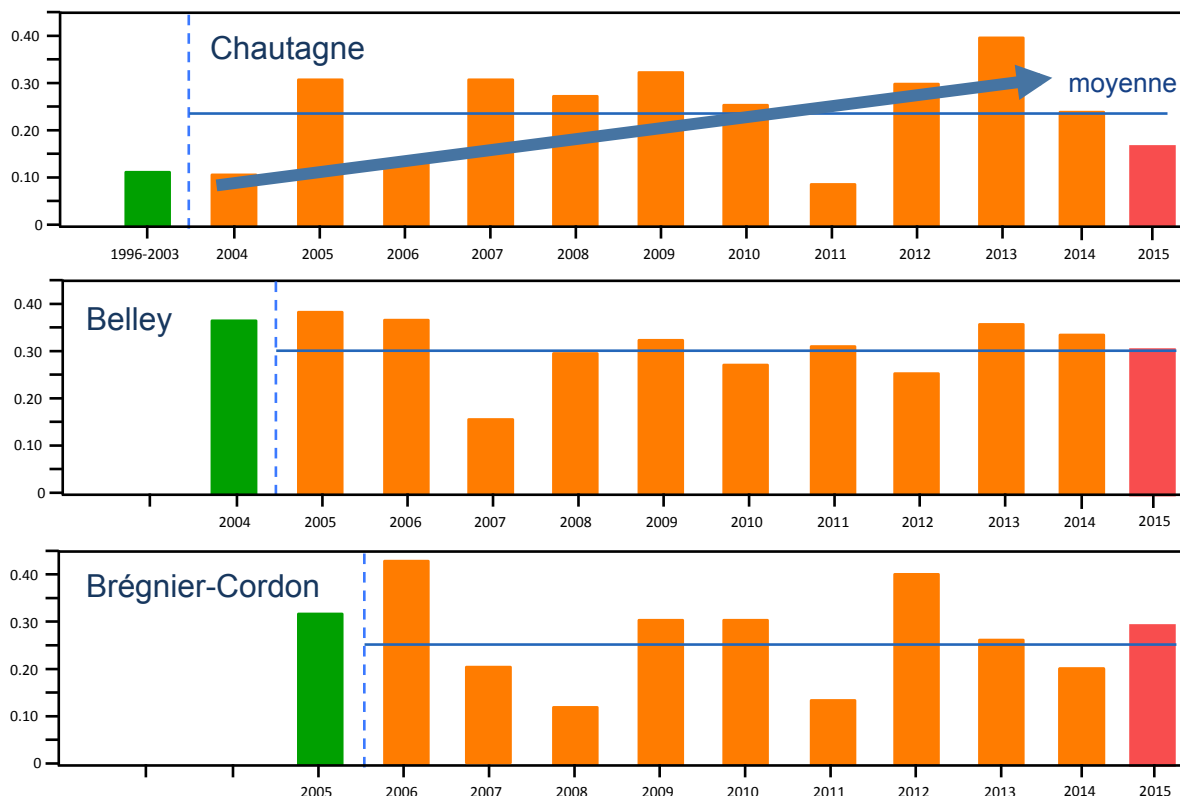
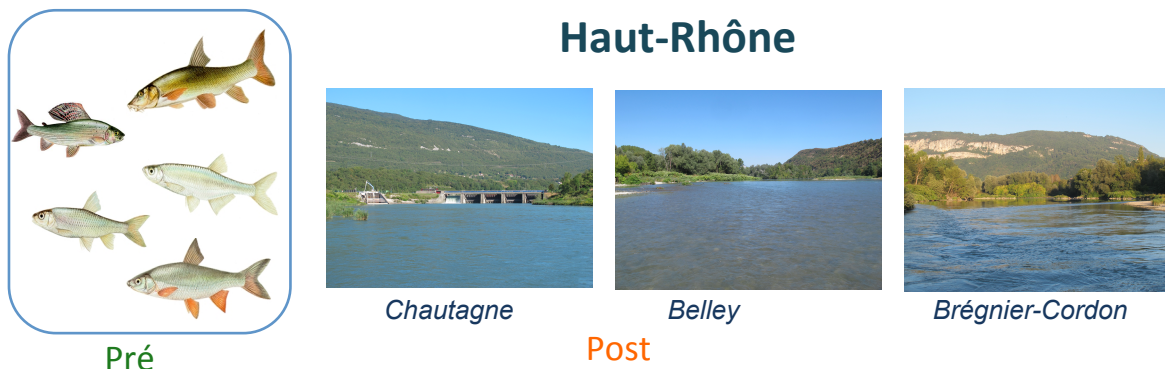


Figure 4.2 - Proportions d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les 3 vieux – Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon. En vert : valeurs pré-augmentation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

Dans le Vieux-Rhône de **Belley**, parmi les 23 espèces échantillonnées en 2015, les effectifs de chevine (31% des effectifs totaux), le barbeau (27%) et le gardon (16%) représentent 74% des captures (Figure 4.3a). Pour ces 3 espèces, les juvéniles de l'année représentent respectivement 88, 81 et 98% des poissons capturés, témoignant de l'excellent succès de reproduction de la majorité des espèces en 2015 (pour l'ensemble des espèces, les juvéniles de l'année représentant 81% des effectifs échantillonnés). L'examen de la distribution des fréquences d'occurrence des différentes espèces dans les points de pêches (200 EPA au total)

montre que pour 10 espèces (Figure 4.3b), la fréquence d'occurrence est supérieure à 10%. Les résultats des pêches de 2015 confirment que la structure du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Belley reflète la diversité d'habitats présente dans ce tronçon, cette diversité permet à la majorité des espèces d'y accomplir leur cycle vital (Figure 4.1). Des individus appartenant à différentes classes d'âges ont été échantillonnés aussi bien pour l'ombre commun (10 juvéniles de l'année et 10 individus d'âge supérieur – longueur totale comprise entre 212 et 301 mm) que pour la truite fario (5 juvéniles de l'année et 8 individus d'âge supérieur – longueur totale comprise entre 240 et 589 mm). La proportion d'espèces « d'eau courante » est de 31,3% en 2015, la moyenne sur ce secteur après augmentation des débits minimums est de 30,7%, valeur supérieure à celle observée en Chautagne (23,7%) et à Brégner-Cordon (25,1%). Parmi ces espèces, si la proportion de barbeaux fluviatiles (64%) reste importante depuis 2005, les autres espèces contribuent également de manière significative à cette guilda, notamment la vandoise (16%) et l'ablette (12%), les contributions du hotu (5%) et de l'ombre commun (2%) sont moindres. Il faut également souligner que différentes classes d'âges sont régulièrement échantillonnées pour chacune de ces espèces.



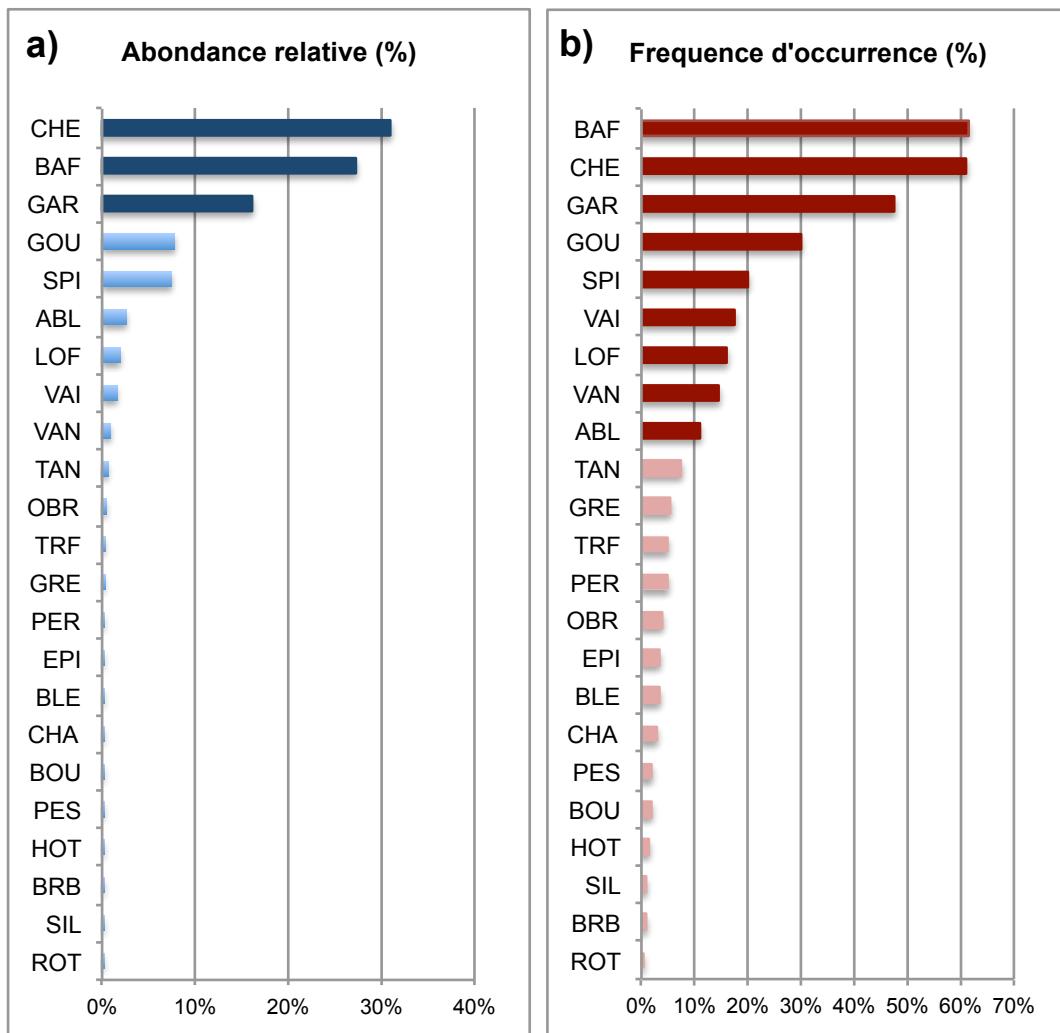


Figure 4.3 - Abondances relatives (a) et fréquences d'occurrence (b) des espèces capturées en 2015 dans le vieux-Rhône de Belley. En bleu foncé, les espèces dont l'abondance relative est supérieure à 10%, en rouge foncé, les espèces dont la fréquence d'occurrence est supérieure à 10%.

Dans le Vieux-Rhône de **Brégnier-Cordon**, l'augmentation de débit minimum ne concerne que le tronçon à l'amont de la confluence avec le Guiers (passage de 25 à 65 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), les modifications des caractéristiques hydrauliques des habitats au sein du vieux-Rhône sont donc beaucoup moins marquées qu'en Chautagne ou à Belley. Comme à Belley, ce secteur possède une diversité importante de bras latéraux et de lônes. Trente espèces ont été échantillonnées en 2015, c'est la richesse spécifique la plus importante sur l'ensemble des vieux-Rhône suivis. Comme en Chautagne et à Belley, la blennie fluviatile est, depuis 2011, régulièrement échantillonnée. L'abondance relative du chevine est particulièrement importante (37%, fréquence d'occurrence 58%, Figure 4.4). Le barbeau et le goujon sont également bien représentés dans les échantillons avec des abondances relatives de 21 et 9% respectivement et des fréquences d'occurrence de 53 et 30 % (Figure 4.4). Les autres espèces les plus communément échantillonnées en 2015 dans ce vieux-Rhône sont l'ablette, le spirin,

le gardon, la loche franche, le vairon, la perche commune, le hotu et la vandoise. Ces résultats sont tout à fait conformes à ceux observés au cours de la période post-augmentation de débit réservé (Figure 4.1). La truite fario et l'ombre commun sont très rares. Le blageon, le chabot et des espèces lénitophiles comme la tanche, le rotengle et la bouvière sont échantillonnées régulièrement mais avec des effectifs réduits. La présence dans les pêches d'espèces possédant des exigences écologiques aussi variées témoigne de la coexistence dans ce tronçon court-circuité d'habitats très différents, des plus lenticques (basses de convexité en arrière des bancs de galets par exemple) au seuils naturels très courants. Il faut souligner la présence de la lamproie de Planer, non échantillonnée en Chautagne ou à Belley.

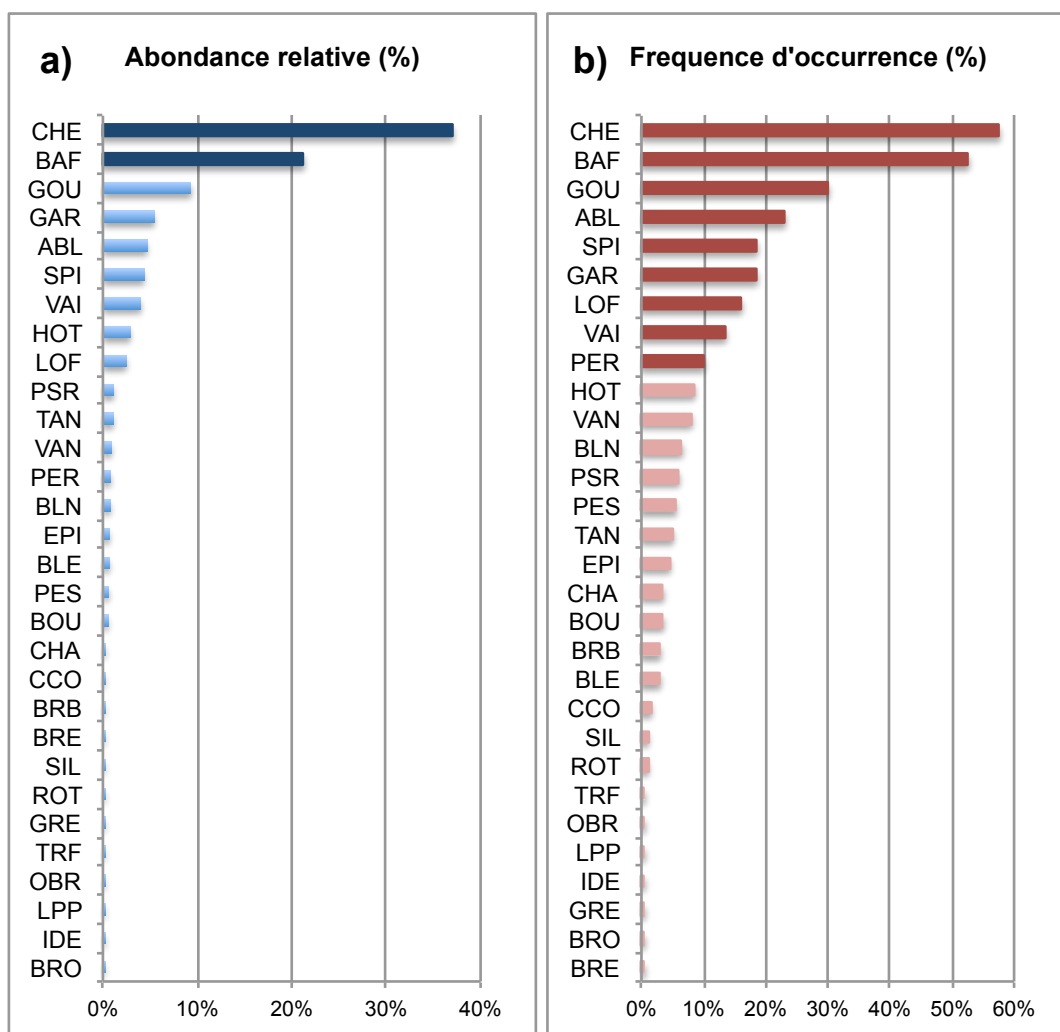


Figure 4.4 - Abondances relatives (a) et fréquences d'occurrences (b) des espèces capturées en 2015 dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. En bleu foncé, les espèces dont l'abondance relative est supérieure à 10%, en rouge foncé, les espèces dont la fréquence d'occurrence est supérieure à 10%.

La proportion d'espèces « d'eau courante » est de 29,7% en 2015, la moyenne sur ce secteur après augmentation des débits minimum est de 25,1% (Figure 4.2). Cette forte proportion en 2015 est essentiellement due à la très forte proportion de juvéniles de l'année d'ablettes, de barbeaux et de hotus.

#### **4.3.2 Canal de Miribel**

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

Au cours de la période 2007-2015, 18 811 poissons appartenant à 28 espèces ont été capturés (Tableau 4.4 et annexe 4.2). Les espèces les plus abondantes dans les échantillons sont le spirilin (36,1 %) et le vairon (24,9%) (Tableau 4.4 et Figure 4.5), deux espèces affectionnant les habitats courants et peu profonds. Le spirilin, espèce plutôt thermophile est également très abondant dans le Rhône en amont de Jons. L'abondance relative du barbeau fluviatile est également importante (15,8%). Contrairement à ce qui est observé dans les trois secteurs du Haut-Rhône situés en amont, l'abondance relative du chevaine est relativement faible (6,9%), il en est de même pour l'ablette (1,7%) et le goujon (2,2%). Le Canal de Miribel abrite une population importante de hotus, l'abondance relative de cette espèce dans les échantillons (5,3%) ne reflète probablement pas l'importance numérique de cette population dans ce tronçon court-circuité. Vingt et une vandoises ont été capturées au cours des 9 années d'échantillonnage, ce qui est très faible. Ni l'ombre commun ni la truite fario n'ont été échantillonnés entre 2007 et 2015. En revanche, les effectifs de silure sont relativement importants, notamment en 2011, 204 et 2015, confirmant l'implantation forte de cette espèce. Les espèces lénitophiles (tanche, rotengle, bouvière) ne sont échantillonnées que de manière accidentelle, témoignant de la rareté des annexes lenticulaires connectées au Canal de Miribel.

Le débit réservé dans le Canal de Miribel n'a pas été modifié en janvier 2014 et les valeurs restent comprises entre 30 et 60 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Il n'y a donc actuellement aucune attente particulière en termes de modification de la structure du peuplement en lien avec les caractéristiques de l'habitat hydraulique dans ce vieux-Rhône. L'examen de l'évolution de la proportion d'espèces d'eau courante au cours de la période d'échantillonnage (Tableau 4.4 et Figure 4.6) montre que les valeurs varient entre 7,7% (2008) et 37,7% (2011) et sont plus élevées depuis 2010, la valeur moyenne calculée sur la période est de 21,5%. Depuis 2010, le barbeau est l'une des espèces de la guildes qui contribue majoritairement à la proportion d'espèces d'eau

courante dans les échantillons, le hotu et l'ablette contribuent de manière beaucoup moins marquée et variable suivant les années (Tableau 4.4), essentiellement en fonction du succès de reproduction.

Tableau 4.4 - Résultats des échantillonnages de la faune piscicole (100 E.P.A/an) dans le Canal de Miribel entre 2007 et 2015. Les données détaillées concernant chaque espèce sont présentées en annexe. % EC : proportion (%) des espèces d'eau courante dans les échantillons ; Ab. Rel. : abondance relative des 4 espèces de la guildes des espèces d'eau courante présentes dans le Canal de Miribel entre 2007 et 2015. (2007-2015) : valeurs calculées sur la période ; Moyenne : moyenne calculée sur la période.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. Vandoise
2007	788	16	11,4%	0,3%	10,0%	1,0%	0,1%
2008	1639	15	7,7%	0,3%	3,5%	4,0%	0,0%
2009	1383	18	11,1%	0,7%	7,4%	2,0%	0,9%
2010	2630	16	21,9%	0,7%	16,7%	4,5%	0,0%
2011	3126	18	37,7%	4,6%	17,5%	15,6%	0,1%
2012	1009	22	34,3%	4,3%	21,9%	7,8%	0,3%
2013	3027	20	19,2%	0,8%	17,5%	0,7%	0,1%
2014	2027	19	27,1%	1,8%	16,6%	8,7%	0,0%
2015	3182	18	22,0%	1,1%	20,8%	0,2%	0,0%
2007-2015	18811	28	22,9%	1,7%	15,8%	5,3%	0,1%
Moyenne	2090	18	21,4%	1,6%	14,6%	5,0%	0,2%

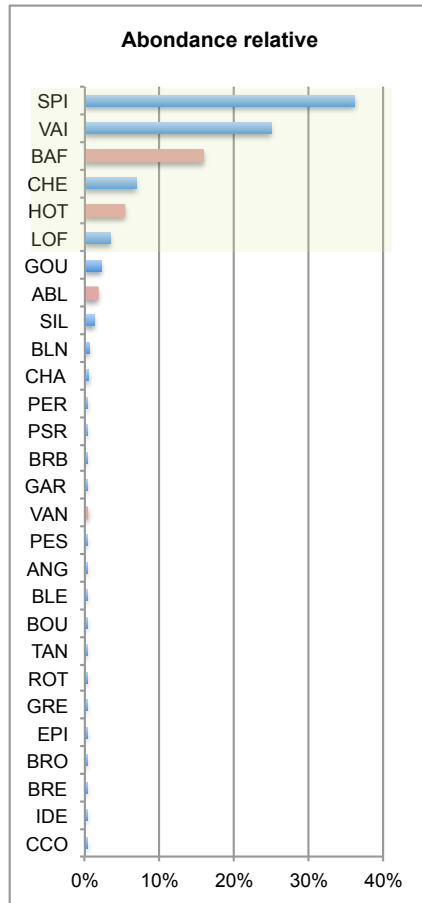


Figure 4.5 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées entre 2007 et 2015 dans le Canal de Miribel. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge. Le cadre vert regroupe les espèces dont le cumul des abondances relatives correspond à 90% des effectifs échantillonnés.

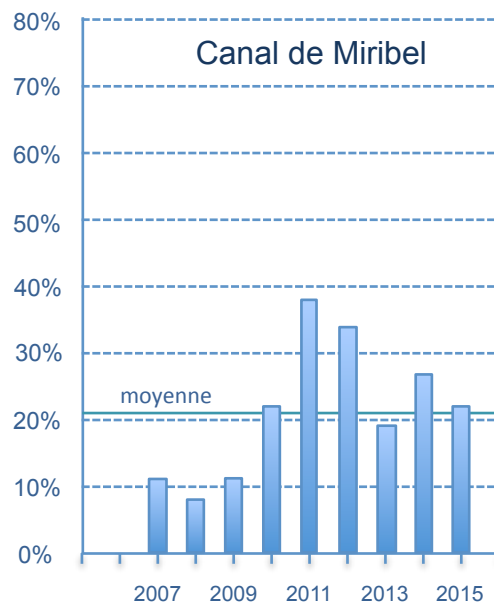


Figure 4.6 - Évolution de la proportion d'espèces d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, vandoise) au cours de la période 2007-2015 dans le Canal de Miribel. Le trait bleu continu horizontal indique la valeur de la moyenne calculée sur la période.

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

L'évolution du peuplement de poissons du vieux Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé en septembre 2000 a été largement décrite dans les rapports précédents et dans les publications issues de ce programme (Lamouroux *et al.*, 2006, Lamouroux & Olivier, 2015) (Figure 4.7a & b).

Les conclusions montrent que la structure du peuplement a été modifiée suite au relèvement important du débit minimum avec une augmentation importante de la proportion des espèces d'eau courante dans ce secteur (Figure 4.8), essentiellement due à l'augmentation des proportions d'ablettes, de barbeaux fluviatiles et de hotus.

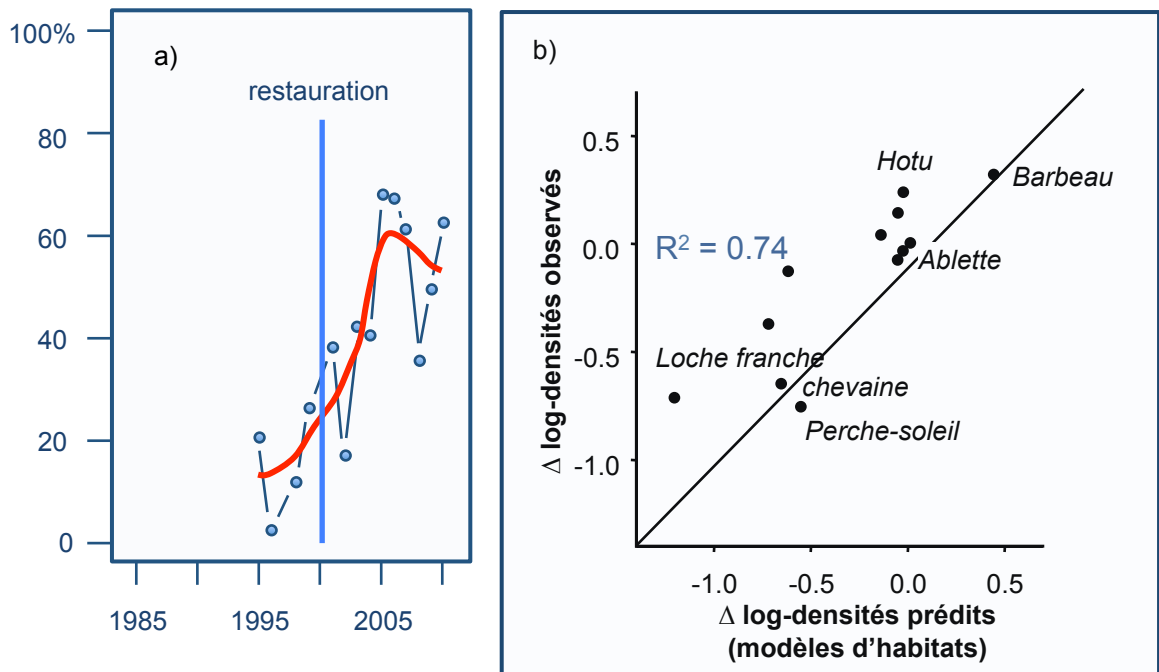


Figure 4.7 - a) évolution de la proportion des espèces d'eau courante de 1995 à 2010 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite ; b) comparaison des différences de (log) densités des espèces de poissons données observées vs données prédites par les modèles d'habitat.

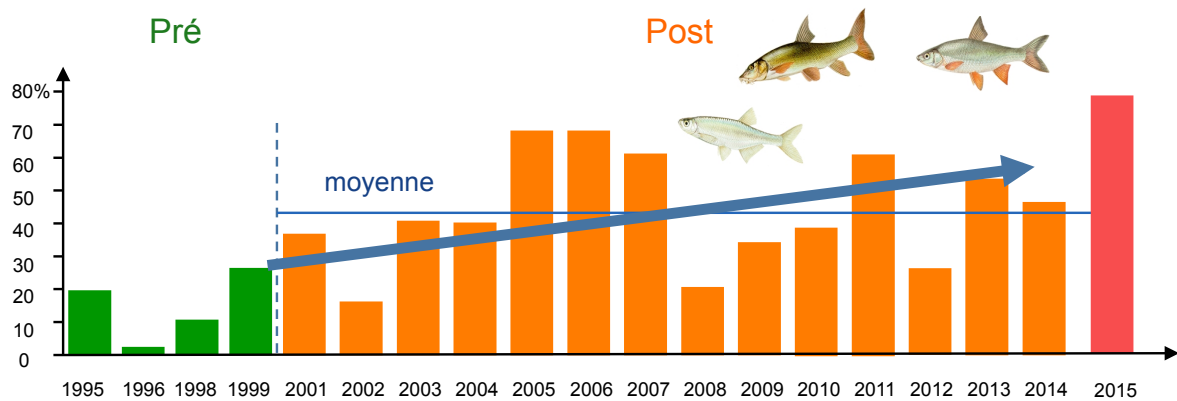


Figure 4.8 - Proportions d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Pierre-Bénite. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2000-2014.

La valeur de 2015 est particulièrement élevée (80%). Des effectifs d'ablettes, dont 80% sont des juvéniles de l'année, sont responsables de cette valeur. Ceci témoigne, comme dans les autres secteurs, d'un succès de reproduction très important en 2015 (72% des poissons échantillonnés dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite en 2015 sont des juvéniles de l'année). Il s'agit donc essentiellement d'un effet dû à la forte proportion de juvéniles de l'année d'ablettes, cette espèce représentant, toutes classes d'âges confondues, 73% des effectifs capturés (Figure 4.9). Les effectifs des autres espèces de la guildes des espèces d'eau courante sont relativement faibles en 2015 bien que les effectifs capturés soient très élevés (données post-restauration en annexe 4.3) : 65 barbeaux, 47 hotus et 6 vandoises.

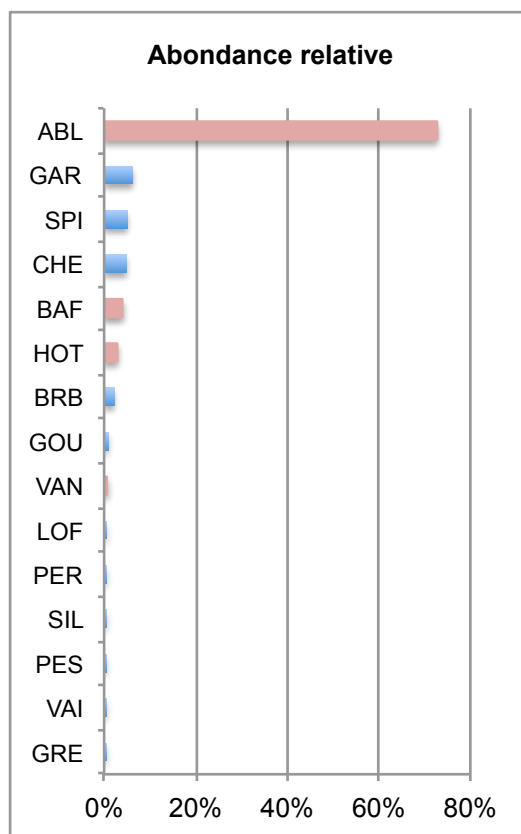


Figure 4.9 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2015 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

#### 4.3.4 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. Entre 2007 et 2015, 30 espèces ont été échantillonnées (Tableau 4.5). Parmi ces espèces, l'ablette possède la plus forte abondance relative (33,5%), suivie du gardon (16,3%) et de la bouvière (16,1%), le chevaine et le pseudorasbora ont des abondances relatives voisines de 10% (détail des données en annexe 4.4) et les effectifs de goujon représentent 9,1% des effectifs totaux. Le peuplement comporte un grand nombre d'espèces tolérantes vis-à-vis des températures élevées et plusieurs espèces abondantes dans le Haut-Rhône comme le spiralin, le vairon ou la vandoise, ne sont échantillonnées que très occasionnellement dans le vieux Rhône de Péage-de-Roussillon. Ce vieux-Rhône abrite une population de barbeaux fluviaux et de hotus mais les effectifs capturés sont généralement assez modestes, témoignant de la faible représentativité des habitats courants et profonds, mais également des habitats de reproduction (seuils courants). A l'inverse, plusieurs espèces non-natives sont présentes avec des densités importantes (bouvière et pseudorasbora par exemple), modérées (carassin argenté, poisson-chat, perche-soleil) ou en augmentation



(silure), l'ide mélanote est échantillonnée depuis 2012. Le nombre de poissons échantillonnés au cours des campagnes annuelles est généralement élevé (~2400 ind. chaque année en moyenne, Tableau 4.5). En 2015, ils ont été deux fois supérieurs à la moyenne (5946 ind., Tableau 4.3). Les effectifs de quatre espèces ont été particulièrement importants : ceux de l'ablette (2590 ind. soit 43,6 % des effectifs totaux) du pseudorasbora (934 ind., 15,7%), de la bouvière (794 ind., 13,4%) et du goujon (709, 11,9%). 89% des ablettes capturées sont des juvéniles de l'année, témoignant, comme à Pierre Bénite, d'un très bon succès de la reproduction de l'espèce en 2015. Pour les trois autres espèces, la proportion de juvéniles de l'année varie entre 44% (bouvière et goujon) et 53% (pseudorasbora). Les forts effectifs échantillonnés en 2015 ne sont donc pas majoritairement imputables, à l'exception de l'ablette, à la fraction représentée par les juvéniles de l'année. Les effectifs de bouvière et de pseudorasbora ont fortement augmenté en 2014 et 2015 (Figure 4.10) et leur abondance relative est devenue supérieure à celle du gardon. Si l'on considère les deux périodes avant et après augmentation du débit réservé (avant et après le 1<sup>er</sup> janvier 2014), la structure du peuplement est à peu près similaire à l'exception de l'augmentation de l'abondance relative de la bouvière et du pseudorasbora (Figure 4.10).

Tableau 4.5 - Résultats des échantillonnages de la faune piscicole (100 E.P.A/an) dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon entre 2007 et 2015. Les données détaillées concernant chaque espèce sont présentées en annexe. % EC : proportion (%) des espèces d'eau courante dans les échantillons ; Ab. Rel. : abondance relative des 4 espèces de la guildes des espèces d'eau courante présentes dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon entre 2007 et 2015. (2007-2015) : valeurs calculées sur la période ; Moyenne : moyenne calculée sur la période.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. Vandoise
2007	1338	16	28,0%	25,8%	1,0%	1,1%	0,0%
2008	1724	20	31,4%	29,9%	1,3%	0,2%	0,0%
2009	3025	25	21,1%	18,2%	0,1%	2,7%	0,0%
2010	1397	23	16,4%	13,3%	0,8%	2,3%	0,0%
2011	1843	25	13,6%	12,4%	0,3%	0,9%	0,0%
2012	1287	21	42,7%	30,5%	2,6%	9,6%	0,0%
2013	2197	20	41,2%	39,4%	1,5%	0,3%	0,0%
2014	2802	23	25,4%	22,2%	0,2%	2,9%	0,0%
2015	5946	23	46,6%	43,6%	1,2%	1,7%	0,0%
2007-2015	21559	30	32,3%	29,2%	0,9%	2,2%	0,0%
Moyenne	2395	22	29,6%	26,1%	1,0%	2,4%	0,0%

La modification du régime de débit réservé est récente et il est donc trop tôt pour en mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. La proportion d'espèces d'eau courante sur ce tronçon du Rhône est très variable d'une année à l'autre, elle est en particulier très liée au succès de reproduction des trois espèces de cette guildes possédant des populations viables dans le vieux-Rhône (ablette, barbeau et hotu) (Tableau 4.5 et Figure 4.11).

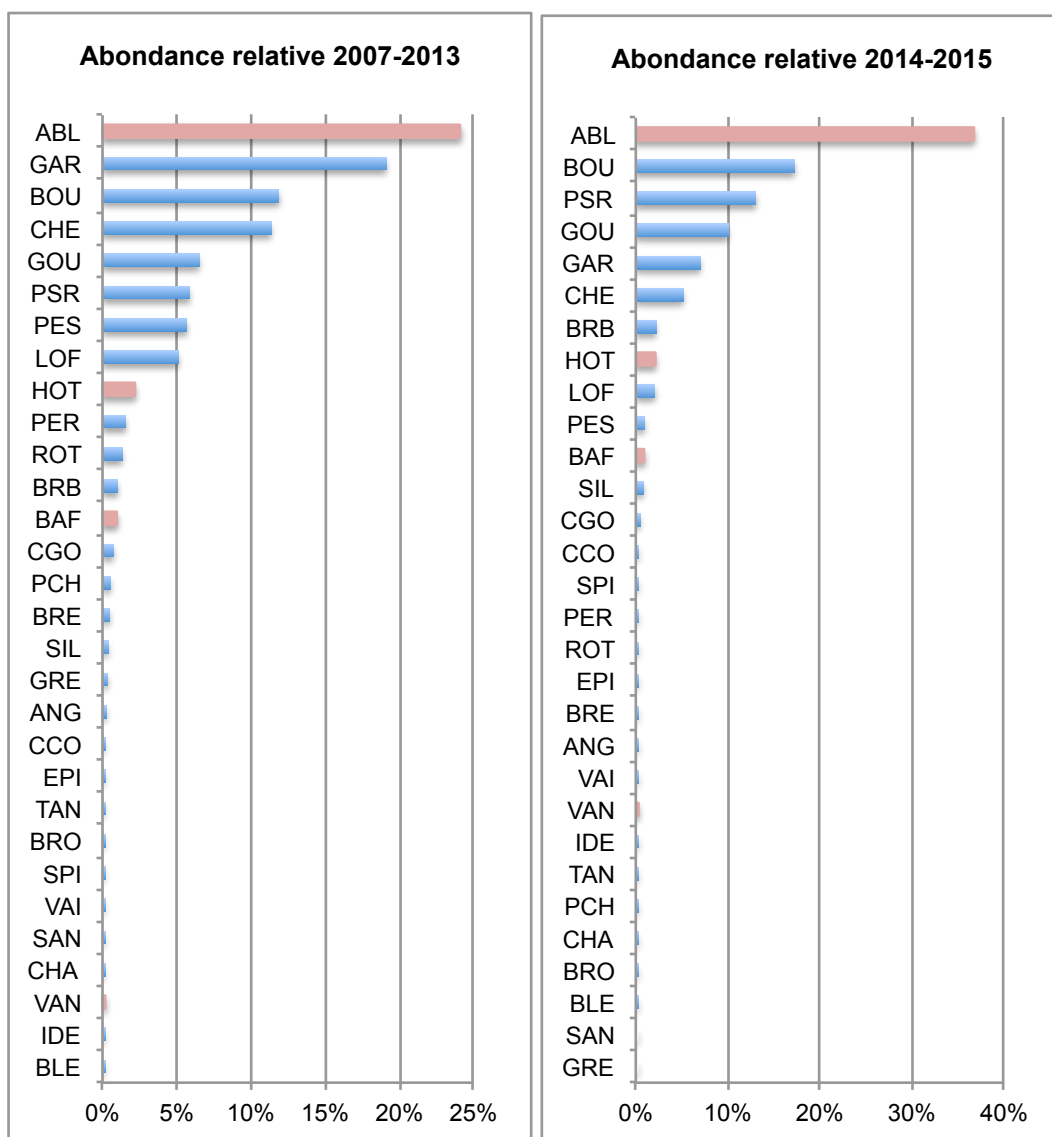


Figure 4.10 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées avant modification du débit réservé (entre 2007 et 2013) et après augmentation du débit réservé (2014-2015) dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

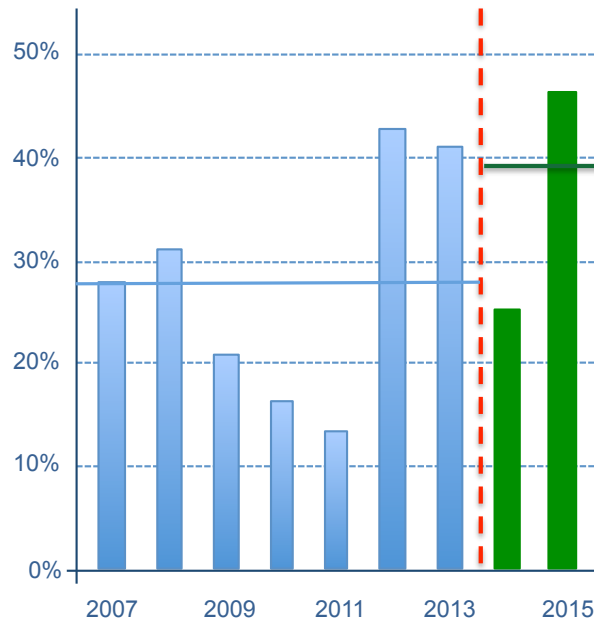


Figure 4.11 - Proportions d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Péage-de-Roussillon. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2007-2013, la ligne verte sur la période 2014-2015.

#### 4.3.5 Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf

Le suivi du peuplement piscicole du vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a débuté en 2010. Vingt huit espèces ont été capturées au cours de cette période (Tableau 4.6 et annexe 4.5). La très forte proportion de vairons (33,5%) est une particularité du peuplement de ce vieux-Rhône. Parmi les autres espèces, seules quatre ont une abondance relative qui dépasse ou est proche de 10% : l'ablette (12,4%), la loche franche et le chevaine (10,4%), et le goujon (9,6%). Parmi les espèces rhéophiles, le barbeau (3,8%), le hotu (4,4%) et le spirilin (0,5%) ont été régulièrement échantillonnés entre 2010 et 2015.

Tableau 4.6 - Résultats des échantillonnages de la faune piscicole (100 E.P.A/an) dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf entre 2010 et 2015. Les données détaillées concernant chaque espèce sont présentées en annexe. % EC : proportion (%) des espèces d'eau courante dans les échantillons ; Ab. Rel. : abondance relative des 4 espèces de la guildes des espèces d'eau courante présentes dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf entre 2010 et 2015. (2010-2015) : valeurs calculées sur la période ; Moyenne : moyenne calculée sur la période.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	672	20	6,1%	2,1%	1,8%	2,2%
2011	1102	22	20,0%	9,1%	0,7%	10,2%
2012	467	14	17,3%	7,7%	4,9%	4,7%
2013	759	19	25,3%	16,6%	5,8%	2,9%
2014	273	17	6,2%	4,4%	0,4%	1,5%
2015	879	15	34,4%	25,6%	7,7%	1,0%
2010-2015	4152	28	20,5%	12,4%	3,8%	4,4%
Moyenne	692	18	18,2%	10,9%	3,6%	3,7%

Le débit a été fortement relevé au 1<sup>er</sup> janvier 2014, seules deux campagnes d'échantillonnage ont donc été réalisées suite à cette augmentation de débit réservé. La comparaison des proportions des différentes espèces avant et après augmentation de débit (Figure 4.12) ne met pas en évidence de changements majeurs, excepté, comme à Pierre-Bénite et à Péage-de-Roussillon, une plus forte proportion d'ablettes dans les échantillons en lien avec un succès de reproduction marqué en 2015.

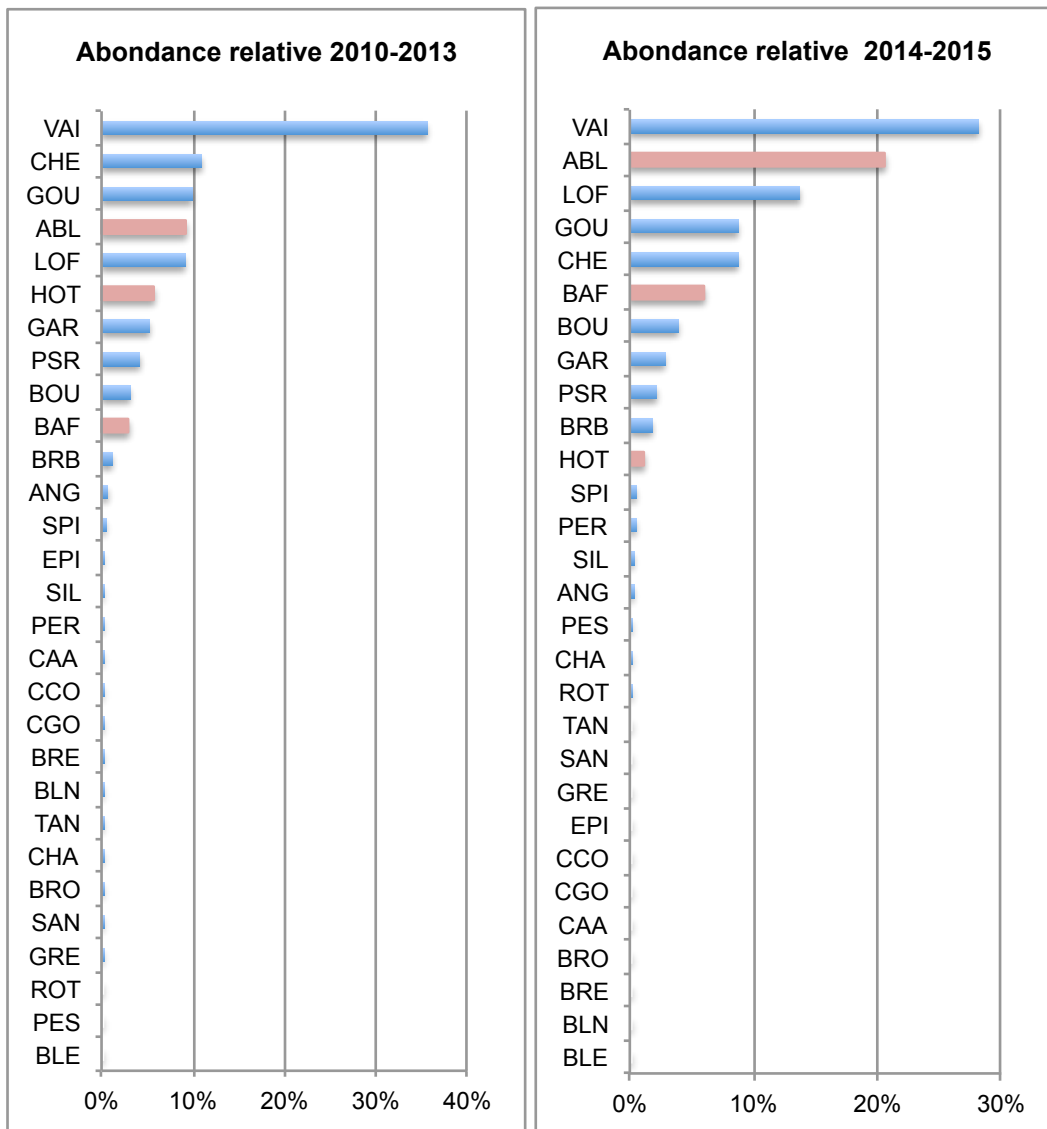


Figure 4.12 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées avant modification du débit réservé (entre 2010 et 2013) et après augmentation du débit réservé (2014-2015) dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

L'évolution de la proportion d'espèces d'eau courante montre de grandes différences entre les années (Figure 4.13 et Tableau 4.6), essentiellement en lien avec la proportion d'ablettes dans les échantillons.

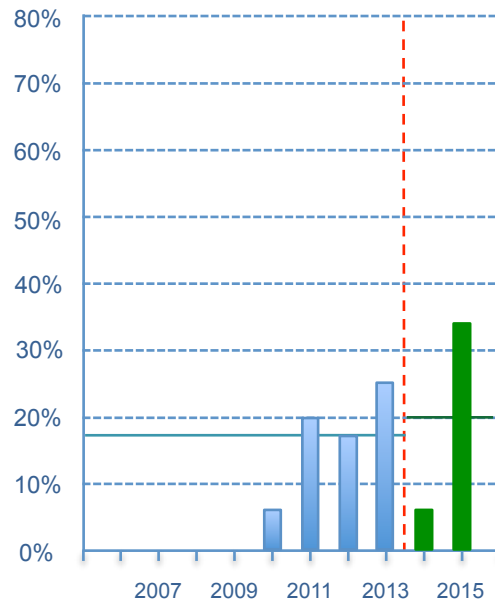


Figure 4.13 - Proportions d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2010-2013, la ligne verte sur la période 2014-2015.

#### 4.3.6 Vieux-Rhône de Montélimar

Le suivi du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Montélimar a débuté en 2006. Entre 2006 et 2015, 29 espèces de poissons ont été échantillonnées (Tableau 4.7 et annexe 4.6).

Les abondances relatives d'ablettes (29%) et de chevaines (18%) sont importantes. Six autres espèces ont une abondance relative supérieure à 5% au cours de la période 2006-2015 : la brème bordelière (9%), le goujon (7%), le gardon (6,7%), le barbeau (6,7%), le hotu (6,7%) et la loche franche (5%) (Figures 4.13 et 4.14). Le peuplement est donc caractérisé par un ensemble d'espèces possédant des caractéristiques écologiques très variées, la composante rhéophile (selon Schiemer & Spindler, 1989) représentant ~ 47% des effectifs (barbeau, chabot, chevaine, goujon, hotu, loche franche, spirilin, toxostome).

Le débit réservé a été augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014 avec une valeur plancher de 75,4 m<sup>3</sup>/s, cette modification devrait favoriser les espèces d'eau courante, en particulier l'ablette, le barbeau et le hotu. L'examen de l'évolution des proportions d'espèces d'eau courantes montre une grande variabilité inter-annuelle des valeurs (Tableau 4.7 et Figure 4.15), elles sont comprises entre 14,5% et 57% de 2006 à 2013 et les valeurs pour 2014 et 2015 sont

respectivement de 27,1% et 42%. Les variations constatées sont en grande partie imputables à la variabilité inter-annuelle des proportions d'ablettes.

Tableau 4.7 - Résultats des échantillonnages de la faune piscicole (200 E.P.A/an) dans le vieux-Rhône de Montélimar entre 2006 et 2015. Les données détaillées concernant chaque espèce sont présentées en annexe. % EC : proportion (%) des espèces d'eau courante dans les échantillons ; Ab. Rel. : abondance relative des 4 espèces de la guildes des espèces d'eau courante présentes dans le vieux-Rhône de Montélimar entre 2006 et 2015. (2006-2015) : valeurs calculées sur la période ; Moyenne : moyenne calculée sur la période.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. Toxostome
2006	888	24	26,2%	14,5%	7,4%	4,3%	0,0%
2007	750	18	50,0%	30,3%	4,4%	15,3%	0,0%
2008	518	21	31,5%	21,2%	4,2%	5,8%	0,2%
2009	909	19	56,5%	24,5%	16,7%	15,3%	0,0%
2010	1127	21	29,7%	21,4%	4,5%	3,8%	0,0%
2011	970	22	33,8%	21,9%	4,5%	7,4%	0,0%
2012	1046	17	61,4%	48,9%	8,3%	4,1%	0,0%
2013	606	16	70,8%	56,9%	11,9%	2,0%	0,0%
2014	980	14	27,1%	17,8%	3,0%	6,4%	0,0%
2015	959	18	42,0%	36,9%	2,7%	2,8%	0,0%
2006-2015	8753	29	42,2%	28,9%	6,6%	6,6%	0,0%
Moyenne	875	19	42,9%	29,4%	6,8%	6,7%	0,0%

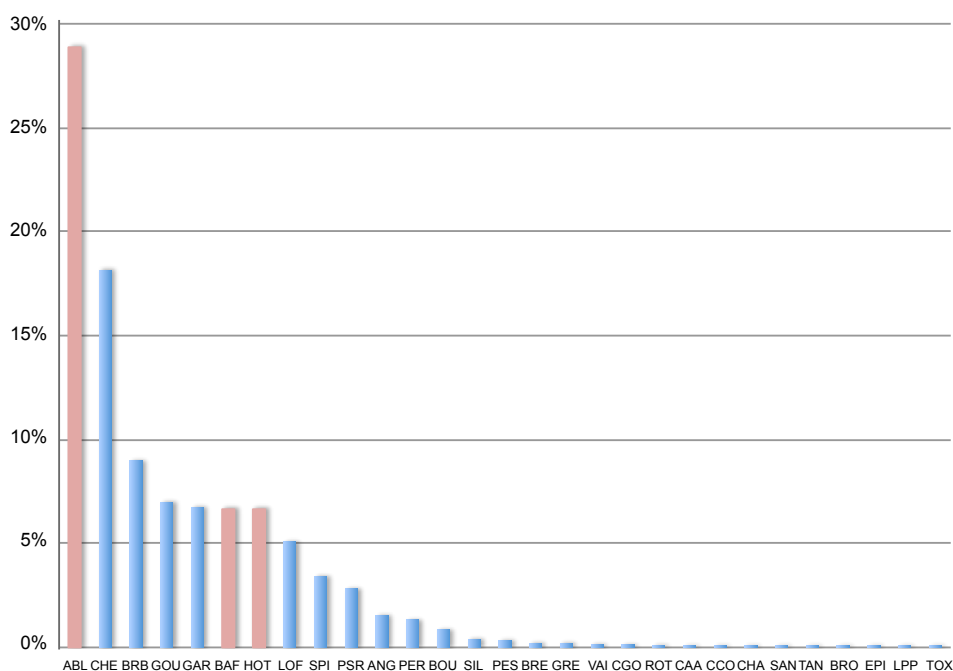


Figure 4.13 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées entre 2006 et 2015 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

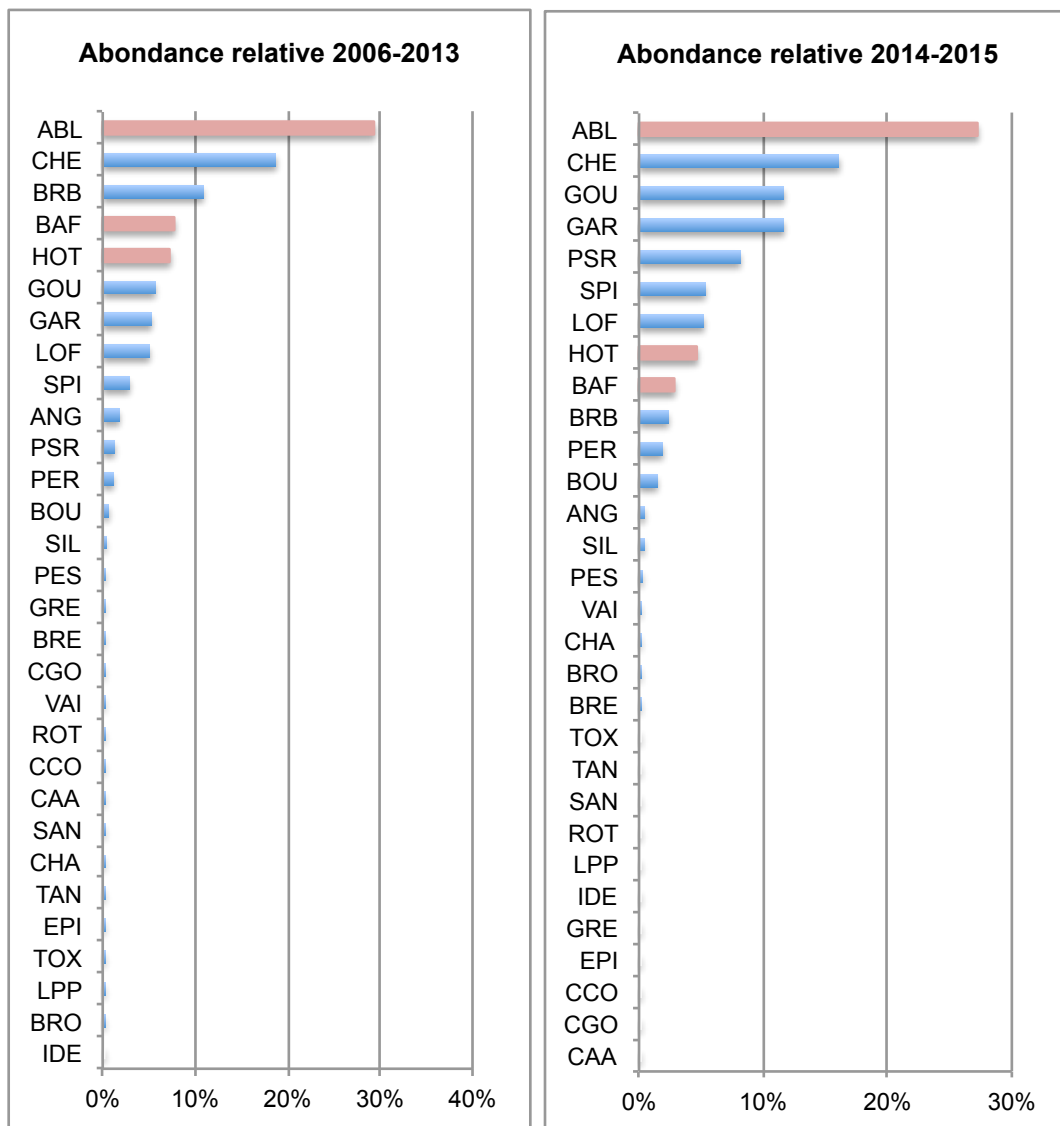


Figure 4.14 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées avant modification du débit réservé (entre 2006 et 2013) et après augmentation du débit réservé (2014-2015) dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.



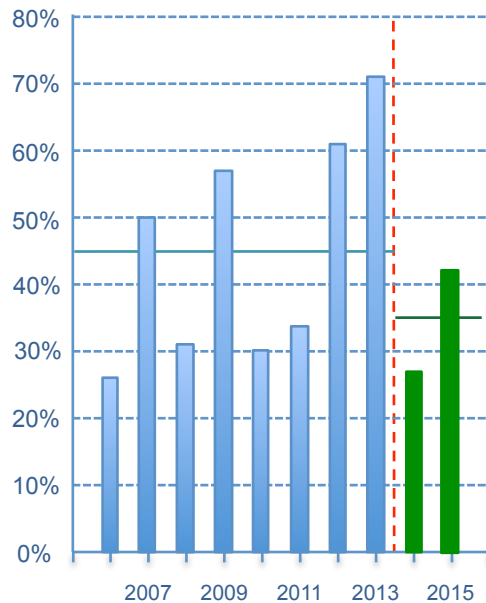


Figure 4.15 - Proportions d'espèces d'eau courante (abondances relatives des alettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Montélimar. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2006-2013, la ligne verte sur la période 2014-2015.

#### 4.3.7 Vieux-Rhône de Donzère

L'échantillonnage de la faune piscicole dans le vieux-Rhône de Donzère a débuté en 2008. Les espèces numériquement dominantes dans les échantillons sont sensiblement les mêmes que celles du vieux-Rhône de Montélimar (Figure 4.16). Sept espèces ont une abondance relative qui dépasse 5% sur la période 2008-2015 : l'ablette (38,4%), le barbeau fluviatile (14,7%), le goujon (14,5%), le chevaine (10,4%), le pseudorasbora (6,4%), la loche franche (5,3%) et le spirilin (5,2%). Cependant la variabilité inter-annuelle des effectifs est relativement importante (annexe 4.7), les effectifs échantillonnés en 2015 étant particulièrement élevés (2867 ind. pour 20 espèces, moyenne 2008-2014 = 1339), notamment en raison des fortes abondances d'ablettes, avec une forte proportion de juvéniles de l'année (98%), de barbeau fluviatile (dont 66% de juvéniles de l'année), de goujon (dont 51% de juvéniles de l'année), et dans une moindre mesure de pseudorasbora et de spirilins. Ces forts effectifs témoignent, ici encore, du très bon succès de reproduction en 2015 puisque ~75% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année. Les effectifs de hotus, relativement importants en 2009 et 2011, ont chuté à partir de 2012 (Figure 4.17). La proportion d'espèces d'eau courante est relativement importante dans ce vieux-Rhône et a varié entre 31 et 72,5% entre 2008 et 2013 et les valeurs observées en 2014 et 2015 étaient de 28% et 54%

respectivement (Tableau 4.8 et Figure 4.18). La contribution des effectifs d'ablettes est toujours importante (entre 12,5 et 42 %). Le débit réservé a été très légèrement augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014 (passage de 60 m<sup>3</sup>/s à 75,4 m<sup>3</sup>/s), aucun changement significatif de structure de peuplement suite à cette modification de débit n'est donc attendu dans ce vieux-Rhône.

Tableau 4.8 Résultats des échantillonnages de la faune piscicole (200 E.P.A/an) dans le vieux-Rhône de Donzère entre 2008 et 2015. Les données détaillées concernant chaque espèce sont présentées en annexe. % EC : proportion (%) des espèces d'eau courante dans les échantillons ; Ab. Rel. : abondance relative des 4 espèces de la guildes des espèces d'eau courante présentes dans le vieux-Rhône de Donzère entre 2008 et 2015. (2008-2015) : valeurs calculées sur la période ; Moyenne : moyenne calculée sur la période.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	518	21	31,0%	13,0%	15,8%	2,2%
2009	909	19	63,6%	12,5%	14,1%	37,0%
2010	1127	21	48,9%	34,9%	8,2%	5,8%
2011	970	22	41,4%	19,5%	2,9%	19,0%
2012	1046	17	39,7%	33,2%	5,1%	1,4%
2013	606	16	72,5%	42,1%	29,7%	0,6%
2014	980	14	27,9%	20,5%	2,3%	5,1%
2015	959	18	54,0%	38,4%	14,7%	0,9%
2008-2015	8753	29	49,6%	27,8%	11,4%	10,3%
Moyenne	889	19	47,4%	26,8%	11,6%	9,0%

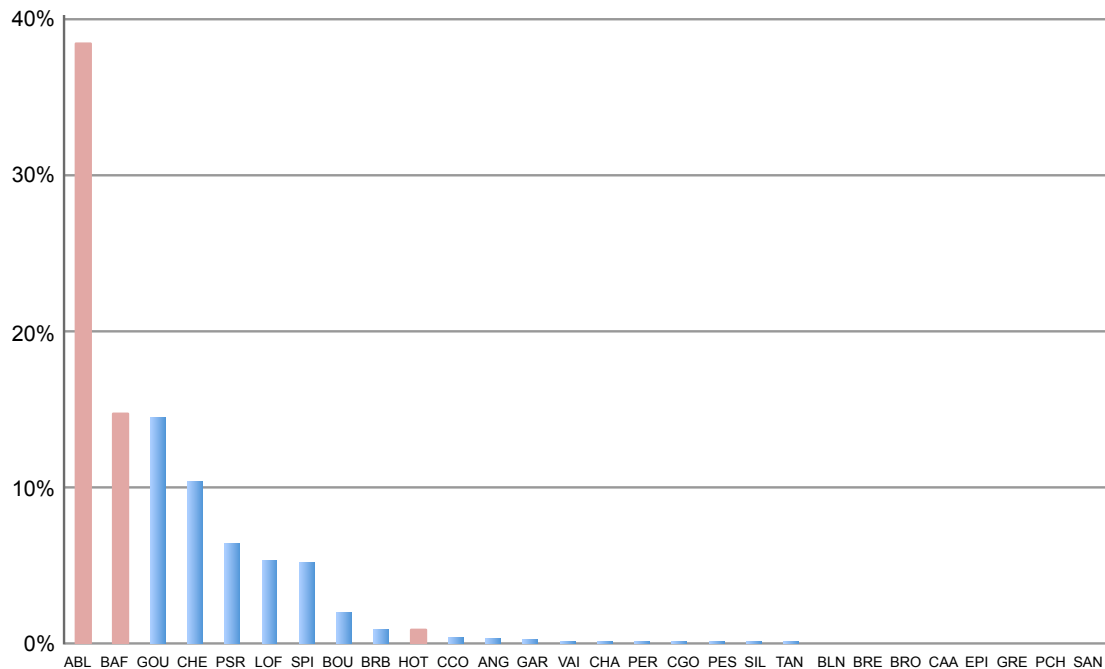


Figure 4.16 Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées entre 2008 et 2015 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

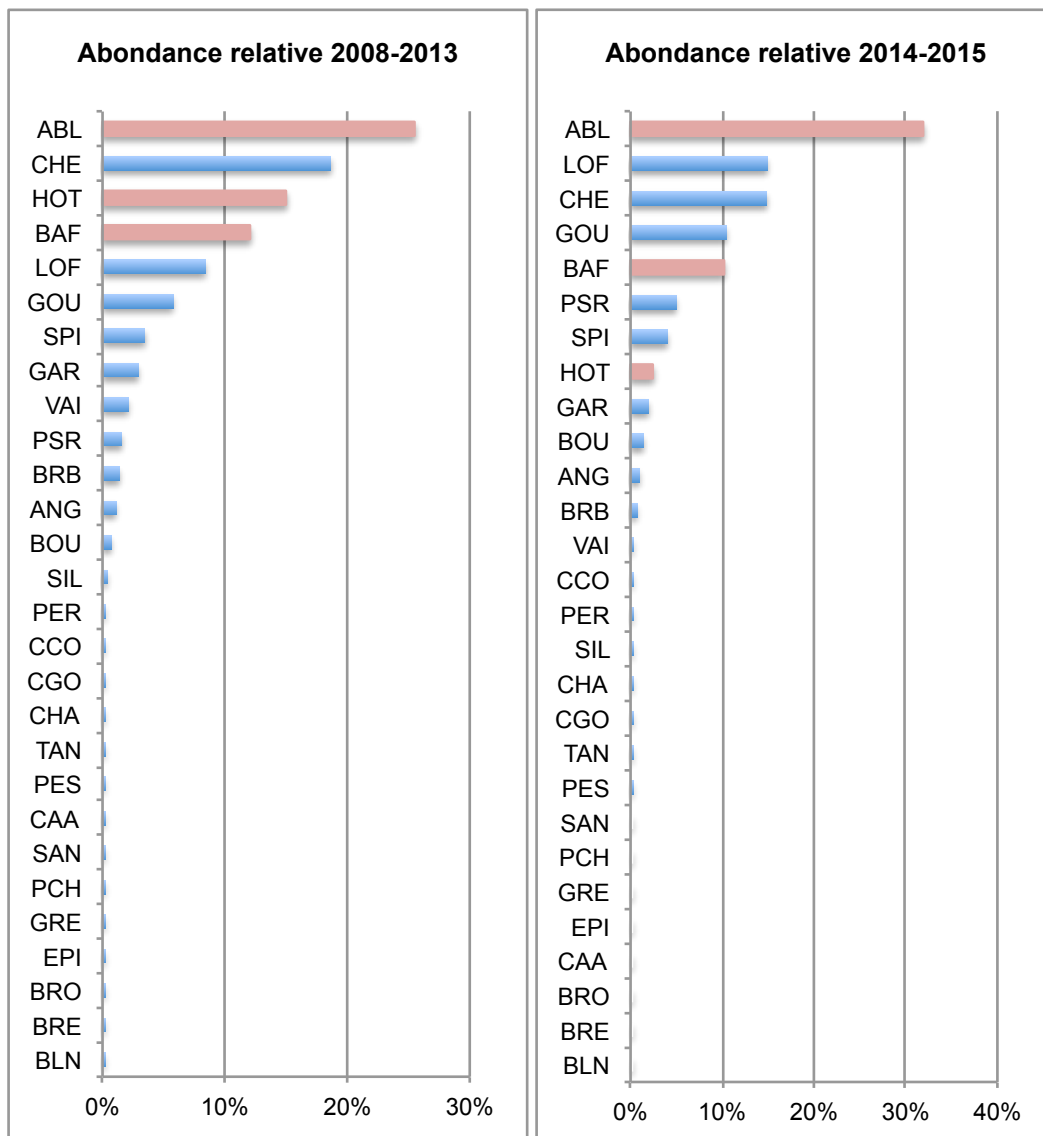


Figure 4.17 Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées avant modification du débit réservé (entre 2008 et 2013) et après augmentation du débit réservé (2014-2015) dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

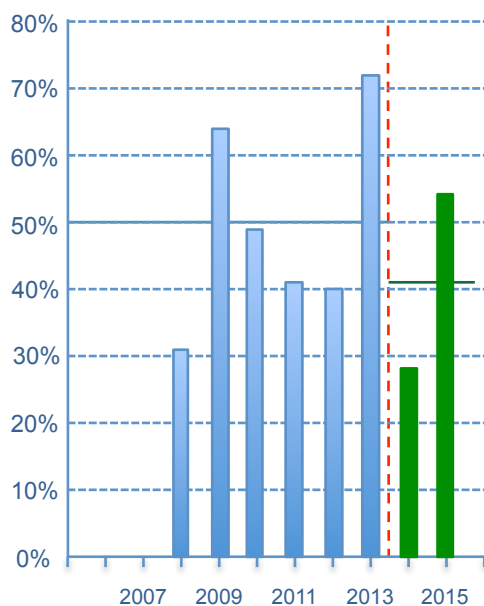


Figure 4.18 Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Donzère. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2008-2013, la ligne verte sur la période 2014-2015.

#### 4.4 Conclusion

L'année 2015 a été caractérisée par des crues printanières (avril et mai) importantes et un été marqué avec des températures relativement élevées. Ces conditions ont été propices à la reproduction de la plupart des espèces et les effectifs échantillonnés à l'automne ont été particulièrement élevés dans les vieux-Rhône de Belley, Brégnier-Cordon, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Baix-Le-Logis-Neuf et Donzère, et le Canal de Miribel. Le succès de reproduction de l'ablette a été particulièrement marqué dans plusieurs vieux-Rhône, et en particulier à Pierre-Bénite. Les données collectées en 2015 dans les vieux-Rhône restaurés entre 2000 et 2006 (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite) viennent conforter les résultats des années précédentes avec des indicateurs de réponse à l'augmentation des débits minimums (proportions d'espèces d'eau courante) confirmant l'évolution de la structure du peuplement de poissons dans la direction attendue dans les vieux-Rhône de Chautagne et de Pierre-Bénite. Les valeurs dans les vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon sont proches de la valeur de la moyenne post-restauration dans chacun des 2 secteurs.

Dans les 4 secteurs du Rhône moyen et du Bas-Rhône, le débit réservé a été augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014, il n'est donc pas possible de mettre en évidence un effet de cette

augmentation de débit réservé avec les données collectées à l'automne 2014 et 2015, même lorsque le débit a été fortement augmenté comme c'est le cas à Péage-de-Roussillon et à Baix-le-Logis-Neuf.

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

### **5.1 Objectifs**

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

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

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

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

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

## 5.2 Méthodologie

Pour chaque secteur suivi (sauf Pierre-Bénite), les invertébrés ainsi que les paramètres hydrauliques sont échantillonnés sur les mêmes stations selon un tirage aléatoire sur 20 transects. Les invertébrés ont été récoltés avec un cylindre de Hess<sup>1</sup> (Photo 1) muni d'un filet de maille de 200  $\mu\text{m}$  jusqu'en 2013 puis 400  $\mu\text{m}$  à partir de 2014 (voir explication plus bas). Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05 m<sup>2</sup>.



Photos 1 & 2 - Photo 1, à gauche, échantillonnage au cylindre de Hess (Montélimar, 24/04/2014). Photo 2, à droite, mesure de vitesse moyenne (Montélimar, 27/05/2012).

Des mesures fines de l'habitat hydraulique (vitesse moyenne, hauteur et contraintes au fond) ont été réalisées à chaque point d'échantillonnage jusqu'en 2012 (Photo 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

---

<sup>1</sup> Échantillonnage possible pour des profondeurs < 70 cm et pour des substrats de diamètre < 30 cm.

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 $\mu$ m) 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  $\mu$ m décrivaient d'une manière pertinente les peuplements en place (Olivier *et al.* 2004a & b, 2005). Ainsi, dans le présent rapport, seuls ces individus sont pris en compte pour la présentation et l'analyse des données.

Pour le secteur de Pierre-Bénite, l'échantillonnage est réalisé dans trois stations : dans la partie amont du vieux-Rhône, au niveau de l'Ile Tabart (pk 8,4) ; sur le radier, à l'amont du pont de Vernaison (pk 9,8) ; en aval, au niveau de la station de pompage de Millery (pk 12,6). Dans chaque station, les prélèvements faunistiques sont d'une part réalisés par dragage dans le chenal (un par station, soit 3m<sup>2</sup>), d'autre part les divers types de microhabitats des rives (substrats durs, herbiers, sédiments fins), mésohabitats *sensu* Armitage *et al.* (1995), sont prospectés en fonction de leurs occurrences (Bournaud & Cogérino, 1986 ; Cogérino, 1989 ; Cogérino *et al.*, 1995) à l'aide d'un filet Surber de surface 0.05 m<sup>2</sup> et de taille de maille 500  $\mu$ m. La station aval (pk 12.6) se situe à la limite du remous de la confluence avec le canal de dérivation et possède des berges partiellement endiguées. Ces caractéristiques pouvant limiter les effets du rehaussement des débits et biaiser l'image du secteur, seules les stations « amont » (pk 8.4) et « radier » (pk 9.8) seront conservées pour la suite de l'analyse.

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

### **5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage**

Cent cinq campagnes d'échantillonnage d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 9 vieux-Rhône avant restauration et de 8 vieux-Rhône après restauration (Tableau 1.1).

Le présent rapport intègre les données pré-restauration n-4 du secteur de Miribel-Jonage ainsi que les données post-restauration n+1 des secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon.

Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport d'état initial (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les vieux-Rhône (Olivier *et al.*, 2007a).



Tableau 5.1 - Campagnes d'échantillonnage pré-restauration et post-restauration dans les 9 vieux-Rhône pour les invertébrés du chenal. (En gris : absence de campagne ; en orange : campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours ; x : échantillonnage prévisionnel ; \* données issues de la littérature ; (1) échantillonnage réalisé par l'ARALEP<sup>2</sup> ; ( ) : campagnes autofinancées ; trait rouge : opération de restauration hydraulique).

	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				
	été	septembre	août	août	septembre				
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			
	été	octobre			juillet	septembre			
2011	Print	mai	mai	mai	avril		(mai)	avril	(avril)
	été	août	septembre	août	août		(juillet)	juillet	(juillet)
2012	Print	mai	(mai)	(mai)		mai	(avril)	(avril)	avril
	été	août	(août)	(août)		octobre	(juillet)	(juillet)	juillet
2013	Print	mai	mai	mai			(juin)		
	été	août	août	septembre			(septembre)		
2014	Print				avril		avril	avril	mai
	été				août		septembre	septembre	septembre
2015	Print								
	été								
2016	Print	x	x	x					
	été	x	x	x					
2017	Print				x	x	x	x	x
	été				x	x	x	x	x
2018	Print					x			
	été					x			

#### 5.4 Contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages

Les détails concernant le contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnages des années 2012, 2013 et 2014 sont disponibles dans le rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier *et al.*, 2015).

<sup>2</sup> ARALEP - Application de la Recherche A L'Expertise des Pollutions, Campus LyonTech la Doua - Bât CEI 1 - 66 Bld Niels Bohr - 69603 Villeurbanne Cedex

## **5.5 Bilan multi-sites**

Ce bilan présente, pour chaque secteur suivi, l'évolution interannuelle et/ou une comparaison avant/après restauration des métriques :

- Densité en invertébrés
- Richesse taxonomique
- Densité en EPT
- Richesse en EPT

### **5.5.1 Densité en invertébrés**

La diminution naturelle ou artificielle du débit dans les rivières peut avoir pour conséquence une diminution de la densité en macroinvertébrés (Dewson *et al.*, 2007). Par conséquent, après augmentation des débits réservés, une augmentation des valeurs de la métrique densité totale après restauration hydraulique est attendue.

Les détails concernant l'évolution de cette métrique pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite sont disponibles dans le Rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier *et al.*, 2015).

Pour le secteur de Miribel, les densités observées sont plutôt stables avec en moyenne 40 609 individus/m<sup>2</sup>.

Pour le secteur de Péage-de-Roussillon, la densité en invertébrés a diminué après restauration avec en moyenne 56 614 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 24 182 individus/m<sup>2</sup> un an après restauration.

Pour le secteur de Montélimar, la densité en invertébrés a diminué après restauration avec en moyenne 58 298 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 38 964 individus/m<sup>2</sup> un an après restauration.

Pour le secteur de Donzère-Mondragon, la densité en invertébrés a diminué après restauration avec en moyenne 78 043 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 45 451 individus/m<sup>2</sup> un an après restauration.

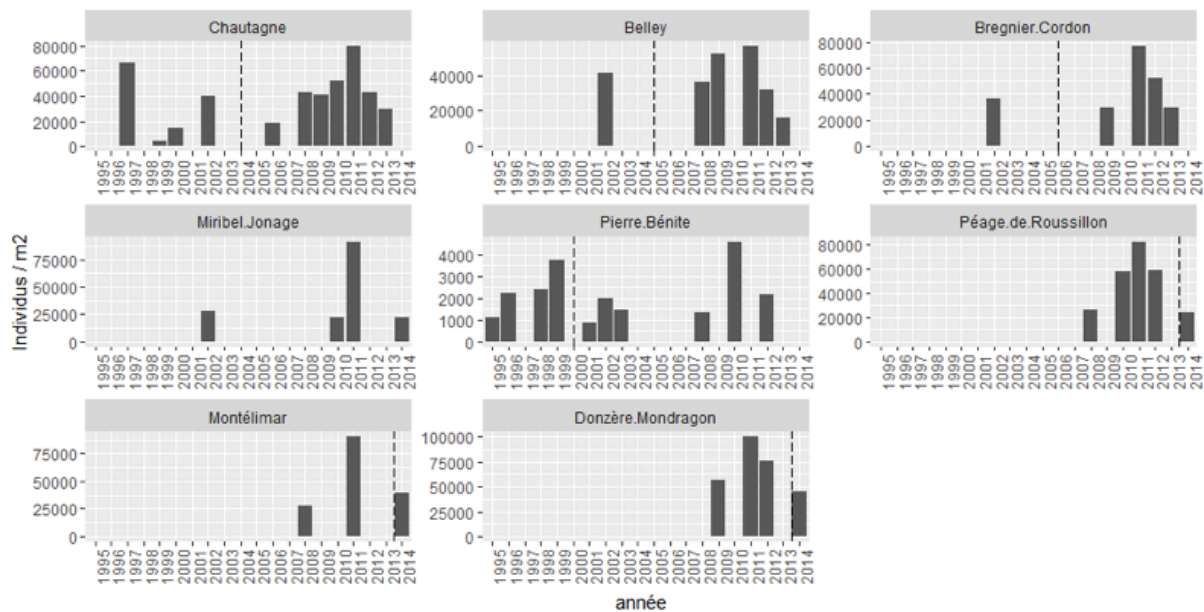


Figure 5.1 - Évolution interannuelle de la densité totale des invertébrés récoltés. Les lignes verticales noires signalent la date de rehaussement des débits réservés.

Pour tous les secteurs suivis, de fortes variations interannuelles des densités sont observées (Figure 5.1). Cependant, les plus fortes densités sont mesurées en 2011 et ceci pour tous les secteurs, restaurés ou non. Ces fortes valeurs s'expliquent donc plus par la présence cette année-là de conditions hydro-climatiques favorables au développement des invertébrés que par les opérations des restaurations.

Pour les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, les densités ont globalement diminué un an après restauration. En effet, il semble que les communautés d'invertébrés sont dans un premier temps impactées négativement par les modifications des conditions hydrauliques locales. Ce phénomène avait également été observé pour les secteurs de Chautagne et de Pierre-Bénite. L'observation de changements significatifs sur les communautés de macroinvertébrés nécessitera probablement plusieurs années.

→ Les densités observées ont globalement augmenté après augmentation des débits pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite. Pour les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, dont les débits réservés ont été augmentés le 1<sup>er</sup> janvier 2014, les densités observées ont diminué un an après restauration. Néanmoins, seule l'acquisition de données sur plusieurs années après restauration permettra de mettre en évidence l'impact potentiel des opérations de restauration sur cette métrique.

### 5.5.2 Richeesse taxonomique

La diminution naturelle ou artificielle du débit dans les rivières peut avoir pour conséquence une diminution de la richesse taxonomique (Dewson *et al.*, 2007). Par conséquent, une augmentation de la métrique **richesse taxonomique** après restauration hydraulique est attendue.

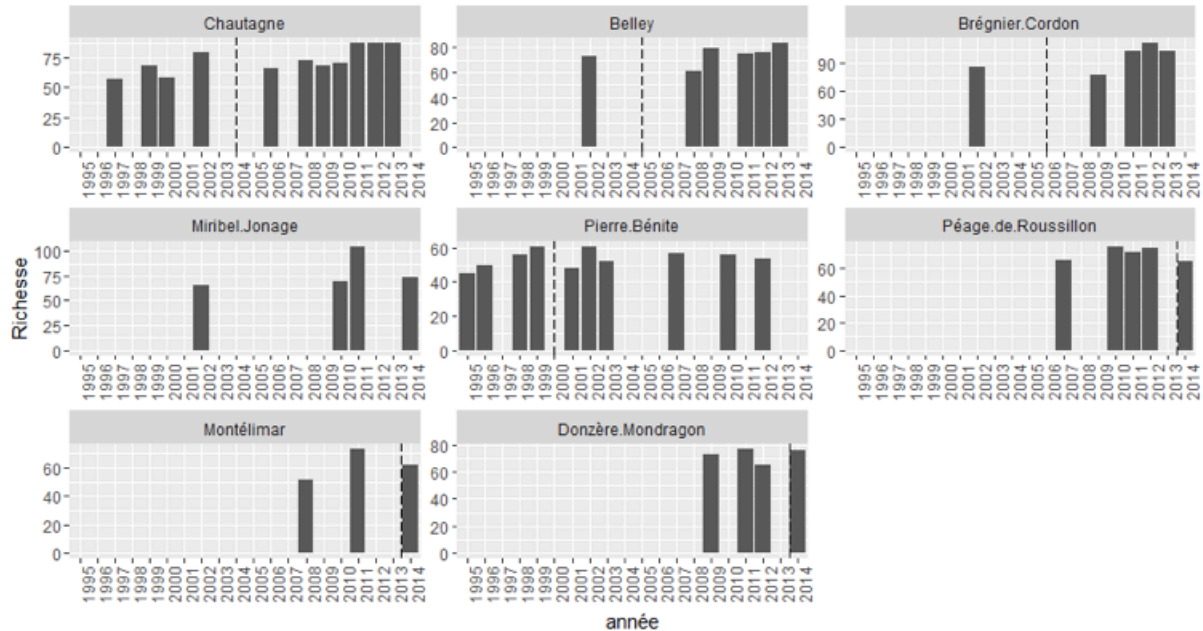


Figure 5.2 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique. Les lignes verticales noires signalent la date de rehaussement des débits réservés.

Les détails concernant l'évolution de cette métrique pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite sont disponibles dans le Rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier, 2015).

Pour les secteurs de Miribel-Jonage, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, les richesses taxonomiques observées semblent plutôt stables au cours du temps avec en moyenne respectivement 78, 71, 62 et 73 taxons (Figure 5.2).

Pour le secteur de Péage-de-Roussillon, la richesse taxonomique a légèrement diminué un an après restauration avec en moyenne 72 taxons avant restauration et 65 taxons après restauration (Figure 5.2).

Pour le secteur de Montélimar, la richesse taxonomique est stable avec en moyenne 62 taxons avant et après restauration (Figure 5.2).

Pour le secteur de Donzère-Mondragon, la richesse taxonomique a légèrement augmenté un an après restauration avec en moyenne 72 taxons avant restauration et 76 taxons après restauration (Figure 5.2).

→ Les richesses taxonomiques observées ont globalement augmenté après restauration des débits pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite. Pour les secteurs de Péage de Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, dont les débits réservés ont été augmentés le 1<sup>er</sup> janvier 2014, l'acquisition de données sur plusieurs années après restauration permettra de confirmer ces changements de richesses taxonomiques.

### **5.5.3 Densité en Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)**

La diminution naturelle ou artificielle du débit dans les rivières peut avoir pour conséquence une diminution de la densité en taxons sensibles (Dewson *et al.*, 2007). Par conséquent, une augmentation de la métrique **densité en EPT** après restauration hydraulique est attendue.

Les détails concernant l'évolution de cette métrique pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite sont disponibles dans le Rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier *et al.*, 2015).

Pour le secteur de Miribel, les densités en EPT observées sont plutôt stables avec en moyenne 3 887 individus/m<sup>2</sup>.

Les densités en EPT ont fortement diminuées pour les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon un an après restauration (Figure 5.3).

Pour le secteur de Péage de Roussillon, la densité moyenne en EPT est passée de 5 391 individus/m<sup>2</sup> avant restauration à 391 individus/m<sup>2</sup> après restauration.

Pour le secteur de Montélimar, la densité moyenne en EPT est passée de 9 159 individus/m<sup>2</sup> avant restauration à 1 660 individus/m<sup>2</sup> après restauration.

Pour le secteur de Donzère-Mondragon, la densité moyenne en EPT est passée de 10 982 individus/m<sup>2</sup> avant restauration à 2 865 individus/m<sup>2</sup> après restauration.

Pour les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon, les densités en EPT ont diminué respectivement d'un facteur 6 et 4 après restauration. En revanche, pour le secteur de Péage-de-Roussillon, les densités en EPT ont diminué d'un facteur 14 après restauration. La diminution très importante de la densité en EPT observée à Péage-de-Roussillon peut en partie s'expliquer par la diminution de la surface échantillonnable dans ce secteur. En effet, l'augmentation importante des débits dans ce secteur se traduit entre autre par l'augmentation importante du niveau de l'eau. Contraint par les limites d'échantillonnages du cylindre de Hess (c.f. 1.2 Méthodologie), l'échantillonnage a en partie été réalisé sur les berges enherbées

récemment immergées par l'augmentation du niveau de l'eau (Photo 5.3). Or, ce milieu n'offre pas les conditions favorables au déroulement du cycle de vie des taxons EPT.

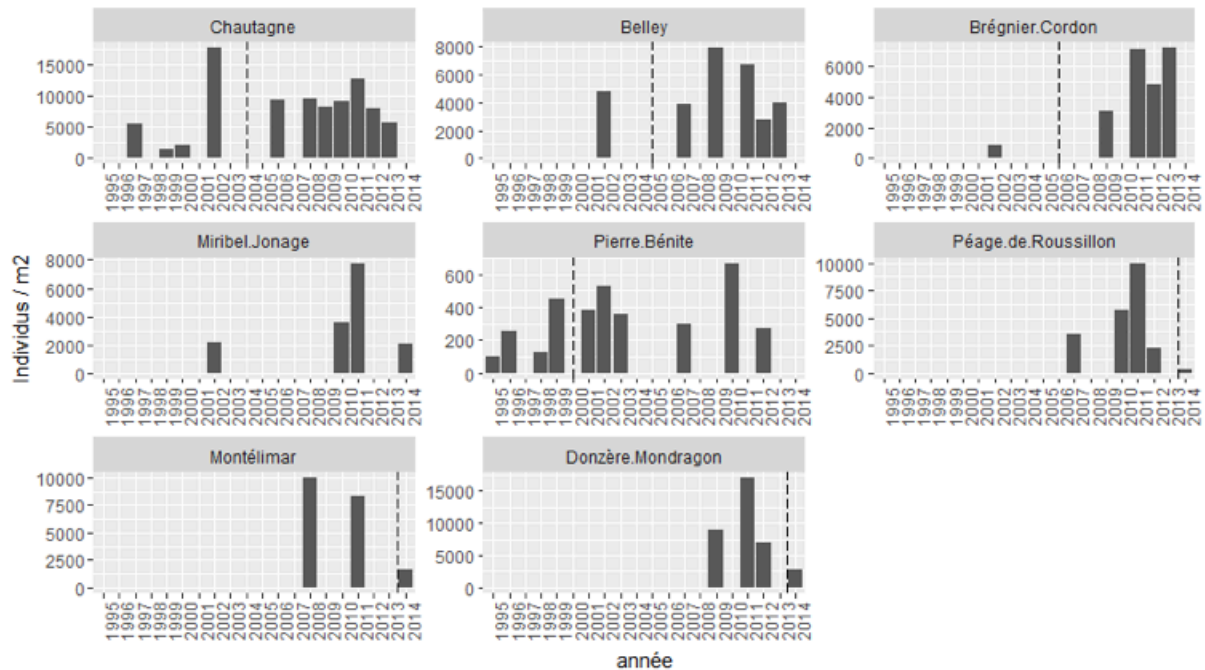


Figure 5.3 - Évolution interannuelle de la densité en Éphémères, Plécoptères et Trichoptères. Les lignes verticales noires signalent la date de rehaussement des débits réservés.

→ Pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite, les richesses en EPT observées ont globalement augmenté après restauration des débits. Pour les secteurs de Péage de Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, dont les débits réservés ont été augmentés le 1<sup>er</sup> janvier 2014, l'acquisition de données sur plusieurs années après restauration permettra de confirmer ces changements de densité en taxons sensibles.



Photo 5.3 - Station d'échantillonnage dans le secteur de Péage-de-Roussillon (17/04/2014, Arcoules)

### 5.5.4 Richesse taxonomique en Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)

La diminution naturelle ou artificielle du débit dans les rivières peut avoir pour conséquence une diminution de la richesse en taxons sensibles (Dewson *et al.*, 2007). Par conséquent, une augmentation de la métrique **richesse en EPT** après restauration hydraulique est attendue.

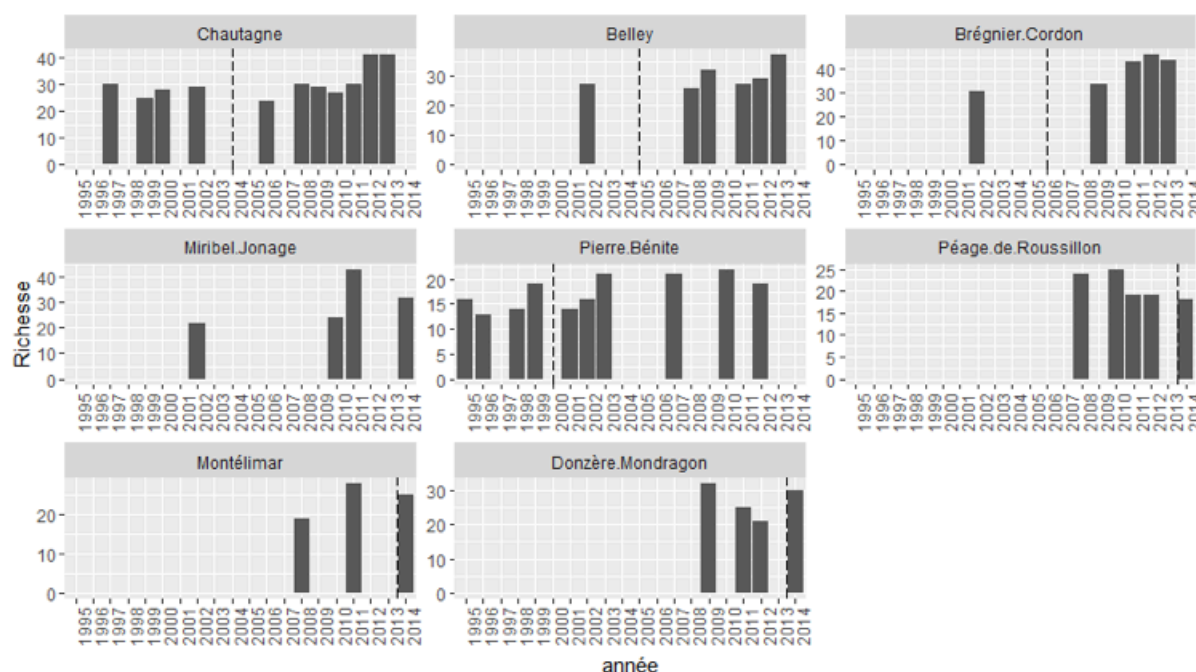


Figure 5.4 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique en Ephémères, Plécoptères et Trichoptères. Les lignes verticales noires signalent la date de rehaussement des débits réservés.

Les détails concernant l'évolution de cette métrique pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite sont disponibles dans le Rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier *et al.*, 2015).

Pour le secteur de Miribel, les richesses en EPT observées sont plutôt stables avec en moyenne 30 taxons (Figure 5.4).

Pour le secteur de Péage-de-Roussillon, la richesse en EPT a légèrement diminué un an après restauration avec en moyenne 22 taxons avant restauration et 18 taxons après restauration (Figure 5.4).

Pour le secteur de Montélimar, la richesse taxonomique est stable avec en moyenne 24 taxons avant restauration et 25 taxons après restauration (Figure 5.4).

Pour le secteur de Donzère-Mondragon, la richesse taxonomique a légèrement augmenté avec en moyenne 26 taxons avant restauration et 30 taxons après restauration (Figure 5.4).

→ Pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite, les richesses en EPT observées ont globalement augmenté après restauration des débits. Pour les secteurs de Péage de Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, dont les débits réservés ont été augmentés le 1<sup>er</sup> janvier 2014, l'acquisition de données sur plusieurs années après restauration permettra de confirmer ces changements de richesses en taxons sensibles.

## 5.6 Évolution des densités par guildes de préférences hydrauliques

### 5.6.1 Évolution interannuelle des densités par guildes de préférence de contraintes hydrauliques

Les campagnes pré-restauration dans les chenaux des secteurs du Haut-Rhône ont permis de coder les préférences hydrauliques (Mérigoux *et al.*, 2009) de certains taxons en 7 catégories (Tableau 5.2) :

- les taxons limnophiles de la **catégorie 1** sont inféodés à des milieux lenticules et sont par exemple les Trichoptères du genre *Agraylea* ou les Coléoptères de la famille des Hydraenidae.
- les taxons de la **catégorie 2** aussi limnophiles, sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles. Ils sont représentés par exemple, par les Diptères Dasyheleinae ou Dolichopodidae.
- les espèces de la famille des Hydroptilidae ou des Asellidae préfèrent les conditions hydrauliques intermédiaires (**catégorie 3**).
- les taxons rhéophiles sont soit inféodés à des contraintes hydrauliques fortes; e.g. *Hydropsyche modesta*, *Potamanthus luteus* ou les Diptères Orthocladiinae (**catégorie 4**) ; soit à des contraintes hydrauliques très fortes (**catégorie 5**) comme par exemple *Theodoxus fluviatilis*, *Ancylus fluviatilis*, *Baetis vardarensis*, *Elmis* spp. ou *Hydropsyche siltalai*.
- les taxons ubiquistes ne présentent pas de préférence hydraulique (**catégorie 6**) comme par exemple *Dendrocoelum lacteum*, *Athripsodes albifrons* et *Gammarus fossarum*.
- enfin la **catégorie 7** (indéterminé) regroupe tous les taxons pour lesquels aucune information n'est disponible. Tableau 2 - Caractéristiques hydrauliques exprimées par les contraintes au fond du cours d'eau (HFST) et par la vitesse moyenne (40% de la hauteur d'eau) pour les différentes catégories de rhéophilie.



Tableau 5.2 – Codage des préférences hydrauliques des macroinvertébrés en 7 catégories

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

Le couplage des modèles biologiques et hydrauliques par FSTress prévoit, pour les secteurs de Chautagne et de Pierre-Bénite, qu'une **augmentation des débits doit induire une augmentation des densités des taxons rhéophiles** et, au contraire, une **diminution des densités des taxons intermédiaires et limnophiles**. Sur les 39 taxons présentant des préférences hydrauliques marquées, 27 devraient répondre positivement aux augmentations de débit (Olivier *et al.*, 2007).

Les détails concernant l'évolution de cette métrique pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite sont disponibles dans le Rapport d'état d'avancement 2014 (Olivier *et al.*, 2015).

Les proportions des taxons limnophiles ou intermédiaires sont très faibles pour tous les secteurs. Ainsi, les communautés d'invertébrés présentes sur les secteurs suivis du Rhône sont essentiellement composées de taxons ubiquistes ou rhéophiles.

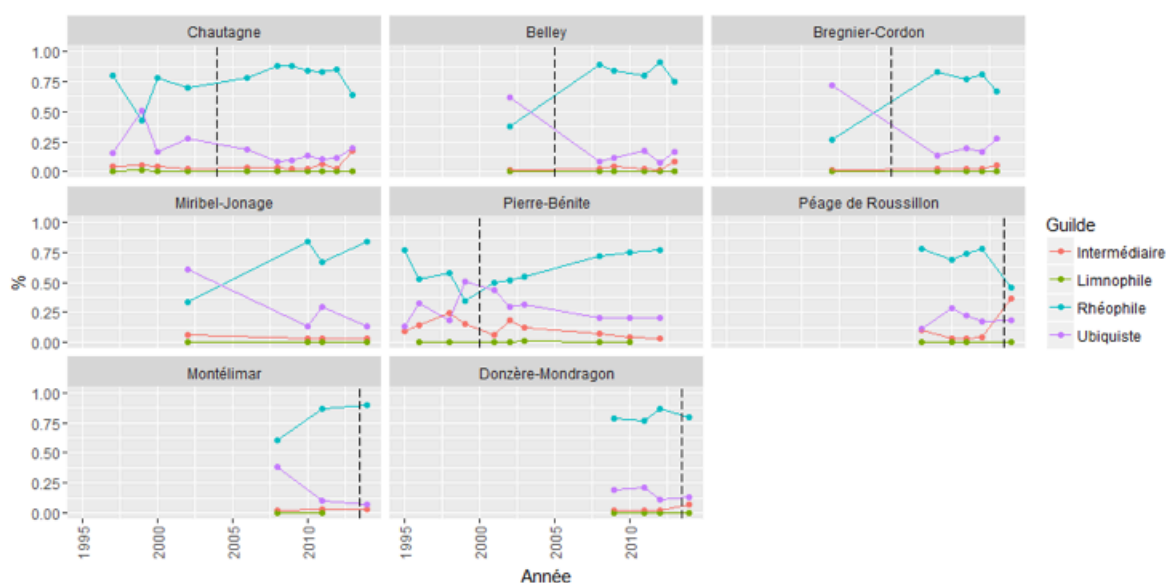


Figure 5.5 - Évolution interannuelle des densités (individus/m<sup>2</sup>) en proportion par guildes de préférence de contraintes hydrauliques pour les taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (voir Méricoux *et al.*, 2009). La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

Parmi les 166 taxons rencontrés sur le secteur de Miribel-Jonage toutes campagnes confondues, un modèle de préférence hydraulique est disponible pour 60 taxons (Annexe 5.1): soit 3 taxons limnophiles, 9 taxons intermédiaires, 26 taxons rhéophiles et 22 taxons ubiquistes. La proportion de taxons rhéophiles augmente au cours du temps aux dépens des taxons ubiquistes (Figure 5.5).

Parmi les 165 taxons rencontrés sur le secteur de Péage-de-Roussillon toutes campagnes confondues, un modèle de préférence hydraulique est disponible pour 53 taxons (Annexe 5.2) : soit 3 taxons limnophiles, 9 taxons intermédiaires, 22 taxons rhéophiles et 19 taxons ubiquistes.

La proportion de taxons **rhéophiles** a diminué après restauration avec 74 % en moyenne avant restauration et 45 % après restauration.

La proportion des taxons **intermédiaires** a augmenté après restauration avec 5 % en moyenne avant restauration et 36 % après restauration.

La diminution de la proportion en taxons rhéophiles est probablement liée aux difficultés rencontrées lors de la campagne d'échantillonnage 2014 sur ce secteur (c.f. 1.5.3).

Parmi les 134 taxons rencontrés sur le secteur de Montélimar toutes campagnes confondues, un modèle de préférence hydraulique est disponible pour 48 taxons (Annexe 5.3) : soit 1 taxons limnophiles, 6 taxons intermédiaires, 22 taxons rhéophiles et 19 taxons ubiquistes.

La proportion de taxons **rhéophiles** a augmenté après restauration avec 74 % en moyenne avant restauration et 90 % après restauration.

La proportion des taxons **ubiquistes** a diminué après restauration avec 24 % en moyenne avant restauration et 7 % après restauration.

Parmi les 167 taxons rencontrés sur le secteur de Donzère-Mondragon toutes campagnes confondues, un modèle de préférence hydraulique est disponible pour 49 taxons (Annexe 5.4): soit 3 taxons limnophiles, 7 taxons intermédiaires, 21 taxons rhéophiles et 18 taxons ubiquistes.

La proportion de taxons **rhéophiles** est stable après restauration avec 81 % en moyenne avant restauration et 79 % après restauration.

La proportion des taxons **ubiquistes** a légèrement diminué après restauration avec 17 % en moyenne avant restauration et 13 % après restauration.

→ Pour les secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite, les changements de densités observés sont conformes aux attentes avec une augmentation des taxons ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques élevées et une diminution des taxons ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques intermédiaires à faibles. En revanche, pour les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon l'acquisition de données sur plusieurs années après restauration permettra de confirmer si les changements observés sont conformes à nos attentes.

### 5.6.2 Exemples de réponses biologiques aux opérations de restauration

Dans le vieux-Rhône de Chautagne, la densité du mollusque rhéophile *Ancylus fluviatilis* a été multipliée par 5 après restauration avec en moyenne 218 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 1 162 individus/m<sup>2</sup> après restauration. Dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite, la densité de ce même taxon a été multipliée par 9 avec en moyenne 15 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 143 individus/m<sup>2</sup> après restauration (Figure 5.6).

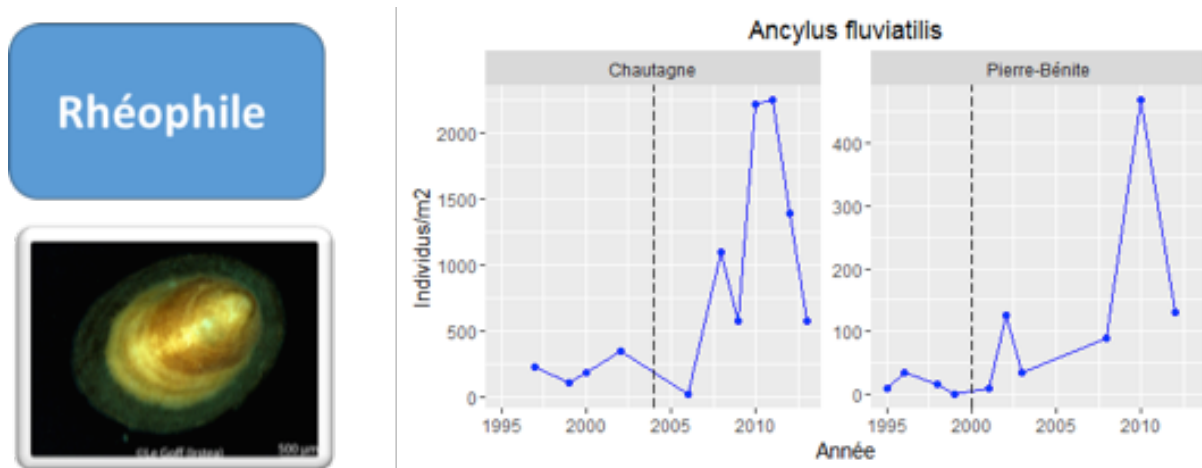


Figure 5.6 - Évolution interannuelle des densités (individus/m<sup>2</sup>) du mollusque rhéophile *Ancylus fluviatilis* dans les vieux-Rhône de Chautagne et de Pierre-Bénite.

Dans le vieux-Rhône de Chautagne, la densité de la famille de trichoptères Polycentropodidae a été divisée par 5 après restauration avec en moyenne 55 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 10 individus/m<sup>2</sup> après restauration. Dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite, la densité de ce même taxon a été divisée par 1.5 avec en moyenne 9 individus/m<sup>2</sup> avant restauration et 6 individus/m<sup>2</sup> après restauration (Figure 5.7).

Limnophile

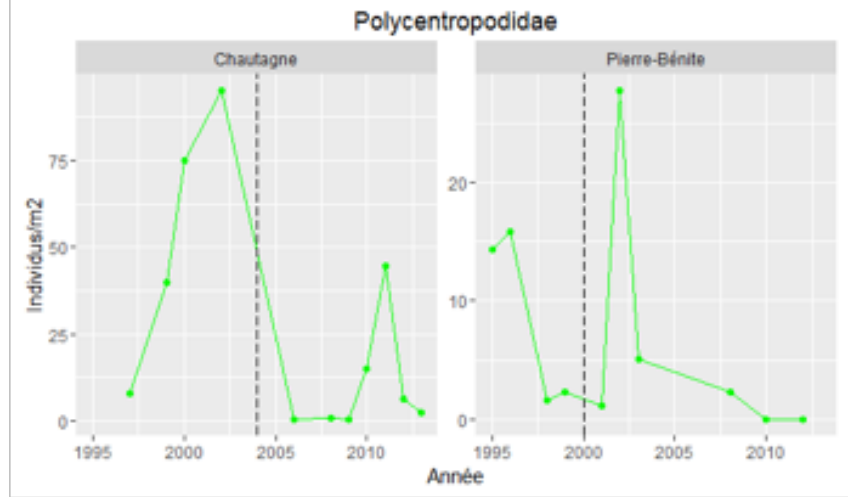


Figure 5.7 - Évolution interannuelle des densités (individus/m<sup>2</sup>) de trichoptères Polycentropodidae dans les vieux-Rhône de Chautagne et de Pierre-Bénite.

## 6 Hydromorphologie des lônes

### 6.1 Objectifs et méthodologie

Le suivi scientifique en matière de dynamique hydromorphologique des lônes aborde deux questions majeures :

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

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

Le protocole repose sur un suivi piézométrique continu et une campagne de terrain réalisée en moyenne tous les deux ans durant laquelle deux types de relevés sont effectués :

\* **Mesure de l'épaisseur de la sédimentation fine et de la hauteur d'eau.** La sédimentation a été observée à partir d'un réseau de points d'observation (mesure par carottage de l'épaisseur du dépôt de sédiments fins dans la zone en eau), distribués le long de l'axe de chacune des lônes (1 point tous les 10 m. de linéaire, soit entre 19 et 291 points par lône). Ces mesures permettent de calculer la durée de vie de la lône au fur et à mesure de son vieillissement. Un protocole "extensif" (un point tous les 30 m. ou bien tous les 20 m.) a été mis en place sur la lône de Malaubert et la lône de la Roussette, étant donné l'étendue du linéaire prospecté (3860 m.). D'autre part des secteurs exondés au moment des mesures ont été sondés à la tarière pédologique ou au pénétromètre. C'est le cas sur ROU, MALU, REPU lors de la caractérisation de l'état initial de 2009 et de 2011 à Montélimar et Donzère-Mondragon.

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

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

Le présent rapport a pour vocation de faire la synthèse des traitements les plus avancés qui ont été effectués au cours de l'**année 2015**. A ce titre, seuls les bras restaurés des tronçons du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et de Pierre-Bénite sont abordés. C'est en effet sur ces bras que des avancées significatives ont été réalisées. Sur les 18 bras suivis de ces tronçons, seuls 16 sont traités ici. Des analyses supplémentaires sont encore nécessaires pour intégrer les lônes de Chantemerle et de la Table-Ronde. Les points suivants sont résumés dans la suite du rapport :

- typologie des patrons de sédimentation fine observés dans ces 16 bras,
- évaluation des facteurs de contrôle de leur propension à accumuler des sédiments fins,
- estimation de leur pérennité potentielle en tant qu'habitat aquatique,
- conclusions et perspectives pour l'année 2016.

Une synthèse des campagnes de mesures réalisées depuis le début du suivi est présentée en annexe 2.3.

## **6.2 Typologie des patrons de sédimentation fine moyens observés après restauration**

En premier lieu, une mise à jour des analyses graphiques présentées dans les rapports d'étape de 2009 et de 2011 a été réalisée (annexes 6.1 à 6.4). Ces différentes Figures permettent d'observer de manière comparative les résultats de la campagne de relevés de 2013-2014 avec ceux obtenus lors des campagnes antérieures. Pour résumer ces informations,

une typologie des patrons de dépôt de sédiments fins en conditions moyennes mesurées après restauration a été réalisée, à l'instar de ce qui est disponible pour les patrons granulométriques (c.f. rapport de synthèse 2014).

Une analyse en composantes principales inter-bras a permis de mettre en évidence quatre principaux types de patrons de sédimentation. Ces types de patrons sont pour l'instant stables dans le temps. Une interprétation graphique simplifiée de cette analyse est proposée dans la Figure 6.1. Les chenaux de types A et D se distinguent clairement des autres. Les chenaux de types B et C constituent deux cas intermédiaires entre ces deux extrêmes.

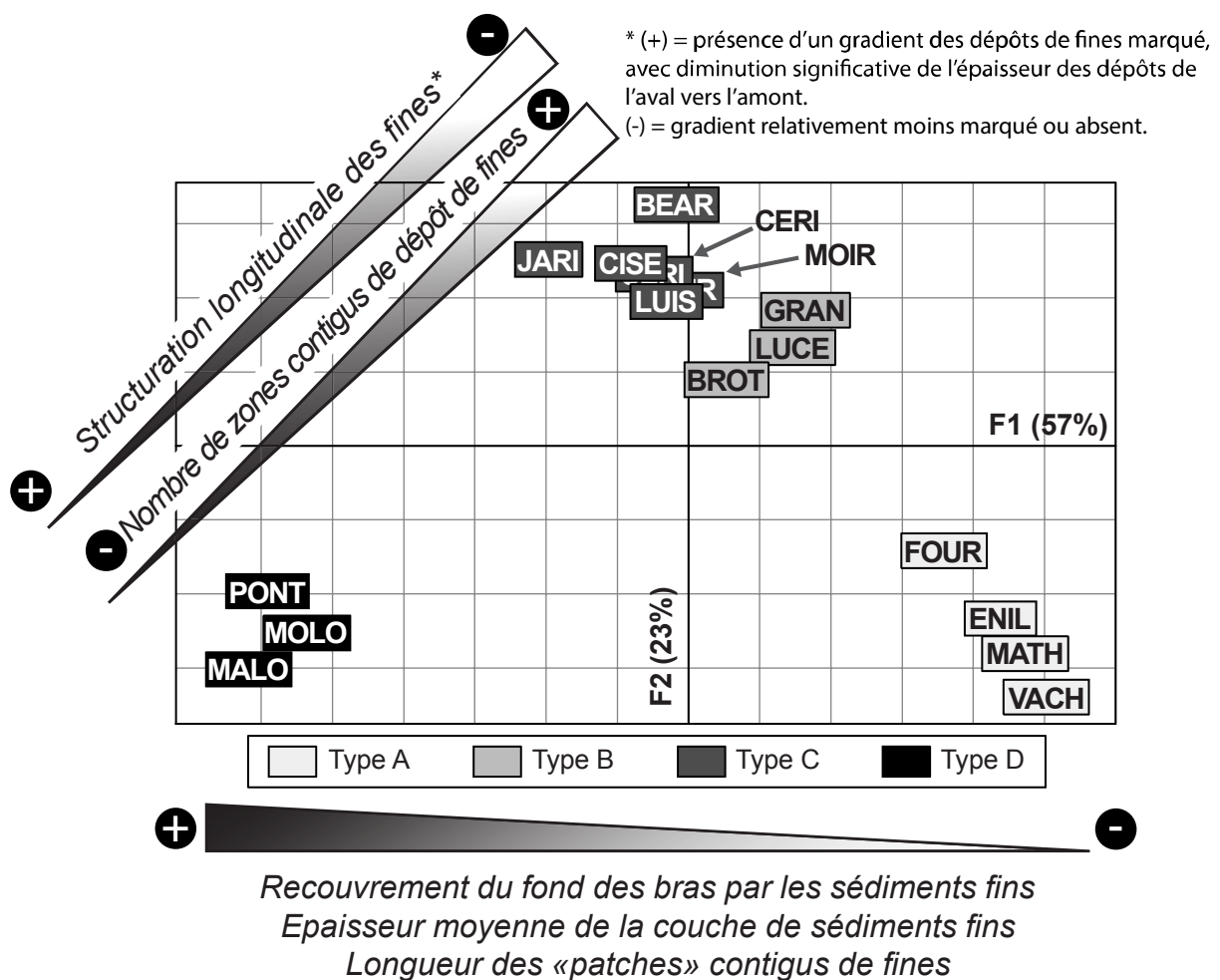


Figure 6.1 - Typologie des patrons de sédimentation fine moyens mesurés après restauration.

Les chenaux de type A (VACH, MATH, ENIL et FOUR) possèdent des zones de dépôts de fines qui sont bien souvent très localisées, voire totalement absentes. Ces bras ne sont que très peu concernés par la sédimentation fine.

Les chenaux de type B & C constituent des groupes relativement proches. Les chenaux de type B (BROT, LUCE et GRAN) possèdent des épaisseurs moyennes de sédiments fins et des

taux de recouvrement de leur fond moins importants que ce qui est observé pour les chenaux de type C (LUIS, MOIR, BEAR, CERI, CISE et JARI). Les zones de dépôts de fines tendent à être moins discontinus et plus courts dans les chenaux de type B par rapport aux chenaux de type C. Parmi les chenaux de type B, BROT présente un gradient longitudinal significatif des dépôts de fines (augmentation des dépôts de l'amont vers l'aval). Aucun gradient n'est détecté sur LUCE et GRAN. Les chenaux de type C présentent une structuration longitudinale des dépôts plus variés. LUIS, CERI, JARI et CISE présentent des une augmentation significative des dépôts de fines de l'amont vers l'aval. A l'inverse, MOIR présente une diminution significative des dépôts de l'amont vers l'aval. Aucune tendance longitudinale n'est détectée sur BEAR.

Les chenaux de type D sont totalement recouverts par les sédiments fins. Ils possèdent clairement la plus forte propension à accumuler des alluvions fines et présentent systématiquement une augmentation significative de l'épaisseur des dépôts de sédiments fins de l'amont vers l'aval.

### **6.3 Évaluation des facteurs de contrôle de la propension des bras à sédimenter**

Nous avons construit différents modèles statistiques pour explorer la relation entre le temps écoulé depuis la restauration des bras et l'épaisseur moyenne des sédiments fins accumulés. Nous avons retenu deux formes d'ajustements représentées par une loi puissance (Equation 1) ou exponentielle (Equation 2), dont les équations sont présentées ici :

$$\overline{FST} = \alpha T^{(1-\beta)} \quad (\text{Equation 1})$$

$$\overline{FST} = \alpha (1 - \exp[-\beta T]) \quad (\text{Equation 2})$$

Dans ces modèles, le paramètre alpha ( $\alpha$ ), qui nous intéresse plus particulièrement, reflète la propension des différents bras à accumuler des sédiments fins. Le paramètre beta ( $\beta$ ), est un paramètre de forme, il reflète la décroissance (ou non) de l'accumulation des sédiments fins au cours du temps. Le paramètre "T" représente le temps écoulé depuis la restauration.

Nous avons testé deux types d'approches. D'une part, nous avons construit des modèles "classiques" où les paramètres alpha et beta sont calculés pour chacun des bras. Puis nous avons utilisé des modèles mixtes à effets aléatoires, pour lesquels le paramètre beta est représenté par une valeur unique et fixe qui représente le comportement global des bras en termes de ralentissement (ou non) des vitesses de comblement au cours du temps. Le paramètre alpha est quant à lui dit aléatoire, dans la mesure où il est calculé pour chaque bras. Nous avons donc au final quatre modèles pour chaque bras étudié (Figure 6.2). La Figure 6.2



montre que les ajustements issus des différents modèles sont très similaires en ce qui concerne la fenêtre temporelle couverte par les observations. Ces graphiques montrent également que les bras présentent une large gamme de propension à accumuler des fines.

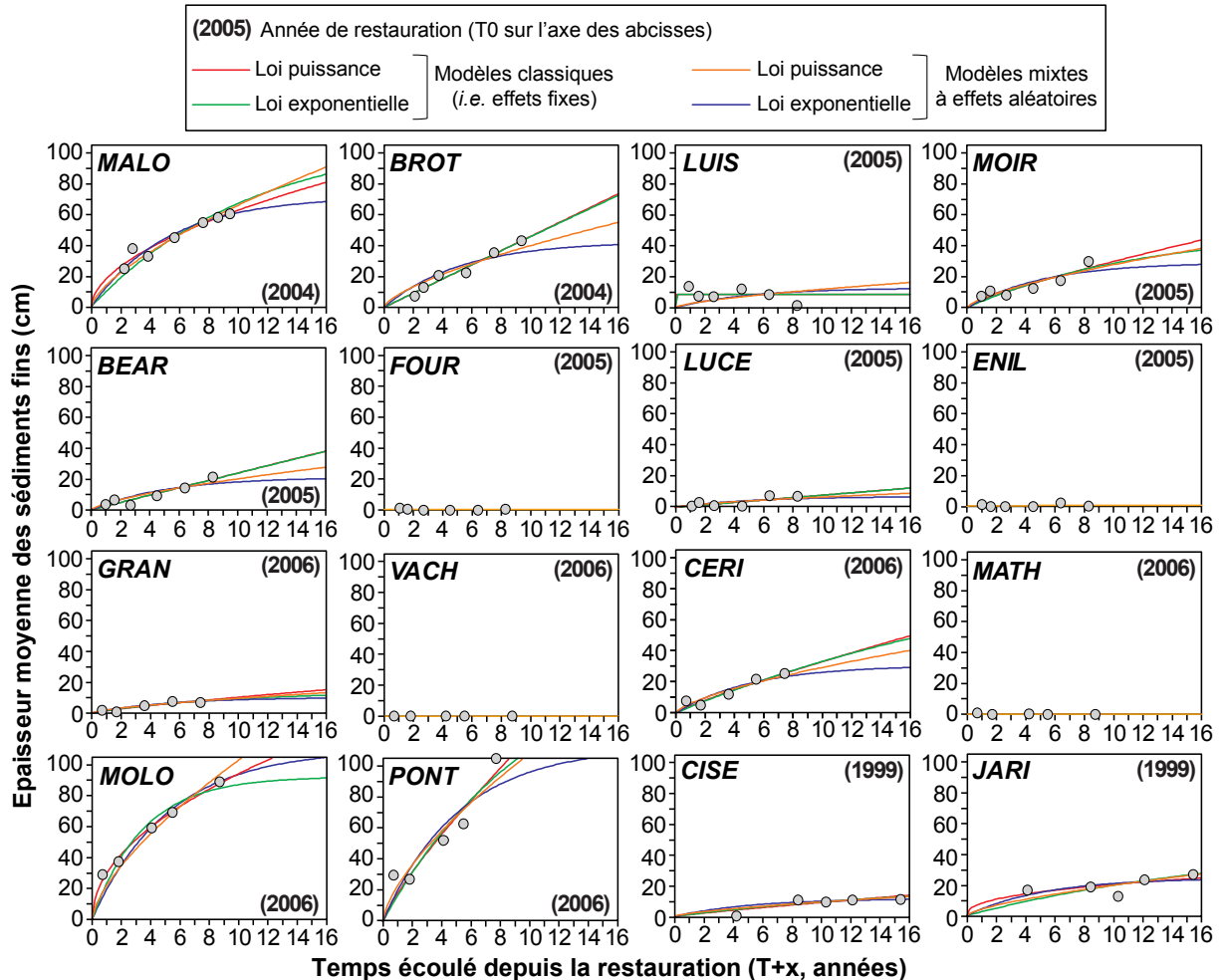


Figure 6.2 - Relations statistiques liant l'épaisseur moyenne des dépôts de sédiments fins dans les bras et le temps écoulé depuis la restauration selon les quatre modèles utilisés.

Nous avons également testé la significativité des relations liant l'épaisseur de fines moyenne et le temps écoulé depuis la restauration à partir de tests de permutation. Ces analyses nous ont permis de mettre en évidence que sur les 16 chenaux étudiés ici, l'épaisseur moyenne des sédiments fins est significativement liée au temps pour 10 d'entre-eux. Il s'agit de Malourdie, Brotalet, Moiroud, Béard, Lucey, Granges, Cerisiers, Molottes, Ponton et Ciselande. En d'autres termes, ces bras tendent à accumuler de plus en plus de sédiments fins au fur et à mesure que le temps s'écoule. Des processus de décapage ont été observés sur l'ensemble de ces 16 bras, à l'exception de la lône des Molottes. Ils permettent de les rajeunir

épisodiquement, pour des évènements relativement fréquents, compris entre la crue biennale et la crue quinquennale (selon les sites), sans pour autant assurer leur auto-entretien. Ces crues ralentissent le processus de sédimentation et de fait allongent la durée de vie des stades aquatiques. Les 6 autres bras sont, quant à eux, a priori capables de s'auto-entretenir : Luisettes, Fournier, Mathan, d'en-l'île (Anse de Yenne), Vachon et Jaricot. La lône de Jaricot constitue un cas particulier. En effet, bien qu'elle ait une certaine propension à accumuler des sédiments fins, la lône semble se trouver actuellement dans un pseudo-équilibre. Les 5 autres bras ne présentent que très peu de dépôts de fines, ce qui montre qu'ils enregistrent des écoulements de crue relativement puissants.

A ce titre, nous avons également testé notre capacité à prédire la propension des bras restaurés à accumuler des sédiments fins. Pour cela nous avons tenté de prédire la valeur du paramètre alpha issu du modèle mixte à effet aléatoire, liant l'épaisseur sédimentaire moyenne au temps selon une loi puissance (lignes oranges sur la Figure 6.2 ; *c.f.* Riquier, [2015] pour la justification de ce choix). Trois principaux facteurs de contrôles permettant de quantifier l'hydrodynamisme de crue des bras ont été testés (Tableau 6.1). (i) La fréquence de débordement amont, qui renseigne le nombre moyen de jours par an pour lesquels les bras ont enregistré un fonctionnement courant depuis leur restauration. (ii) La contrainte de cisaillement maximale exercée sur le fond du lit depuis la restauration, renseigne quant à elle la puissance des écoulements transitant au sein des bras lorsqu'ils enregistrent un fonctionnement courant. Ces deux variables (i et ii) ont déjà été présentées dans le rapport de synthèse de 2014. Depuis, un nouvel indicateur a été développé. Il permet de quantifier (iii) la capacité maximale de retour d'eau dans les bras. Il correspond à la différence entre la hauteur d'eau observée aux limnimètres juste avant la submersion du bouchon alluvial amont et la valeur de hauteur d'eau observée pour le débit réservé. Cette valeur est ensuite divisée par la longueur de la zone en eau des bras pour s'affranchir d'un possible effet taille. On peut s'attendre à ce que plus la capacité de reflux des bras est forte, plus ils auront une forte tendance à accumuler des matériaux fins par décantation. La Figure 6.3 présente les principaux résultats de ces tests prédictifs.

Le logarithme de la fréquence de débordement amont est significativement lié au paramètre alpha, mais la corrélation reste faible ( $R^2 = 0.3$  ;  $P < 0.02$  ; Figure 6.3a). D'autre part, le paramètre alpha est corrélé positivement de manière significative à la contrainte de cisaillement maximale ( $R^2 = 0.66$  ;  $P < 10^{-5}$  ; Figure 6.3b) et à la capacité maximale de retour d'eau ( $R^2 = 0.79$  ;  $P < 10^{-5}$  ; Figure 6.3c). Enfin, le paramètre alpha est également très bien prédit à partir de la combinaison (i.e. régression multiple) de la contrainte de cisaillement

maximale et de la capacité maximale de reflux ( $R^2$  ajusté = 0.86 ;  $P < 0.003$  pour  $[\bar{\tau}_{max}]$  et  $P < 0.002$  pour  $[\bar{B}F_{max}]$  ; Figure 6.3d).

Selon le même principe, nous avons également testé la combinaison de la fréquence de débordement amont d'une part avec la contrainte de cisaillement maximale, et d'autre part avec la capacité maximale de retour d'eau (résultats non affichés ici). Dans le premier cas, nous avons obtenu de bons résultats :

$$\alpha = 26.3 - 0.9 \log(\bar{f}_{Qb}) [P < 0.03] - 6.1 \log(\bar{\tau}_{max}) [P < 10^{-4}] ; R^2 \text{ ajusté} = 0.75.$$

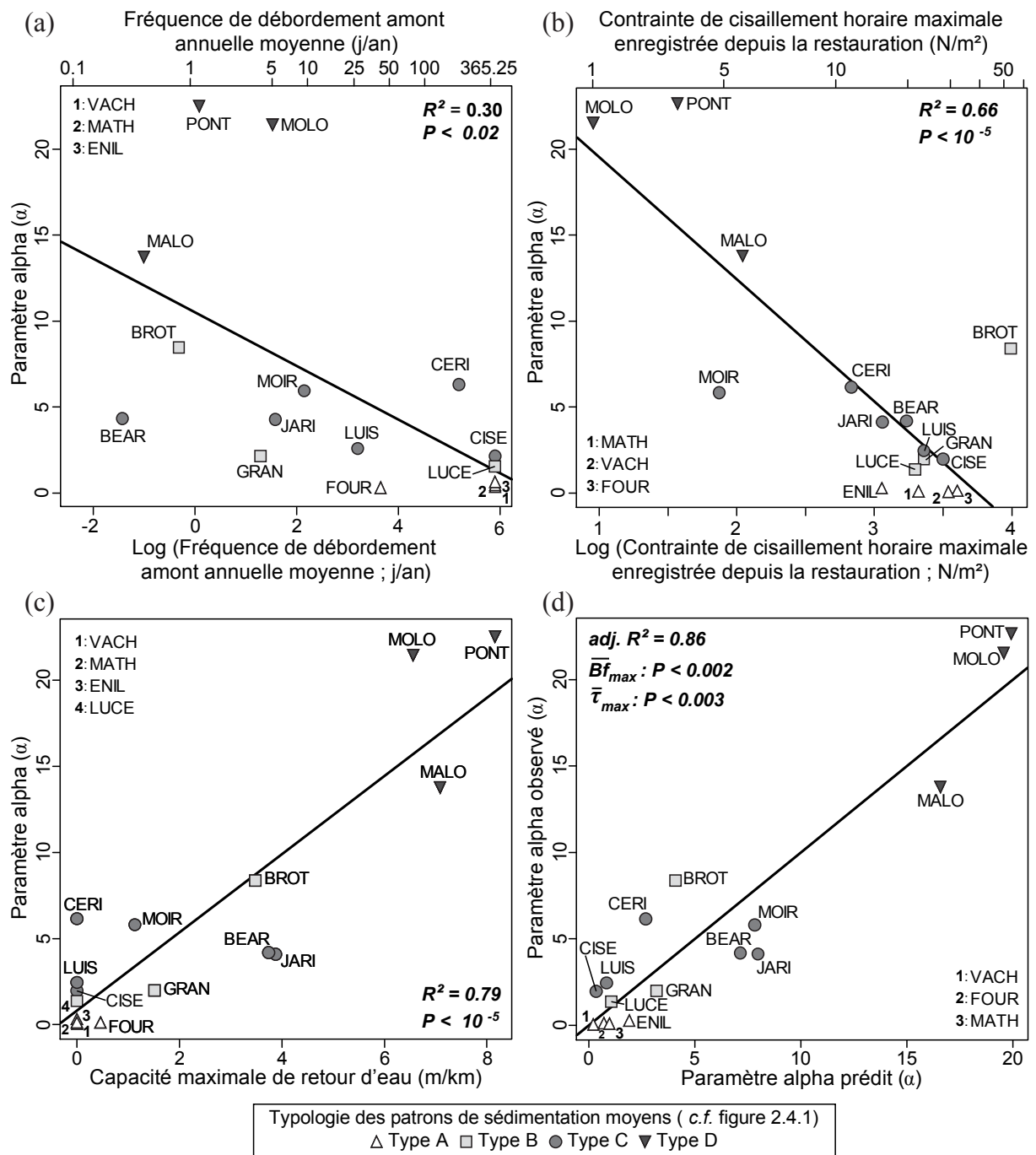
Dans le second cas, la fréquence de débordement atteint un seuil de signification proche de 0,1, ce qui est peu satisfaisant :

$$\alpha = -3.4 + 0.9 \log(\bar{f}_{Qb}) [P = 0.08] + 3.0 (\bar{B}F_{max}) [P < 10^{-5}] ; R^2 \text{ ajusté} = 0.82.$$

L'ensemble de ces résultats démontre que nous sommes à présent capables de bien prédire la propension des bras à accumuler des matériaux fins à partir de variables physiques simples, pouvant être calculées avant toute intervention.

Tableau 6.1 - Caractéristiques physiques générales des bras.

Bras		Caractéristiques géomorphologiques		Caractéristiques hydrologiques et hydrauliques			
Secteur	Code bras	Longueur de la zone en eau permanente suivie (m)	Longueur bouchon alluvial amont (m)	Débit débordant amont (m <sup>3</sup> /s)	Fréquence de débordement amont [ $\bar{f}_{Qb}$ ] (j/an)	Contrainte de cisaillement maximale [ $\bar{\tau}_{max}$ ] (N/m <sup>2</sup> )	Capacité maximale de retour d'eau [ $\bar{B}f$ ] (m/km)
CHAU	MALO	350	780	989	0.37	7.7	7.09
CHAU	BROT	650	130	1246	0.73	54.1	3.48
BELL	LUIS	460	60	229	24.44	28.8†	0.00
BELL	MOIR	680	315	417	8.55	6.5	1.13
BELL	BEAR	730	60	982	0.24	25.4	3.74
BELL	FOUR	740	225	167	38.48	36.7	0.46
BELL	LUCE	1210	-	Perm.	365.25	27.0	0.00
BELL	ENIL	540	-	Perm.	365.25	21.2	0.00
BREG	GRAN	1010	210	539	3.62	28.9	1.51
BREG	VACH	850	-	Perm.	365.25	34.4	0.00
BREG	CERI	920	3	102	179.48	17.0	0.00
BREG	MATH	1715	-	Perm.	365.25	27.7	0.00
BREG	MOLO	250	1220	560	4.59	2.6	6.56
BREG	PONT	190	910	1266	1.10	4.8	8.16
PBE	CISE	1090	-	Perm.	365.25	33.1	0.00
PBE	JARI	760	670	1801	4.86	21.3	3.88

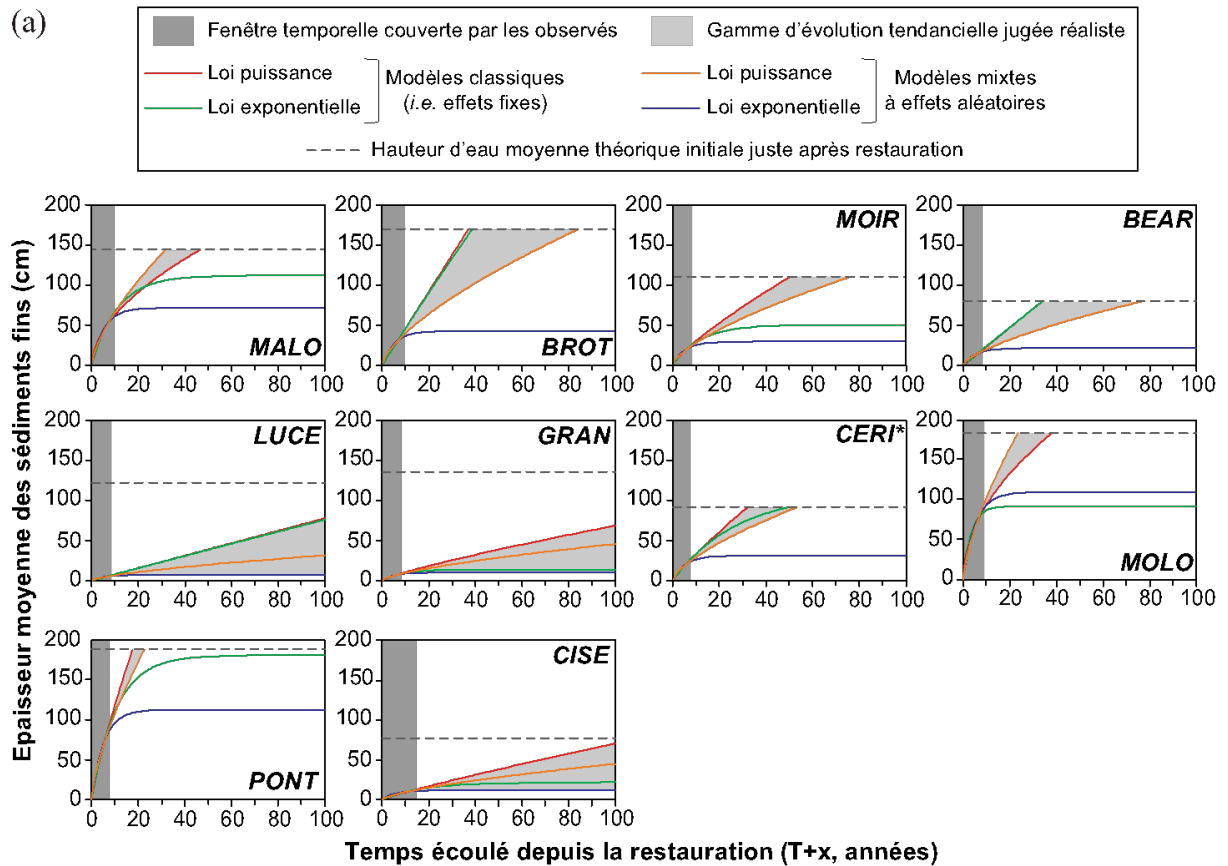


#### 6.4 Estimation de la durée de vie potentielle des bras en tant qu'habitat aquatique

Pour estimer la durée de vie potentielle des bras en tant qu'habitats aquatiques, nous avons extrapolé les tendances modélisées présentées dans la Figure 6.2, afin d'obtenir différents scénarios d'évolutions potentielles des épaisseurs moyennes de fines sur un siècle. Les tendances jugées irréalistes n'ont pas été prises en compte dans l'estimation de la gamme de durée de vie potentielle des bras. Par exemple pour la lône de la Malourdie, qui est un bras enregistrant des taux de sédimentation élevés, il n'y a aucune raison physique valable justifiant que les épaisseurs de sédiments fins stagnent dans le futur (Figure 6.4). Enfin, pour estimer la durée de vie potentielle des bras nous avons retenu le temps nécessaire pour que l'épaisseur sédimentaire moyenne soit équivalente à la hauteur d'eau moyenne théorique initiale des bras juste après restauration (*i.e.* hauteurs d'eau corrigées et ramenées à un débit de référence correspondant à la valeur maximale du débit réservé pour les bras localisés dans les vieux-Rhône et au module pour les bras situés dans des tronçons non court-circuités).

Cette approche nous a permis de fournir une première estimation des gammes de durées de vie potentielles des bras en tant qu'habitats aquatiques. Sur les 16 bras étudiés ici :

- 6 possèdent une sédimentation fine qui est indépendante du temps écoulé depuis la restauration. Ils ont par conséquent une durée de vie potentielle *a priori* infinie, car ils sont capables de s'auto-entretenir (Luisettes, Fournier, Mathan, En-l'île anse de Yenne et Vachon) ou semblent avoir atteint un pseudo-équilibre (JARI).
- 4 ont une durée de vie potentielle supérieure à un siècle (Lucey, Granges et Ciselande).
- 3 ont des durées de vie que l'on qualifiera d'intermédiaires, s'étendant de 40 à 80 ans, c'est sur ces bras que l'incertitude est la plus forte (Brotalet, Moiroud, Béard et Cerisiers).
- et enfin 3 autres ont une durée de vie courte, comprise entre 20 et 50 ans (Malourdie, Molottes et Ponton).



(b)

Durée de vie (années)	MALO	BROT	LUIS	MOIR	BEAR	FOUR	LUCE	ENIL
	31-48	36-83	auto-entretien	50-76	38-78	auto-entretien	>100	auto-entretien
	GRAN	VACH	CERI	MATH	MOLO	PONT	CISE	JARI
	>100	auto-entretien	>100	auto-entretien	21-32	17-22	>100	auto-entretien*

\* Ce bras semble avoir atteint un certain équilibre métastable. Rien ne nous permet d'affirmer que cet état va perdurer. La longévité potentielle du bras selon le scénario le plus pessimiste est actuellement estimée à un peu plus de 70 années.

Figure 6.4 - Évaluation de la durée de vie potentielle des bras en tant qu'habitats aquatiques.

(a) Projections tendanciennes de l'évolution de l'épaisseur moyenne des sédiments fins au cours du temps. Seuls les 10 bras dont l'évolution de l'épaisseur sédimentaire moyenne est dépendante du temps sont affichés (c.f. §6.3).

(b) Synthèse de la durée de vie potentielle des 16 bras étudiés.

La durée de vie potentielle relativement courte des bras "décanteurs" était reconnue et acceptée dès le début du projet. On retiendra qu'ils possèdent des compositions faunistiques particulières en termes de macroinvertébrés par rapport aux autres bras restaurés ou non restaurés de la plaine (c.f. travaux d'Emmanuel Castella). Pour les populations de poisson, ces bras constituent également d'excellents sites de reproduction et de croissance pour les juvéniles (c.f. travaux de Jean-Michel Olivier). D'autre part, il est important de ne pas

stigmatiser ce type de bras qui présentent des conditions environnementales et esthétiques généralement très peu appréciées du grand public (Cottet *et al.*, 2013).

D'autre part, il convient de garder à l'esprit que ces estimations sont des projections des tendances actuelles et qu'elles considèrent que l'atterrissement des bras est seulement contrôlé par le comblement par les fines, autrement dit nous faisons l'hypothèse qu'il n'y a pas d'engravement pour les bras courants permanents, ou d'évolution du niveau de base dans les bras résultant d'une évolution morphologique du chenal principal. A ce titre, nos précédents travaux ont montré que des ajustements locaux de la géométrie du lit mineur (*i.e.* incision, migration de radiers) pouvaient avoir une incidence notable sur la durabilité du stade aquatique des bras restaurés (*c.f.* rapport d'étape 2014). Toutefois, seuls 2 bras ont pâti ce type de processus (Malourdie, Ciselande). Ces chenaux restent néanmoins très intéressants d'un point de vue écologique. Ces sites suivent simplement une trajectoire différente de celle imaginée lors de leur restauration. Ces éléments illustrent l'importance de considérer la trajectoire évolutive du profil en long du chenal principal, au droit des bras destinés à être restaurés, dans la phase de conception technique des futurs projets.

## **6.5 Conclusions et perspectives pour l'année 2016**

Les relations statistiques empiriques établies dans le cadre de ce suivi démontrent qu'il existe un lien direct entre l'hydrodynamisme des écoulements de crue dans les bras restaurés, les conditions d'habitat physique, les réponses des communautés vivantes (*c.f.* rapport de synthèse 2014 pour ces deux points), la propension des bras à accumuler des sédiments fins et, dans une certaine mesure, la durée de vie potentielle du stade aquatique de ces bras. L'intérêt des variables permettant de décrire l'hydrodynamisme de crue dans les bras que nous avons retenu ici réside dans le fait qu'elles sont, au moins en partie, dépendantes de la géométrie des bras, *i.e.* cote de débordement amont ou conditions de pente, paramètres qui peuvent être ciblés ou modifiés avant toute intervention. Ainsi, ces relations statistiques suggèrent qu'il est dorénavant possible de mesurer l'effet de la modification de la géométrie des bras restaurés sur l'ajustement des bras après restauration, tant du point de vue hydrosédimentaire que biocénétique. Le cadre typologique et les modèles statistiques produits constituent des outils opérationnels pertinents, qui vont permettre de mieux encadrer la conception technique des futures actions de restauration sur le Rhône, mais aussi potentiellement sur des hydrosystèmes présentant des caractères voisins. Ces outils peuvent, en outre, permettre de réduire les incertitudes quant à la réponse écohydromorphologique

potentielle des bras restaurés ou encore de maximiser les gains écologiques locaux et donc d'optimiser les futurs investissements financiers dans ce type d'opération.

Une des priorités de l'année 2016 consistera à exploiter et valoriser les données récoltées depuis 2007 sur les lônes des tronçons de Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon. Les bras non-restaurés étant beaucoup plus âgés (plus d'un siècle), l'intégration de ces données dans les modèles peut constituer un moyen d'explorer le rôle joué par le temps long. D'autre part, de nouvelles opérations de restauration de bras morts sont d'ores et déjà planifiées dès la fin de l'année 2016 sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon. Cette nouvelle phase de travaux va permettre de tester les modèles construits dans le cadre du suivi hydromorphologique et de proposer des prédictions en termes d'évolutions hydrosédimentaires et biologiques potentielles des bras sélectionnés (collaboration avec Emmanuel Castella), au regard des différents scénarios alternatifs envisagés dans l'étude de faisabilité. Ce travail est déjà engagé en collaboration étroite avec les équipes de la Compagnie Nationale du Rhône.



## **7 Suivi des invertébrés des annexes fluviales**

Le volet "invertébrés des lônes" comporte ici deux parties distinctes:

- **l'état initial pré-restauration des communautés de macroinvertébrés et d'odonates adultes sur le secteur de Miribel-Jonage** (suivis 2013 - 2015)
- **l'état des communautés de macroinvertébrés de sept lônes du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration** (suivis 2003 - 2015).

### **7.1 État initial pré-restauration des communautés de macroinvertébrés et d'odonates adultes sur le secteur de Miribel-Jonage**

#### **7.1.1 Introduction**

Dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration du Rhône, les macroinvertébrés aquatiques des annexes fluviales (lônes) sont pris en compte afin de suivre les conséquences des travaux de restauration sur la biodiversité de ces milieux. Le présent rapport présente le suivi effectué sur un des secteurs du Haut-Rhône, le secteur de Miribel-Jonage. Les macroinvertébrés des lônes du secteur de Miribel sont étudiés depuis 2013 selon la même démarche que sur les autres secteurs du Haut-Rhône (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon) et du Bas-Rhône (Pierre-Bénite, Péage de Roussillon, Baix Logis Neuf, Montélimar, Donzère-Mondragon). Les odonates adultes du Canal de Miribel et des lônes sont également prises en compte sur le secteur de Miribel-Jonage depuis 2013. L'étude du stade adulte permet de déterminer à un niveau taxonomique plus fin (espèce) les individus de ce groupe.

Le présent rapport présente la caractérisation de l'état initial de 6 lônes et autres milieux aquatiques présents dans la plaine alluviale du secteur de Miribel-Jonage (Haut-Rhône), soit 15 stations. L'analyse porte sur 5 campagnes de prélèvements (printemps et été 2013, printemps et été 2014, printemps 2015).

#### **7.1.2 Échantillonnages**

##### *7.1.2.1 Localisation des sites*

Les 6 lônes et autres milieux aquatiques étudiés, leurs 15 stations et leurs dates d'échantillonnage Figurent dans le Tableau 7.1.1. Trois stations d'échantillonnage ont été choisies sur chaque lône ou ruisseau : amont, centre et aval afin de représenter une diversité de conditions géomorphologiques. Les étangs quant à eux sont considérés comme une seule

station. Parmi ces 15 stations, trois s'avèrent constamment exondées (GR AM, PL AM, PL AV) et ne sont pas échantillonnées et une station n'est échantillonnée que pour les Odonates adultes (CA MI, seulement dès 2014), car son suivi en macroinvertébrés est effectué dans le cadre du suivi des vieux-Rhône depuis 2002. La localisation des 12 stations échantillonnées est présentée sur la Figure 7.1.1. Ces stations ont été étudiées chaque année au printemps et en été afin d'avoir un état initial pré-restauration minimal de 3 ans (Tableau 7.1.1), la restauration étant initialement prévue aux alentours de 2016.

Tableau 7.1.1 - Dates d'échantillonnage des macroinvertébrés (haut) et des Odonates adultes (bas) pour les 15 stations du secteur de Miribel-Jonage.

Site	Station	Code	2013		2014		2015	
			Printemps	Eté	Printemps	Eté	Printemps	Eté
Vieux-Rhône	Amont	VR	26/04	09/07	25/03	01/07	10/04	-
		AM	13/06	01/08	03/06	18/08	28/05	05/08
Vieux-Rhône	Centre	VR CE	26/04	09/07	25/03	01/07	10/04	03/07
			13/06	01/08	20/05	18/08	29/05	05/08
Vieux-Rhône	Aval	VR	30/04	09/07	24/03	01/07	30/03	29/06
		AV	17/06	06/08	19/05	17/07	28/05	05/08
Grella	Amont	GR AM	-	-	-	-	-	-
Grella	Centre	GR CE	25/04	09/07	27/03	30/06	31/03	29/06
			07/06	06/08	20/05	18/07	29/05	06/08
Grella	Aval	GR	24/04	08/07	24/03	01/07	02/04	29/06
		AV	06/06	05/08	19/05	17/07	28/05	05/08
Plançon	Amont	PL AM	-	-	-	-	-	-
		PL CE	26/04	08/07	25/03	02/07	10/04	03/07
			13/06	05/08	20/05	18/08	28/05	05/08
Plançon	Aval	PL AV	-	-	-	-	-	-
Rizan	Amont	RZ	24/04	08/07	-	-	-	-
		AM	13/06	05/08				
Rizan	Centre	RZ CE	24/04	08/07	27/03	01/07	30/03	29/06
			06/06	05/08	19/05	17/07	28/05	05/08
Rizan	Aval	RZ	30/04	09/07	24/03	01/07	30/03	29/06
		AV	17/06	06/08	19/05	17/07	28/05	05/08
Etang libellules 1	-	LIB1	25/04	10/07	26/03	30/06	31/03	30/06
			07/06	01/08	20/05	18/07	29/05	06/08
Etang libellules 2	-	LIB2	25/04	10/07	26/03	30/06	31/03	30/06
			07/06	01/08	20/05	18/07	29/05	06/08
Canal de Miribel	-	CA MI	-	-	-	-	-	-
					03/06	18/08	29/05	05/08

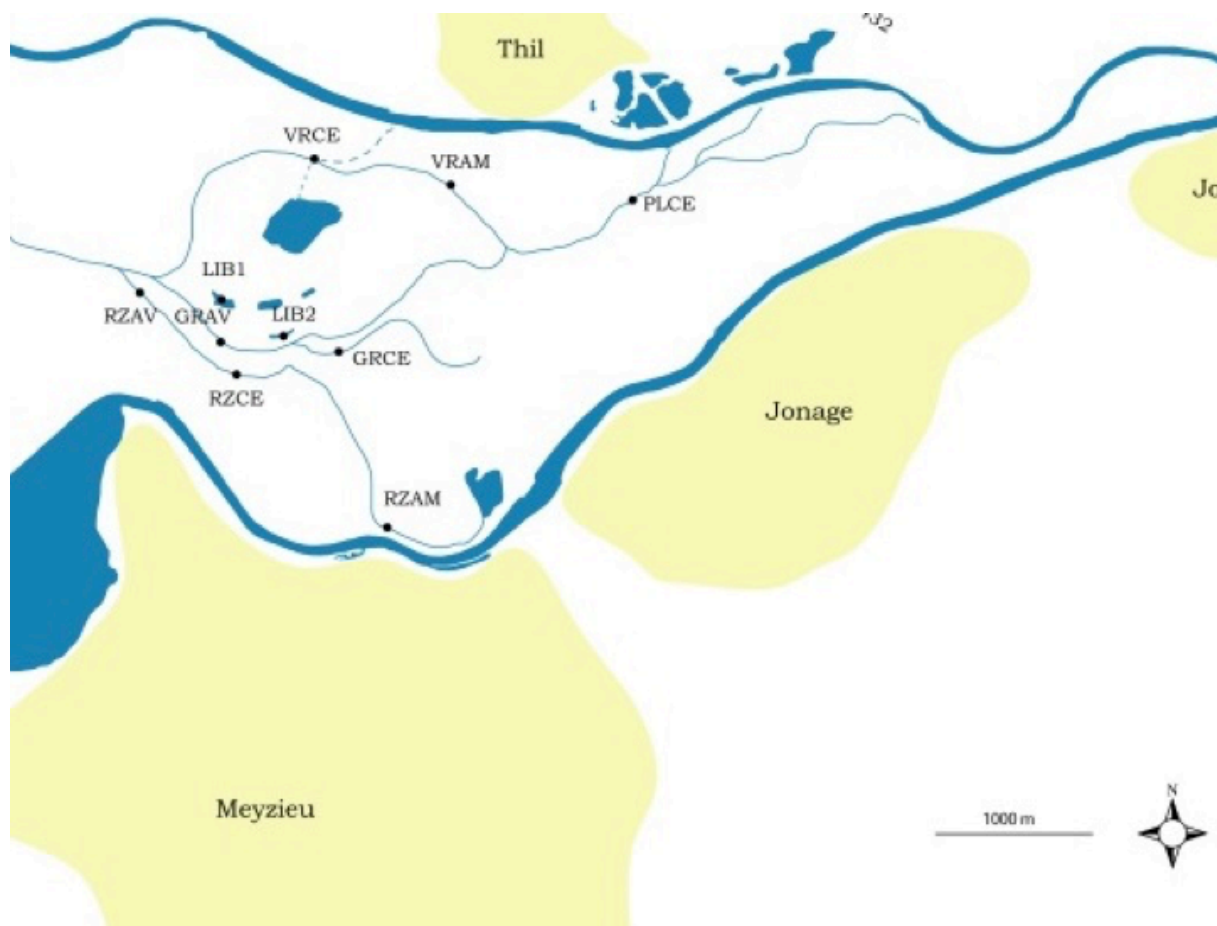


Figure 7.1.1 : Carte globale de la localisation des 12 stations étudiées avec en encart la totalité du secteur de Miribel-Jonage.

#### 7.1.2.2 Caractéristiques des stations étudiées

Pour chaque station, des variables environnementales sont acquises (i) globalement au niveau de la station et (ii) au niveau de chaque point de prélèvement de macrofaune. Les variables principales sont présentées dans le Tableau 7.1.2.

Au niveau de la station, les variables acquises sont :

- la teneur en matière organique des sédiments superficiels par carottage hivernal (selon Rostan *et al.* (1987)) ;
- le recouvrement par des formations ligneuses sur une bande (ou un rayon) de 50m le long de chaque rive (ou autour du milieu) en %,
- l'ombrage porté à la verticale de l'eau par la végétation ligneuse riveraine (note de recouvrement variant de 0 à 5),
- la largeur moyenne du tronçon de 30 m,
- la profondeur moyenne du site (9 mesures équiréparties selon 3 transects à l'intérieur du tronçon de 30 m),
- le découpage des rives,

- la surface en eau,
- l'altitude,
- la teneur en chlorophylle a en zone centrale.

Au niveau de chaque point de prélèvement, les variables acquises sont :

- la profondeur,
- la vitesse du courant,
- la conductivité et la température de l'eau,
- l'ombrage porté à la verticale de l'eau par la végétation ligneuse riveraine (note de recouvrement variant de 0 à 5),
- la composition du substrat minéral (note de recouvrement variant de 0 à 5 pour les catégories galet / gravier / sable / limon + argile),
- le recouvrement horizontal de la végétation submergée, flottante et émergée (note de recouvrement variant de 0 à 5),
- l'occupation de la colonne d'eau par la végétation aquatique pour quatre tranches superposées de hauteur h/4, avec h = profondeur au point central du point de prélèvement (note variant de 0 à 5),
- l'identité et le recouvrement horizontal des espèces végétales présentes.

#### 7.1.2.2.1 Lône du Vieux-Rhône

La lône du Vieux-Rhône est la plus longue du secteur (environ 4000m). Sa station amont est une mouille de substrat argilo-limoneux probablement recreusée pour le pompage par l'agriculture. Sa station centre consiste également en une mouille dont le substrat est plus minéral, bétonnée sur une rive pour la protection d'un gazoduc. La station aval, qui se situe en aval de la confluence du Rizan, est courante avec un substrat minéral recouvert d'une fine couche d'algues et de limon en bordure. Cette lône ne se déverse pas dans le canal de Miribel, mais dans le lac de l'île Paul. Les trois stations sont connectées au canal de Miribel en cas de crues par la brèche aval de Thil. C'est le tracé de cette lône qui est prévu d'être rendu plus fréquemment et/ou plus fortement connecté au canal de Miribel par des travaux de restauration.

#### 7.1.2.2.2 Lône de la Grella

La lône de la Grella est totalement déconnectée du canal de Miribel et du canal de Jonage. Elle est alimentée essentiellement par la nappe. Elle consiste en deux bras (Nord et Sud) qui se rejoignent à la hauteur des étangs aux libellules. Le tracé cumulé de ces deux bras est d'environ 4000m. La station amont est toujours exondée. La station centre consiste en une mouille très fermée avec un substrat argilo-limoneux. La station aval est une partie généralement courante sur substrat minéral, mais très peu large. Il est prévu que cette lône soit

maintenue déconnectée des eaux du canal de Miribel par les travaux de restauration et puisse servir de témoin.

#### 7.1.2.2.3 Lône du Plançon

La lône du Plançon est connectée par l'amont au canal de Miribel en cas de crues par la brèche amont de Thil. Les stations amont et aval sont constamment exondées, sauf lors du passage des crues. La station centre, nommée également le Trou Rond, est une mouille circulaire très profonde (profondeur moyenne >1m) dont les rives sont abruptes.

#### 7.1.2.2.4 Ruisseau du Rizan

Le Rizan est un ruisseau phréatique alimenté par des eaux de nappe. Il débute comme un contre-canal du canal de Jonage avant de traverser un marais et de suivre son cours dans des zones forestières. L'objectif du suivi de ce ruisseau est d'avoir un témoin de la biodiversité lotique qui peut être présente dans la plaine alluviale de Miribel-Jonage. La station amont est en partie une portion du contre-canal du canal de Jonage et en partie la zone d'entrée du Rizan dans le marais. Cette station n'a pas pu être suivie en 2014 et 2015, du fait de travaux de réfection du canal de Jonage en 2014 et 2015. La station centre est un site méandrant et relativement incisé dans une zone peu densément boisée. La station aval est un site plus linéaire sous un couvert forestier dense, elle est située juste avant sa confluence avec la lône du Vieux-Rhône.

#### 7.1.2.2.5 Etangs aux libellules

Les deux étangs aux libellules sont des témoins lentiques de la biodiversité qui peut être présente dans la plaine alluviale de Miribel-Jonage. L'étang LIB1 est un étang relativement grand, très découpé avec des presqu'îles et un ombrage modéré. L'étang LIB2 est plus petit, il a un découpage des rives beaucoup moins important, et est plus fortement ombragé. Il est probable qu'il y ait plus d'apports d'eau souterraine dans l'étang LIB1 du fait de sa forte conductivité.

Tableau 2 : Caractéristiques des stations étudiées. La station Odonates adultes du canal de Miribel n'est pas décrite ici.

Site	Station	Code	Profondeur moyenne (cm)*	Largeur moyenne (m)*	Ombrage (classe) <sup>1</sup>	Matière	Vitesse du	Conductivité			Connexion au chenal	Forte probabilité	Travaux prévus	
						organique sédiments (%) <sup>#</sup>	courant moyenne (cm/s)*	moyenne (µS/cm)*	Chloro a (µg/l) <sup>+</sup>	P total (mg/l) <sup>+</sup>		N total (mg/l) <sup>+</sup>		d'apport d'eau de nappe <sup>□</sup>
Vieux-Rhône	Amont	VR AM	34.6	5.2	4	17.0	0	593	61.1	0.020	1.1	crue	oui	oui
Vieux-Rhône	Centre	VR CE	37.2	6.3	2	16.1	0	386	0.1	0.015	1.1	crue	non	oui
Vieux-Rhône	Aval	VR AV	49.3	29.3	2	11.6	1.8	531	3.2	0.005	5.9	crue	oui	oui
Grella	Centre	GR CE	21.3	3.3	5	29.2	0.1	599	40.3	0.022	2.1	non	oui	non
Grella	Aval	GR AV	6.0	3.2	5	12.5	4.1	613	8.2	0.008	4.7	non	oui	non
Plançon	Centre	PL CE	101.5	39.9	2	11.1	0	388	45.6	0.027	0.6	crue	non	oui
Rizan	Amont	RZ AM	32.5	4.2	1	5.0	7.9	466	-	-	-	non	oui	non
Rizan	Centre	RZ CE	30.2	3.6	3	3.5	31.7	522	11.8	0.008	5.5	non	oui	non
Rizan	Aval	RZ AV	18.8	3.5	5	2.9	50.6	521	4.7	0.005	15.2	non	oui	non
Etang libellules 1	-	LIB1	43.6	44.3	2	27.3	0	505	11.4	0.005	4.8	non	oui	non
Etang libellules 2	-	LIB2	61.3	19.2	3	9.8	0	397	8.4	0.005	1.3	non	non	non

\* sur 6 campagnes printemps et été, # sur 3 campagnes printemps, + sur 2 campagnes 2015, □ selon la conductivité et connaissances du secteur

1 classes d'ombrage 0:0%, 0,5:élément isole, 1:<5%, 2:<25%, 3:<50%, 4:<75%, 5:≥75%

### 7.1.2.3 Échantillonnage des macroinvertébrés

Le protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés dans les lônes et le ruisseau du Rizan est le même que celui utilisé sur les autres secteurs du Rhône (Paillex *et al.*, 2007; Besacier-Monbertrand *et al.*, 2012). Pour rappel, il comprend deux campagnes par lône (printemps : mars et été : juillet) qui peuvent avoir été effectuées au cours de la même année civile ou sur deux années consécutives. Au niveau spatial, trois stations de 30 mètres sont échantillonnées dans chaque lône : une station "amont", une station "centre" et une station "aval". A l'intérieur de chaque tronçon de 30 m, 4 points de prélèvement sont tirés au hasard à l'aide d'une table permettant le tirage d'une coordonnée longitudinale parallèlement au chenal (position au mètre sur 30m) et d'une coordonnée transversale perpendiculairement au chenal (parmi 5 possibilités : rive droite, moitié droite, centre, moitié gauche, rive gauche). En chacun des 4 points, une description de la structure de l'habitat est effectuée à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50cm, selon un protocole standardisé. A l'intérieur de chacun des 4 points tirés au hasard (quadrat 50 x 50 cm), la macrofaune aquatique est échantillonnée de la façon la plus exhaustive possible à l'épuisette (ouverture 14 x 10cm) à l'intérieur du quadrat. Le vide de maille est 0.5 mm. La limite de profondeur est d'environ 2m (manche de l'épuisette).

Le protocole d'échantillonnage des invertébrés dans les étangs du secteur de Miribel comprend deux campagnes par mare (printemps : mars et été : juillet). Il est adapté de la méthode IBEM développée par Indermuehle *et al.* (2010). Au niveau spatial, le nombre de prélèvements est calculé en fonction de la surface du milieu, mais est au minimum de 3. Ils sont répartis dans les habitats principaux situés dans la zone de profondeur inférieure à 2 mètres. La macrofaune aquatique est prélevée en effectuant avec une épuisette standardisée des mouvements de va-et-vient énergiques et rapides dans toutes les dimensions spatiales de l'habitat durant 30 secondes. Le filet utilisé est identique (ouverture rectangulaire de 10 cm sur 14 cm, vide de maille de 0.5 mm). Un tirage aléatoire de 3 prélèvements « étang » permet de comparer ces données à celles récoltées sur les lônes et le ruisseau du Rizan.

### 7.1.2.4 Échantillonnage des Odonates adultes

Le protocole d'échantillonnage des Odonates adultes dans les lônes, les ruisseaux et les étangs du secteur de Miribel comprend deux campagnes par milieu prospecté (début mai/mi-juin, mi-juillet/mi-août). Les Odonates adultes sont échantillonnés par une stratégie reposant sur l'observation directe des individus dans des secteurs situés le long des rives des masses d'eau, selon la méthode IBEM (Indermuehle *et al.*, 2010). Au minimum un tiers de la longueur des rives du milieu est prospecté en intégrant la plus grande diversité d'habitats

possible. La prospection est subdivisée en secteurs de 30 m x 10 m le long des rives, explorés chacun 10 minutes (temps de capture et de détermination déduits). Un minimum de 4 secteurs à cheval sur les principaux habitats d'une station est prospecté. L'autochtonie des individus est évaluée selon les critères de Chovanec and Waringer (2001). Les observations ont lieu uniquement par temps ensoleillé et peu venteux, avec une température comprise entre 20 et 30°C (approximativement entre 11h30 et 16h).

### **7.1.3 Méthodes d'analyse des données**

#### *7.1.3.1 Métriques à l'échelle du secteur*

A l'échelle du secteur, deux métriques ont été calculées pour les macroinvertébrés et les Odonates adultes :

- *La richesse taxonomique totale brute.*
- *L'abondance relative.* Elle a été calculée pour les familles de macroinvertébrés et les espèces d'Odonates adultes.

Pour les Odonates adultes, la *richesse taxonomique estimée* a été calculée avec l'estimateur Chao 1 à l'aide du logiciel EstimateS (Colwell, 2005). L'*indicateur RHOMEO* issu de la boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée a également été calculé afin d'évaluer l'intégrité du peuplement odonatologique (RHOMEO, 2014)

#### *7.1.3.2 Métriques à l'échelle des stations*

Les métriques retenues pour décrire les communautés de macroinvertébrés à l'échelle de chaque station sont les mêmes que celles utilisées sur les autres secteurs du Rhône : *richesse taxonomique totale*, *richesse EPT*, *richesse en mollusques gastéropodes*. Ces métriques sont calculées sur la base de richesses brutes, ni raréfiées, ni estimées, afin d'être en cohérence avec l'affichage sur le site web de la restauration du Rhône <http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr> et avec les autres secteurs du Rhône. Du fait de la détermination exceptionnelle à l'espèce des Mollusques Bivalves par un spécialiste (Jacques Mouthon, Irstea Lyon), une métrique supplémentaire a été calculée pour le secteur de Miribel-Jonage, la *richesse en Mollusques Gastéropodes et Bivalves*. Cette métrique doit diminuer avec la permanence et l'intensité du courant comme la richesse en Mollusques Gastéropodes. Les trois métriques utilisées pour décrire les peuplements d'espèces non-indigènes du bassin du Rhône sont les mêmes que sur les autres secteurs : *abondance relative des espèces non-indigènes*, *densité moyenne des espèces non-indigènes* et *nombre d'espèces non-indigènes*.

En ce qui concerne les Odonates adultes, deux métriques ont été retenues pour décrire les peuplements à l'échelle de la station : la *richesse taxonomique totale* et la *valeur de*



*conservation Csp*. La valeur de conservation Csp est une application (Oertli *et al.*, 2002) de l'Indice de Rareté des Espèces développé en Angleterre (Williams *et al.*, 1998). Cet indice classe les espèces selon leur degré de rareté sur la Liste Rouge nationale (Dommanget *et al.*, 2009) en suivant une progression exponentielle : statut LC = 1, statut NT = 8, statut VU = 16, statut EN = 32. La valeur de conservation Csp est ensuite obtenue en divisant la somme des scores de toutes les espèces présentes dans une station par le nombre d'espèces présentes à cette station.

#### 7.1.3.3 *Composition faunistique*

Des analyses factorielles des correspondances ont été utilisées pour décrire les similarités faunistiques entre stations avec le jeu de fonctions *ade4* sous R (Dray & Dufour, 2007).

### **7.1.4 Résultats du suivi des macroinvertébrés**

#### 7.1.4.1 *Biodiversité globale à l'échelle du secteur entier*

Mesurée sur l'ensemble des données pré-restauration récoltées, la richesse taxonomique totale du secteur de Miribel est de 186. Elle ne peut pas être directement comparée aux richesses taxonomiques données dans les rapports concernant les secteurs de Belley et Brégnier, car l'effort d'échantillonnage (nombre de prélèvements et nombre d'individus prélevés) est différent. Pour pouvoir comparer les différents secteurs entre eux, des estimateurs de richesses devront être calculés par la suite.

Les trois familles les plus abondantes dans le secteur de Miribel-Jonage sont : les Crustacés *Gammaridae* qui constituent à eux seuls près de 40% des individus, les Diptères Chironomidae, famille ubiquiste, les Gastéropodes Hydrobiidae qui sont constitués presque uniquement de l'espèce non-indigène *Potamopyrgus antipodarum* (voir chapitre Espèces non-indigènes ci-après). Globalement, les familles représentées sur la Figure 7.1.2 illustrent la présence à la fois de milieux lenticques (*Asellidae*, *Planorbidae*, *Sphaeridae*,...) et de milieux lotiques (*Gammaridae*, *Elmidae*, *Corbiculidae*,...).

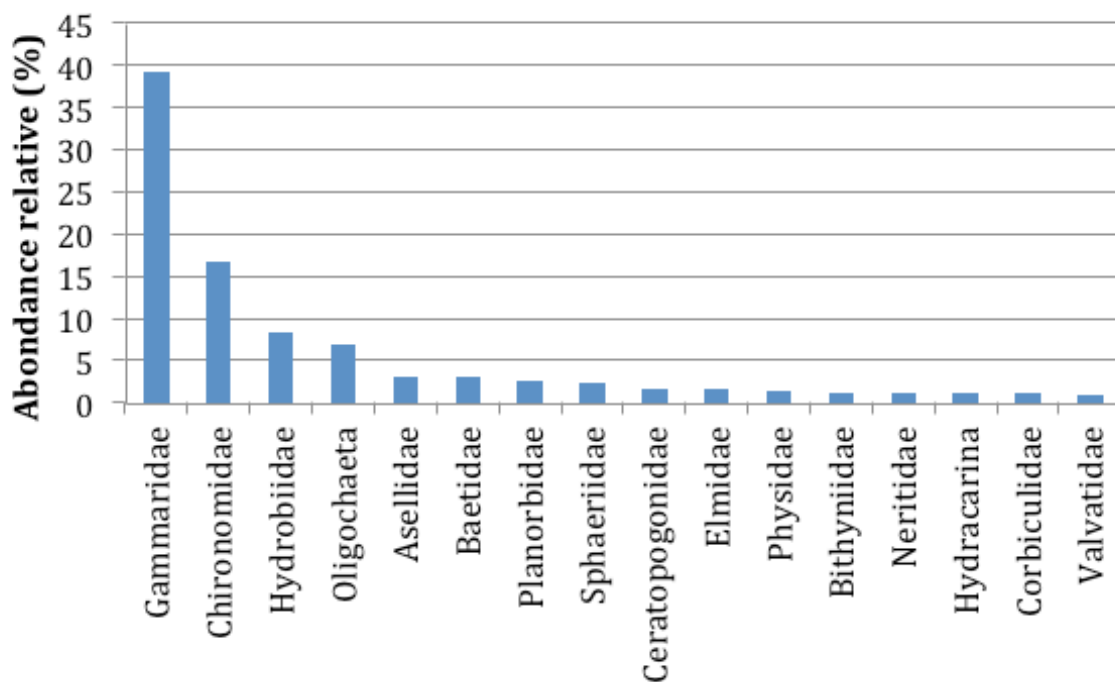


Figure 7.1.2 - Abondance relative des familles présentes dans le secteur de Miribel-Jonage sur 5 campagnes pré-restauration. Seules les familles dont l'abondance relative est supérieure à 1% ont été représentées, soit 16 familles.

#### 7.1.4.2 Bilan des métriques de biodiversité locales (échelle d'une station)

##### 7.1.4.2.1 Richesse taxonomique totale

En considérant l'ensemble des ordres de macroinvertébrés, la station la plus riche du secteur de Miribel est la station aval de la lône du Vieux-Rhône (VR AV) avec une richesse médiane de 44 taxa. Cette station est un milieu permanent riche en diversité d'habitats lentiques et lotiques qui abritent un peuplement riche en Coléoptères, Trichoptères et Mollusques. Deux stations possèdent également une richesse taxonomique totale importante : la station centre du Rizan (RZ CE) avec 37 taxa et les deux étangs aux libellules (LIB1 et LIB2) avec respectivement 38 et 36 taxa (Figure 7.1.3). La station du Rizan centre comporte comme la station aval de la lône du Vieux-Rhône une diversité d'habitats lotiques et lentiques et les deux étangs sont des milieux uniquement lentiques, mais avec une diversité d'habitat forte (rives découpées, végétation aquatique, substrats variés,...) et des eaux de bonne qualité chimique (voir Tableau 7.1.2).

A l'opposé, les stations les moins riches sont : la station amont de la lône du Vieux-Rhône (VR AM) et les sites centre et aval de la lône de la Grella (GR CE et GR AV), avec respectivement une richesse médiane de 17, 23 et 24 taxa (Figure 3). La station amont de la lône du Vieux-Rhône correspond à un reliquat de mouille utilisé comme station de pompage par l'agriculture dont le niveau fluctue fortement et dont les rives sont très abruptes. Les

stations de la lône de la Grella sont des stations dont l'habitat est mieux préservé, mais impacté par des baisses de niveau importantes allant certaines années jusqu'à un assèchement complet.

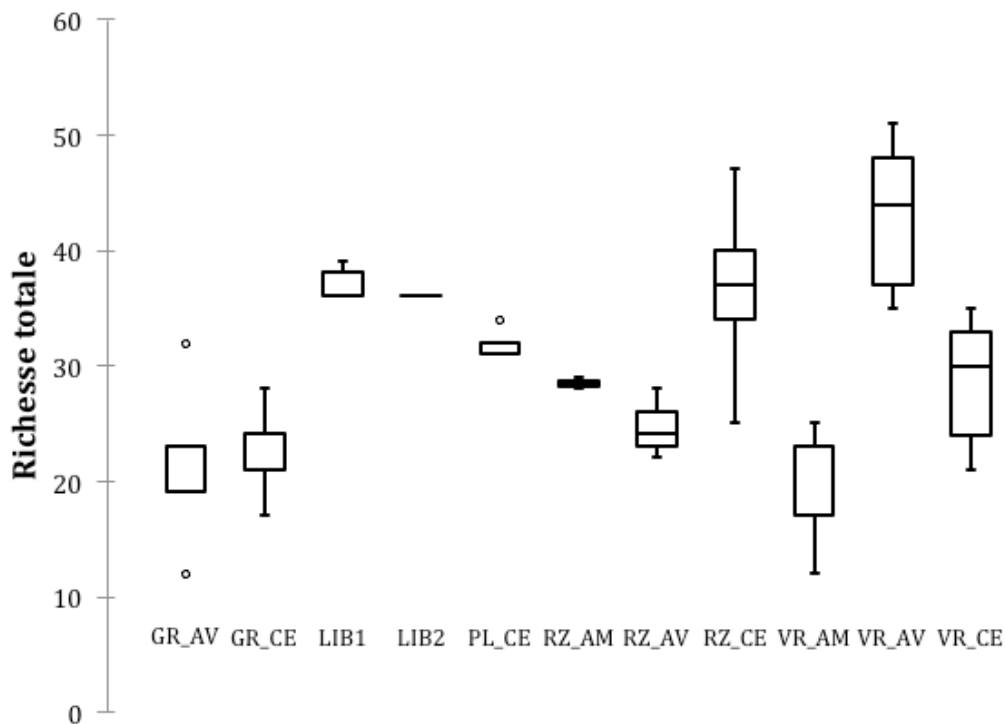


Figure 7.1.3 - Richesse taxonomique totale de chaque site du secteur de Miribel. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .

#### 7.1.4.2.2 Richesse en insectes EPT

La particularité du secteur de Miribel est qu'aucun Plécoptère (P) n'a été observé, alors que le ruisseau du Rizan et la station aval de la lône du Vieux-Rhône pourraient être a priori favorables en termes de micro-habitats. Il est possible que ces stations aient été fortement impactées dans leur morphologie par le passé et que les Plécoptères n'aient pas encore réussi à recoloniser ces habitats, alors que les Trichoptères et les Ephémères dont les adultes aériens sont plus mobiles (e.g. Bonada *et al.*, 2012) aient déjà pu les recoloniser. Il est à noter que le canal de Miribel abrite quant à lui quelques espèces de Plécoptères (récoltés lors du suivi des macroinvertébrés du chenal).

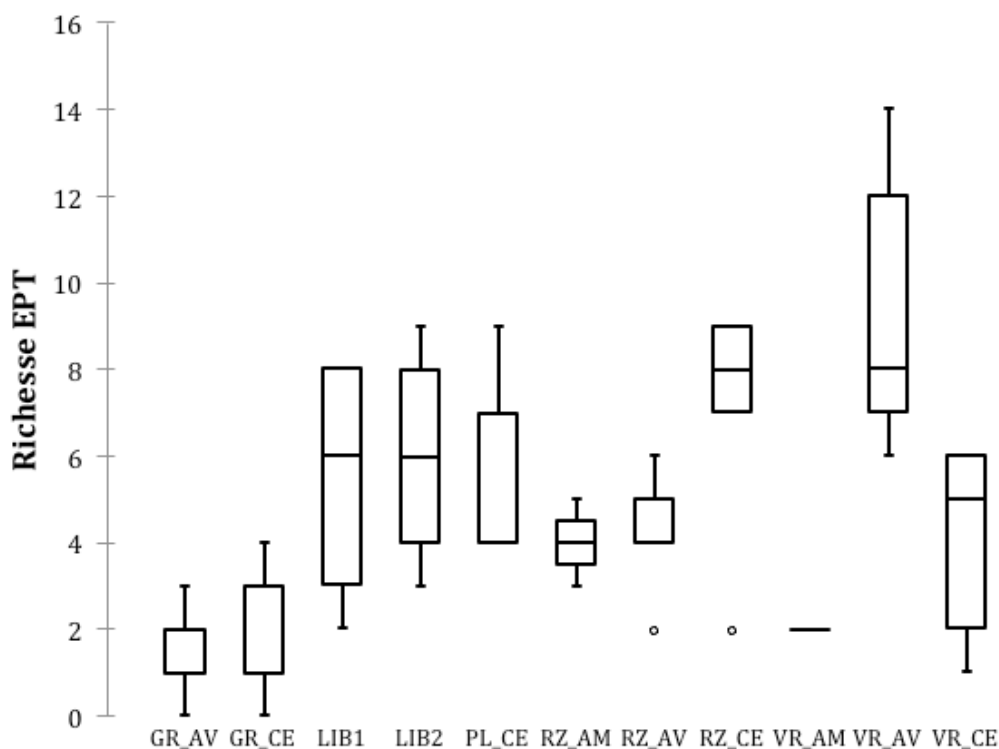


Figure 7.1.4 - Richesse en EPT (Ephémères-Plécoptères-Trichoptères) de chaque site du secteur de Miribel. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .

La station la plus riche en insectes EPT est comme pour la richesse totale la station aval de la lône du Vieux-Rhône (Figure 4). Sa richesse larvaire médiane s'élève à 8 taxa. Cette station est dominée par les Ephémères *Centroptilum luteolum* et *Caenis luctuosa* ainsi que par les Trichoptères *Agraylea sexmaculata*, *Athripsodes aterrimus* et *A. cinereus* et *Mystacides azurea*. Des piégeages de Trichoptères adultes complémentaires effectués en 2014 (stage master professionnel, Université Lyon I, Steve Maréchal) ont également mis en évidence une forte diversité aux alentours de cette station : 50 espèces.

A l'opposé, les trois stations les plus pauvres en insectes EPT sont, comme pour la richesse totale, la station amont de la lône du Vieux-Rhône (VR AM) et les stations centre et aval de la lône de la Grella (GR CE et GR AV), avec respectivement une richesse médiane de 2, 1 et 2 (Figure 7.1.4).

#### 7.1.4.2.3 Richesse en mollusques

Les stations les plus riches, et également les moins variables, en mollusques gastéropodes sont les deux étangs LIB1 et LIB2 (Figure 7.1.5), avec une richesse médiane de 8 espèces,

suivies par la station centre de la lône du Plançon avec une richesse médiane de 7 espèces. Les espèces les plus abondantes dans ces sites sont *Bythinia tentaculata*, *Planorbis carinatus*, *Hippeutis complanatus* et *Valvata cristata*, des espèces typiquement lenticques. Ces trois sites sont des milieux lenticques relativement grands (surface de 780 à 3800 m<sup>2</sup>). A l'opposé, la station la plus pauvre en Gastéropodes est la station amont de la lône du Vieux-Rhône (Figure 7.1.5), déjà évoquée pour les autres métriques.

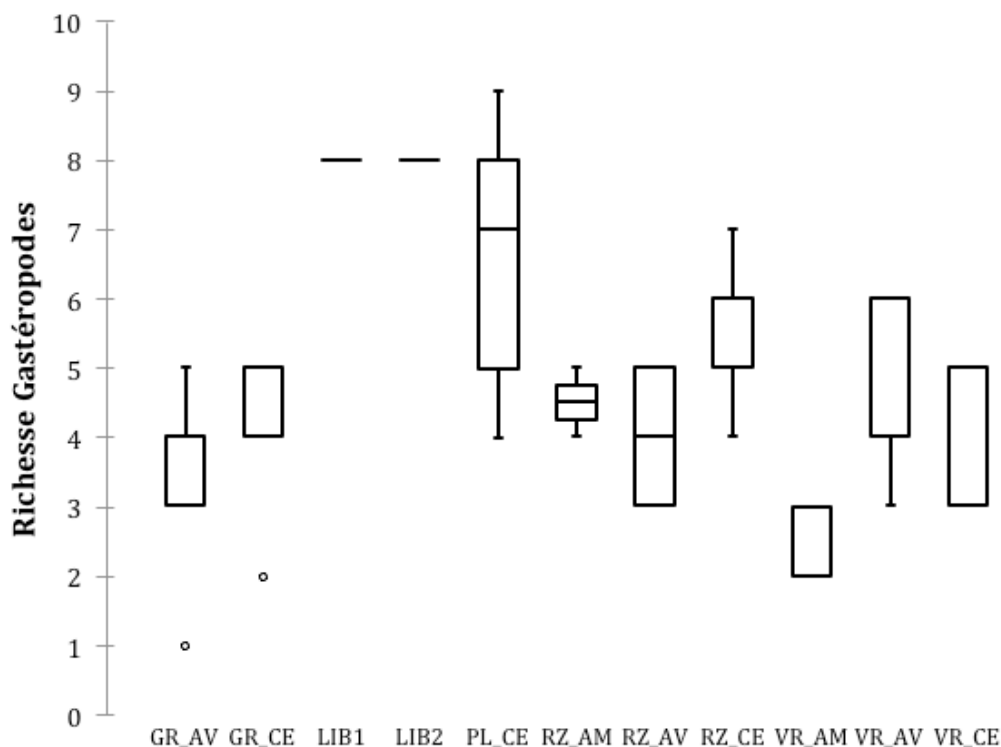


Figure 7.1.5 - Richesse en Mollusques Gastéropodes de chaque site du secteur de Miribel. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .

Les mollusques bivalves du secteur de Miribel ayant pu être déterminés à l'espèce, une métrique supplémentaire est ajoutée pour le suivi de ce secteur, la richesse en mollusques gastéropodes et bivalves. Lorsque l'on considère tous les mollusques et pas uniquement les gastéropodes, la station aval de la lône du Vieux-Rhône est, à nouveau, la station la plus riche avec une médiane de 11 espèces (Figure 6). La station centre de la lône de la Grella possède une richesse moyenne par rapport aux autres sites, mais comporte un individu d'une espèce de bivalve intéressante et rare dans le bassin du Rhône, *Pisidium pseudosphaerium* (com. pers. Jacques Mouthon). Cette espèce est également présente dans l'étang aux libellules LIB2. Cette espèce avait été observée dans les années 80 dans des lônes de l'Ain proches du secteur

de Miribel (Castella, 1987). Elle se trouve habituellement dans des milieux lenticules riches en végétation, ayant un substrat vaseux et une eau de bonne qualité chimique (Killeen *et al.*, 2004).

A l'opposé, les deux stations les plus pauvres sont la station amont de la lône du Vieux-Rhône et la station aval de la lône de la Grella (Figure 7.1.6), comme déjà décrit pour les autres métriques.

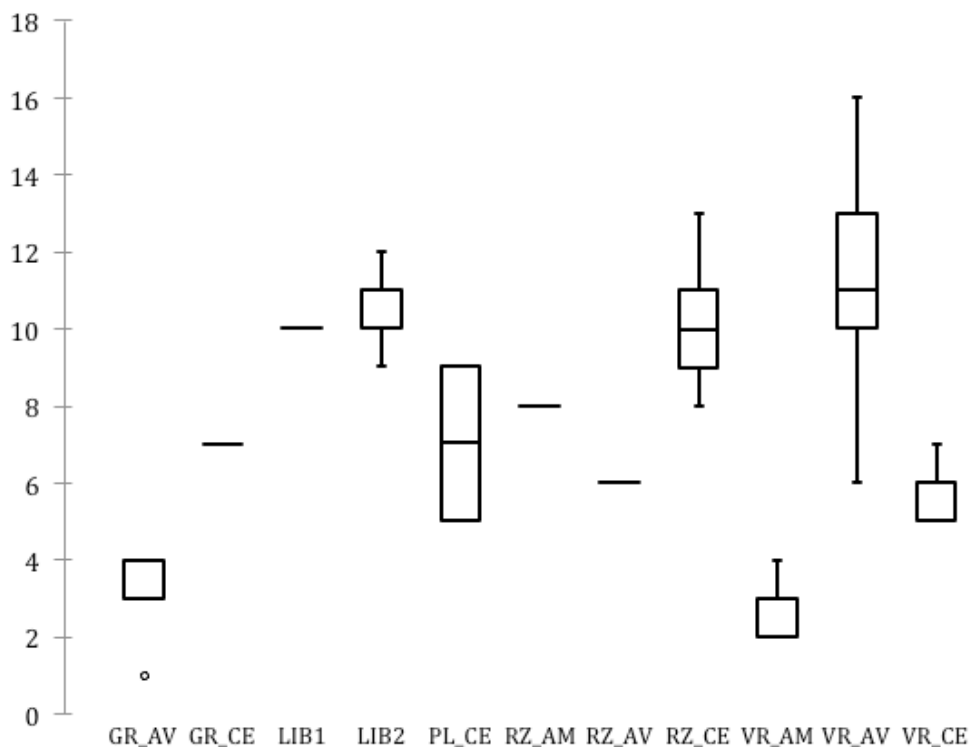


Figure 7.1.6 - Richesse en Mollusques Gastéropodes et Bivalves de chaque site du secteur de Miribel. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .

#### 7.1.4.2.4 Espèces non-indigènes

Sept espèces non-indigènes du bassin rhodanien ont été observées dans les 11 stations étudiées du secteur de Miribel-Jonage : les crustacés *Crangonyx pseudogracilis* et *Gammarus roeseli*, les mollusques gastéropodes *Physella acuta*, *Menetus dilatatus*, *Ferissia clessiniana* et *Potamopyrgus antipodarum*, ainsi que le mollusque bivalve *Corbicula fluminea*. Deux de ces espèces n'ont pour l'instant pas été rencontrées dans les lônes des secteurs amont du Haut-Rhône : *Menetus dilatatus* et *Gammarus roeseli*, mais *Menetus dilatatus* a été rencontré dans le Haut-Rhône à la hauteur de la central du Bugey dès 1998. Certaines de ces espèces sont présentes dans le bassin du Rhône depuis plusieurs décennies : par exemple

*Potamopyrgus antipodarum* depuis 1983 et *Physella acuta* depuis 1987 dans le Rhône à la hauteur de la centrale du Bugey. D'autres sont arrivées dans le bassin plus récemment et ont été par exemple observées sur ce même tronçon du Rhône à partir des années 90 : *Corbicula fluminea* en 1991, *Menetus dilatatus* en 1998.

Comme sur les autres secteurs du Rhône suivis, 3 métriques ont été calculées pour décrire la contribution des espèces non-indigènes dans les communautés de macroinvertébrés : richesse, densité et abondance relative en espèces non-indigènes. Les stations ayant la richesse en espèces non-indigènes la plus élevée sont les stations aval et centre de la lône du Vieux-Rhône (Figure 7.1.7), stations du secteur les plus connectés au Rhône du secteur. En ce qui concerne l'abondance relative et la densité, c'est la station centre du Rizan qui possède les plus grandes valeurs, du fait principalement d'un nombre d'individus de *Potamopyrgus antipodarum* très élevé.

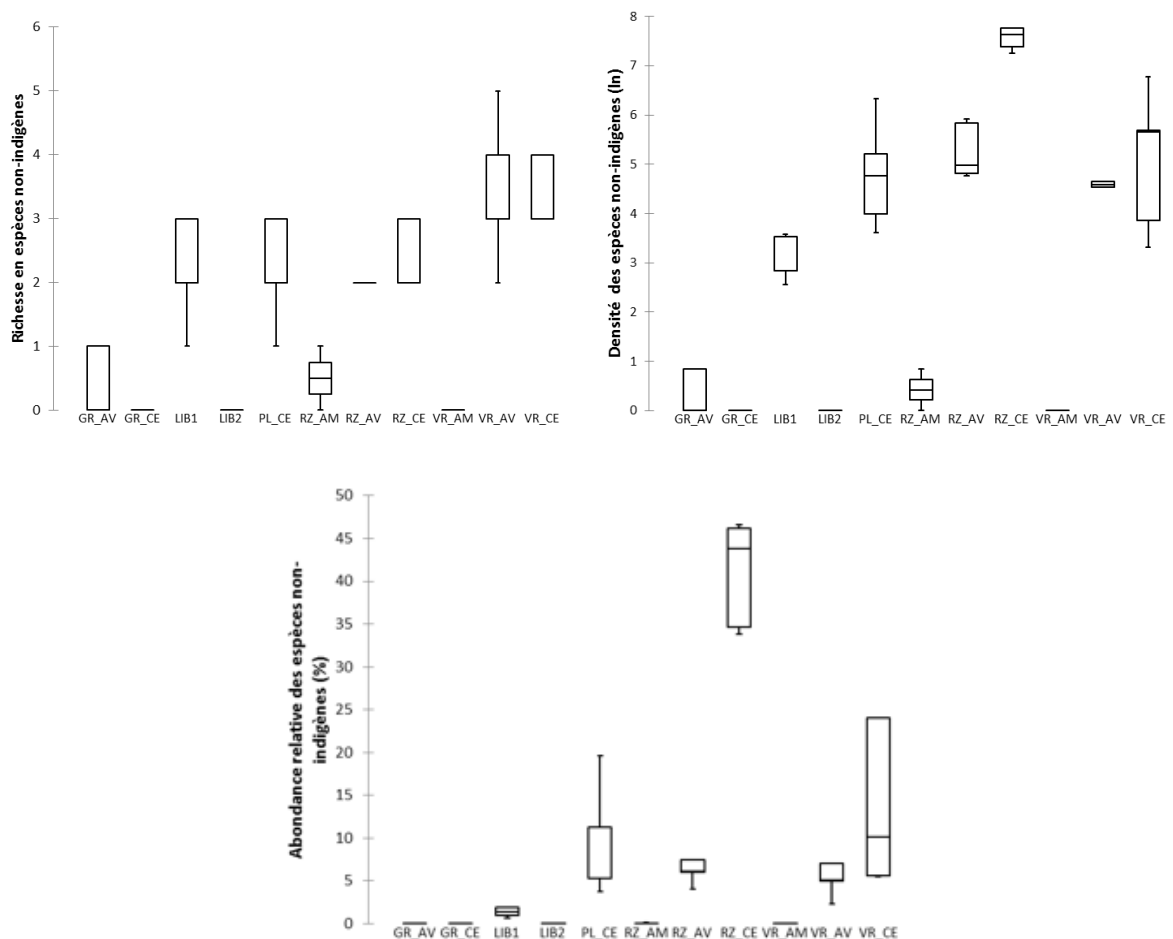


Figure 7.1.7 - Richesse en espèces non-indigènes, densité (logarithme naturel  $\ln$  du nombre d'individus par  $m^2$ ) en espèces non-indigènes et abondance relative en espèces non-indigènes. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile ( $Q_{25}$ - $Q_{75}$ ) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q_{75} + 1,5(Q_{75}-Q_{25})$  et  $Q_{25} - 1,5(Q_{75}-Q_{25})$ .

#### 7.1.4.3 Composition faunistique

L'analyse des différences de composition faunistique entre stations à l'échelle de l'ensemble du secteur de Miribel-Jonage a été réalisée avec une méthode d'ordination (Analyse Factorielle des Correspondances AFC) qui positionne les stations en fonction de la ressemblance de leurs compositions.

L'analyse distingue nettement 3 groupes de stations selon un gradient de lotique à lentique sur l'axe horizontal F1 (Figure 7.1.8) :

- les deux stations centre et aval du ruisseau du Rizan se distinguent clairement des autres stations avec un courant fort (32 et 51 cm/s respectivement) et une faune typiquement rhéophile, notamment *Rhyacophila sp.*, *Elmis sp.*, *Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Cordulegaster boltonii*, *Onychogomphus forcipatus*, *Goeridae* et *Sericostomatidae* et la présence de fortes abondances de deux espèces non-indigènes : *Potamopyrgus antipodarum* et *Corbicula fluminea*.
- La station aval de la lône du Vieux-Rhône (courant modéré de 1.8 cm/s) se distingue de toutes les autres stations. Elle se positionne de façon intermédiaire entre les deux stations du Rizan mentionnées ci-dessus et toutes les autres stations plus lenticques sur l'axe F1. Elle est la seule station à se différencier sur l'axe vertical F2 avec beaucoup d'espèces présentes uniquement ou presque dans cette station : les Crustacés *Niphargus sp.* et *Proasellus sp.*, l'Ephémère *Centroptilum luteolum*, les Trichoptères *Agraylea sexmaculata*, *Mystacides azurea* et *Anabolia nervosa*, les Mollusques bivalves *Pisidium henslowanum*, *Pisidium moitessierianum*, *Pisidium supinum*. Une de ces espèces, le Crustacé *Niphargus sp.*, est liée à des apports de nappe souterraine (Tachet *et al.*, 2010).
- Toutes les autres stations sont agrégées mais également dans un gradient de la plus lotique à la plus lentique sur l'axe horizontal F1. Les deux stations GR AV et RZ AM se distinguent légèrement et sont des milieux lotiques, les stations restantes sont des milieux lenticques.

Globalement, les stations qui seront restaurées (VR AM, VR CE, VR AV, PL CE) sont plus éloignées des témoins lotiques que des témoins lenticques, indiquant un manque potentiel de connectivité latérale.



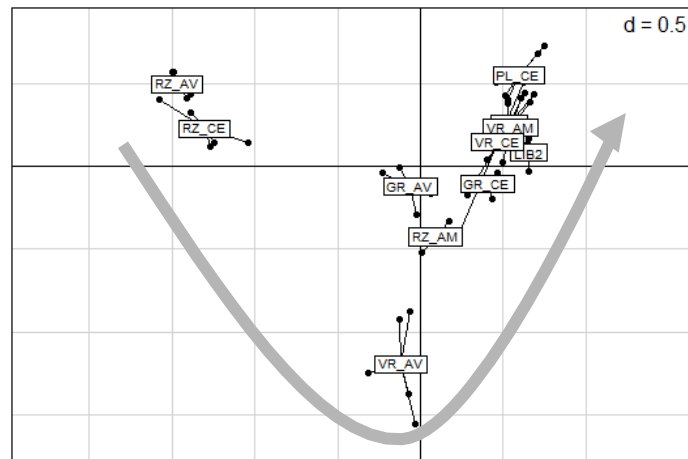


Figure 7.1.8 - Ordination avec une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons  $\ln$  transformées pour les 11 stations de 6 milieux du secteur de Miribel-Jonage. L'ordination met en évidence un gradient de conditions lotiques vers des conditions lentiques.

Si l'on regroupe les prélèvements non pas par stations, mais par campagne (printemps/été) ou par année (2013, 2014, 2015), très peu de variations saisonnières ou interannuelles sont mises en évidence (Figure 7.1.9), suggérant une forte stabilité du secteur et potentiellement un manque de dynamique fluviale.

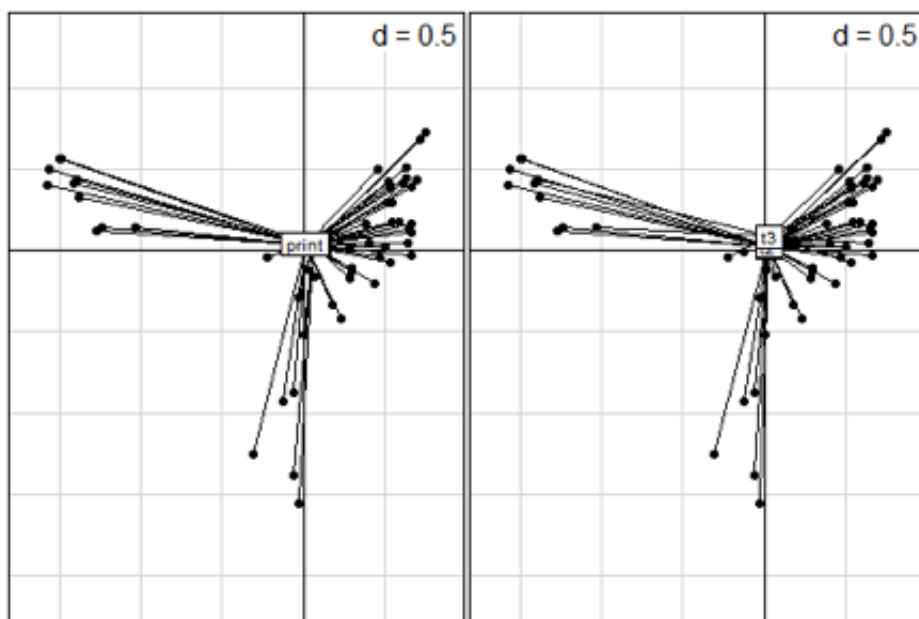


Figure 7.1.9 - Ordination avec une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons  $\ln$  transformées pour les 11 stations de 6 milieux du secteur de Miribel-Jonage. L'ordination met en évidence très peu de différences entre les campagnes printemps/été (ordination de gauche) ainsi qu'entre les dates t1 2013, t2 2014, t3 2015 (ordination de droite).

### 7.1.5 Résultats du suivi des Odonates adultes

Les peuplements odonatologiques basés sur les adultes varient fortement entre les campagnes de printemps et d'été du fait des périodes de vol des adultes (voir chapitre composition faunistique ci-dessous pour plus de détails), les métriques concernant les Odonates adultes sont calculées pour chaque station-année et non station-date comme pour les macroinvertébrés.

#### 7.1.5.1 Biodiversité globale à l'échelle du secteur entier

##### 7.1.5.1.1 Richesse taxonomique totale

Un total de 38 espèces d'odonates adultes a été observé de façon standardisée sur le secteur de Miribel-Jonage durant les années 2013, 2014 et 2015 (Tableau 7.1.3). L'estimateur Chao 1 donne également une richesse globale de 38 espèces et les courbes d'accumulation tendent nettement vers un plateau, ce qui montre que l'effort d'échantillonnage a été suffisant pour appréhender la diversité globale du secteur (Figure 7.1.10). Cette biodiversité est importante si on la compare à la diversité observée en France et en Rhône-Alpes qui est respectivement de 83 et 80 espèces (Dommanget *et al.*, 2009; Deliry, 2011) : les stations étudiées comportent 46% de la biodiversité nationale et 48% de la biodiversité régionale. Si l'on enlève les espèces d'altitude de la liste Rhône-Alpes, les stations étudiées comportent 51% de la biodiversité régionale. La plupart des espèces manquantes sont des espèces soit rares, soit inféodées à des milieux aquatiques particuliers qui ne sont pas présents dans une plaine alluviale (tourbières par exemple).

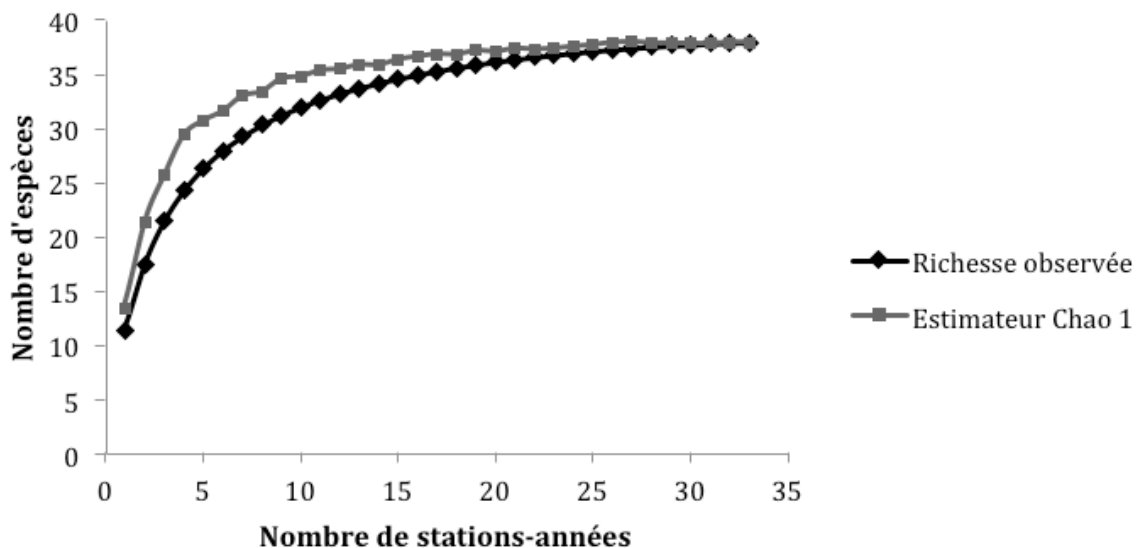


Figure 7.1.10 - Courbe d'accumulation du nombre d'espèces observées (en noir) et du nombre d'espèces estimées par l'estimateur Chao 1 (en gris) pour toutes les stations de Miribel-Jonage durant les années pré-restauration 2013-2014-2015.

Les deux espèces les plus abondantes sont *Coenagrion puella* et *Calopteryx splendens*, deux demoiselles, la première très fréquente en milieux lenti­ques ou faiblement courants et la deuxième très fréquente en milieux lotiques. Vient en troisième position une espèce d'intérêt patrimonial (NT à l'échelle mondiale, européenne et française, voir chapitre Espèces patrimoniales) : *Coenagrion mercuriale*. Comme pour les macroinvertébrés, les espèces les plus abondantes illustrent la présence à la fois de milieux lenti­ques (*Coenagrion puella*, *Erythromma viridulum*, *Anax imperator*,...) et de milieux lotiques (*Calopteryx sp.*, *Coenagrion mercuriale*,...).

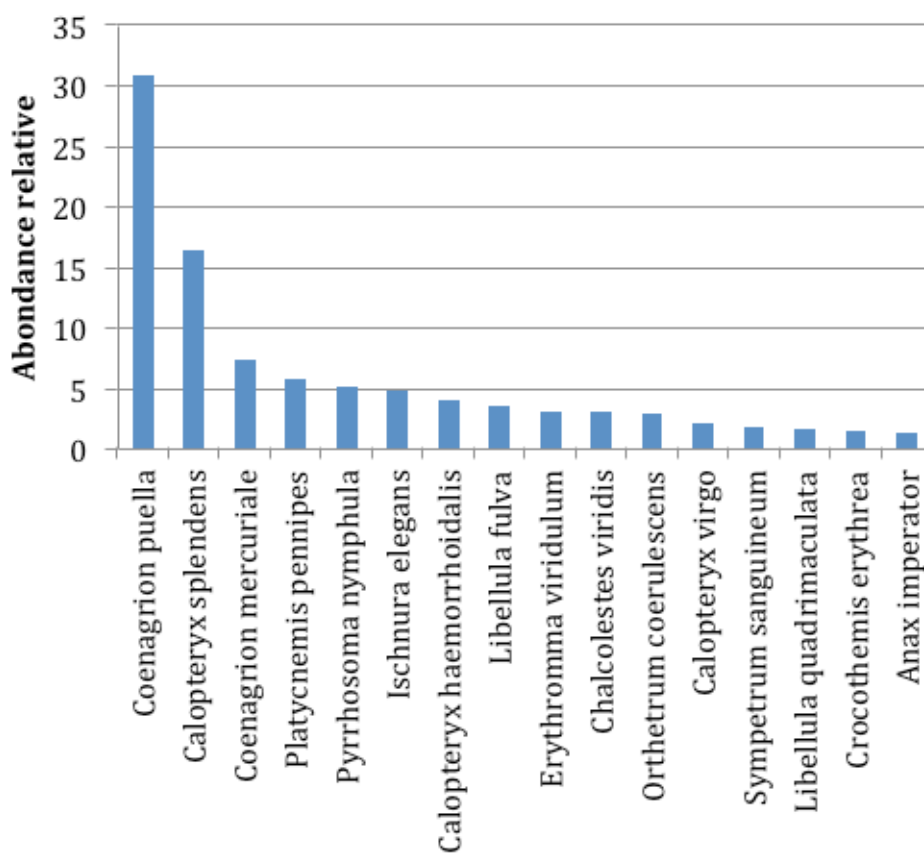


Figure 7.1.11 - Abondance relative des espèces présentes dans le secteur de Miribel-Jonage sur 6 campagnes pré-restauration. Seules les espèces dont l'abondance relative est supérieure à 1% ont été représentées, soit 16 espèces.

#### 7.1.5.1.2 Espèces patrimoniales

Le secteur de Miribel-Jonage comporte 1 espèce sur Liste Rouge française avec un statut de vulnérable, *Aeshna isocetes* et quatre espèces quasi-menacées à l'échelle de la France, *Coenagrion mercuriale*, *Coenagrion pulchellum*, *Somatochlora flavomaculata* et *Gomphus vulgatissimus*. Les populations d'*Aeshna isocetes*, de *Somatochlora flavomaculata* et de *Coenagrion pulchellum* sont probablement petites, car sur les stations étudiées, seuls 4

individus, 2 individus et 1 individu ont été observés respectivement. La population de *Coenagrion mercuriale* est tout à fait remarquable (plus de 400 individus observés) et celle de *Gomphus vulgatissimus* bien que plus modeste reste non négligeable (13 individus observés).

Seul *Coenagrion mercuriale* est mentionné par les Listes rouges à l'échelle européenne et mondiale, mais avec le statut de quasi-menacé NT. Trois espèces supplémentaires sont listées, mais uniquement à l'échelle de la région Rhône-Alpes : *Brachytron pratense* (NT), *Erythromma najas* (VU) et *Cordulia aenea* (NT).

Tableau 7.1.3 - Statuts des 38 espèces d'Odonates adultes observées lors du suivi pré-restauration selon les différentes Listes Rouges. VU = vulnérable, NT = quasi-menacé, SU = à surveiller, LC = pas menacé, NA = pas de données disponibles.

FAMILLE	GENRE	ESPECE	Liste Rouge mondiale <sup>1</sup>	Liste rouge Europe <sup>2</sup>	Liste Rouge France <sup>3</sup>	Liste Rouge Rhône-Alpes <sup>4</sup>
Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	<i>cyanea</i>	LC	LC	LC	LC
Aeshnidae	<i>Anaciaeshna</i>	<i>isosceles</i>	LC	LC	<b>VU</b>	<b>VU</b>
Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>imperator</i>	LC	LC	LC	LC
Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>parthenope</i>	LC	LC	LC	LC
Aeshnidae	<i>Brachytron</i>	<i>pratense</i>	LC	LC	LC	<b>NT</b>
Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>haemorrhoidalis</i>	LC	LC	LC	LC
Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>splendens</i>	LC	LC	LC	LC
Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>virgo</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Cercion</i>	<i>lindenii</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Ceriagrion</i>	<i>tenellum</i>	NA	LC	LC	NT
Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	<i>mercuriale</i>	<b>NT</b>	<b>NT</b>	<b>NT</b>	<b>NT</b>
Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	<i>puella</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	<i>pulchellum</i>	LC	LC	<b>NT</b>	<b>EN</b>
Coenagrionidae	<i>Enallagma</i>	<i>cyathigerum</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Erythromma</i>	<i>najas</i>	NA	LC	LC	<b>VU</b>
Coenagrionidae	<i>Erythromma</i>	<i>viridulum</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>elegans</i>	LC	LC	LC	LC
Coenagrionidae	<i>Pyrrhosoma</i>	<i>nymphula</i>	LC	LC	LC	LC
Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	<i>boltonii</i>	NA	LC	LC	SU
Corduliidae	<i>Cordulia</i>	<i>aenea</i>	LC	LC	LC	<b>NT</b>
Corduliidae	<i>Somatochlora</i>	<i>flavomaculata</i>	LC	LC	<b>NT</b>	<b>NT</b>
Gomphidae	<i>Gomphus</i>	<i>vulgatissimus</i>	LC	LC	<b>NT</b>	<b>NT</b>
Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>	<i>forcipatus</i>	LC	LC	LC	LC
Lestidae	<i>Chalcolestes</i>	<i>viridis</i>	LC	LC	LC	LC
Lestidae	<i>Sympecma</i>	<i>fusca</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Crocothemis</i>	<i>erythraea</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Libellula</i>	<i>depressa</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Libellula</i>	<i>fulva</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Libellula</i>	<i>quadrimaculata</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>albistylum</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>brunneum</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>cancellatum</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>coerulescens</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>fonscolombii</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>meridionale</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>sanguineum</i>	LC	LC	LC	LC
Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>striolatum</i>	LC	LC	LC	LC
Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>pennipes</i>	LC	LC	LC	LC

1 : Iucnredlist.org, download au 24/08/2015

2 : (Kalkman et al., 2010)

3 : (Dommanget et al., 2009)

4 : (Deliry, 2011)

#### 7.1.5.1.3 Indicateur RHOMEEO

L'indicateur RHOMEEO issu de la boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée varie peu entre les trois années de suivi pré-restauration (2013, 2014 et 2015, Figure 12). Le peuplement observé est considéré comme intègre lorsque la valeur de l'indicateur est de 65% ou plus. Le peuplement observé, soit chaque année individuellement, soit pour les trois années regroupées, est donc considéré comme intègre (Figure 7.1.12). Pour comparaison, sur les 83 sites tests du programme RHOMEEO, seuls 20% d'entre eux possédaient un peuplement intègre (RHOMEEO, 2014). Les peuplements observés dans le secteur de Miribel-Jonage ont donc une grande valeur à l'échelle régionale.

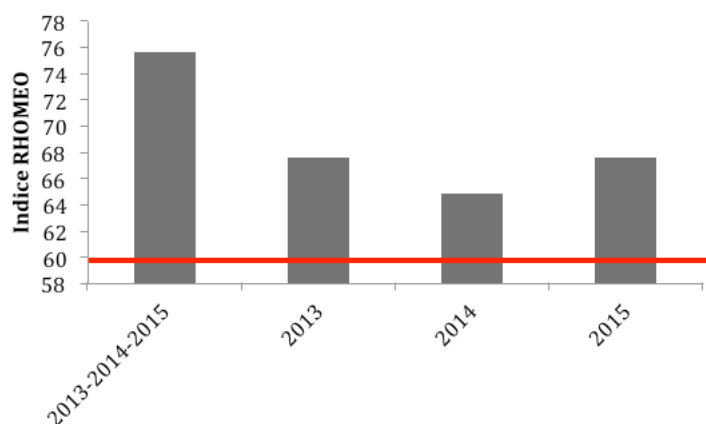


Figure 7.1.12 - Indicateur RHOMEEO pour chaque année de suivi individuellement et pour les 3 années de suivi pré-restauration agrégées. La ligne rouge représente la valeur de l'indice à partir de laquelle les peuplements observés sont considérés représentatifs des habitats prospectés.

#### 7.1.5.2 *Bilan des métriques de biodiversité locales (échelle d'une station)*

##### 7.1.5.2.1 Richesse taxonomique totale

Les deux stations les plus riches du secteur de Miribel sont la station aval de la lône du Vieux-Rhône (VR AV) avec une richesse médiane de 19 espèces et la station amont du Rizan (RZ AV) avec une richesse médiane de 18 espèces (Figure 7.1.13). La station VR AV étant un milieu permanent riche en diversité d'habitats lentiques et lotiques, elle abrite des peuplements odonatologiques riches. La station RZ AM n'ayant été suivie qu'en 2013, elle comporte une très faible variabilité, mais une diversité importante due à son alternance de

milieu courant et stagnant comme la station VR AV. Trois stations possèdent également une richesse taxonomique totale importante : la station aval de la lône de la Grella (GR AV) avec une médiane de 15 espèces et les deux étangs aux libellules (LIB1 et LIB2) avec respectivement 16 et 14 espèces (Figure 7.1.13). Le secteur prospecté de l'aval de la lône de la Grella comporte un milieu lotique échantillonné en macroinvertébrés, mais également une zone lentique, ce qui crée, comme pour la station aval de la lône du Vieux-Rhône, une grande diversité d'habitats. Les deux étangs sont des milieux uniquement lenti­ques, mais avec une diversité d'habitat forte (rives découpées, végétation aquatique, substrats variés,...) et des eaux de bonne qualité chimique (voir Tableau 7.1.2).

A l'opposé, les stations les moins riches sont : la station amont de la lône du Vieux-Rhône (VR AM) et la station du canal de Miribel (CA MI), avec respectivement une richesse médiane de 5 et 4 espèces (Figure 7.1.13). La station amont de la lône du Vieux-Rhône correspond à un reliquat de mouille utilisé comme station de pompage par l'agriculture dont le niveau fluctue fortement et dont les rives sont très abruptes. Le canal de Miribel est un milieu avec des débits élevés qui est naturellement favorable à un faible nombre d'espèces. Cependant, les individus observés sont des individus erratiques et isolés, indiquant que le caractère régulé et linéaire du canal pourrait diminuer la biodiversité odonatologique que l'on pourrait observer dans ce type de grands cours d'eau vifs.

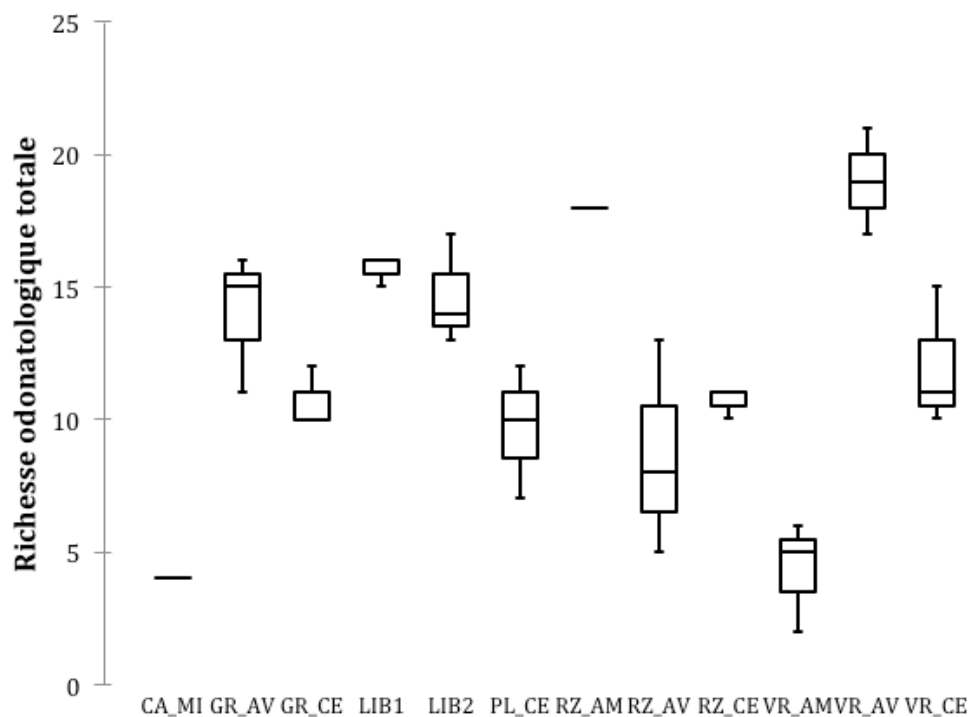


Figure 7.1.13 - Richesse odonatologique totale de chaque site du secteur de Miribel. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .

### 7.1.5.2.2 Espèces patrimoniales

La station ayant les valeurs de conservation les plus élevées est la station (secteur) amont du Rizan (Figure 7.1.14). Elle abrite en 2013 une espèce sur Liste Rouge (France) ayant le statut vulnérable VU, *Aeshna isoceles*, et deux espèces quasi-menacées NT, *Coenagrion mercuriale* et *Gomphus vulgatissimus*. Cependant, ces espèces ne sont pas forcément encore présentes à l'heure actuelle du fait des travaux de consolidation de la digue du canal de Jonage. Les campagnes suivantes permettront de valider ou non son intérêt patrimonial. Deux autres stations possèdent également une valeur de conservation élevée : la station centre du Rizan et la station aval de la lône du Vieux-Rhône. La valeur de conservation de ces deux stations est due à la présence de *Coenagrion mercuriale* NT et *Gomphus vulgatissimus* NT.

A l'opposé, quatre stations ne comportent aucune espèce patrimoniale : le canal de Miribel, la station centre de la lône du Plançon, les stations amont et centre de la lône du Vieux-Rhône. Le canal de Miribel et la station amont de la lône du Vieux-Rhône sont des stations ayant une très faible richesse comme décrit plus haut et dont les rares espèces présentes ne sont pas menacées. Les deux autres stations ont des richesses relativement importantes, mais les espèces n'ont pas d'intérêt patrimonial.

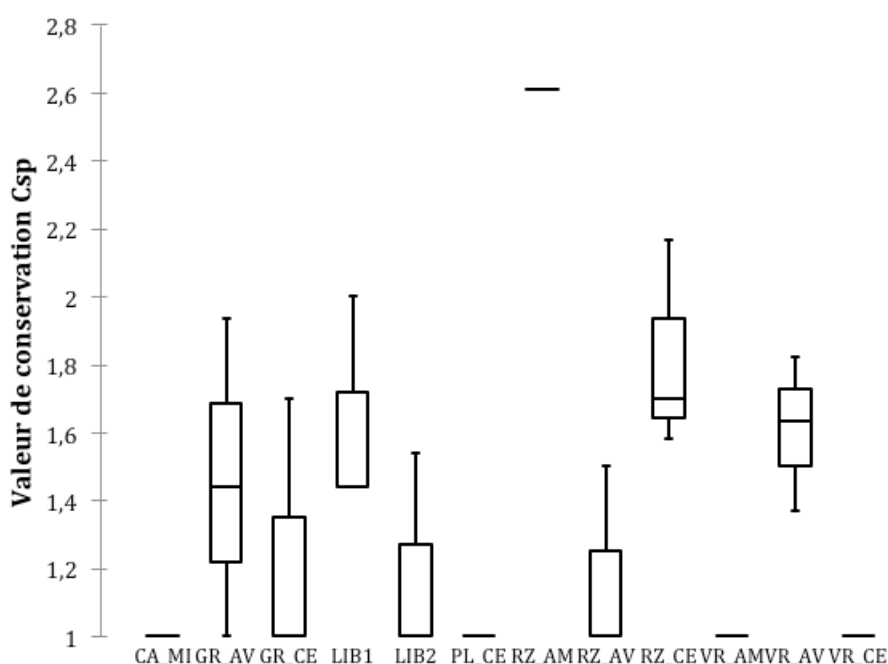


Figure 7.1.14 - Valeur de conservation Csp de chaque site du secteur de Miribel. Plus la valeur est élevée, plus l'intérêt patrimonial de la station est important. Les boîtes verticales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) à l'intérieur desquels la barre épaisse représente la médiane. Les moustaches inférieures et supérieures indiquent les valeurs  $Q75 + 1,5(Q75-Q25)$  et  $Q25 - 1,5(Q75-Q25)$ .



### 7.1.5.3 Composition odonatologique

L'analyse des différences de composition odonatologique entre stations à l'échelle de l'ensemble du secteur de Miribel-Jonage a été réalisée avec une méthode d'ordination (Analyse Factorielle des Correspondances AFC) qui positionne les stations en fonction de la ressemblance de leurs compositions, comme pour les macroinvertébrés.

L'analyse ne distingue aucun groupe de stations, mais un gradient sur l'axe vertical F2 (Figure 7.1.15). Ce gradient classe les stations des plus lotiques (RZ AV, CA MI et RZ CE) aux plus lentiques (LIB1, LIB2 et PL CE). Ce gradient ne semble pas correspondre à un gradient de connectivité au Rhône.

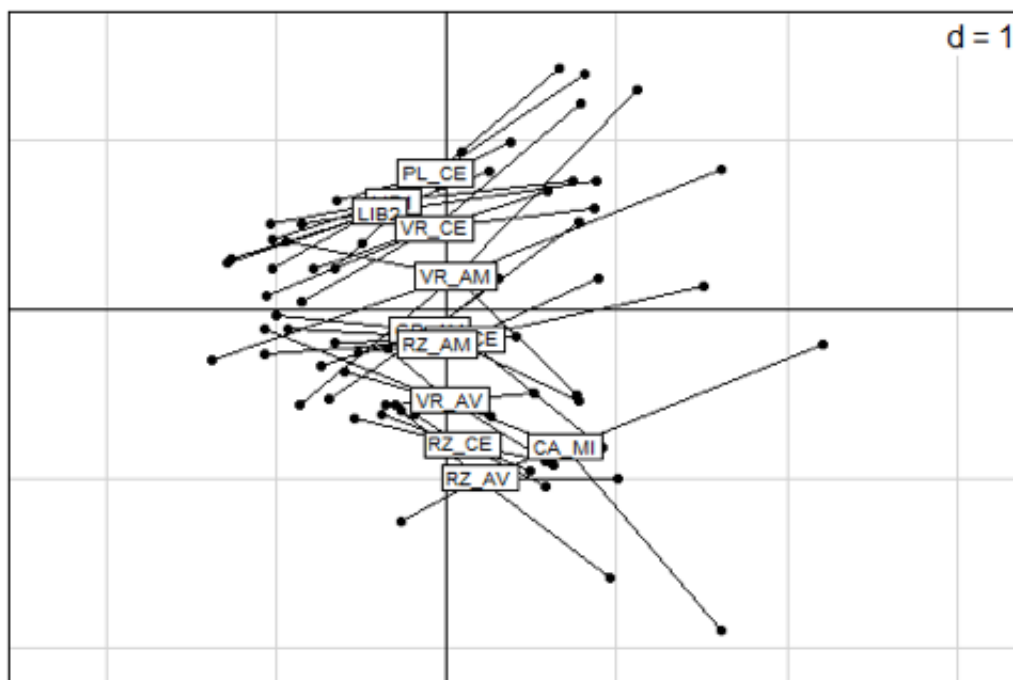


Figure 7.1.15 : Ordination avec une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons ln transformées pour les 12 stations du secteur de Miribel-Jonage. L'ordination met en évidence un gradient de conditions lotiques vers des conditions lentiques.

Si l'on regroupe les prélèvements non pas par station, mais par campagne (printemps/été), de très fortes différences de composition sont mises en évidence (Figure 15). Ces différences sont dues aux différentes périodes de vol des espèces. En effet, certaines espèces d'Odonates émergent uniquement au printemps (par exemple *Brachytron pratense*, *Aeshna isocles*) et d'autres à l'automne (par exemple *Aeshna cyanea*, les *Sympetrum*). Lorsque l'on regroupe les prélèvements par année (2013, 2014, 2015), très peu de variations interannuelles sont mises

en évidence (Figure 7.1.16), suggérant une forte stabilité du secteur et potentiellement un manque de dynamique fluviale.

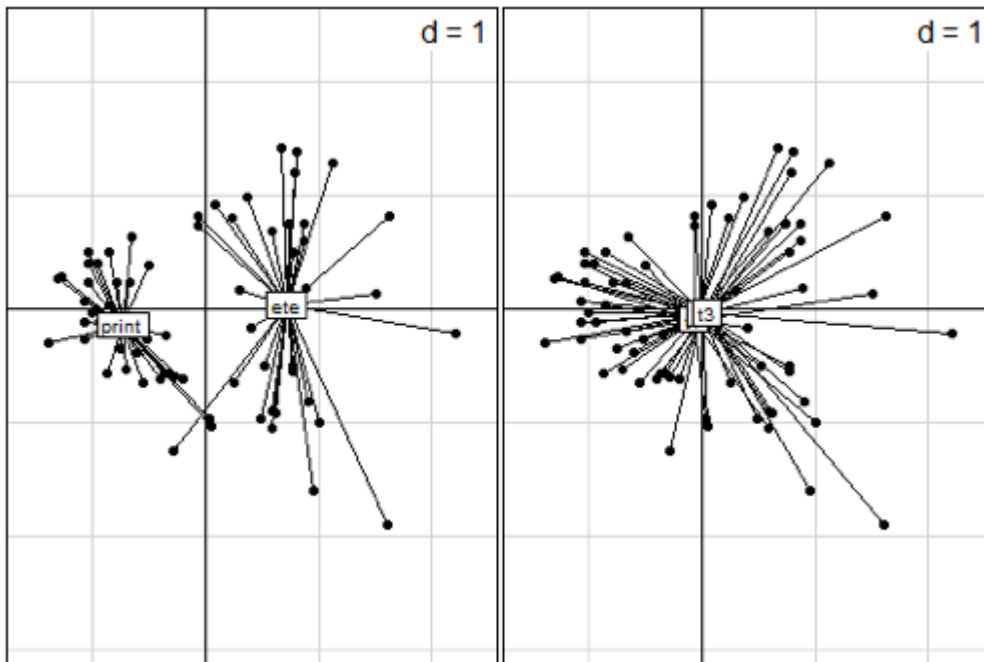


Figure 7.1.16 - Ordination avec une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons ln transformées pour les 12 stations du secteur de Miribel-Jonage. L'ordination met en évidence de fortes différences entre les campagnes printemps/été (ordination de gauche), mais peu de différences entre les dates t1 2013, t2 2014, t3 2015 (ordination de droite).

### 7.1.6 Conclusions

Le secteur de Miribel-Jonage est en son état pré-restauration un secteur par certains aspects fortement anthropisé (lônes peu connectées au Rhône, forte fréquentation de loisirs) et par certains aspects relativement préservé (forte diversité d'habitats aquatiques dans une zone de plaine relativement réduite). Le secteur comporte une mosaïque d'habitats lenticques et lotiques, forestiers ou ouverts, connectés par les crues ou non, alimentés par la nappe ou non. Cependant, des lônes courantes constamment connectées au Rhône manquent dans ce secteur du Haut-Rhône en comparaison aux autres secteurs.

Du fait de cette mosaïque d'habitats, la biodiversité du secteur est intéressante. Avec une diversité globale de 186 taxa de macroinvertébrés et de 38 espèces d'Odonates adultes, le secteur contribue à la diversité régionale. Le secteur abrite également une espèce d'Odonate sur Liste Rouge : *Aeshna isoceles* VU. Cependant, les résultats des suivis de macroinvertébrés et d'odonates adultes montrent que cette biodiversité est très stable dans le temps et que les futurs sites restaurés sont très proches des témoins lenticques, suggérant un manque de dynamisme et de connectivité latérale. Les projets de restauration futurs pourraient ainsi viser

à augmenter les fréquences et/ou l'intensité des connexions de certaines lônes avec le Rhône afin de rendre le milieu plus dynamique.

A l'échelle des stations, les situations sont très contrastées. Par exemple, la station aval de la lône du Vieux-Rhône est un « hotspot » de biodiversité remarquable. Sa richesse en macroinvertébrés (totale, EPT et mollusques) est forte tout comme sa richesse en Odonates adultes. De plus, il abrite certaines espèces patrimoniales, comme le *Coenagrion mercuriale* NT et *Gomphus vulgatissimus* NT. C'est son alimentation constante par la nappe couplée à une alimentation par le Rhône en cas de crue, sa grande diversité d'habitats et sa grande surface qui en font un milieu complexe, et ainsi riche en biodiversité. Les travaux de restauration devraient si possible viser à préserver l'intégrité physique et biologique de cette station. La station aval de la lône de la Grella est également un habitat diversifié qui abrite un peuplement odonatologique remarquable dont le fonctionnement devrait être préservé par les futurs projets de restauration. A l'opposé, la station amont de la lône du Vieux-Rhône abrite une très faible biodiversité, du fait en partie du pompage agricole et de ses pentes abruptes et ne peut qu'être améliorée par un projet de restauration.

## **7.2 Les communautés de macroinvertébrés de sept lônes du Rhône dans le secteur de Belley, dix ans après restauration (2003 - 2015).**

### **7.2.1 Introduction**

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

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

Rhône entraînent des modifications quantitatives et qualitatives des communautés d'invertébrés aquatiques.

Parmi les invertébrés aquatiques, plusieurs groupes permettent de porter un diagnostic sur la gamme complète d'habitats en contexte alluvial : des habitats lotiques (chenal principal et bras latéraux courants) aux habitats semi-aquatiques. Ils fournissent donc une "vision de site" et permettent de diagnostiquer les conséquences biotiques des modifications de communication entre les lônes et le chenal principal.

Les précédents documents de restitution portaient sur l'état des sites alluviaux et de leurs communautés quatre ans après restauration (Castella *et al.*, 2012 ; 2015). Le présent propose une première synthèse sur l'état des communautés des sept lônes suivies dans le secteur de Belley, dix ans après la restauration du secteur. L'accent est mis sur la présentation pour chaque lône, de l'évolution des métriques décrivant la richesse des communautés d'invertébrés et la contribution des espèces exogènes.

## **7.2.2 Sites et méthodes**

### *7.2.2.1 Sites et dates*

Sept lônes ont été suivies à Belley (annexe 7.1), abrégées (BEAR, CHAN, FOUR, LUCE, LUIS, ENIL et MOIR). Six périodes de suivi sont analysées ici pour la première fois: pré-restauration (2003-04) et cinq périodes post-restauration: t+2 (2007), t+4 (2009), t+6 (2011), t+7 (2012) et t+10 (2015). Les données de la période t+7 sont issues du suivi de la chasse du barrage de Verbois.

Les échantillonnages pré- et post-restauration ont été répétés à deux saisons pour chaque période: au début du Printemps (Mars-Avril) et en été (Juillet).

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

introduites pour suivre l'évolution de plans d'eau nouvellement créés par la restauration dans des tronçons asséchés.

Les sept lônes suivies représentent un total de 18 stations (14 stations amont et aval, 4 stations "nouvelles": BEARavn, MOIRamn, LUISamn et ENILavn).

#### 7.2.2.2 *Échantillonnage de la macrofaune*

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

Les analyses qui suivent sont basées sur l'exploitation de 3 échantillons par site et par période. Un total de 621 échantillons élémentaires est analysé ici. Seule la station CHANam n'a pas pu être échantillonnée en été 2015 (3 échantillons).

#### 7.2.2.3 *Analyse des données et calcul des métriques*

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

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

(2) la richesse EPT. C'est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, groupes pour lesquels un niveau de

détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.

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

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

Malgré la brièveté de la période d'étude pré-restauration, la médiane (Q50) et l'intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration de ces métriques ont été utilisés à titre indicatif comme références pour la visualisation des changements post-restauration. Les analyses ont été réalisées sur des synthèses par période: les données analysées sont les sommes des 6 échantillons (3 de printemps et 3 d'été) pour chaque station et période.

Des analyses factorielles des correspondances ont été utilisées pour décrire les similarités faunistiques entre sites et décrire les changements temporels de la composition des communautés. Ces calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le logiciel R (R Core Team, 2015) et le jeu de fonctions ade4 sous R (Dray & Dufour, 2007).

### **7.2.3 Description globale de la diversité des communautés d'invertébrés des lônes de Belley (2003 - 2015)**

Les données complètes (235 taxons x 18 stations à 6 périodes) décrites par une Analyse Factorielle des Correspondances qui met l'accent sur les différences de composition faunistique entre stations et périodes, montre une très forte structure en gradient qui se traduit sous la forme d'un nuage de points "en arche" (Figure 7.2.1). Les lônes s'ordonnent en fonction de leur connectivité globale au fleuve. On peut, de façon simplifiée, distinguer trois groupes de lônes à connectivité croissante: Béard et Moiroud / Luisette et Fournier / Chantemerle, Lucey et En l'Île. Les différences entre lônes expliquent de façon significative ( $p=0.01$ ) 21% de la diversité faunistique observée. Ces différences sont d'un ordre de grandeur supérieur à celles expliquées par les changements temporels entre les six périodes (8% de la diversité,  $p=0.01$ ).

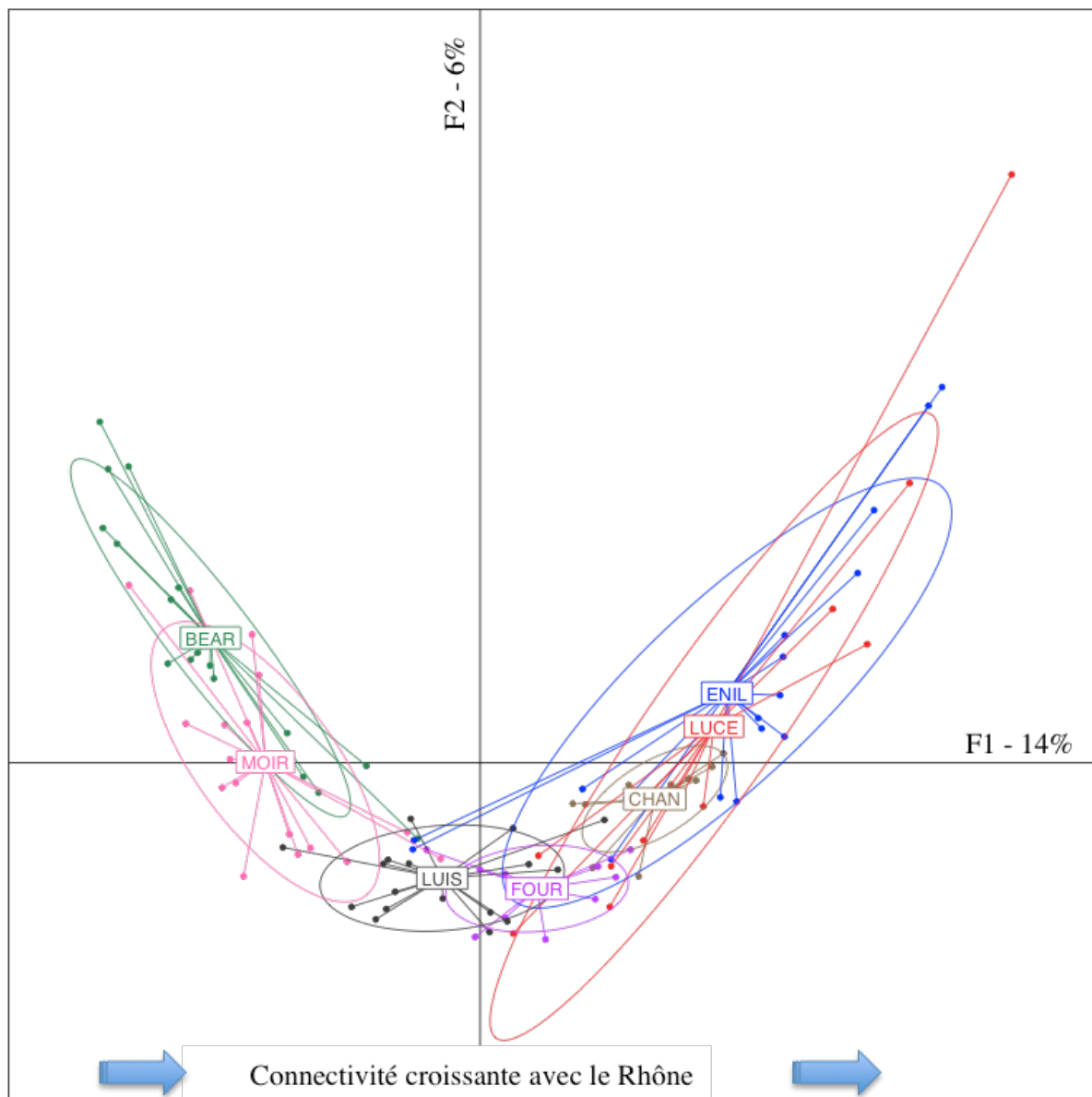


Figure 7.2.1 – Ordination de 7 lônes du secteur de Belley à six périodes d'étude. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons  $\log_e$ -transformées (235 taxons x 18 stations à 6 périodes).

L'identification des stations dans la même analyse (Figure 7.2.2) montre:

a) la forte homogénéité faunistique des stations à l'intérieur de certaines lônes (essentiellement Luisettes, Fournier, Chantemerle), alors que les stations de Béard, Lucey, En L'île et, dans une moindre mesure, Moiroud, sont plus différenciées.

b) la forte stabilité interannuelle de certaines stations (en particulier BEARavn, CHANam et av) qui s'oppose à de plus forts changements au cours du temps par exemple à LUCEam, ENIL ou MOIRam. Ce contraste ne semble pas simplement interprétable en relation avec les actions de restauration. Ainsi, BEARavn (forte stabilité) est un site "créé" par la restauration

qui montre un remplissage sédimentaire fin et une colonisation par la végétation rapides alors que MOIRam (plus fluctuant) n'a pas été modifié morphologiquement. De même, LUCEam, sans modification morphologique, mais une influence probable de l'augmentation des débits réservés, montre une fluctuation importante entre dates.

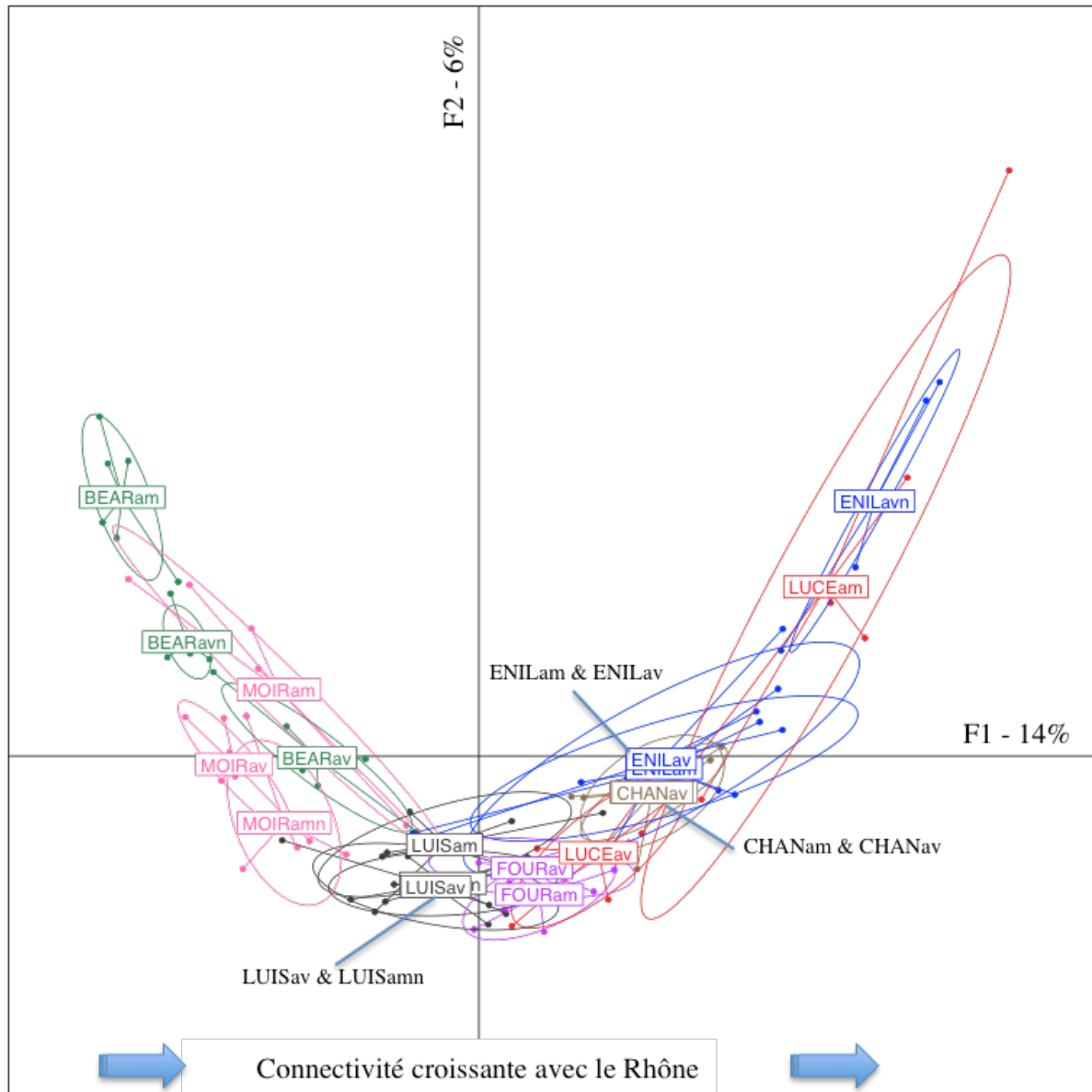


Figure 7.2.2 – Ordination de 7 îlots du secteur de Belley à six périodes d'étude. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons loge-transformés (235 taxons x 18 stations à 6 périodes). L'image est la même qu'en Figure 1, mais les points sont regroupés par station.

La stabilité temporelle de la structure en gradient observée et la quantité de données maintenant disponibles permettent d'identifier des taxons "indicateurs" dont les variations d'abondances sont caractéristiques de niveaux de connectivité avec le fleuve. Trois ensembles de taxons sont proposés ici pour des niveaux faibles (Figure 7.3.3), élevés (Figure 7.2.4) et



intermédiaires (Figure 7.2.5) de connectivité latérale. Leur sélection a été faite sur la base de leur contribution au premier axe de l'ordination des données par une AFC (Figures 7.2.1 et 7.2.2).

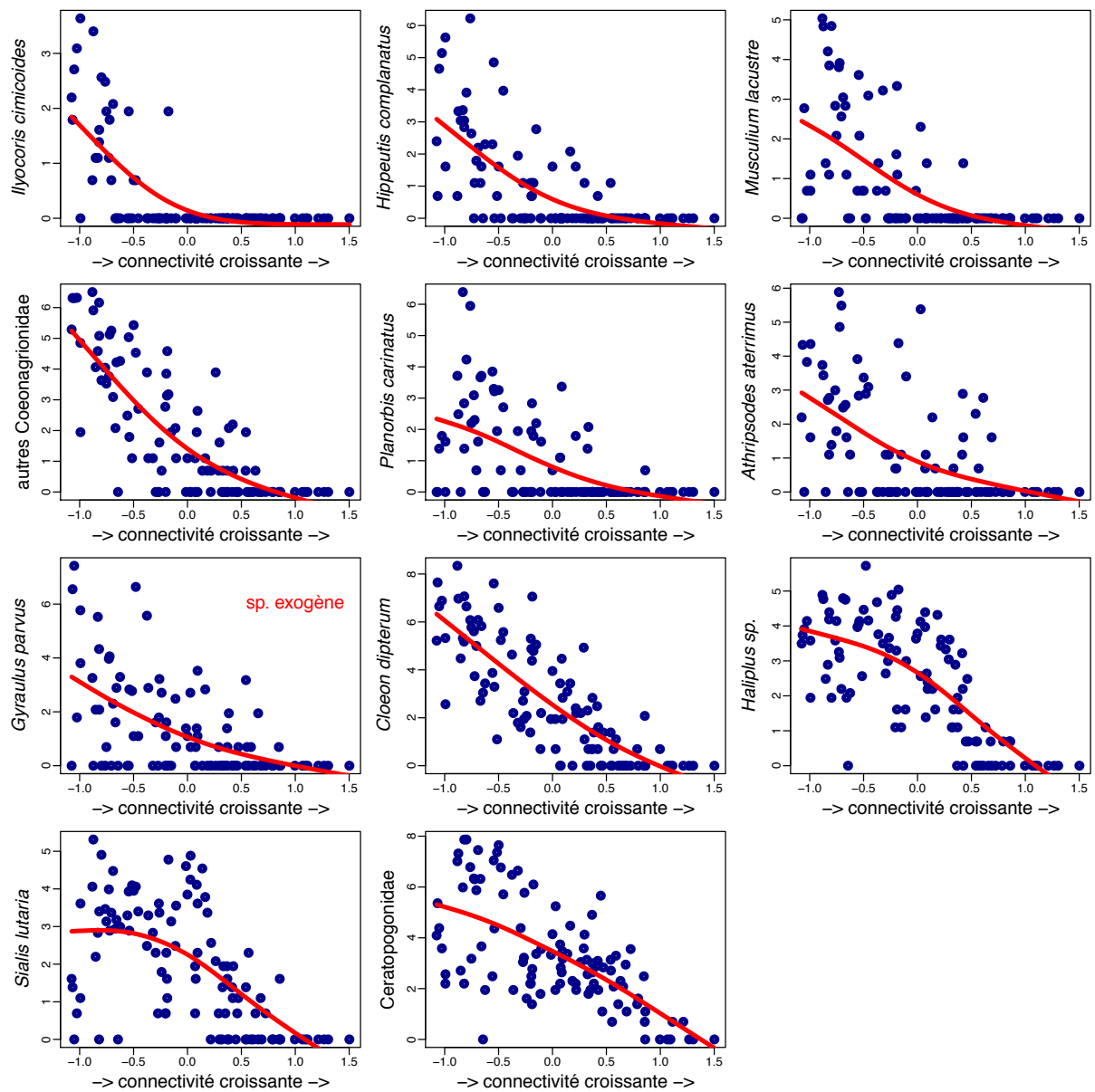


Figure 7.2.3 – Variations d'abondance de 11 taxons indicateurs de connectivité latérale faible avec le Rhône.  $n = 103$  stations \* périodes (7 lînes de Belley, 2003 - 2015). Sur les axes verticaux, les abondances sont log<sub>e</sub>-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 individus; 4 = 54 individus; 6 = 402 individus), elles sont la somme des individus collectés dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit 1.5m<sup>2</sup>. Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 degrés de liberté.

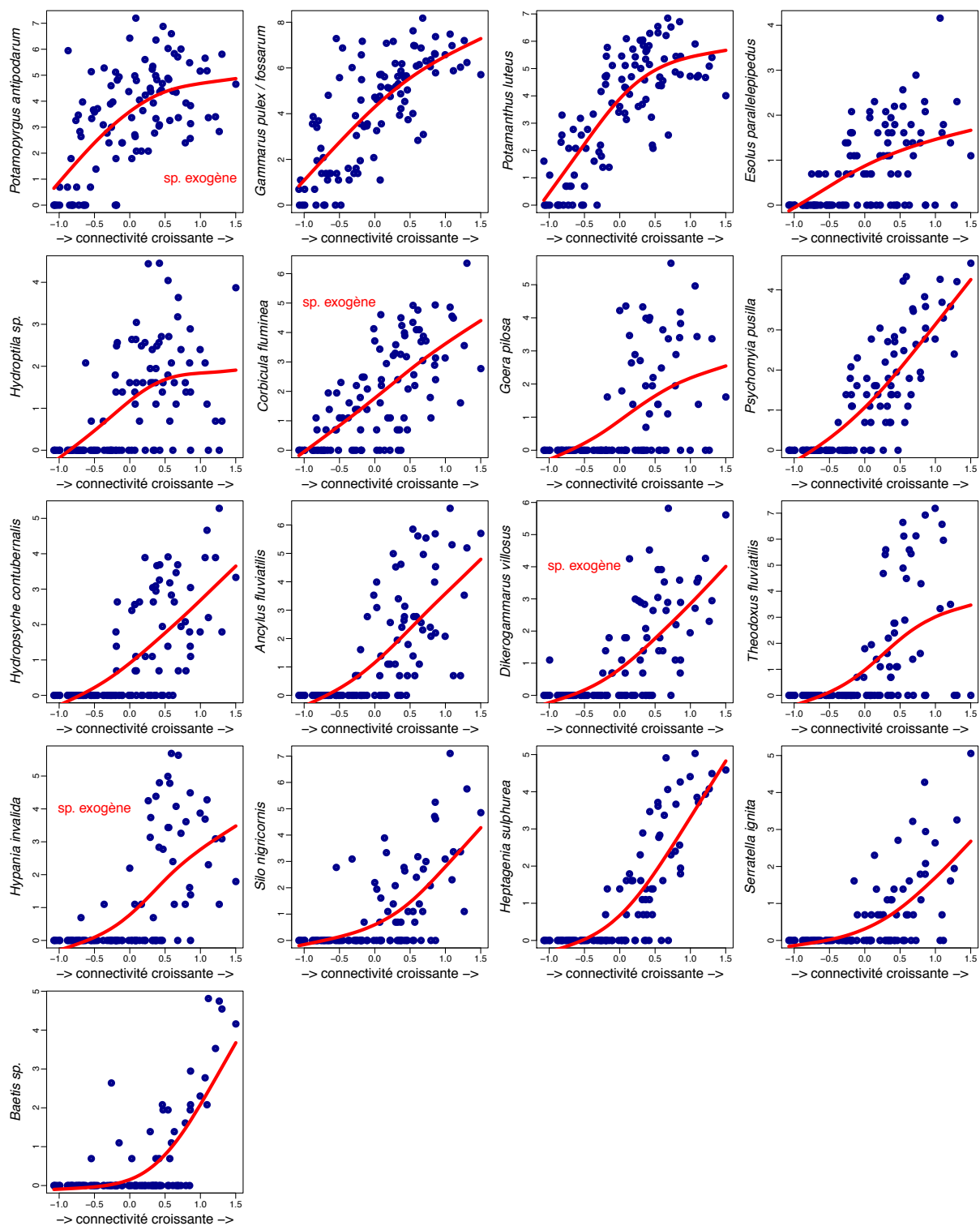
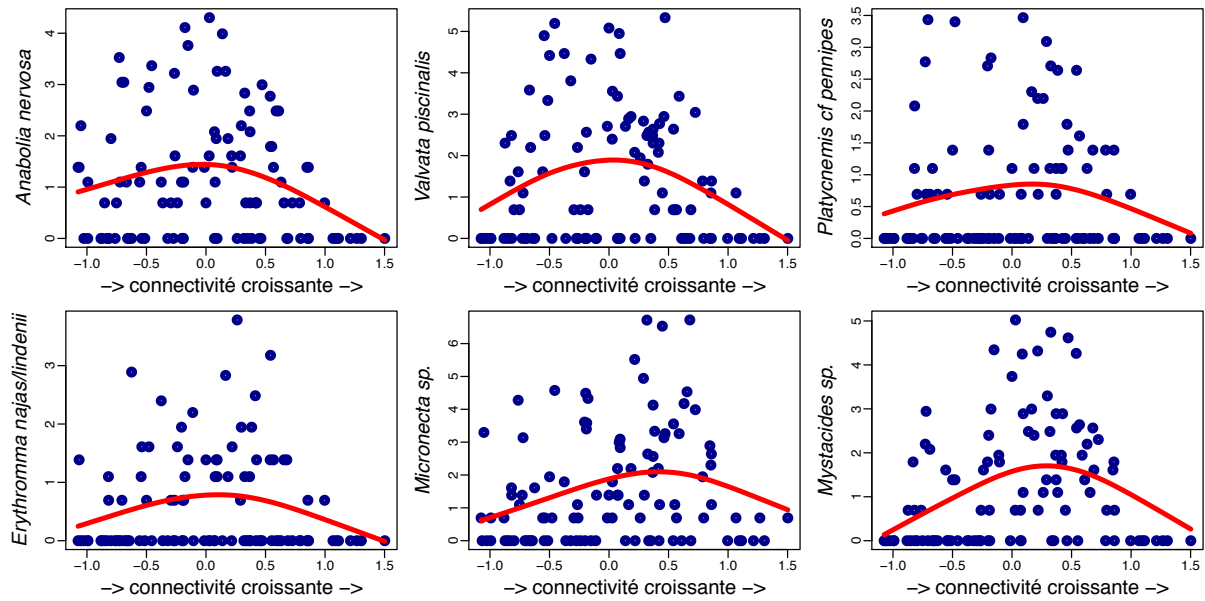


Figure 7.2.4 – Variations d'abondance de 17 taxons indicateurs de connectivité latérale forte avec le Rhône.  $n = 103$  stations \* périodes (7 lônes de Belley, 2003 - 2015). Sur les axes verticaux, les abondances sont log-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 individus; 4 = 54 individus; 6 = 402 individus), elles sont la somme des individus collectés dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit  $1.5m^2$ . Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 degrés de liberté.



**Figure 7.2.5** – Variations d'abondance de 6 taxons indicateurs de connectivité latérale moyenne avec le Rhône.  $n = 103$  stations \* périodes (7 lônes de Belley, 2003 - 2015). Sur les axes verticaux, les abondances sont log<sub>e</sub>-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 individus; 4 = 54 individus; 6 = 402 individus), elles sont la somme des individus collectés dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit 1.5m<sup>2</sup>. Les tendances sont lissées avec une fonction spline à 3 degrés de liberté.

Si le mollusque *Gyraulus parvus* est la seule espèce exogène à coloniser préférentiellement les stations les plus déconnectées (Figure 7.2.3), à l'autre extrémité du gradient de connectivité, les mollusques *Potamopyrgus antipodarum* et *Corbicula fluminea*, l'amphipode *Dikerogammarus villosus* et le polychète *Hypania invalida* ont un préférendum marqué pour les milieux les plus connectés (Figure 7.2.4).

## **7.2.4 Analyse des changements temporels de la diversité des communautés d'invertébrés par lône (secteur de Belley 2003 - 2015)**

### **7.2.4.1 Lône Béard (BEAR)**

La lône Béard est la moins connectée latéralement des sept étudiées dans le secteur de Belley. Sa situation en rive droite du Séran accentue son "isolement" par rapport au Rhône. Les stations amont et aval "nouvelle" ont été respectivement recreusées et créées lors de la restauration. La station aval n'a pas été modifiée, sinon par l'augmentation des débits réservés dans le RCC. C'est cette dernière qui présente les plus fortes fluctuations temporelles de composition taxonomique (Figure 7.2.6) car elle est peu profonde et directement influencée par les variations de conditions hydrologiques entre années. On y rencontre un mélange

typique de taxons du fleuve et de milieux plus stagnants, mais aussi d'éléments très originaux fort peu fréquents ailleurs (l'Ephéméroptère *Siphonurus*). Les stations av et avn sont des "hotspots" de richesse en gastéropodes aquatiques (entre 10 et 15 espèces, Figure 7.2.7), tout en possédant (BEARav) des richesses également élevées en insectes EPT. Ces deux stations maintiennent, tout au long de la période d'étude, des proportions très faibles d'individus appartenant à des espèces exogènes. Ce n'est pas le cas de la station amont où le gastéropode *Gyraulus parvus* représente plus de 25% de l'abondance de la communauté depuis 2012 (Figure 7.2.7). L'"explosion" de cette espèce exogène s'accompagne toutefois d'une augmentation régulière depuis 2003 de la richesse totale en espèces de gastéropodes (Figure 7.2.7).

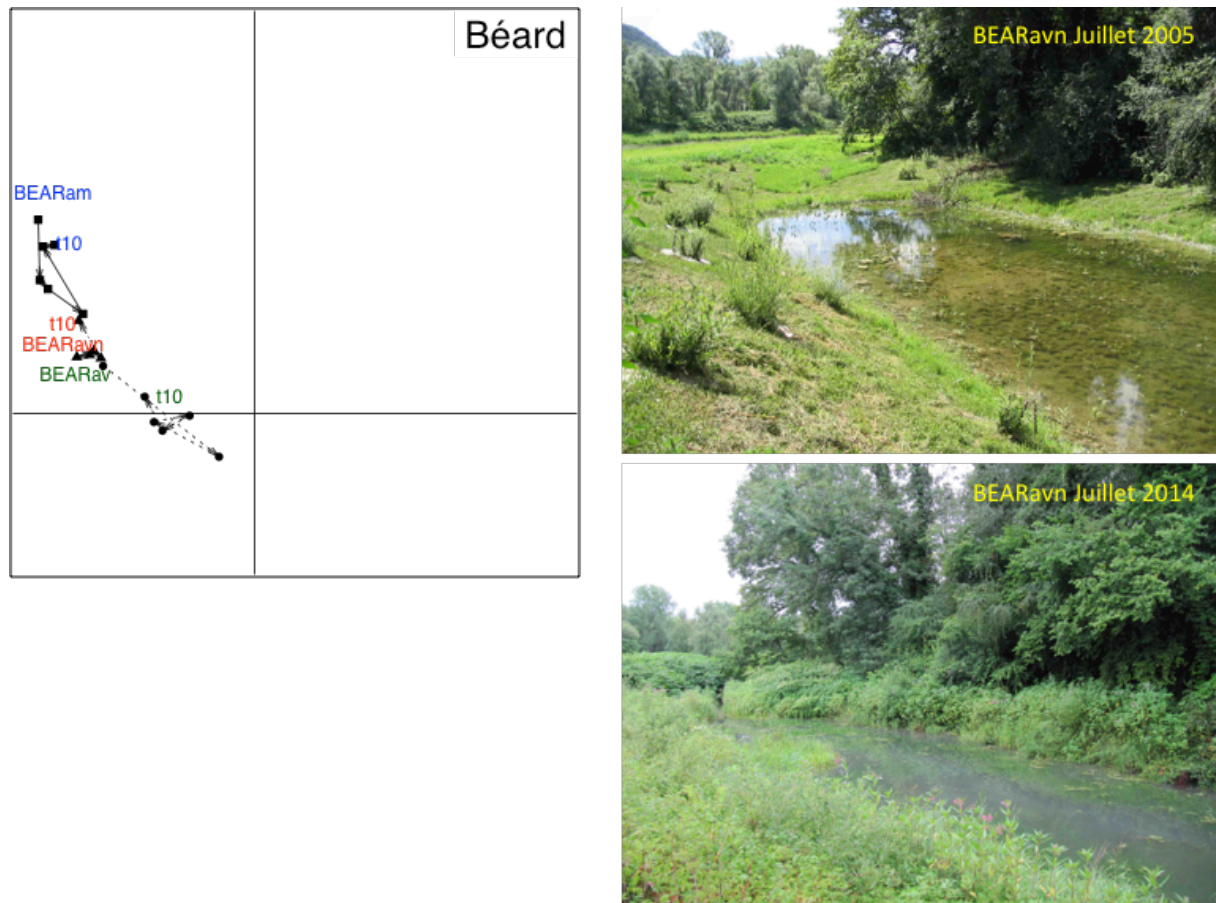


Figure 7.2.6 - Trajectoire temporelle des trois stations (am, avn, av) de la lône Béard dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

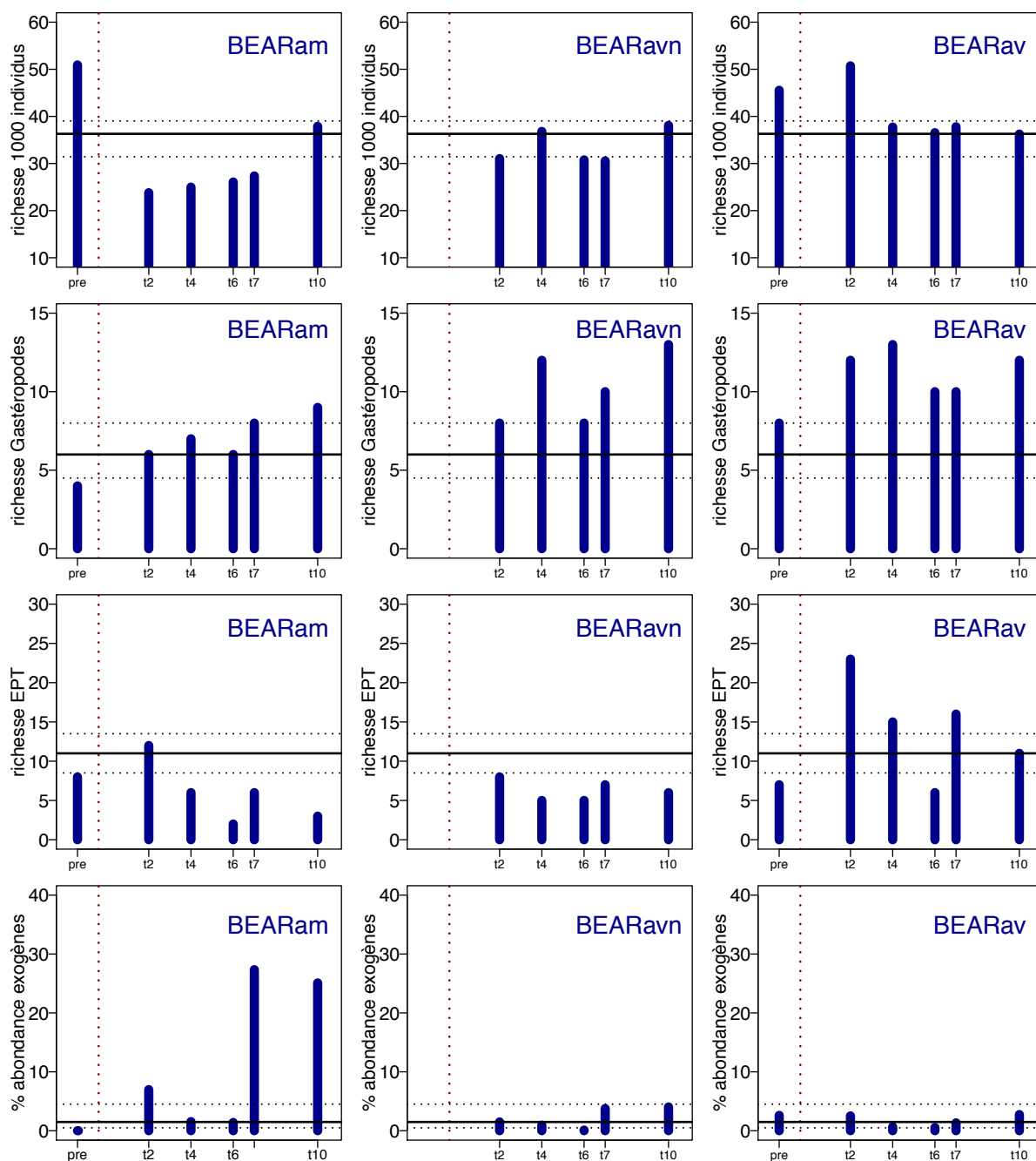


Figure 7.2.7 - Lône Béard - Richesse standardisée pour l'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.  
 pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

#### 7.2.4.2 Lône Moiroud (MOIR)

Le long de la lône Moiroud, les stations amont "nouvelle" et aval ont été respectivement créée et curée lors de la restauration. La station amont n'a pas été modifiée, sinon par l'augmentation des débits réservés dans le RCC. L'observation au fil des années des stations les plus amont (am et amn) montre un impact important des passages de crue sous la forme de découpages (MOIRam) ou de dépôts sableux (MOIRamn). L'impact des crues découpantes sur la station isolée MOIRam dont la surface et le volume en eau sont très restreints, est très probablement responsable des fluctuations faunistiques importantes qui y sont enregistrées (Figure 7.2.8). Comparativement aux trois stations étudiées à Béard, les indicateurs de richesse montrent des valeurs globalement plus faibles (Figure 7.2.9). Seule la station aval, avec sa végétation aquatique diversifiée, constitue un site très riche en gastéropodes aquatiques, au même titre que la station BEARav. Les proportions d'individus appartenant à des espèces invasives sont faibles (particulièrement en MOIRam), avec quelques pics "erratiques" à t2 et t7 dans les deux autres stations (Figure 7.2.9).

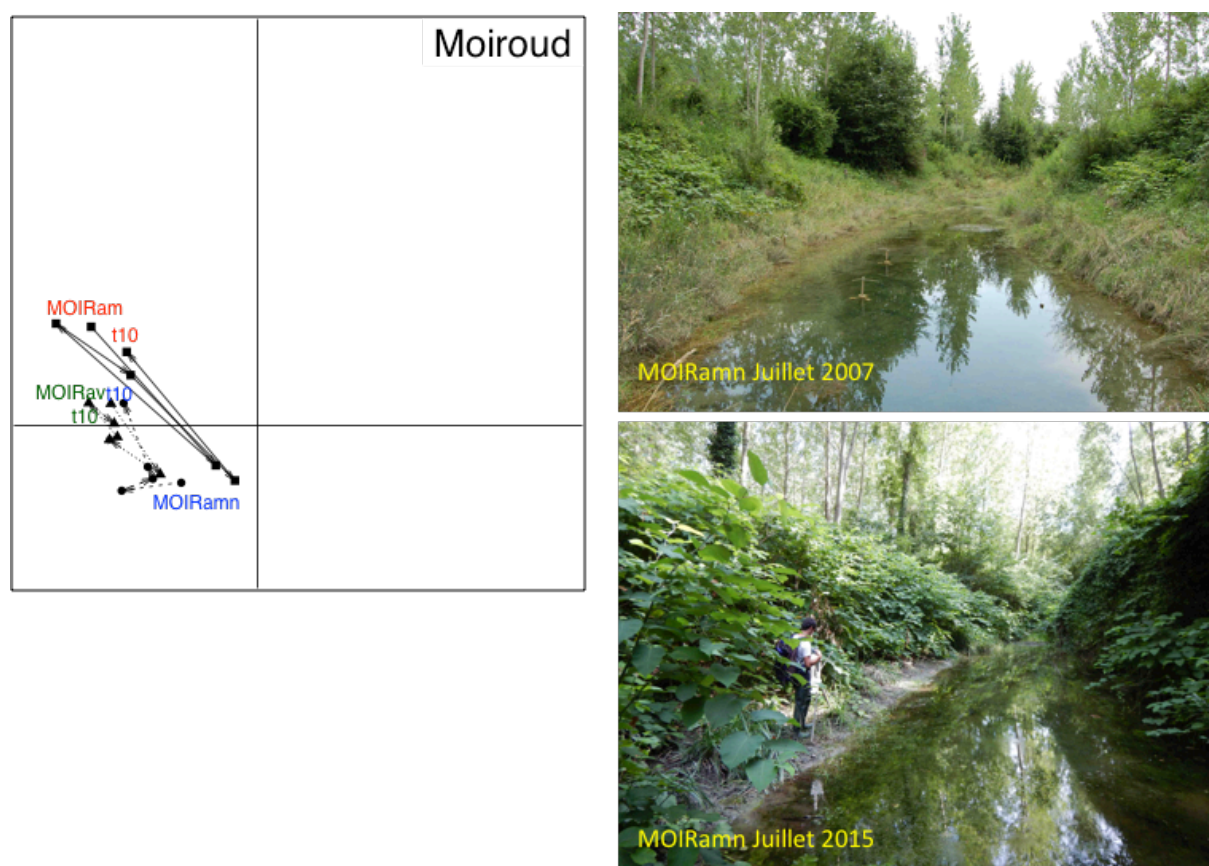


Figure 7.2.8 - Trajectoire temporelle des trois stations (am, amn, av) de la lône Moiroud dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.



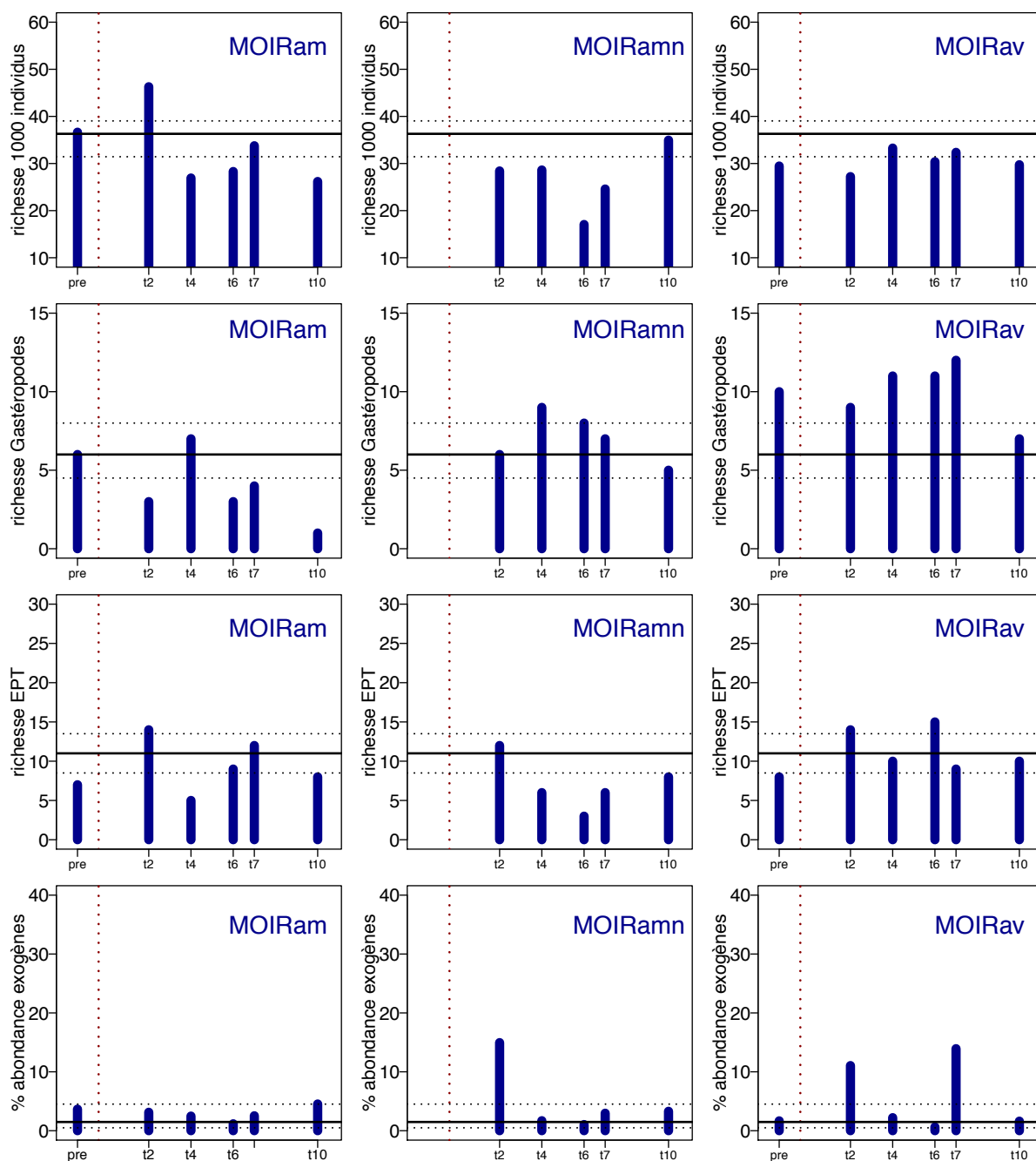


Figure 7.2.9 - Lône Moiroud - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.

pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

### 7.2.4.3 Lône des Luisettes (LUIS).

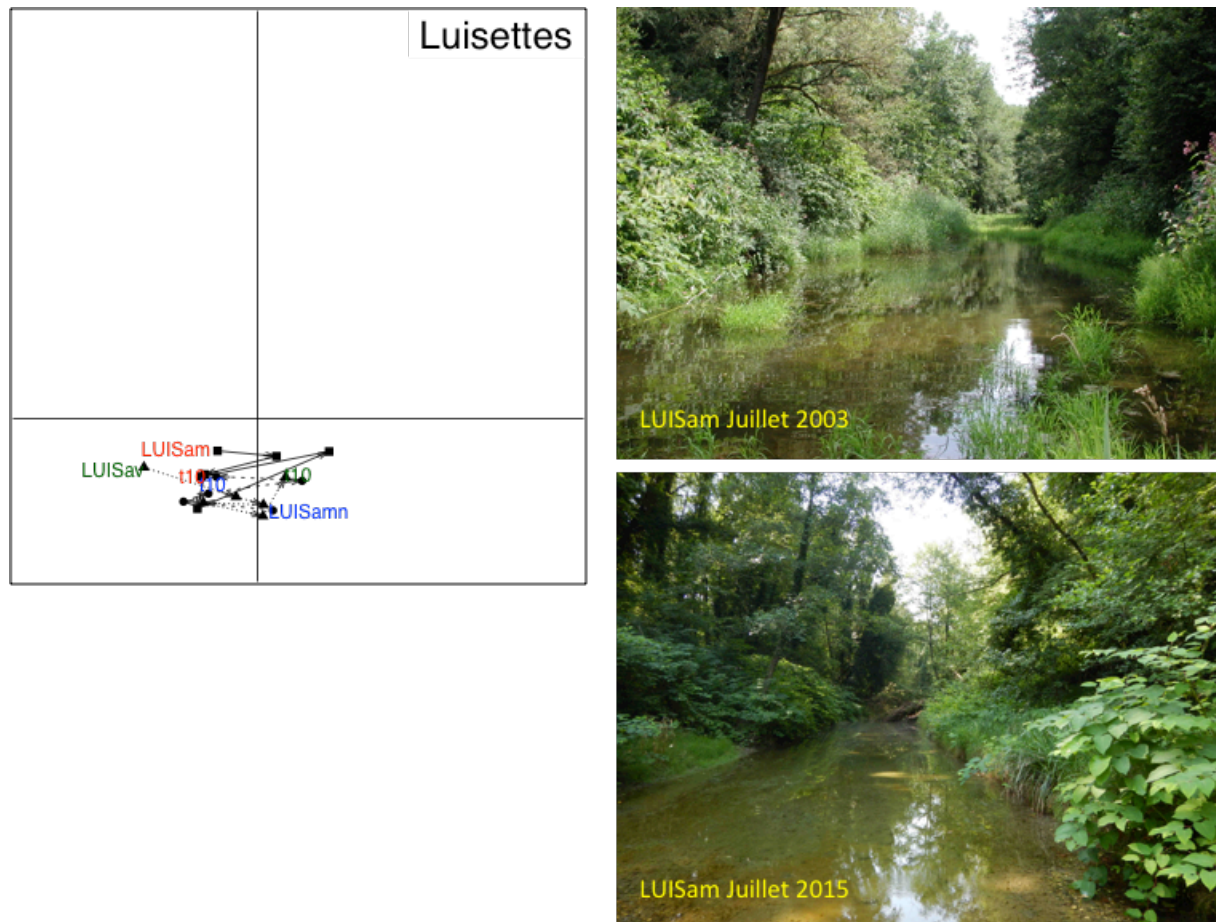


Figure 7.2.10 - Trajectoire temporelle des trois stations (am, amn, av) de la lône des Luisettes dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

Comme la lône Moiroud, la lône des Luisette a été étudiée avec une station amont assez peu modifiée morphologiquement par la restauration, une station amont "nouvelle" créée par creusement qui s'est rapidement trouvée connectée au reste de la lône suite au passage des crues, et une station aval non modifiée, sinon par l'augmentation des débits réservés dans le RCC, connectée au Sérans. Les fluctuations temporelles de composition faunistique (Figure 7.2.10) sont assez erratiques à l'amont (LUISam, LUISamn), mais montrent une tendance plus nette vers une connectivité plus élevée pour la station LUISavn. En effet, comme attendu, les richesses en gastéropodes et en insectes EPT y évoluent tendanciellemment en sens inverse avec une augmentation des EPT (10 taxons en 2003-04, 20 en 2010, Figure 7.2.11). Paradoxalement pour un contexte d'augmentation des débits réservés, et donc de la fréquence



de connexion à l'amont avec le Rhône, c'est une tendance inverse qui apparaît à LUISam, où la richesse en EPT chute après 2007 (ainsi que la richesse pour 1'000 individus qui y diminue pratiquement de moitié) et la richesse en gastéropode augmente (Figure 7.2.11). Les proportions d'individus appartenant à des espèces invasives demeurent faibles, bien qu'approchant régulièrement 10% à LUISam après 2007.

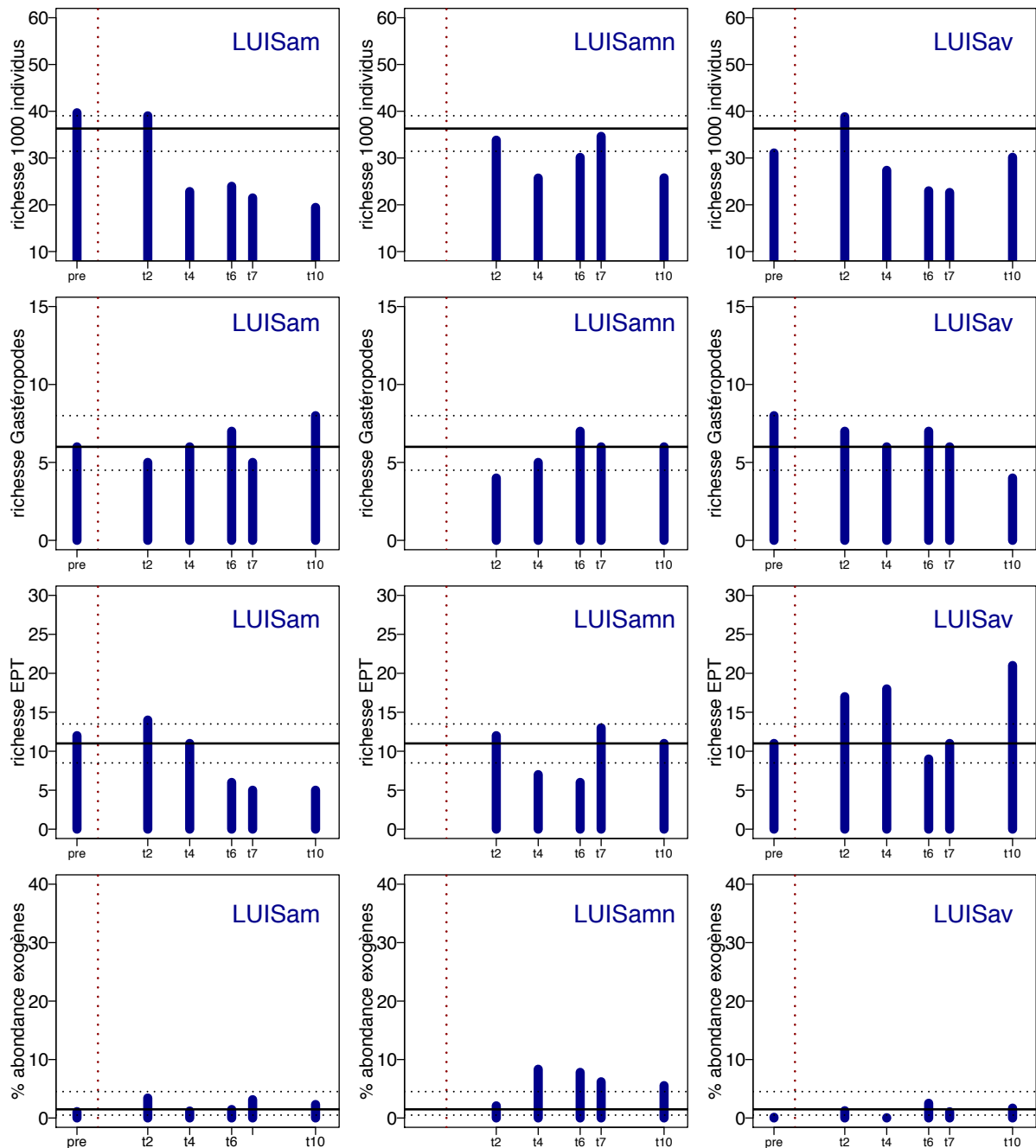


Figure 7.2.11 - Lône des Luisettes - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.

pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

#### 7.2.4.4 Lône Fournier (FOUR)

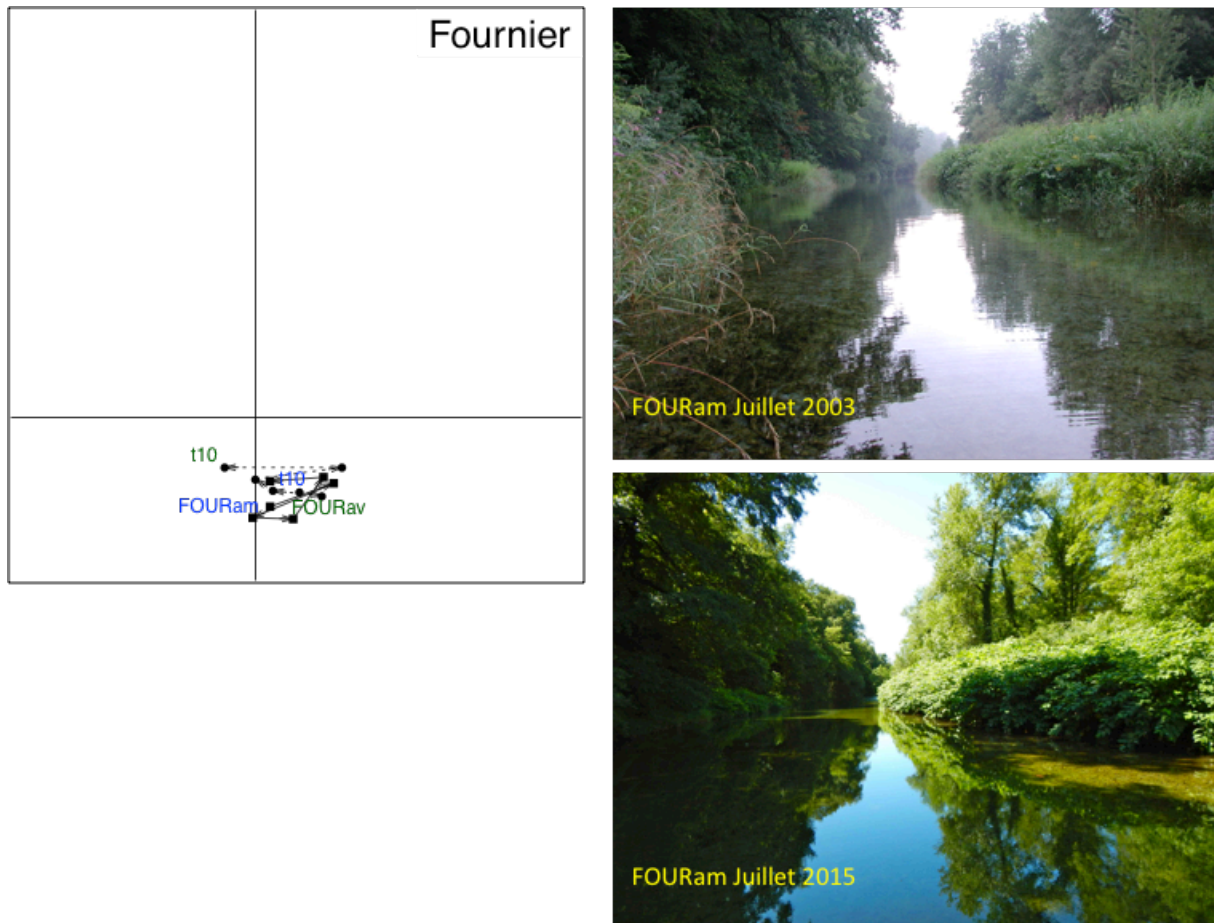


Figure 7.2.12 - Trajectoire temporelle des deux stations (am, av) de la lône Fournier dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

Proche de la lône Moiroud dans le gradient de connectivité (Figure 7.2.1), les fluctuations temporelles des stations FOURam et FOURav ne montrent pas de tendances nettes (Figure 7.2.12), à l'image des stations LUISam et LUISamn (Figure 7.2.10). La station amont a été légèrement recreusée. Les métriques n'y montrent pas d'évolution tendancielle, à l'exception d'un accroissement de la richesse en espèces de gastéropodes, proche de celui observable à LUISam. La station aval est comparable à BEARav, ouverte sur le Rhône et peu profonde, elle est caractérisée par une grande hétérogénéité d'habitat (patches de végétation aquatique, de sédiments nus à granulométrie diversifiée,...). C'est, de façon remarquable et constante au cours du temps, un "hotspot" de diversité en insectes EPT (environ 20 taxons, Figure 7.2.13). La richesse en gastéropodes y atteint également des valeurs élevées, mais moins constantes dans le temps. Les proportions d'individus appartenant à des espèces invasives varient de

façon assez erratique. On note une diminution de cette métrique en FOURav après 2009 (Figure 7.2.13).

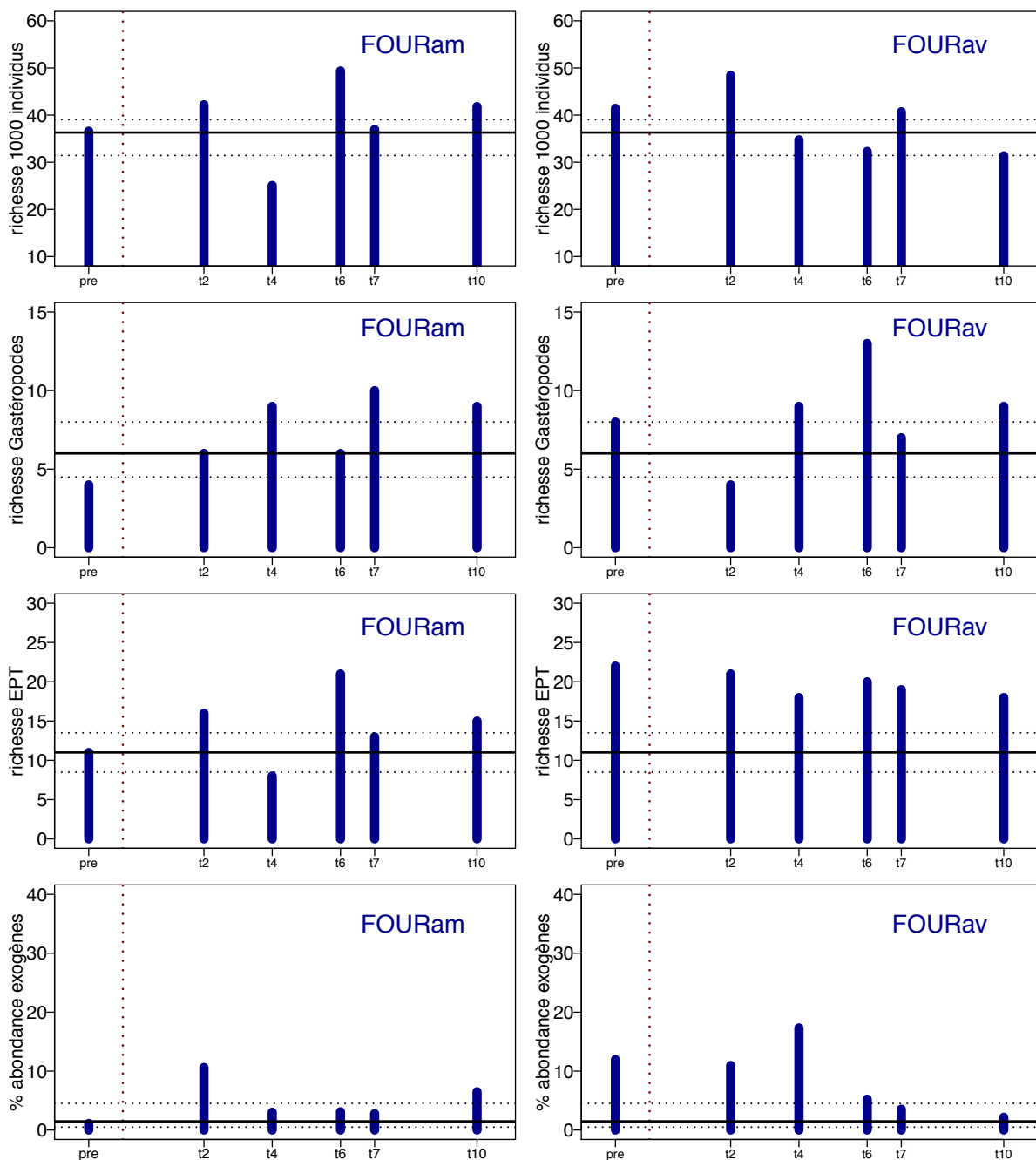


Figure 7.2.13 - Lône Fournier - Richesse standardisée pour l'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.  
 pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

#### 7.2.4.5 Lône de Chantemerle (CHAN)

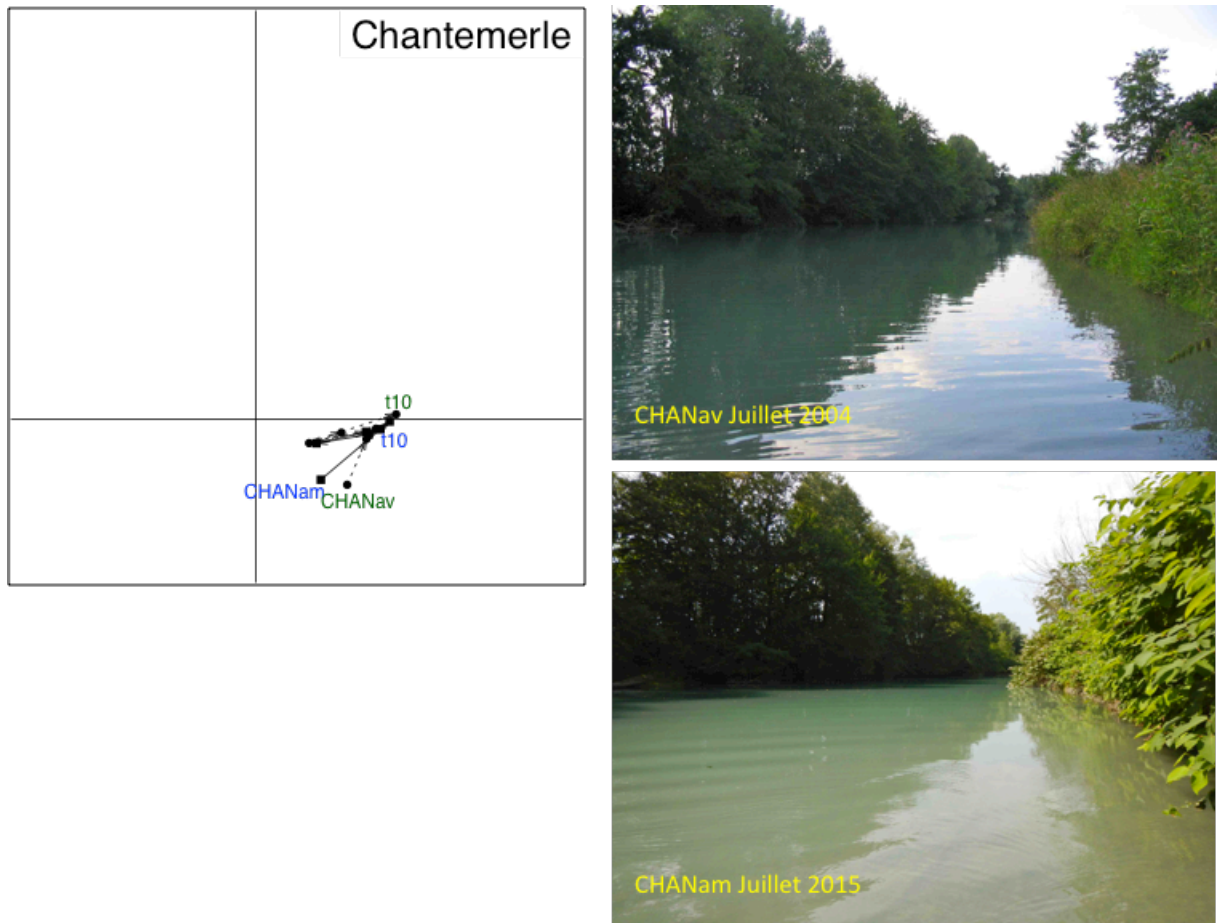


Figure 7.2.14 - Trajectoire temporelle des deux stations (am, av) de la lône de Chantemerle dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

Située à l'aval de la restitution de l'aménagement de Belley, la lône de Chantemerle n'a pas été directement concernée par la restauration du secteur. Elle constitue donc un témoin pouvant permettre d'évaluer des tendances non directement imputables à celle-ci. L'image observable est celle d'une grande stabilité et d'un synchronisme des stations amont et aval (Figure 7.2.14). La station amont est très proche d'un état de connexion permanent à l'amont avec le Rhône et subit des fluctuations hydrauliques journalières dues aux opérations de l'usine de Belley. La station aval est en permanence totalement connectée au fleuve et connaît également des fluctuations journalières marquées. Les métriques (Figure 7.2.15) témoignent globalement d'une richesse élevée, tant pour les insectes EPT que pour les mollusques gastéropodes, qui se situent tous deux assez régulièrement vers le haut de l'intervalle

interquartile pré-restauration, voire au dessus. Les proportions d'individus appartenant à des espèces invasives sont systématiquement au dessus de la référence pré-restauration et globalement plus élevées que dans les quatre lônes moins connectées.

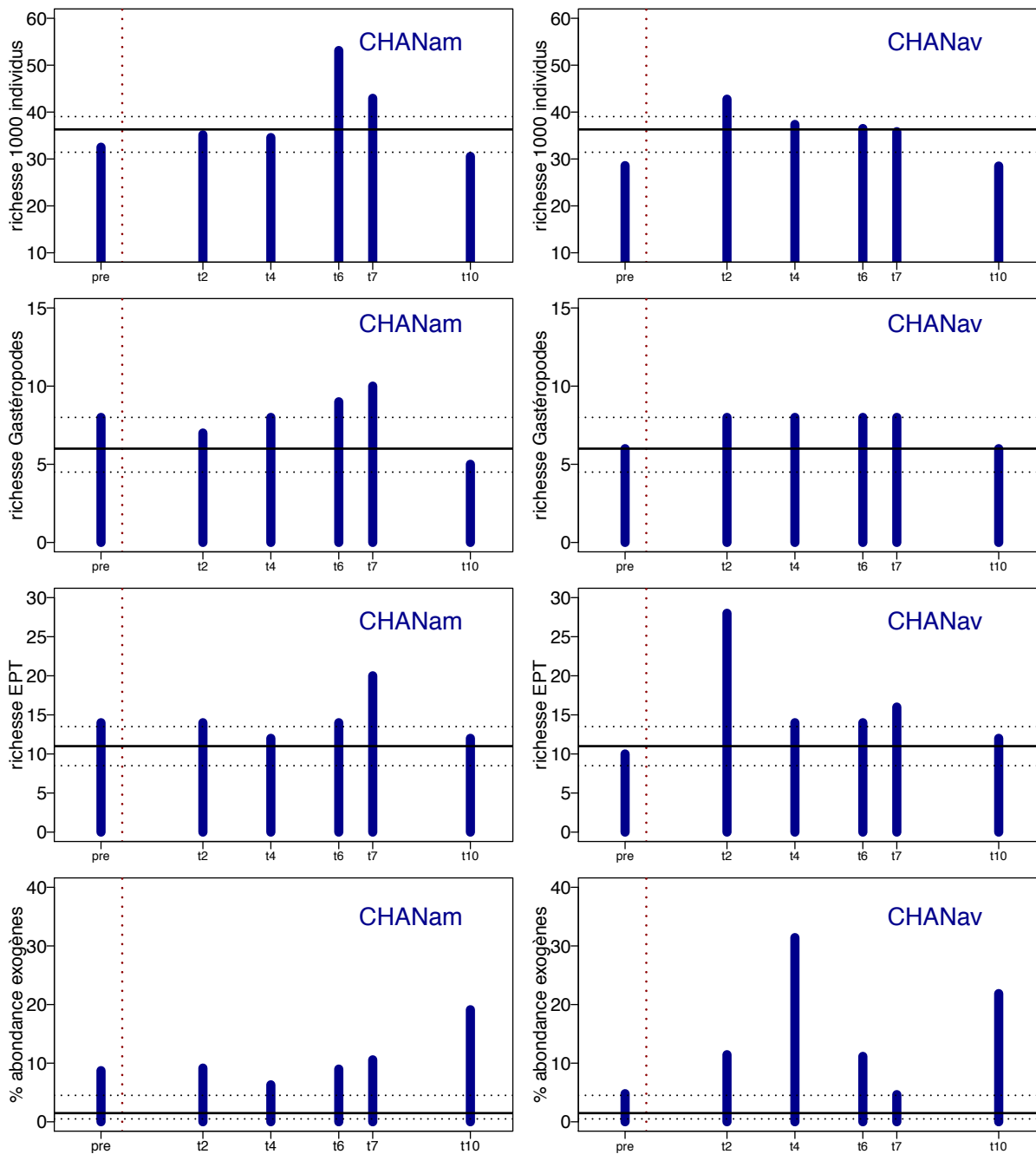


Figure 7.2.15 - Lône de Chantemerle - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.

pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

#### 7.2.4.6 Lône de Lucey (LUCE)

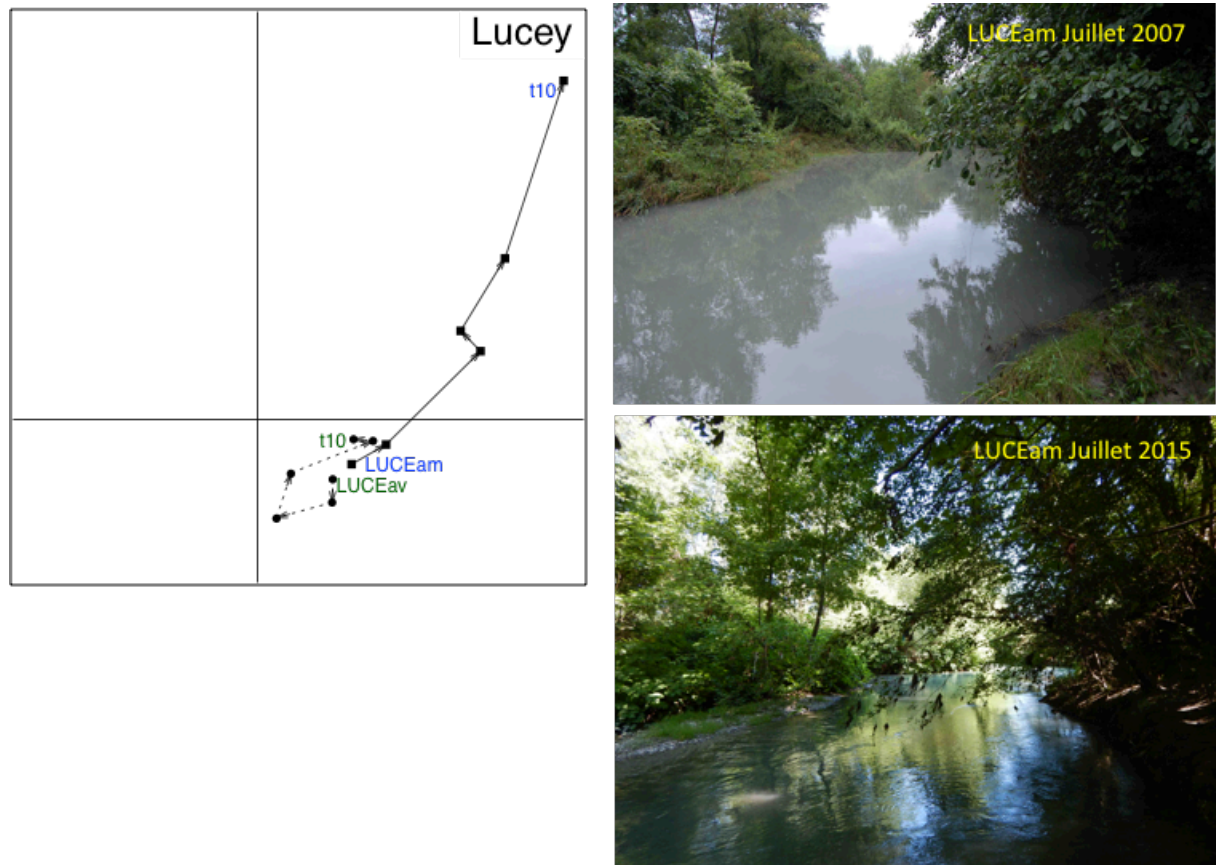


Figure 7.2.16 - Trajectoire temporelle des deux stations (am, av) de la lône de Lucey dans l'analyse faunistique globale (Figures 7.2.1 et 7.2.2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

Entièrement connectée au Rhône et fonctionnant comme un bras latéral courant, la lône de Lucey a connu une augmentation de son hydraulité du fait de la restauration, sans être modifiée morphologiquement. Il est remarquable de constater que sa station amont montre la trajectoire temporelle la plus marquée parmi les 18 stations suivies. La dérive de la communauté de cette station vers le pôle le plus lotique du gradient de connectivité est faible immédiatement après restauration (t2) et s'amplifie par la suite (Figure 7.2.16). Elle est due, d'une part à la diminution / disparition de taxons lénitophiles (les coléoptères *Haliplus* et *Dryops*, le trichoptère *Limnophilus lunatus*, l'éphéméroptère *Caenis horaria*, le bivalve *Pisidium* et le mégaloptère *Sialis lutaria*), d'autre part à l'augmentation / installation d'un cortège de taxons rhéophiles (les trichoptères *Silo nigricornis*, *Psychomyia pusilla*, *Rhyacophila* gr. *dorsalis*, *Hydropsyche exocellata/modesta*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche incognita*, *Agapetus fuscipes* et *ochripes*, l'éphéméroptère *Baetis* et le plécoptère *Brachyptera*). Cette évolution est moins nette au niveau de la station aval, plus large et



profonde. Toutefois, les métriques de richesse (Figure 7.2.17) montrent pour LUCEav une tendance globale à l'augmentation de la diversité (richesse pour 1'000 individus) et des richesses en gastéropodes et en insectes EPT. Seule cette dernière tend à croître au fil du temps à LUCEam. Les proportions d'individus appartenant à des espèces invasives sont globalement supérieures à la gamme de référence pré-restauration et fluctuent de façon relativement erratiques, atteignant une valeur forte, proche de 35%, à LUCEav en 2015 (Figure 7.2.17).

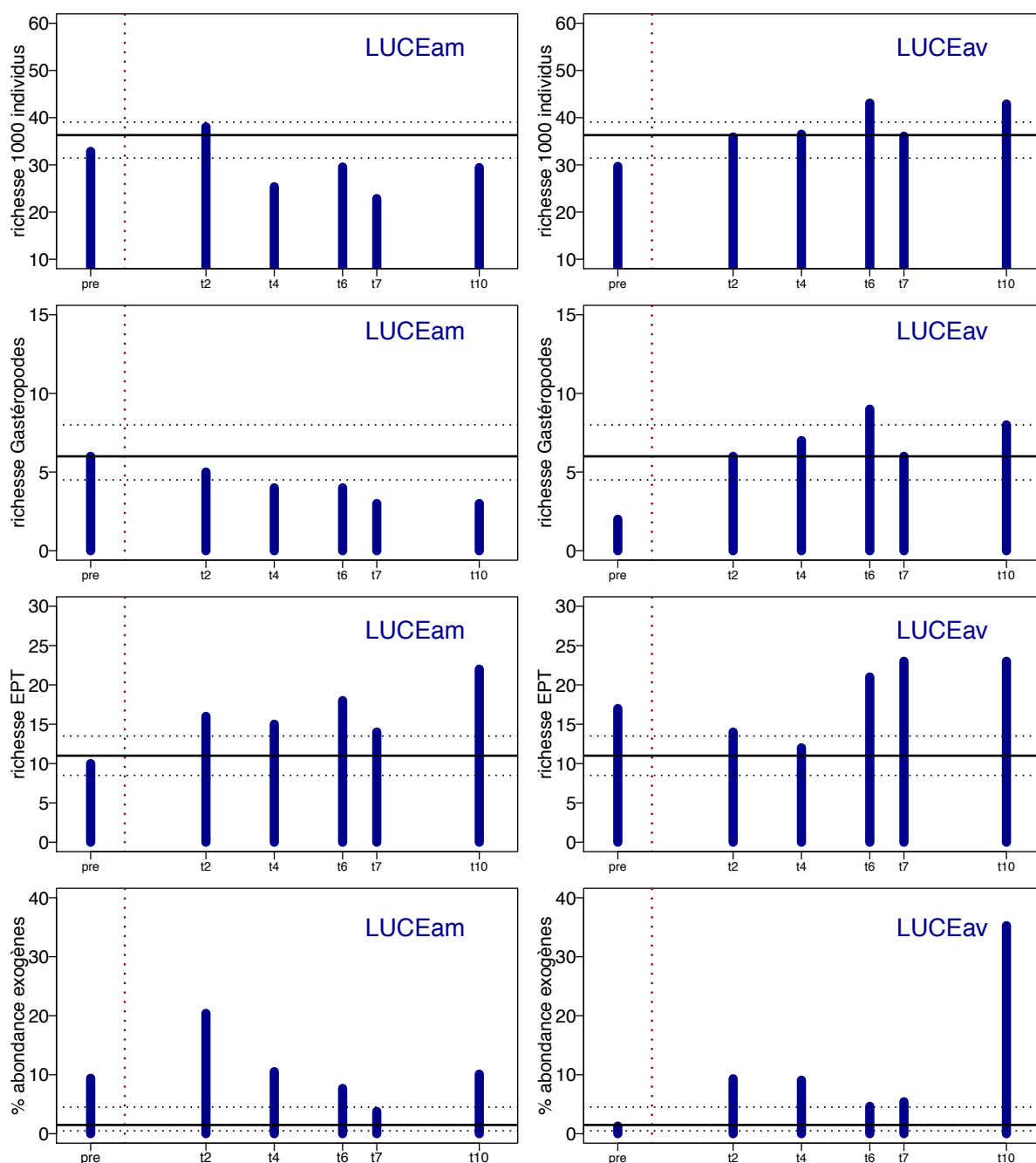


Figure 7.2.17 - Lône de Lucey - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.  
 pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.



#### 7.2.4.7 Lône d'En l'Île (ENIL)

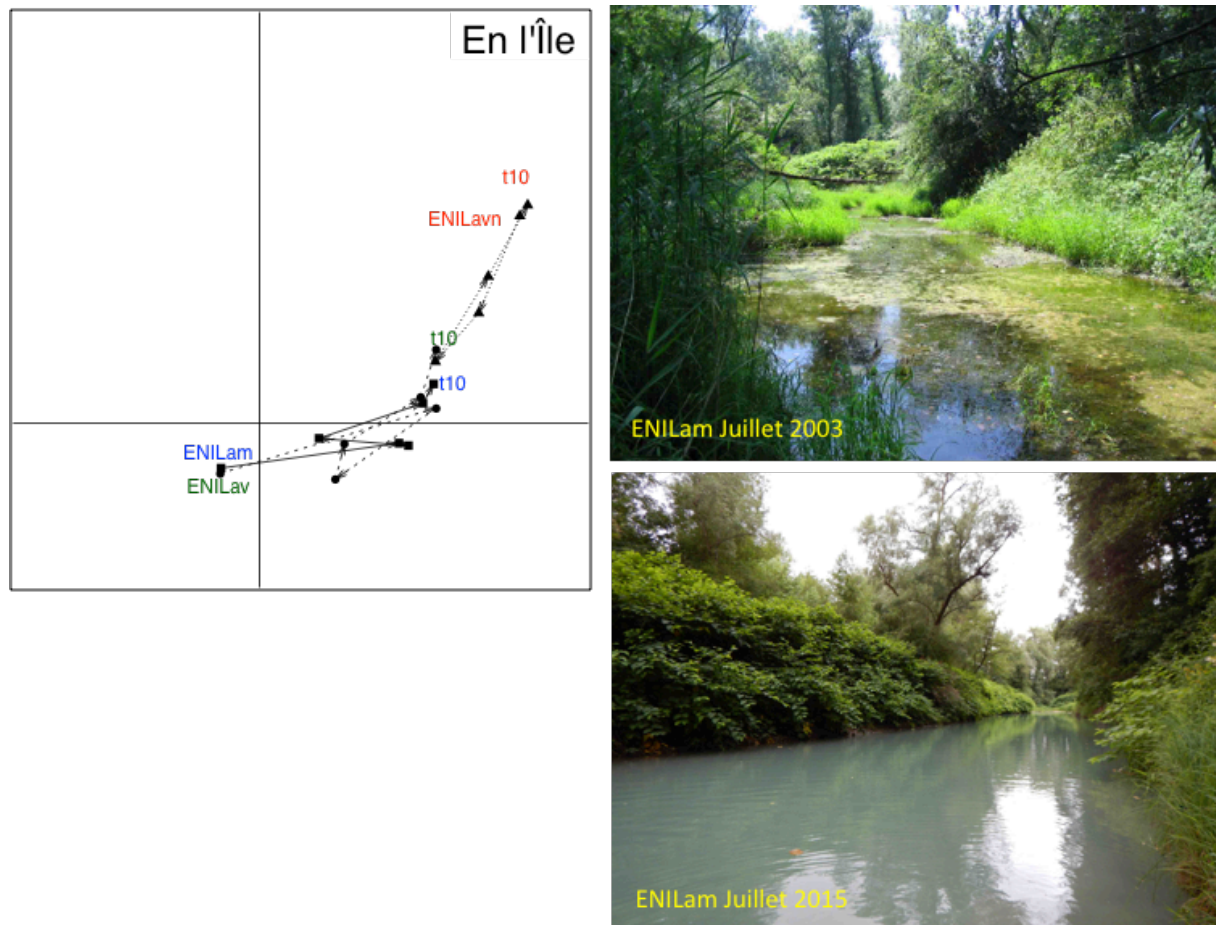
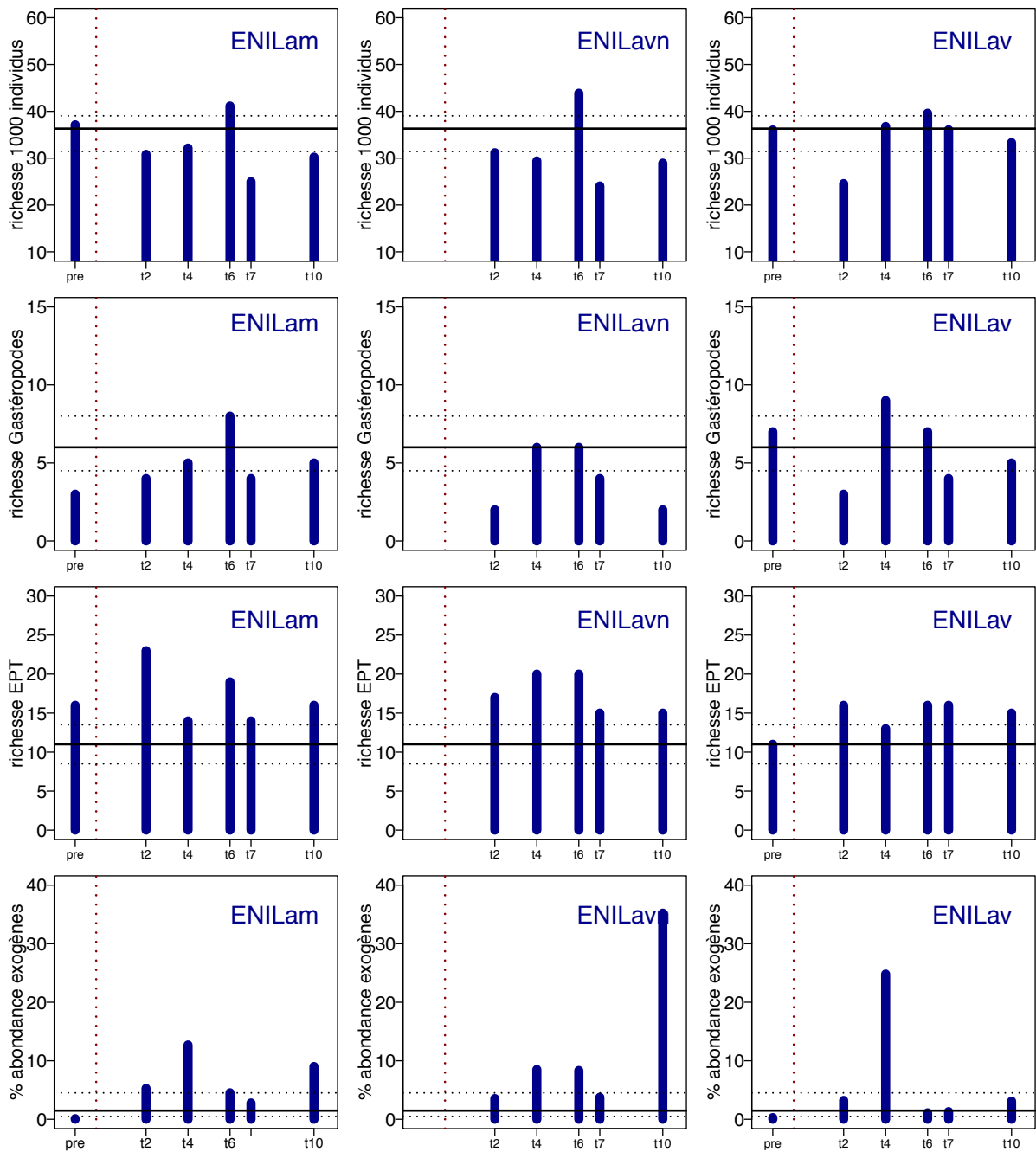


Figure 7.2.18 - Trajectoire temporelle des trois stations (am, av, avn) de la lône d'En L'Île dans l'analyse faunistique globale (Figures 1 et 2). L'initiale de la station indique la première date d'étude, t10 l'année 2015.

Pratiquement superposée à la lône de Lucey dans le gradient de connectivité (Figure 7.2.1), la lône d'En l'Île doit son fonctionnement de bras latéral courant à la restauration de sa connexion amont avec le Rhône. Cette conséquence de la restauration se traduit par un déplacement important et synchrone des stations ENILam et ENILav vers des assemblages plus lotiques dès la période t2 (Figure 7.2.18). A t10, la composition faunistique des deux stations demeure extrêmement similaire, malgré un changement global important qui est proche de celui observé à LUCEam: diminution de *Cloeon dipterum* et *Haliphus* (lénitophiles), augmentation des rhéophiles (*Silo nigricornis*, *Psychomyia pusilla*, *Baetis*, *Seratella ignita*, *Heptagenia sulphurea*). Cette tendance, qui affecte surtout des taxons assez abondants et fréquents, ne s'accompagne toutefois pas de l'apparition des taxons rhéophiles moins fréquents dans le secteur qui font la singularité de la station LUCEam dans les périodes

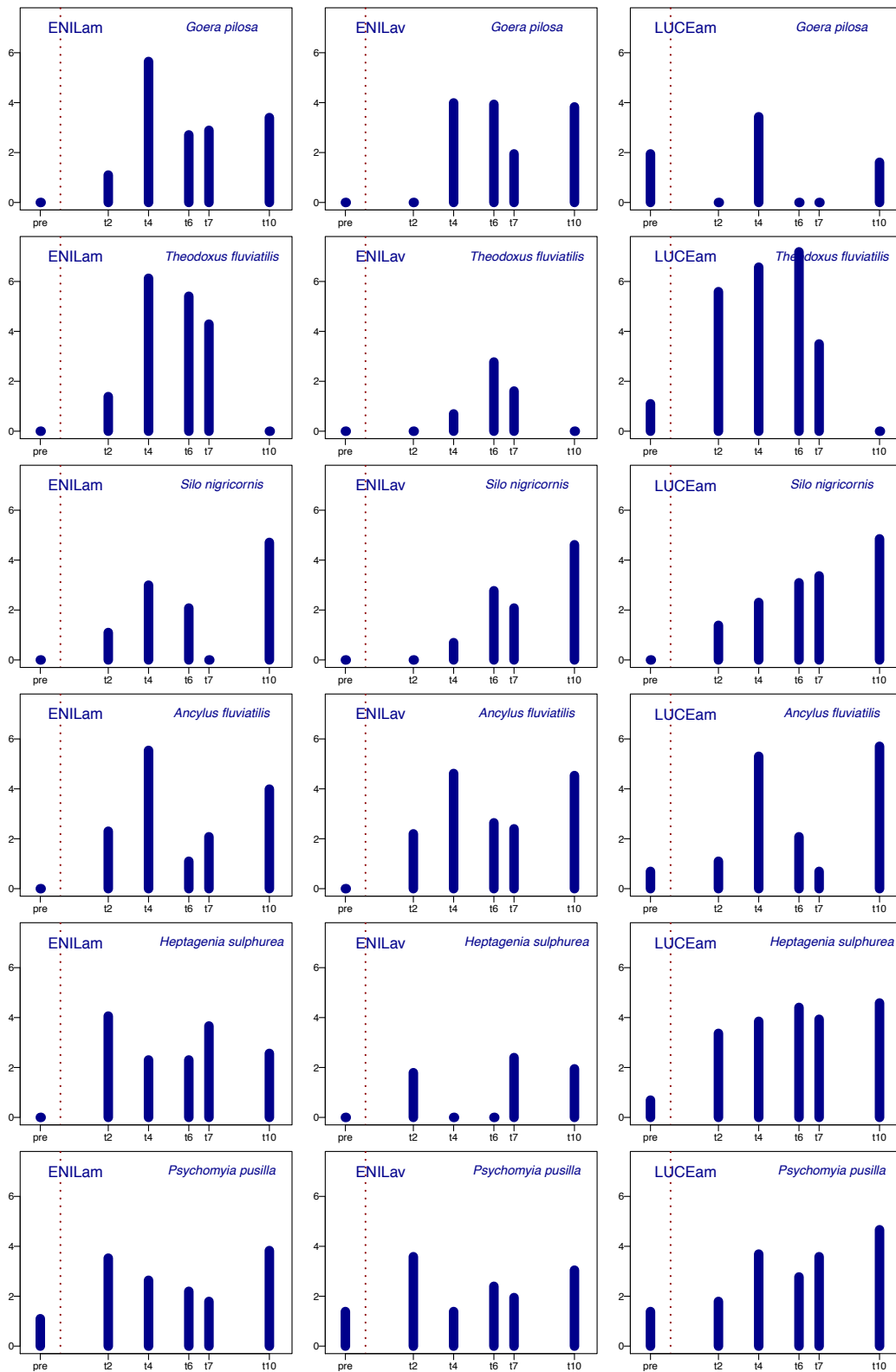
les plus récentes. Les richesses en insectes EPT sont globalement élevées après restauration (Figure 19). Avec ses conditions d'hydraulicité plus forte (faibles largeur et profondeur), la station ENILavn, créée lors de la restauration, représente un site de diversification faunistique au sein de la lône, qui héberge une communauté proche de celle de LUCEam (Figure 7.2.2) avec les assemblages les plus rhéophiles parmi la gamme représentée ici. Les fluctuations des proportions d'individus appartenant à des espèces invasives sont globalement erratiques, avec de fortes valeurs atteintes localement (Figure 7.2.19).

La Figure 7.2.20 permet de visualiser les fluctuations d'abondance de six espèces rhéophiles dans trois stations lotiques restaurées (En l'Île amont et aval, Lucey amont). Ces espèces s'installent ou montrent une tendance à l'augmentation après restauration, sans que le comportement d'une même espèce soit forcément homogène entre stations. On sera attentif au cas du gastéropode rhéophile *Theodoxus fluviatilis*, connu pour être particulièrement exigeant vis-à-vis de la qualité du substrat minéral et du périlithon dont il se nourrit (Neumann, 1961). Son abondance diminue de façon synchrone dans les trois stations en 2012 (année de la chasse de Verbois). Il n'y a pas été retrouvé en 2015, alors que ses effectifs étaient très élevés (particulièrement à ENILam et LUCEam) dans les périodes précédentes.



**Figure 7.2.19 - Lône d'En L'Île** - Richesse standardisée pour 1'000 individus; richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les stations du secteur.

pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.



**Figure 7.2.20 - Variations temporelles d'abondance de six espèces rhéophiles dans trois stations courantes.** Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley. Sur les axes verticaux, les abondances sont log<sub>e</sub>-transformées (en valeurs arrondies: 1 = 2 individus; 2 = 6 individus; 4 = 54 individus; 6 = 402 individus), elles sont la somme des individus collectés dans trois échantillons de printemps et 3 d'été, soit 1.5m<sup>2</sup>.  
pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.

## **7.2.5 Bilan synthétique concernant le secteur de Belley dix ans après restauration**

### *7.2.5.1 Résumé par lône restaurée*

#### Connectivité faible:

Lône Béard – Le bilan qui avait été établi 4 ans après restauration peut être confirmé. La lône demeure "exceptionnelle" à l'échelle du secteur par sa richesse taxonomique indiquant des conditions d'habitat très diversifiées. La sédimentation, en apparence localement rapide qui posait la question de la pérennité des curages effectués ne s'accompagne pas d'une dérive des communautés. L'image obtenue après dix ans est celle d'une stabilité globale accompagnée de la croissance régulière de certains indicateurs (diversité et richesse en gastéropodes à l'amont).

Lône Moiroud - Pour un niveau de connectivité voisin et un mode de restauration proche de ceux de la lône Béard, l'image obtenue à l'issue de 10 années de suivi est celle d'un milieu moins diversifié (plus faibles valeurs des métriques de richesse, plus faible hétérogénéité inter-stations). Comme à Béard, les conditions post-restauration sont globalement stables.

#### Connectivité moyenne:

Lône des Luisettes – Les métriques faunistiques indiquent une situation moins bonne que pour la lône Fournier avec laquelle elle est le plus directement comparable. En particulier, la diversité et la richesse en EPT montrent une réduction à l'amont de la lône. L'augmentation de connectivité avec le Rhône semble plutôt bénéficier à la partie aval qui s'enrichit en insectes EPT.

Lône Fournier – Comme la lône Béard, mais à un niveau de connectivité plus élevé, un "hotspot" de diversité à l'échelle du secteur. La situation est stable après restauration. Comme à Béard également, c'est la portion aval de la lône, non directement modifiée morphologiquement qui présente les valeurs les plus élevées pour les métriques de richesse.

#### Connectivité élevée:

Lône de Lucey – La tendance décrite 4 ans après restauration s'est nettement amplifiée. En ayant bénéficié essentiellement d'une élévation des débits réservés, la lône est un exemple d'augmentation régulière des indicateurs d'hydraulicité plus élevée, consécutive à la restauration. La tendance semble toujours en cours dix ans après la restauration.

Lône d'En l'Île – Comme à Lucey, les indicateurs faunistiques traduisent le succès de l'établissement et du maintien d'un chenal courant permanent. Le changement a été rapide

après restauration et s'est maintenu depuis. Avec Fournier et Béard, une troisième lône particulièrement riche en espèces d'insectes dans le secteur de Belley.

#### *7.2.5.2 Tendances générales*

##### Le maintien de la diversité des types de chenaux latéraux dix ans après restauration.

L'image globale de l'analyse des communautés d'invertébrés sur la période 2003 - 2015 est d'abord celle du maintien de la diversité des conditions de fonctionnement qu'elles reflètent. Si l'hypothèse d'une homogénéisation des conditions à l'échelle du secteur pouvait être formulée avant restauration, du fait de l'augmentation globale de l'influence du fleuve, éventuellement superposée à l'expansion d'espèces invasives, les résultats actuels montrent qu'il n'en est rien. En particulier, aux niveaux de connectivité les plus faibles, sont maintenus des habitats lentiques diversifiés et dont l'évolution sur dix ans ne permet pas de déceler de signes d'une tendance rapide à l'atterrissement.

##### Une amplification des communautés plus rhéophiles témoignant de lônes « plus vives ».

La tendance, perçue dès 2009, à l'amplification des indicateurs de rhéophilie dans les chenaux latéraux courants s'est maintenue (En L'Île), voire amplifiée (Lucey) au cours du suivi sur dix ans. Il s'agit là d'un succès important à mettre au crédit de la restauration de ce secteur. L'évolution mise en évidence à Lucey montre de plus l'effet de l'augmentation des débits réservés sur un chenal latéral, sans modification morphologique majeure. Les indicateurs de rhéophilie progressent également dans d'autres types de chenaux, non connectés en permanence au fleuve.

##### Des milieux "discrets" comme "hotspots" de diversité à l'échelle du secteur.

Comme cela avait également été souligné au début du suivi, certains secteurs de lône non directement touchés morphologiquement par la restauration, constituent des hotspots de diversité. Ils montrent des valeurs élevées pour des métriques traduisant des tendances inverses (richesses simultanément élevées en insectes EPT et en mollusques gastéropodes). Ces sites, dont l'aval des lônes de Béard et Fournier sont les archétypes, allient une faible profondeur, une ouverture aval sur le fleuve, une grande hétérogénéité de l'occupation du fond (patchs de sédiments et de végétation variés) et une oscillation possible du sens d'écoulement des eaux. Le fonctionnement et la richesse de ces sites ont été préservés au cours des dix années de suivi.

### Des effets tendanciels lents auxquels se superposent des fluctuations interannuelles.

La mise à disposition de données acquises sur plus de dix ans représente l'amorce d'une analyse pouvant permettre de séparer des tendances à long terme (dus potentiellement à la restauration, mais pouvant interférer avec d'autres tendances comme le réchauffement climatique ou la dispersion des espèces exogènes) des fluctuations interannuelles (liées par exemple aux variations de conditions hydrologiques ou météorologiques).

La Figure 7.2.21 résume ainsi les changements temporels de trois métriques pour deux types de stations restaurées : isolées (n = 4 stations) ou connectées (n = 4 stations). Trois points majeurs peuvent être soulignés, dont les deux premiers sont à mettre au crédit de la restauration:

- une augmentation tendancielle de la richesse en gastéropodes dans les sites isolés,
- une augmentation tendancielle de la richesse en insectes EPT dans les sites connectés,
- des fluctuations interannuelles qui peuvent être fortes, comme le montre la métrique décrivant les espèces exogènes.

L'analyse prochaine des données acquises après 10 années de suivi à Brégner-Cordon, mais aussi le suivi en cours des opérations de gestion sédimentaire du Haut-Rhône (abaissement partiel de la retenue de Verbois en mai 2016), constitueront des compléments importants dans l'analyse de ces tendances.

### Un comportement "erratique" des espèces exogènes.

Quatre années après restauration, la croissance des indicateurs associés aux espèces exogènes pouvait laisser craindre un impact important sur les communautés indigènes. Après dix ans de suivi, l'image apparaît beaucoup plus contrastée. S'il est vrai que l'occurrence et l'abondance de ces espèces sont globalement plus élevées après restauration, il est très difficile de parler d'une tendance globale à l'accroissement. Les fluctuations dans un même site sont souvent importantes et dans plusieurs cas, une phase de croissance initiale après restauration a été suivie d'une baisse significative.

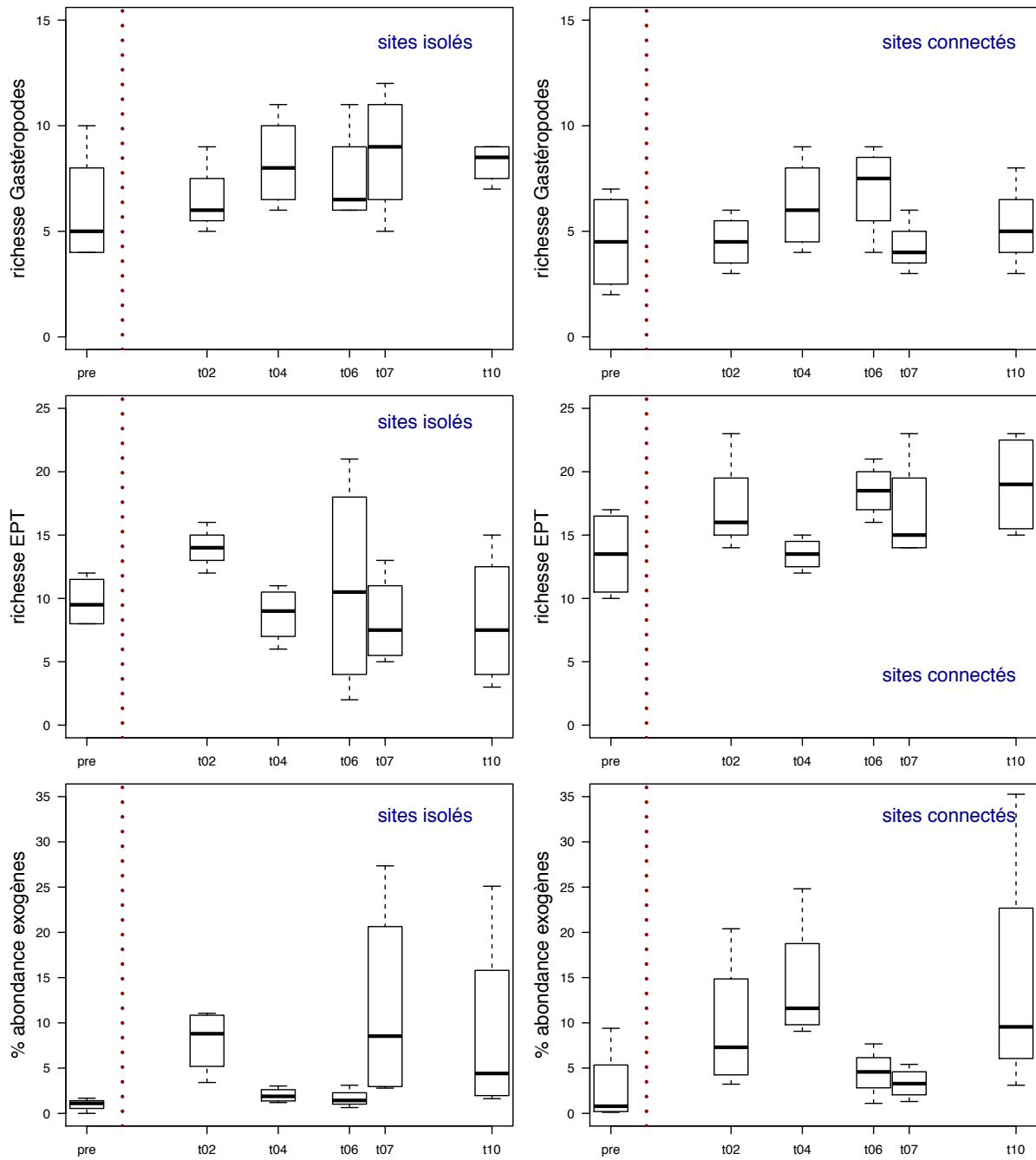


Figure 7.2.21 - Variations temporelles des métriques faunistiques (richesse en mollusques gastéropodes et en insectes EPT; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes) dans deux types de stations restaurées. Les "sites isolés" (Béard amont, Moiroud aval, Luisette mont, Fournier amont) ont été curés et ont bénéficié de l'augmentation des débits réservés. Ils sont isolés du Rhône hors crues. Les "sites connectés" (En L'Île amont et aval, Lucey amont et aval) sont des chenaux latéraux courants qui ont été reconnectés au Rhône (En L'Île) ou ont bénéficié de l'augmentation des débits réservés (Lucey). Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley.

pre : Pré-restauration (2003-04); t2: 2007; t4: 2009; t6: 2011; t7: 2012; t10: 2015.



## **8 Assemblages des communautés de poissons dans les lônes**

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

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

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

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

L'échantillonnage a été réalisé entre le 07/09 et le 14/10/2015 (Tableau 8.1).

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

Secteur	Lômes	Dates	Nb Points
Chautagne	Brotalet	16/09/15	25
Belley	Lôme Moiroud	08/09/15	25
	Anse de Yenne	08/09/15	25
Brégnier-Cordon	Lôme Vachon	09/09/15	25
	Lôme des cerisiers	09/09/15	25
	Lôme des Molottes	22/09/15	25
	Lôme Mattant	07/09/15	25
	Lôme du Ponton	23/09/15	25
Péage-de-Roussillon	Lôme de la Platière	30/09/15	30
	Lôme Noyé nord	30/09/15	15
	Lôme Noyé Sud	30/09/15	10
	Ilon	30/09/15	10
	Lôme de la Boussarde	01/10/15	25
	Lôme de la Sainte	05/10/15	25
Donzère	Lôme Malaubert	07/10/15	50
	Lôme Grange écrasée	14/10/15	25
	Lôme de Dion	12/10/15	50
	Lôme du Banc Rouge	08/10/15	25
	Lôme de La Désirade	08/10/15	50

### 8.1 Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon

Les résultats des pêches (Tableau 8.2) montrent que les effectifs capturés varient de 127 (lôme Moiroud) à 1875 (lôme des Molottes). Les valeurs enregistrées en 2015 sont globalement supérieures à celles des années antérieures, excepté pour les lômes Moiroud, Mattant et Ponton (Tableau 8.3).

Globalement les résultats en termes de composition faunistique sont fidèles aux observations réalisées au cours de la période post-restauration.

Les deux lômes courantes, Vachon et Mattant abritent préférentiellement des espèces lotiques (ablette, barbeau, goujon, hotu, loche franche, spirilin, viron) et ces caractéristiques sont plus marquées dans la lôme Mattant.

L'anse de Yenne, très lotique immédiatement après restauration, abritait également ces espèces rhéophiles. Un changement progressif de ses caractéristiques hydrauliques avec l'exhaussement du banc de galets situé à l'entrée de la lôme s'est opéré au fil du temps. Elle est aujourd'hui beaucoup moins courante et la faune piscicole échantillonnée est essentiellement caractérisée par un mélange d'espèces aux exigences écologiques variées : chevaine, gardon, goujon mais également et dans des proportions moindres, barbeau, truite

fario et vairon. Les caractéristiques faunistiques de la lône des Cerisiers sont assez similaires à celle de l'Anse de Yenne.

Dans ces lônes (Mattant, Vachon, Anse de Yenne et Cerisiers) la proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons varie entre 49,5 et 72% et le pourcentage d'espèces phytophiles et lithophytophiles varie de 0,5 à 17,2% (Tableau 8.3), le caractère courant de ces annexes n'étant pas très propice au développement de la végétation aquatique immergée.

Les effectifs et le nombre d'espèces capturés dans la lône Moiroud sont relativement faibles, ainsi que la proportion de 0+. La bouvière et le chevaine sont les deux espèces dominantes (respectivement 31,5 et 27% des effectifs). Ces caractéristiques sont sans doute à mettre en relation avec le faible degré de connectivité et l'accessibilité limitée de cette lône depuis le chenal du vieux-Rhône.

Les données collectées depuis la restauration avaient mis en évidence une capacité d'accueil importante pour les juvéniles de poissons pour les lônes du Brotalet, des Molottes et du Ponton. Ces résultats sont confirmés en 2015 avec des effectifs très élevés dans la lône du Brotalet et la lône des Molottes et des proportions de 0+ dans ces 3 lônes comprises entre 80 et 92%.

Parmi les quatre espèces cibles dans les lônes (bouvière, brochet, rotengle et tanche), la bouvière est présente dans 5/8 lônes avec les abondances importantes dans la lône des Molottes et celle du Ponton. Parmi les espèces qui utilisent la végétation aquatique comme support de ponte (guildes des phytophiles), le brochet n'a été trouvé que dans les lônes du Brotalet, des Molottes et du Ponton avec des effectifs très faibles (4 des 5 individus capturés étaient des poissons d'âge 0+), le rotengle n'était présent que dans les lônes Moiroud, Molottes et Ponton et la tanche a été trouvée dans 6 lônes sur 8, n'étant absente que dans les deux lônes courantes, Vachon et Mattant.

Tableau 8.2 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégner-Cordon) en 2015. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces/lômes	Brotalet	Lôme Moiroud	Anse de Yenne	Lôme Vachon	Lôme des cerisiers	Lôme Mattant	Lôme des Molottes	Lôme du Ponton
ABL	6	0	13	16	0	13	13	39
ANG	0	0	0	0	0	0	0	0
BAF	16	0	19	79	5	47	0	0
BBG	0	0	0	0	0	0	0	0
BLE	0	0	0	6	0	4	0	0
BLN	0	0	0	4	0	1	0	0
BOU	0	40	2	0	0	1	324	161
BRB	0	1	0	0	0	0	161	0
BRE	0	0	0	0	0	0	141	0
BRO	2	0	0	0	0	0	2	1
CGO	0	0	0	0	0	0	0	0
CCO	0	0	0	0	0	0	0	0
CHA	0	0	0	3	1	8	0	0
CHE	334	34	112	80	31	39	137	36
EPI	1	7	1	0	35	0	0	4
GAR	730	6	55	27	0	4	0	7
GOU	152	0	152	27	50	32	75	10
GRE	0	0	0	0	0	0	0	0
HOT	0	0	0	0	0	14	0	0
LOF	0	0	13	18	59	9	0	0
LPP	0	0	0	0	0	1	0	0
PCH	0	0	0	0	0	0	214	0
PER	46	5	1	4	0	0	1	0
PES	5	0	0	1	0	0	47	2
PSR	2	0	0	0	0	0	752	66
ROT	0	16	0	0	0	0	3	1
SAN	0	0	0	0	0	0	0	0
SIL	0	0	0	0	0	2	0	0
SPI	0	0	6	7	0	17	0	0
TAN	2	13	1	0	1	0	5	28
TRF	0	0	2	0	1	0	0	0
VAI	8	2	49	1	13	10	0	17
VAN	30	3	2	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1334</b>	<b>127</b>	<b>428</b>	<b>273</b>	<b>198</b>	<b>202</b>	<b>1875</b>	<b>372</b>
<b>Nb E.P.A.</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>Nb esp.</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

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

Lônes		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lône du Brotalet	Effect. Total	500	160	210	262	121	125	82	64	140	55	123	1334
	%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%
	% 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%
Lône de la Malourdie	Effect. Total	58	72	401	122	135	48	66	50	305	277	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	0.0%	2.8%	8.0%	0.8%	9.6%	1.5%	1.5%	20.0%	2.0%	1.0%	-	-
	% 0+	86.0%	69.0%	76.0%	71.0%	60.0%	83.0%	78.8%	36.0%	53.0%	67.0%	-	-
Lône des Luisettes	Effect. Total	-	58	156	68	41	19	8	33	176	105	28	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	53.0%	38.0%	50.0%	14.6%	12.5%	12.5%	6.0%	16.0%	7.0%	3.6%	-
	% 0+	-	67.0%	47.0%	28.0%	78.0%	68.0%	62.5%	48.0%	55.0%	55.0%	39.3%	-
Lône Moiroud	Effect. Total	-	10	195	32	60	6	13	62	114	38	61	127
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	50.0%	34.0%	25.0%	1.7%	38.5%	38.5%	0.0%	4.0%	3.0%	13.1%
	% 0+	-	-	30.0%	58.0%	44.0%	72.0%	83.0%	0.0%	73.0%	47.0%	45.0%	72.1%
Lône Béard	Effect. Total	-	178	13	4	12	8	1	1	26	60	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	7.0%	31.0%	50.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	85.0%	60.0%	-	-
	% 0+	-	38.0%	8.0%	0.0%	25.0%	50.0%	100.0%	100.0%	23.0%	10.0%	-	-
Lône Fournier	Effect. Total	-	142	69	89	69	58	16	17	674	509	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	5.0%	4.0%	20.0%	8.7%	25.0%	25.0%	0.0%	50.0%	1.0%	-	-
	% 0+	-	88.0%	94.0%	57.0%	83.0%	69.0%	25.0%	18.0%	79.0%	79.0%	-	-
Anse de Yenne	Effect. Total	-	276	176	89	228	27	18	42	261	215	94	428
	%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%
	% 0+	-	92.0%	93.0%	24.0%	41.0%	70.0%	61.1%	59.0%	59.0%	48.0%	81.9%	49.5%
Lône de Chantemerle	Effect. Total	-	-	192	56	25	22	135	3	330	281	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	15.0%	25.0%	80.0%	96.3%	96.3%	33.0%	49.0%	20.0%	-	-
	% 0+	-	-	86.0%	30.0%	96.0%	82.0%	94.1%	0.0%	75.0%	91.0%	-	-
Lône des granges	Effect. Total	-	-	68	220	5	16	44	41	104	197	-	-
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	45.0%	20.0%	0.0%	11.4%	11.4%	37.0%	67.0%	33.0%	-	-
	% 0+	-	-	76.0%	49.0%	60.0%	31.0%	40.9%	29.0%	62.0%	49.0%	-	-
Lône Vachon	Effect. Total	-	-	201	51	6	73	67	185	67	302	127	273
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	19.0%	12.0%	0.0%	16.4%	16.4%	16.0%	39.0%	18.0%	4.7%	17.2%
	% 0+	-	-	79.0%	27.0%	0.0%	53.0%	35.8%	17.0%	22.0%	51.0%	31.5%	50.2%
Lône des cerisiers	Effect. Total	-	-	425	248	22	180	68	385	287	296	199	198
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	5.0%	21.0%	13.6%	5.9%	5.9%	34.0%	8.0%	4.0%	2.5%	0.5%
	% 0+	-	-	49.0%	56.0%	50.0%	57.0%	17.6%	37.0%	45.0%	38.0%	52.3%	72.2%
Lône Mattant	Effect. Total	-	-	76	145	31	143	53	683	258	243	284	202
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	16.0%	3.0%	3.2%	13.2%	13.2%	8.0%	43.0%	2.0%	10.9%	8.4%
	% 0+	-	-	48.0%	28.0%	35.0%	20.0%	15.1%	48.0%	12.0%	67.0%	32.4%	56.4%
Lône des Molottes	Effect. Total	-	-	68	513	411	246	180	35	1016	1772	748	1875
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	54.0%	43.0%	11.2%	16.7%	16.7%	71.0%	45.0%	46.0%	14.6%	17.4%
	% 0+	-	-	90.0%	88.0%	96.0%	66.0%	97.2%	49.0%	81.0%	89.0%	93.9%	91.6%
Lône du Ponton	Effect. Total	-	-	201	421	632	300	222	14	676	355	363	372
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	61.0%	24.0%	63.9%	42.3%	42.3%	93.0%	43.0%	49.0%	65.8%	20.4%
	% 0+	-	-	86.0%	71.0%	99.0%	90.0%	96.8%	71.0%	96.0%	74.0%	94.8%	80.4%

## 8.2 Secteur de Péage-de-Roussillon

Le système de lônes de l'Île de la Platière offre une diversité importante d'habitats pour les poissons avec des bras semi-courants (amont de la Platière, du Noyer Nord et du Noyer Sud) et secteurs très lenticules (Platière, Ilon). Dix neuf espèces ont donc été échantillonnées en 2015, dont 17 dans la lône de la Platière (Tableau 8.4).

Les effectifs capturés dans la lône de la Boussarde sont très importants (1329 ind. pour un effort d'échantillonnage de 25 E.P.A.), 68% des poissons échantillonnés étaient d'âge 0+, la bouvière (50% des effectifs), le pseudorasbora (23%) et le goujon (17%) sont les trois espèces dominantes dans la lône.

Douze espèces ont été échantillonnées dans la lône de Sainte en 2015, le pseudorasbora (36%) la bouvière (20%) et le chevaine (15%) sont les trois espèces les plus abondantes. La présence d'ablettes, de barbeaux, de carpes communes, de goujons et de loches franches témoigne de la connexion avec le chenal principal.

Pour l'ensemble des l nes, la proportion de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons varie de 11% (Noyer Nord)   78% (Ilon) (Tableau 8.5), ce qui témoigne de l'importance de ces milieux pour les toute les classes de tailles des espèces présentes. L'examen de l'ensemble des données collectées depuis le début du suivi met en évidence que la faune de la l ne de la Platière est constituée majoritairement d'espèces rhéophiles (goujon, chevaine) et lenitophiles (gardon, bouvière, br me bordelière, pseudorasbora), que des habitats propices aux jeunes hotus et barbeaux (tailles comprises entre 4 et 29 cm) sont présents dans les deux bras courants connectés à cette l ne (Noyer nord et Noyer sud). Ces habitats jouent un rôle très complémentaire de celui des habitats du chenal principal où les adultes et les juvéniles de l'année constituent la plus grande proportion des individus échantillonnés pour ces deux espèces (Figure 8.1). Dans les l nes de l'Ilon, de la Boussarde et de la Sainte, les abondances relatives de la bouvière et du pseudorasbora sont très importantes depuis le début de l'échantillonnage (Figures 8.1 et 8.2)

Tableau 8.4 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du secteur de Péage-de-Roussillon en 2015. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces/lômes	Péage-de-Roussillon						Total
	Lôme Platière	Lôme Noyé nord	Lôme Noyé Sud	Ilon	Lôme de la Boussarde	Lôme de la Sainte	
ABL	100	162	62	17	51	29	421
ANG	0	0	0	0	0	0	0
BAF	11	20	16	0	0	6	53
BBG	0	0	0	0	0	0	0
BLE	0	0	0	0	0	0	0
BLN	0	0	0	0	0	0	0
BOU	77	0	0	36	661	147	921
BRB	58	16	0	14	18	4	110
BRE	0	0	0	0	1	0	1
BRO	1	0	0	0	0	0	1
CGO	0	0	0	0	0	52	52
CCO	2	0	0	2	1	27	32
CHA	0	0	0	0	0	0	0
CHE	81	45	19	4	20	109	278
EPI	0	0	0	3	0	0	3
GAR	83	53	3	0	3	0	142
GOU	135	186	54	5	230	69	679
GRE	0	0	0	0	0	0	0
HOT	9	14	51	0	1	0	75
LOF	13	6	26	0	0	16	61
LPP	0	0	0	0	0	0	0
PCH	0	0	0	0	0	0	0
PER	0	0	0	0	0	0	0
PES	15	6	0	0	29	3	53
PSR	105	0	4	181	310	264	864
ROT	4	0	0	1	0	0	5
SAN	0	0	0	0	0	0	0
SIL	8	0	0	0	4	0	12
SPI	0	0	0	0	0	0	0
TAN	0	0	0	2	0	1	3
TRF	0	0	0	0	0	0	0
VAI	2	0	2	0	0	0	4
VAN	1	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>705</b>	<b>508</b>	<b>237</b>	<b>265</b>	<b>1329</b>	<b>727</b>	<b>3771</b>
Nb E.P.A.	30	15	10	10	25	25	
Nb esp.	17	9	9	10	12	12	

Tableau 8.5 - valeurs de trois variables permettant de caractériser les assemblages de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Péage de Roussillon : effectif pêché, abondance relative des espèces lithophiles et lithophytophiles (espèces utilisant exclusivement ou non un substrat végétal comme support de ponte) et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons pour chaque lône.

Lônes	2015	
Lône de la Platière	Effect. Total	329
	%age Lith.Phyt. & Phyto	47%
	% 0+	47%
Lône du Noyer Nord	Effect. Total	54
	%age Lith.Phyt. & Phyto	11%
	% 0+	11%
Lône du Noyer Sud	Effect. Total	123
	%age Lith.Phyt. & Phyto	52%
	% 0+	52%
Lône de l'Ilon	Effect. Total	206
	%age Lith.Phyt. & Phyto	78%
	% 0+	78%
Lône de la Boussarde	Effect. Total	903
	%age Lith.Phyt. & Phyto	68%
	% 0+	68%
Lône de la Sainte	Effect. Total	444
	%age Lith.Phyt. & Phyto	61%
	% 0+	61%

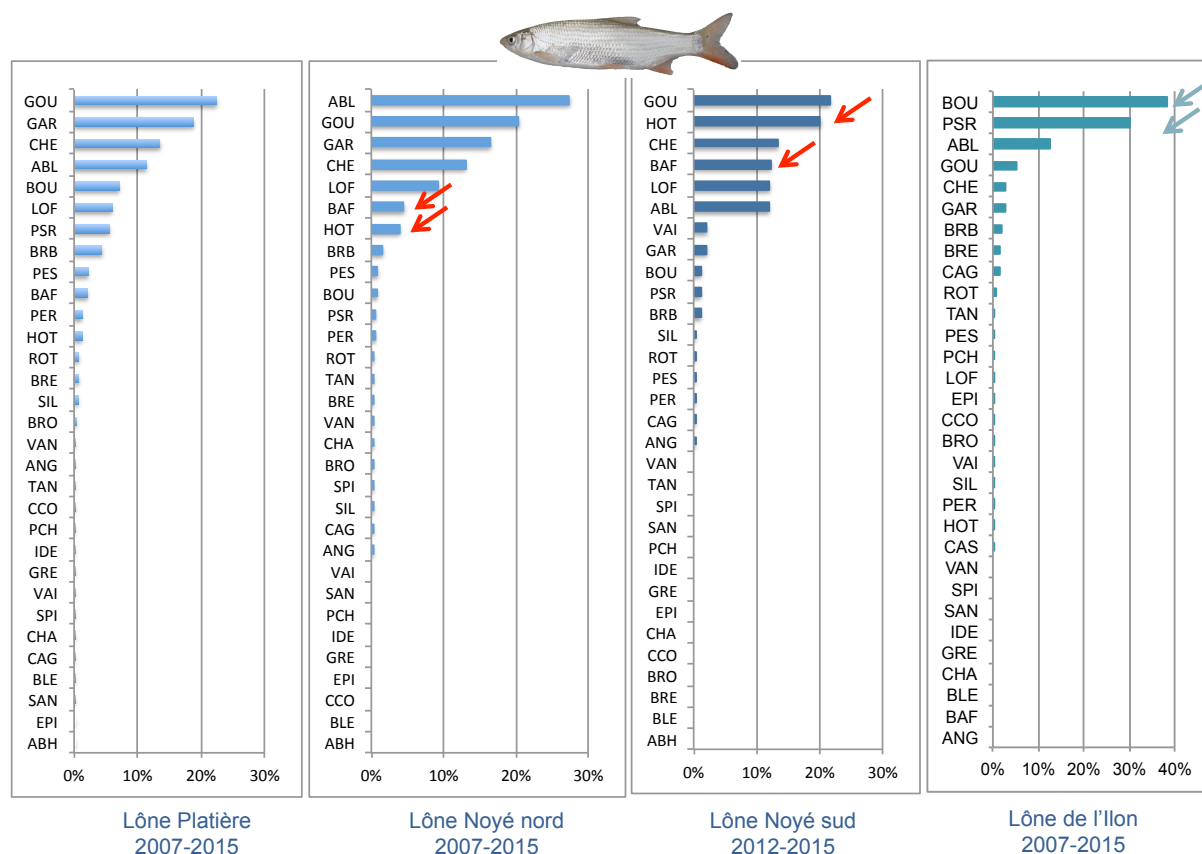


Figure 8.1 - Abondances relatives des espèces de poissons dans les lônes du système platière depuis le début de la période d'échantillonnage. Les flèches rouges mentionnent l'importance des habitats des deux lônes Noyer Nord et Noyer sud pour les classes de tailles intermédiaires de hotus et de barbeaux, les flèches bleues soulignent l'importance numérique de la bouvière et du pseudorasbora dans la lône de l'Ilon.



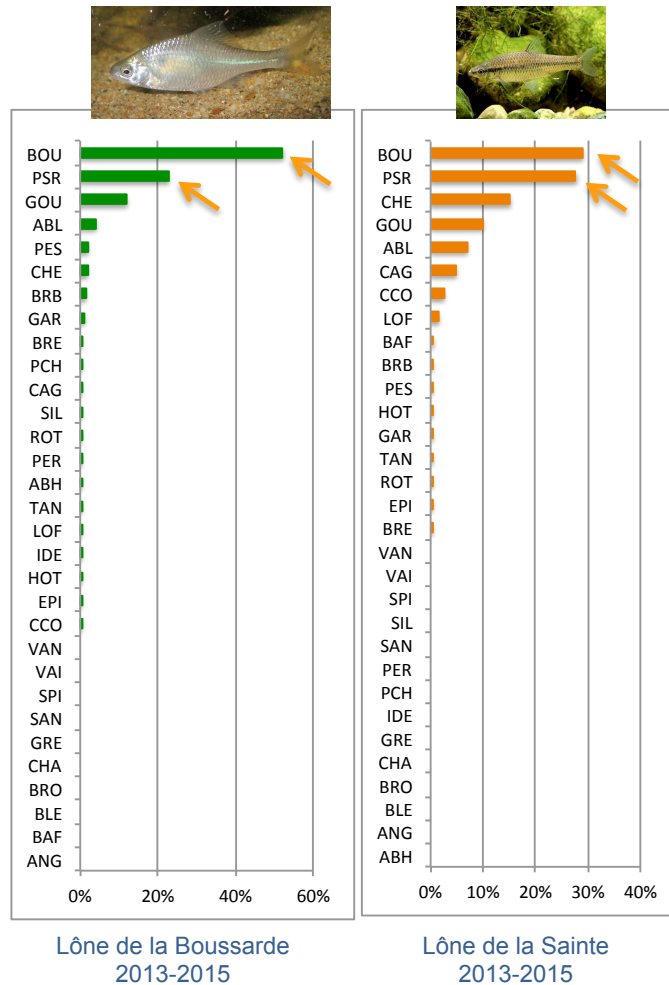


Figure 8.2 - Abondances relatives des espèces de poissons dans les lômes de la Boussarde et de la Sainte depuis le début de la période d'échantillonnage. Les flèches soulignent l'importance numérique de la bouvière et du pseudorasbora.

### 8.3 Secteur de Donzère

Le choix des lômes suivies avant restauration a été revu suite à la sélection des lômes candidates à la restauration fin 2014. Seule la lôme de la Grange écrasée et celle de Malaubert étaient suivies initialement (depuis 2010), les lômes de Dion, de la Désirade et du Banc rouge ont été échantillonnées pour la première fois en 2015. Les résultats des pêches sont consignés dans le Tableau 8.6.

Les valeurs des variables choisies pour caractériser les assemblages de poissons dans les lômes sont consignées dans le Tableau 8.7. La proportion de juvéniles de l'année est voisine de 40%, sauf dans la lôme du Banc rouge où elle atteint 68%.

Tableau 8.6 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Donzère en 2015. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces/lônes	Donzère					Total
	Lône Grange écrasée	Lône Malaubert	Lône de La Désirade	Lône du Banc Rouge	Lône de Dion	
ABL	4	20	3	179	33	239
ANG	1	3	7	7	3	21
BAF	0	10	0	0	36	46
BBG	5	0	3	0	0	8
BLE	0	0	0	0	0	0
BLN	0	0	0	0	0	0
BOU	71	1	19	31	60	182
BRB	2	32	3	27	11	75
BRE	4	2	6	1	0	13
BRO	1	2	0	3	0	6
CGO	2	5	1	2	1	11
CCO	1	1	1	3	15	21
CHA	0	0	0	0	1	1
CHE	9	201	53	105	238	606
EPI	0	0	0	0	0	0
GAR	42	71	15	24	69	221
GOU	2	115	25	27	165	334
GRE	0	1	0	0	1	2
HOT	1	13	8	5	95	122
LOF	0	41	0	0	13	54
LPP	0	0	0	0	0	0
PCH	1	0	17	22	0	40
PER	0	4	5	3	1	13
PES	12	3	86	20	3	124
PSR	20	71	29	121	68	309
ROT	13	10	13	0	0	36
SAN	0	0	0	1	0	1
SIL	0	2	1	1	0	4
SPI	0	25	0	0	55	80
TAN	1	0	0	0	0	1
TRF	0	0	0	0	0	0
VAI	0	5	0	0	3	8
VAN	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>638</b>	<b>295</b>	<b>582</b>	<b>871</b>	<b>2578</b>
<b>Nb E.P.A.</b>	25	50	50	25	50	
<b>Nb esp.</b>	18	22	18	18	19	

Tableau 8.7 - Valeurs de trois variables permettant de caractériser les assemblages de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Donzère : effectif pêché, abondance relative des espèces lithophiles et lithophytophiles (espèces utilisant exclusivement ou non un substrat végétal comme support de ponte) et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons pour chaque lône.

Lônes		2015
Lône de la grange écrasée	Effect. Total	69
	%age Lith.Phyt. & Phyto	36%
	% 0+	36%
Lône Malaubert	Effect. Total	238
	%age Lith.Phyt. & Phyto	37%
	% 0+	37%
Lône de la Désirade	Effect. Total	100
	%age Lith.Phyt. & Phyto	34%
	% 0+	34%
Lône du Banc Rouge	Effect. Total	394
	%age Lith.Phyt. & Phyto	68%
	% 0+	68%
Lône de Dion	Effect. Total	356
	%age Lith.Phyt. & Phyto	41%
	% 0+	41%

L'examen de l'ensemble des données collectées depuis 2010 dans les lônes de Grange écrasée et de Malaubert met en évidence les caractéristiques distinctes de ces 2 lônes.

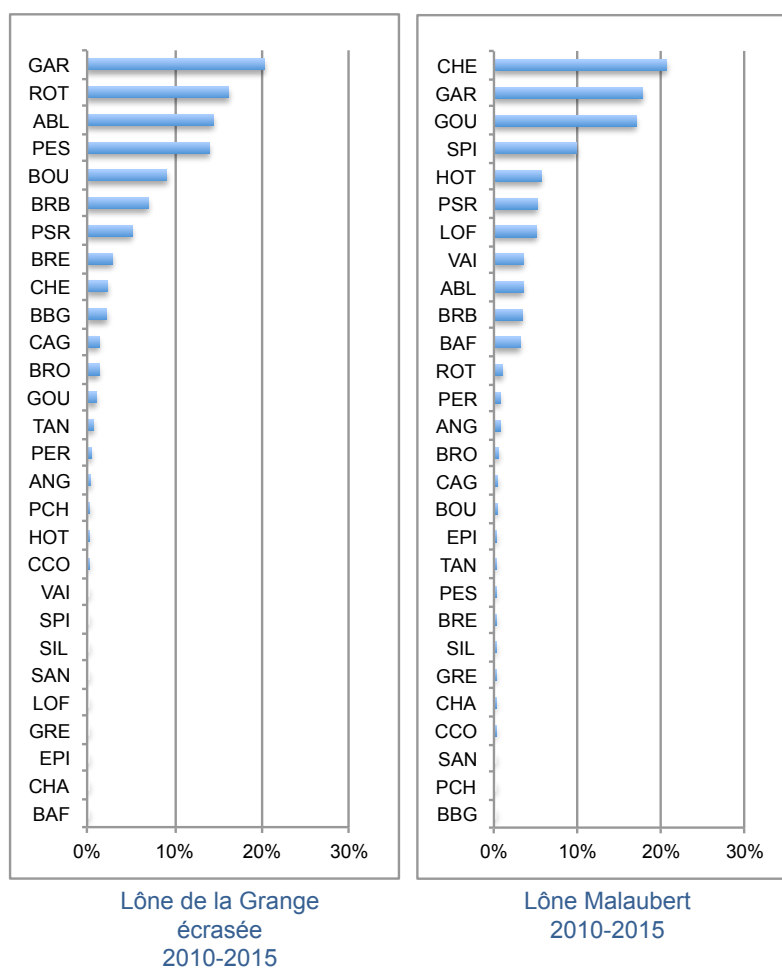


Figure 8.3 - Abondances relatives des espèces de poissons dans les lônes de la Grange écrasée et de Malaubert depuis le début de la période d'échantillonnage (2010, 2011, 2012, 2013 et 2015).

La lône de la Grange écrasée, fermée à l'amont (en dehors des périodes de crue) abrite principalement des espèces à caractère lénitophile (gardon, rotengle, perche-soleil, bouvière, brème bordelière, pseudorasbora, brème commune). La lône Malaubert est assez atypique, avec une alimentation depuis la Berre et une succession longitudinale de types de milieu depuis des zones lotiques jusqu'à des plans d'eau lenticques. Elle abrite des espèces de poissons qui reflètent cette diversité de types d'habitats avec des espèces de milieux courants comme le goujon, le spirilin, le hotu, la loche franche et le vairon et l'ablette, et des espèces de milieux stagnants comme celles trouvées dans la lône de Grange écrasée. Ces caractéristiques biologiques sont retrouvées également dans la lône de Dion, qui géographiquement fait suite à la lône de Malaubert et qui reçoit également un affluent dans sa partie amont.

#### **8.4 Conclusion**

Les attendus de la restauration des lônes en termes de bénéfices pour les peuplements de poissons s'expriment principalement à travers (1) une mise à disposition des espèces de sites de reproduction (végétation aquatique) et de croissance des juvéniles complémentaires à ceux présents dans le chenal courant ; (2) la présence de sites plus ou moins lenticques possédant des abris importants utilisés par les adultes de différentes espèces également présentes dans le chenal ; (3) la présence de bras secondaires courants de petites dimensions offrant des conditions d'habitats lotiques différentes et complémentaires de celles du Vieux-Rhône et souvent nécessaires aux classes d'âges intermédiaires des espèces rhéophiles (hotu, barbeau, ombre, truite...).

Les annexes fluviales sont des sites dans lesquels la production primaire et la production secondaire sont potentiellement plus importantes que dans le chenal principal. Elles offrent, notamment les lônes de type parapotamon, des conditions de nutrition très favorables pour l'ensemble des classes d'âge des populations de poissons présentes, et en particulier pour les juvéniles qui trouvent là des aliments répondant à leurs exigences. La variabilité inter-lônes des captures de poissons reflète l'hétérogénéité des types de lônes restaurées au sein de la plaine alluviale.

## **9 Structuration génétique et différenciation intra-populationnelle de poissons cyprinidés dans des sections fluviales aménagées du Bas-Rhône médian**

### **9.1 Contexte de l'étude**

Dans le cadre des recherches sur les communautés piscicoles du Bas-Rhône médian, notamment celles relatives aux effets potentiels de la modification des débits réservés et de la réhabilitation de lônes dans les sections fluviales court-circuitées (vieux-Rhône ou RC) des aménagements hydro-électriques de Baix-Le Logis Neuf (1960) et de Donzère-Mondragon (1952), nous avons proposé une étude génétique des poissons occupant les entités aquatiques, structurées ou créées, au voisinage de ces ouvrages (Figure 9.1).

Au cours du précédent programme RhônEco, la complémentarité des annexes fluviales pour les peuplements du chenal principal des anciens tracés du Rhône a été observée. Par ailleurs, certaines particularités de leurs peuplements, par exemple l'abondance du vairon à Baix-Le Logis Neuf ou celle du spirilin à Donzère-Mondragon, suggèrent une influence des affluents dans la structure biologique des vieux Rhône, un rôle écologique que la réhabilitation pourrait modifier. De même, les suivis réalisés dans les sections artificialisées du fleuve montrent également de fortes interactions entre les unités spatiales d'un bief et des différences quant à la dispersion et la croissance des jeunes stades (Meynard *et al.*, 2012). L'enjeu opérationnel est de contribuer à hiérarchiser les effets potentiels des différents 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, etc. Il est aussi de mieux comprendre les résultats observés de la réhabilitation physique des vieux Rhône (Lamouroux & Olivier, 2015).

Dans des travaux déjà anciens, une différenciation génétique significative chez le chevaine et le gardon a été constatée à l'échelle du cours principal du Rhône (Laroche *et al.*, 1999). Par ailleurs, une étude génétique du chevaine sur la Durance a montré l'implication de la fragmentation de l'espace alluvial durancien par les barrages (Dehais *et al.*, 2010). L'outil génétique paraît adapté pour traiter ces questions et a été proposé dans cette analyse du rôle des grandes composantes spatiales du Rhône aménagé : vieux-Rhône (ou RC) et ses annexes fluviales (lônes), canaux et retenues, affluents, sur le fonctionnement des populations piscicoles.

Des analyses de flux génétiques à partir de 14 sites répartis dans les biefs successifs des aménagements hydro-électriques du Bas-Rhône médian, depuis la retenue du Pouzin jusqu'à celle de Caderousse, ont été réalisées dans le cadre de ce projet. Elles portent sur trois cyprinidés dominants, le chevaine (*Squalius cephalus*), le gardon (*Rutilus rutilus*), l'ablette (*Alburnus alburnus*) sur la totalité des sites, et sur deux cyprinidés ayant une répartition localisée : le vairon (*Phoxinus phoxinus*) et le spirilin (*Alburnoides bipunctatus*) dans quelques sites.

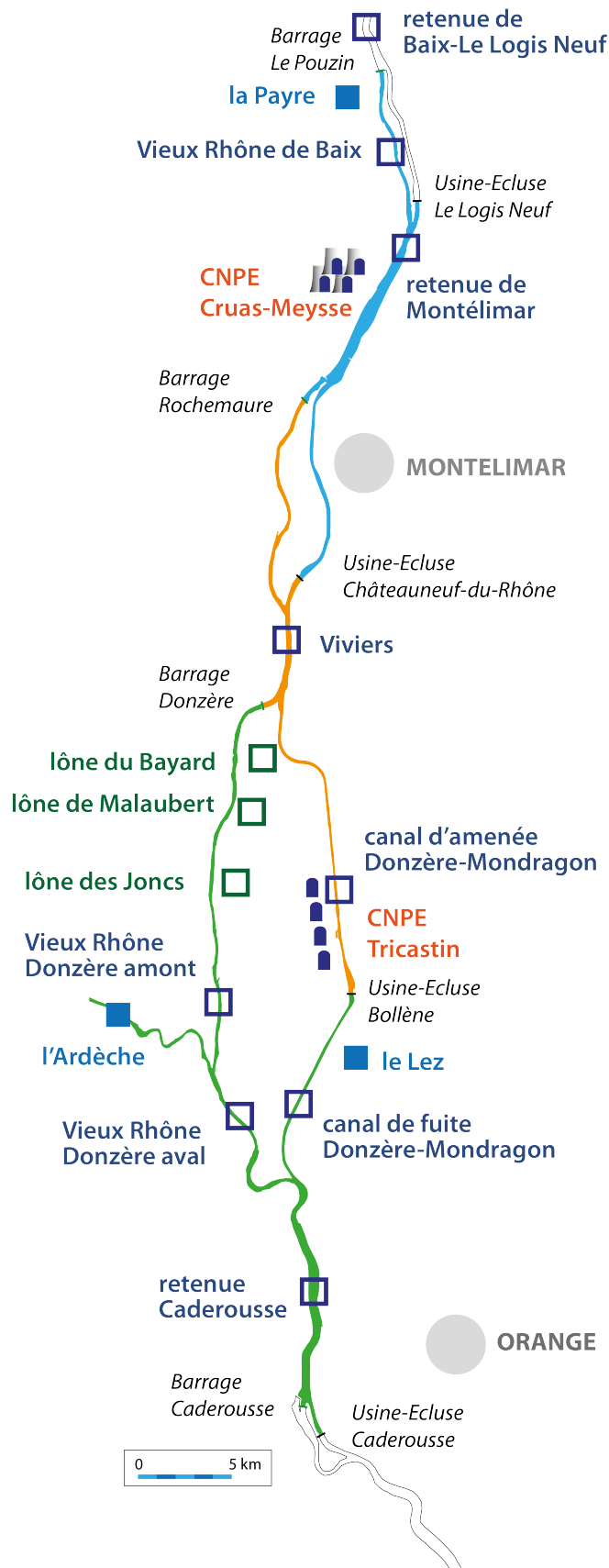


Figure 9.1 - Schéma des aménagements hydro-électriques du Bas Rhône Médiann. Localisation et dénomination des stations d'échantillonnage des poissons

## 9.2 Matériel et méthodes

### 9.2.1 Échantillonnage

Les sites (Figure 9.1) ont été échantillonnés par pêche électrique de 2012 à 2015 par les différents partenaires scientifiques du projet. Chaque poisson a fait l'objet d'un prélèvement de fragment de nageoire (conservé dans de l'éthanol 96%) en vue des analyses génétiques. Le Tableau 9.1 rapporte les sites et les effectifs échantillonnés par espèce. En complément des sites retenus pour ce projet, nous avons ajouté des échantillons collectés dans la rivière Durance, dont la confluence se situe à environ 30 km à l'aval de la zone d'étude, au sud de la ville d'Avignon.

Tableau 9.1 - Sites, années et effectifs des espèces étudiées (RC = vieux-Rhône)

Station	Année	Ablette	Chevaine	Gardon	Spirilin	Vairon
Rhône en amont du Pouzin	2015	27	34	33	-	35
Payre amont	2013	-	-	-	-	50
Payre aval	2013	-	-	-	-	50
Baix-Le Logis Neuf – RC	2013	50	51	42	51	49
Rhône à Cruas	2014	30	30	-	-	-
Rhône à Viviers	2014	-	30	-	-	-
Tricastin (canal d'aménée)	2014	26	30	8	-	-
Donzère-Mondragon – Canal de fuite	2015	-	-	58	-	-
Donzère-Mondragon – RC (amont Ardèche)	2013	24	50	2	37	-
Lône de Malaubert	2013	45	45	45	45	-
Lône des Joncs	2013	45	-	-	-	-
Lône du Bayard	2013	-	-	31	-	-
Ardèche	2014	48	50	50	13	50
Donzère-Mondragon -RC (aval Ardèche)	2012	-	151	71	-	-
Donzère-Mondragon -RC (aval Ardèche)	2015	-	-	45	-	-
Retenue Caderousse	2012	-	98	38	-	-
Retenue Caderousse	2014	150	127	8	49	-
Lez	2014	22	22	4	-	-
<b>TOTAL</b>		<i>467</i>	<i>718</i>	<i>369</i>	<i>195</i>	<i>234</i>



### **9.2.2 Développement des marqueurs génétiques**

Les marqueurs microsatellites sont des marqueurs de choix dans l'étude fine de flux génétiques, de la diversité et de la structure des populations. Ils présentent un fort taux d'évolution et un grand nombre d'allèles par locus peut être observé au sein d'une population (**polymorphisme**). C'est notamment grâce aux microsatellites que la **richesse allélique** d'une population peut être évaluée.

Les microsatellites vont cumuler l'impact d'évènements anciens et récents ayant affecté une population ou une espèce. Les microsatellites permettront de déterminer finement le polymorphisme d'une espèce à l'échelle des stations d'étude et de déterminer si la diversité génétique mesurée est structurée spatialement.

Pour chacune des espèces d'intérêt, environ 60 loci microsatellites spécifiques des cyprinidés ont été évalués, dans le but d'en retenir une vingtaine par espèce. Une phase d'optimisation a suivi, permettant de multiplexer les marqueurs génétiques. Deux kits par espèce ont ainsi été développés (*Cf. Annexes 9.1 à 9.4*) pour le gardon, le chevaine, l'ablette et le spiralin. Les marqueurs développés par Grenier *et al.* (2013) ont été utilisés pour le vairon.

### **9.2.3 Analyses génétiques et statistiques**

L'ADN des individus échantillonnés a été extrait et les marqueurs microsatellites ont été génotypés selon le protocole décrit par Grenier *et al.* (2013).

Deux indices de diversité ont été estimés : la **richesse allélique (Ar)** et la **richesse en allèles privés (Ap)** (Petit *et al.*, 1998 ; Kalinowski, 2004). Les indices **Ar** et **Ap** ont été estimés avec le logiciel ADZE (Szpiech *et al.*, 2008) qui prend en compte les tailles différentes des échantillons pour estimer les deux indices. L'**effectif efficace (Ne)** de chaque station, correspondant au nombre théorique d'individus qui participent à la reproduction à chaque génération, a été estimé à partir du logiciel NeESTIMATOR v2 (Do *et al.*, 2014), en utilisant l'approche basée sur le déséquilibre de liaison. Des valeurs de **Ne** supérieures à 500 sont généralement considérées comme importantes. Lorsque **Ne** est inférieur à 500 individus, le risque d'extinction locale des populations est important (Frankham *et al.*, 2010).

La différenciation génétique entre stations a été testée grâce aux indices de fixation **Fst** (Weir & Hill, 2002) estimés grâce au logiciel ARLEQUIN 3.5 (Excoffier & Lischer, 2010). La valeur des **Fst** est comprise entre **0** (pas de différenciation) et **1** (différenciation totale).

Pour la plupart des espèces étudiées, les valeurs des **Fst** sont très faibles, signant une très faible différenciation à l'échelle du secteur. En conséquence, la proportion de **Fst** significativement différentes de 0 a été utilisée comme alternative afin d'évaluer la différenciation entre stations (Cf. Figures 9.2 à 9.5).

La différenciation entre populations a ensuite été évaluée par une Analyse Factorielle des Correspondances Multiple (**AFCM**) à partir du logiciel GENETIX (Belkir *et al.*, 2004) ainsi que par une analyse bayésienne d'assignation implémentée par le logiciel STRUCTURE (Falush *et al.*, 2003, 2007).

### **9.3 Résultats et discussion**

#### **9.3.1 Diversité génétique et effectif efficace**

Les indices de diversité génétique et les effectifs efficaces de chaque station sont rapportés dans les Tableaux 9.2 (Ablette et Chevaine), 9.3 (Gardon et Spirlin) et 9.4 (Vairon) ; la distribution spatiale des indices **Ar** et des **Ne** est synthétisée sur les Figures 9.2, 9.3 et 9.5. Il est important de noter que les marqueurs microsatellites utilisés diffèrent entre les espèces. Il n'est donc pas possible pour les indices **Ar** et **Ap** d'opérer des comparaisons entre espèces sur la base de leur valeur absolue. Les valeurs de **Ne** en revanche peuvent faire l'objet de comparaisons inter-spécifiques. Seules les stations représentées par au moins 13 individus ont été analysées.

Pour l'**ablette**, la richesse allélique (**Ar**) varie très peu entre les stations étudiée, de 4,26 (Lône des Joncs) à 4,97 (Retenue du Pouzin). De même, la variation de la richesse en allèles privés (**Ap**) est faible pour cette espèce, ne permettant pas d'indiquer des signes de différenciation entre stations qui pourraient être causés par des liens de connectivité différenciables à l'échelle de la zone d'étude. Les effectifs efficaces (**Ne**) sont relativement importants pour l'ablette (**Ne** > 500) excepté pour la **Lône de Malaubert** (240) et le **Lez** (160). Ces faibles valeurs de **Ne** signent une chute démographique locale, qui n'est pas compensée par des flux entrants d'individus.

Tableau 9.2 - Diversité génétique (Ar et Ap) et effectifs efficaces (Ne) : ablette et chevaine.

Station	Année	Ablette			Chevaine		
		Ar	Ap	Ne	Ar	Ap	Ne
Rhône en amont du Pouzin	2015	4,97	0,22	>5000	5,54	0,12	>5000
Baix-Le Logis Neuf – RC	2013	4,84	0,18	695	5,52	0,09	>5000
Rhône à Cruas	2014	4,80	0,22	>5000	5,22	0,15	>5000
Rhône à Viviers	2014	-	-	-	5,33	0,14	>5000
Tricastin (canal d'aménée)	2014	4,95	0,24	>5000	5,81	0,24	1111
Donzère-Mondragon – RC (amont Ardèche)	2013	4,71	0,22	>5000	5,36	0,10	1330
Lône de Malaubert	2013	4,64	0,21	239	5,16	0,16	46
Lône des Joncs	2013	4,26	0,20	655	-	-	-
Ardèche	2014	4,41	0,16	583	5,33	0,09	2645
Donzère-Mondragon -RC (aval Ardèche)	2012	-	-	-	5,34	0,12	607
Retenue Caderousse	2012	-	-	-	5,41	0,14	2698
Retenue Caderousse	2014	4,65	0,20	633	5,46	0,11	1330
Lez	2014	4,57	0,23	160	5,24	0,10	2043
Durance	2009	4,31	0,28	>5000	5,64	0,38	>5000

Concernant le **chevaine**, à l'instar de l'ablette, l'intervalle de variation des valeurs de **Ar** et assez faible ; il varie de 5,16 (Lône de Malaubert) à 5,81 (Tricastin). En revanche, la variation de l'indice **Ap** est plus importante à l'échelle de la zone d'étude : elle varie de 0,09 (Ardèche et vieux-Rhône de Baix) à 0,16 (Lône de Malaubert) pour la plupart des stations, atteint la valeur de 0,24 à Tricastin, et présente son maximum (0,38) pour la Durance à Avignon. Les valeurs de **Ne** sont importantes pour le chevaine (de 600 à plus de 5000), à l'exception notable de la **Lône de Malaubert** qui présente un **Ne** très faible (46).

L'intervalle de variation de l'indice **Ar** pour le **gardon** est assez faible à l'échelle de la zone d'étude ; Ar varie de 5,59 (Lône de Malaubert) à 6,42 (Ardèche), il est cependant très bas pour la Durance (4,19). Les valeurs de l'indice **Ap** varient de 0,15 (retenue du Pouzin) à 0,45 pour l'Ardèche. Cet affluent présente donc les plus fortes valeurs pour les indices **Ar** et **Ap**. Ce patron positionne l'**Ardèche** comme une source de diversité génétique importante pour le gardon à l'échelle de la zone d'étude, notamment pour les secteurs aval de l'aménagement de Donzère-Mondragon. Les effectifs efficaces (**Ne**) pour le gardon sont globalement inférieurs à ceux des autres espèces mais sont supérieurs à 500 sur le cours du Rhône, l'Ardèche et le canal de fuite de Donzère-Mondragon. La Lône Bayard (**Ne** = 185) et de la Lône de Malaubert (**Ne** = 360), ainsi que la Durance (**Ne** = 160), présentent en revanche des effectifs efficaces faibles.

Tableau 9.3 - Diversité génétique (Ar et Ap) et effectifs efficaces (Ne) : gardon et spirlin.

Station	Année	Gardon			Spirlin		
		Ar	Ap	Ne	Ar	Ap	Ne
Rhône en amont du Pouzin	2015	5,62	0,15	757	-	-	-
Baix-Le Logis Neuf – RC	2013	-	-	-	4,98	0,38	>5000
Donzère-Mondragon – Canal de fuite	2015	5,95	0,27	835	-	-	-
Donzère-Mondragon – RC (amont Ardèche)	2013	-	-	-	5,02	0,27	805
Lône de Malaubert	2013	5,59	0,23	362	4,75	0,25	35
Lône du Bayard	2014	6,37	0,31	185	-	-	-
Ardèche	2014	6,42	0,45	489	5,01	0,30	>5000
Donzère-Mondragon -RC (aval Ardèche)	2012	6,01	0,31	551	-	-	-
Donzère-Mondragon -RC (aval Ardèche)	2015	6,17	0,21	663	-	-	-
Retenue Caderousse	2012	6,12	0,39	610	-	-	-
Retenue Caderousse	2014	6,41	0,39	1143	4,96	0,29	1103
Durance	2009	4,19	0,09	166	5,16	0,45	557

Le **spirlin** présente des valeurs d'**Ar** comprises entre 4,75 (Lône de Malaubert) et 5,02 (vieux-Rhône de Donzère-Mondragon, amont Ardèche) à l'échelle de la zone d'étude (pour la Durance, Ar = 5,16). L'intervalle de variation de l'indice **Ap** est assez faible (0,25 – 0,38), mais atteint une valeur de 0,45 pour la Durance. Les valeurs **Ne** pour le spirlin sont supérieures à 500, à l'exception de la Lône de Malaubert qui présente un Ne très faible (**Ne** = 35).

Tableau 9.4 - Diversité génétique (Ar et Ap) et effectifs efficaces (Ne) : vairon.

Station	Année	Ar	Ap	Ne
Rhône en amont du Pouzin	2015	7,14	0,74	>5000
Payre amont	2013	7,34	0,58	>5000
Payre aval	2013	7,61	0,63	>5000
Baix-Le Logis Neuf – RC	2013	7,57	0,58	>5000
Ardèche	2014	7,05	1,26	>5000
Durance	2009	5,94	1,94	>5000

Pour le **vairon**, les valeurs de l'indice **Ar** varie de 5,94 (Durance) à 7,61 (sur la partie aval de la Payre). Il faut noter que le vieux-Rhône de Baix et la Payre présentent des richesses alléliques très similaires, et ce patron se répète pour les richesses en allèles privés (**Ap** = 0,58 – 0,53). Ce patron suggère une connectivité importante de ces deux secteurs. En revanche, la

retenue du Pouzin, située immédiatement en amont du vieux-Rhône de Baix, présente une valeur de l'indice  $A_r$  inférieure (7,14) et une valeur de l'indice  $A_p$  supérieure (0,74) suggérant une connectivité plus réduite que la Payre avec le vieux-Rhône de Baix. Enfin, pour le vairon, les effectifs efficaces sont très importants. Les  $N_e$  dépasse les 5000 individus dans toutes les stations échantillonnées.

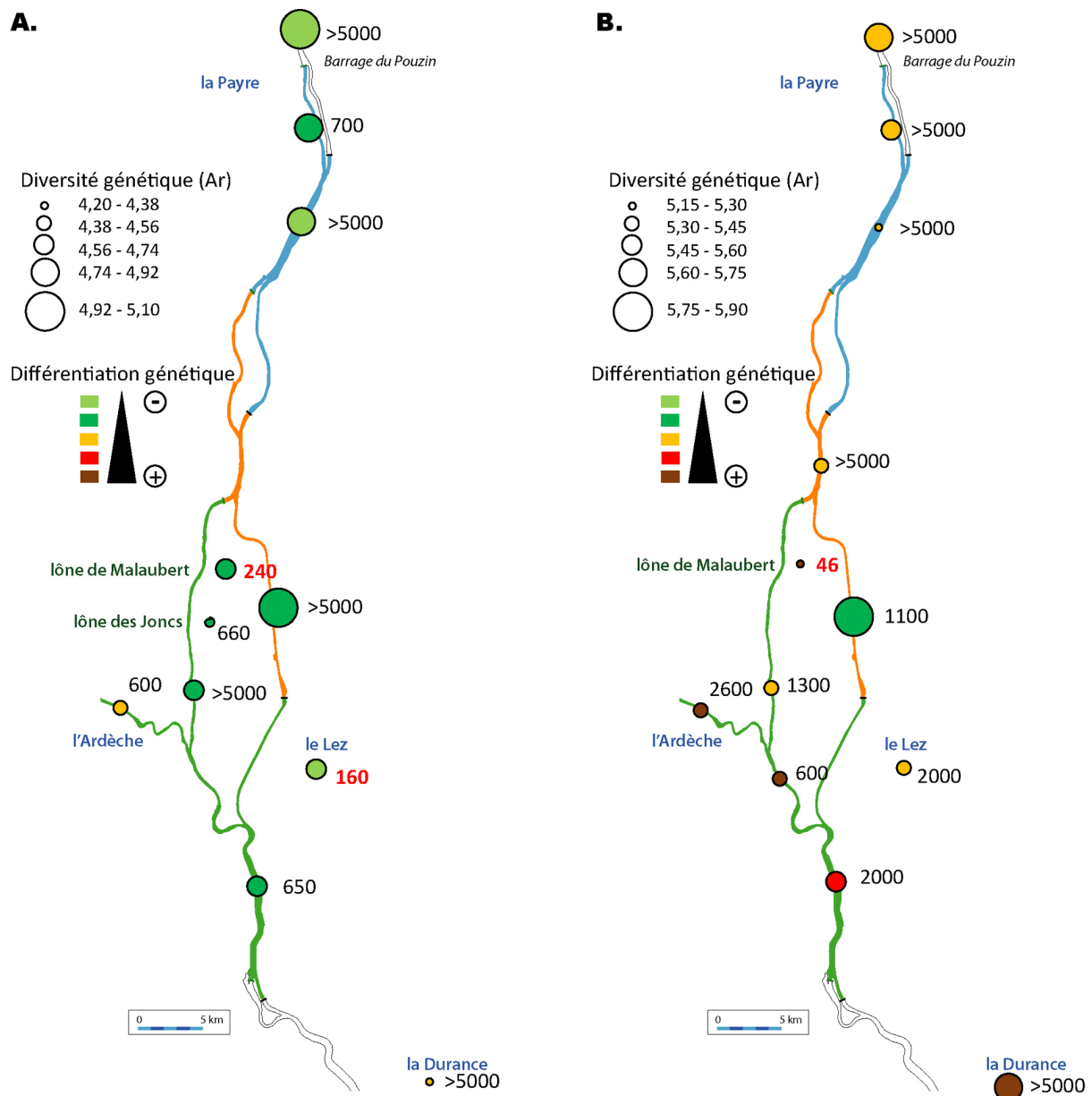


Figure 9.2 - Diversité génétique ( $A_r$ ), différenciation (basée sur les  $p$ -value des  $F_{st}$ ) et effectifs efficaces ( $N_e$ ) pour l'ablette (A.) et le chevaine (B.). La valeur de  $N_e$  est indiquée à côté des points résumant la diversité et la différenciation génétiques des stations échantillonnées.

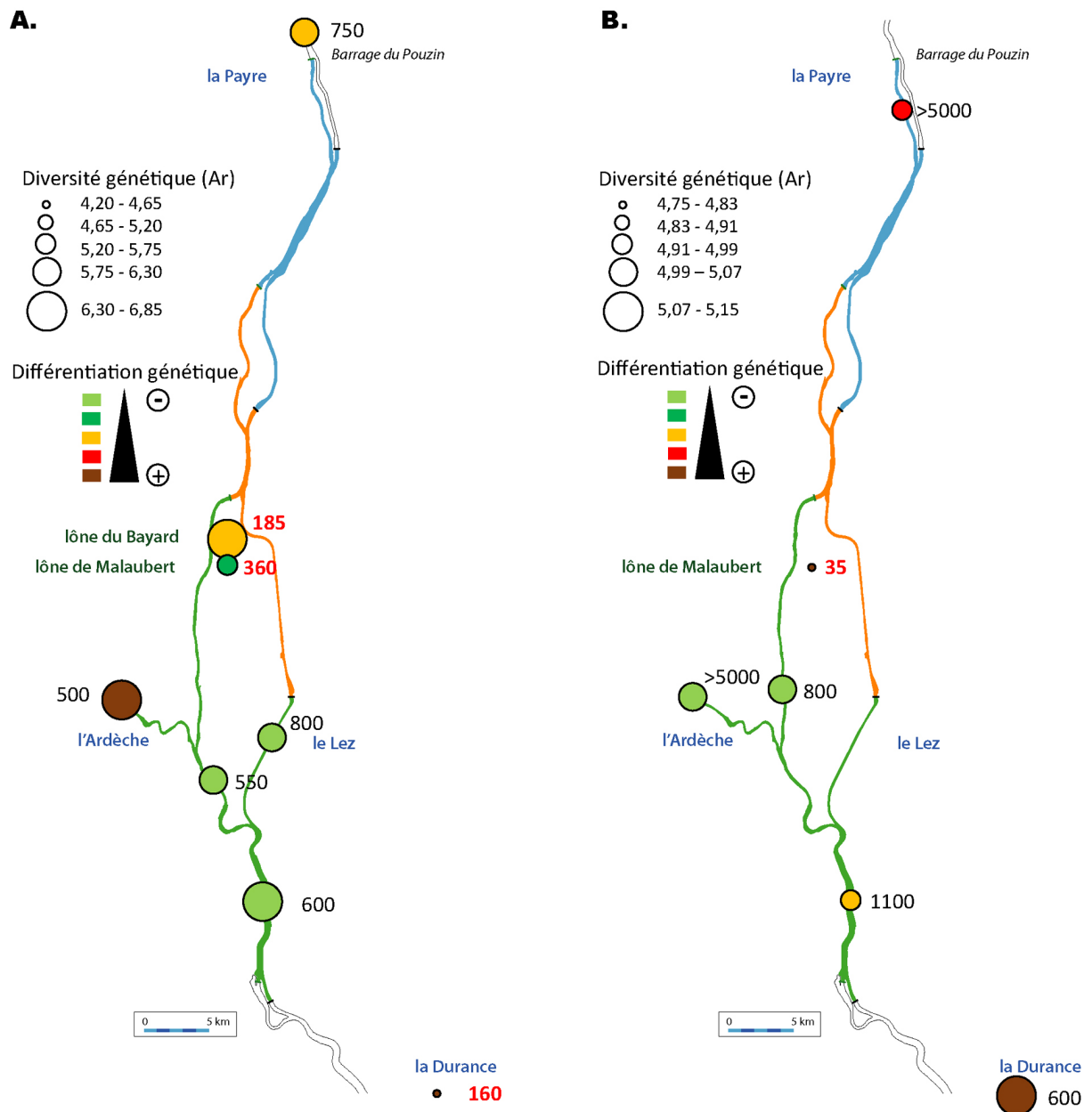


Figure 9.3 - Diversité génétique ( $A_r$ ), différenciation (basée sur les  $p$ -value des  $F_{st}$ ) et effectifs efficaces ( $N_e$ ) pour le gardon (A.) et le spirulin (B.). La valeur de  $N_e$  est indiquée à côté des points résumant la diversité et la différenciation génétiques des stations échantillonnées.

### 9.3.2 Différenciation génétique

Dans un premier temps, la différenciation génétique entre populations a été quantifiée grâce à la statistique  $F_{st}$ . Pour l'ablette, le chevaine, le gardon et le spirulin, les valeurs des  $F_{st}$  étaient inférieures ou égale à 0,02. En outre, de nombreuses valeurs de  $F_{st}$  estimées n'étaient pas significativement différentes de 0. Pour ces quatre espèces, ce patron de  $F_{st}$  montre une très faible différenciation génétique à l'échelle du secteur d'étude. Comme alternative à

l'utilisation et à l'interprétation directe des valeurs de **Fst**, nous avons utilisé la proportion de **Fst** significativement différentes de 0 afin d'évaluer la différenciation entre stations (Cf. Figures 9.2 à 9.4) dont l'interprétation reste limitée.

Les analyses d'assignation conduites sur les données génétique avec STRUCTURE (résultats non montrés) et les AFCM (Figure 9.4) corroborent la faible différenciation observée sur ces quatre espèces. En ce qui concerne les AFCM, l'inertie du nuage de point d'une AFCM correspond à  $\frac{\sum m_i}{p} - 1$ . Dans le cas présent, le nombre de modalités **mi** correspond au nombre d'allèles (codés 0, 1 ou 2, respectivement selon que l'allèle est absent, présent à l'état hétérozygote ou présent à l'état homozygote), et le nombre de variables **p** correspond au nombre de loci. Le nombre de variables indépendantes étant très important, l'inertie se retrouve diluée sur de nombreux axes. Il a été proposé de considérer que l'inertie d'un axe supérieure à 1/p est significativement différente de celle attendue dans le cas où il n'y a pas de relation entre les variables (Saporta, 1990). Dans notre cas, les seuils de significativité sont situés entre 8 et 10%, permettant l'interprétation des deux premiers axes de chacune des AFCM.

Pour l'ablette, aucune population ne peut être différenciée, pas même celle de la Durance localisée en dehors du secteur d'étude. Pour le chevaine, le gardon et le spirilin, quelques populations se distinguent du patron général de variation. Tout d'abord, la Durance montre des signes de différenciation pour ces trois espèces ; un résultat attendu au vu de la situation géographique de cet affluent du Rhône par rapport à la zone d'étude. En revanche, la **Lône de Malaubert** montre des signes de différenciation, à la fois pour le **chevaine** et pour le **spirilin**. Quant au **gardon**, c'est la rivière **Ardèche** qui se différencie. Il faut noter que les stations montrant des signes de différenciation sur la base des AFCM, présentent aussi la proportion la plus importante de **Fst** significativement différentes de 0 (Cf. Figures 9.2 et 9.3). Ces deux approches indépendantes pointent donc les mêmes stations. Elles suggèrent ainsi un **manque de connectivité** entre le **vieux-Rhône de Donzère-Mondragon** et deux de ses annexes fluviales : la **Lône de Malaubert** pour le chevaine et le spirilin, et l'**Ardèche** pour le gardon.

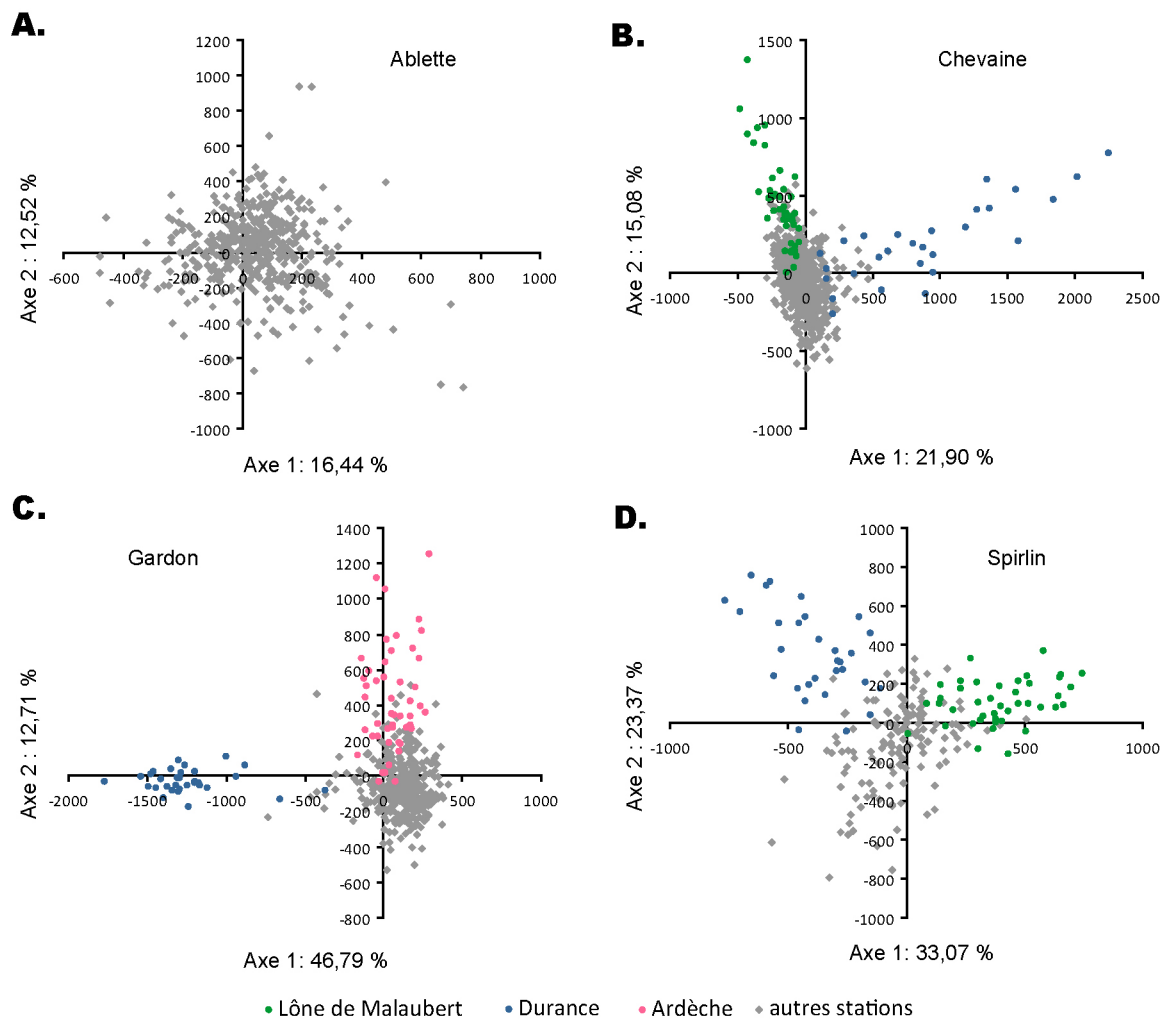


Figure 9.4 - AFM des génotypes d'ablette (A.), de chevaine (B.), de gardon (C.) et de spirin (D.). Les stations s'écartant sensiblement de la variation moyenne ont été mises en évidence.

A l'inverse des quatre autres espèces, le vairon présente une forte différenciation génétique. Les valeurs significatives des  $F_{st}$  sont supérieures à 0,02, et peuvent atteindre jusqu'à 0,22 lorsqu'elles concernent la Durance (Tableau 9.5). La plupart des stations sont différenciables, à l'exception du vieux-Rhône de Baix et des stations situées sur la Payre. Ce patron de différenciation est confirmé par l'AFM (Figure 9.4) : (i) les vairons du vieux-Rhône de Baix et ceux des stations situées sur la Payre ne sont pas différenciables (chevauchement complet des points représentant les individus) ; et (ii) le chevauchement entre les vairons de la retenue du Pouzin et du vieux-Rhône en aval du barrage est très faible. Ces observations suggèrent une différenciation marquée entre les vairons de l'amont et de l'aval de l'ouvrage.



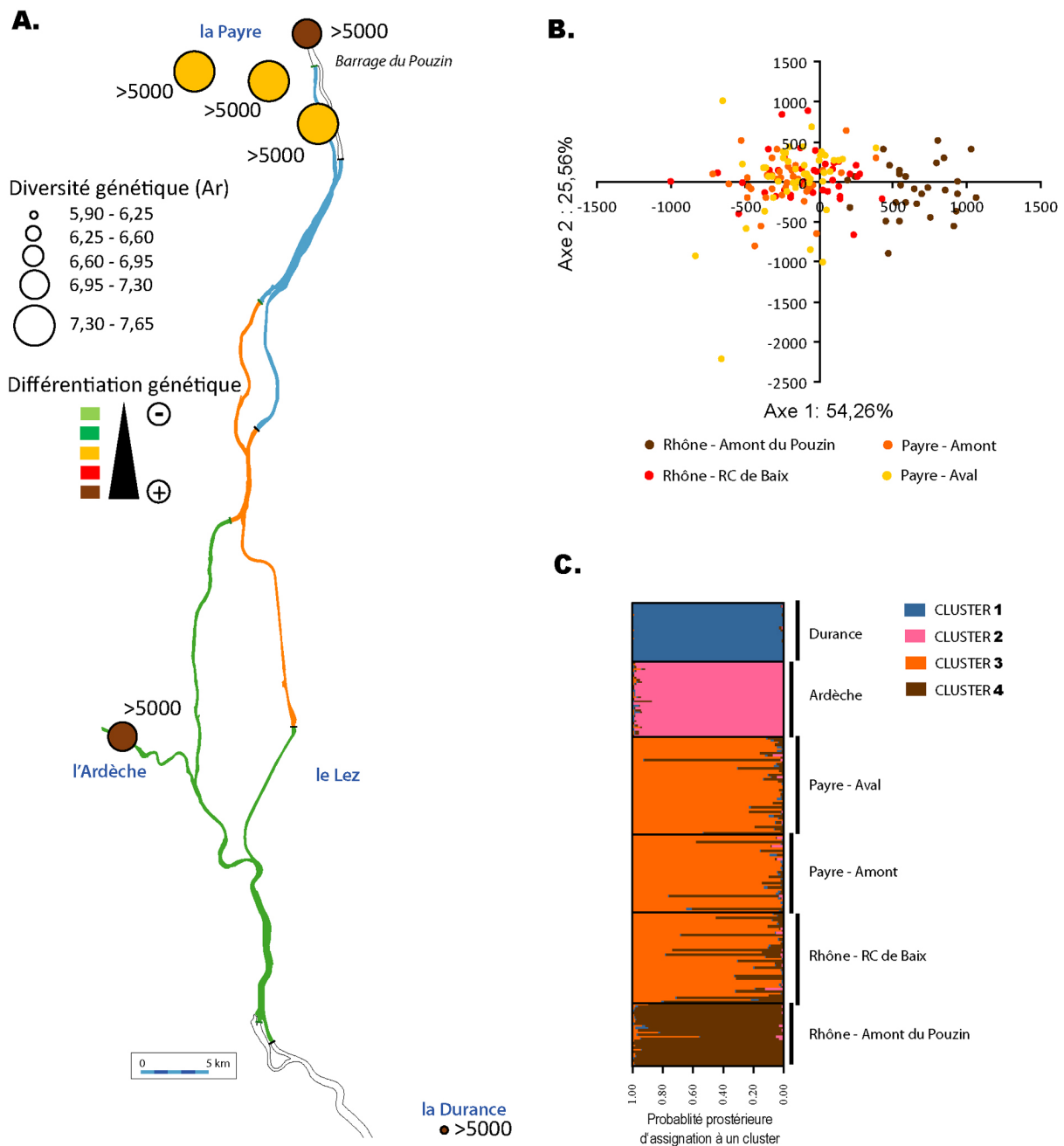


Figure 9.5 - **A.** Diversité génétique ( $A_r$ ), différenciation (basée sur les  $p$ -value des  $F_{st}$ ) et effectifs efficaces ( $N_e$ ) pour le vairon. La valeur de  $N_e$  est indiquée à côté des points résumant la diversité et la différenciation génétiques des stations échantillonnées. **B.** AFM des génotypes de vairon (secteur de l'aménagement de Baix-Le Logis Neuf). **C.** Résultats des analyses d'assignation menées sur le vairon.

Les analyses d'assignations conduites sur les données génétiques des vairons (Figure 9.5) confirment ces trois points. Elles permettent d'assigner les individus à quatre clusters distincts : le **cluster 1** rassemble tous les individus échantillonnés dans la **Durance** ; le **cluster 2** rassemble tous les individus échantillonnés dans l'**Ardèche** ; les individus échantillonnés à l'**amont du barrage du Pouzin** sont à 94% assignés **cluster 4**, et les

individus échantillonnés dans la **Payre** et à l'**aval du barrage du Pouzin** sont majoritairement (à 90% et 82% respectivement) assignés au **cluster 3**.

Le vairon montre ainsi une plus forte différenciation génétique comparativement aux autres espèces étudiées, et il permet de mettre en évidence un manque de connectivité en lien avec le barrage du Pouzin.

Tableau 9.4 - Demi-matrice des valeurs de **Fst** par paire de stations (vairon). n.s. = non-significativement différent de 0 ; \*\* = significativement supérieur à 0 au seuil de risque de 1%.

	<b>AmPz</b>	<b>PayM</b>	<b>PayV</b>	<b>BLN</b>	<b>Ard</b>	<b>Dur</b>
Rhône en amont du Pouzin ( <b>AmPz</b> )	0					
Payre amont ( <b>PayM</b> )	0,033**	0				
Payre aval ( <b>PayV</b> )	0,051**	0,005 <sup>n.s.</sup>	0			
Baix-Le Logis Neuf – RC ( <b>BLN</b> )	0,041**	0,002 <sup>n.s.</sup>	0,000 <sup>n.s.</sup>	0		
Ardèche ( <b>Ard</b> )	0,089**	0,089**	0,108**	0,097**	0	
Durance ( <b>Dur</b> )	0,199**	0,202**	0,191**	0,205**	0,228**	0

## 9.4 Conclusions

### 9.4.1 Différenciation génétique : point méthodologique

Excepté pour le vairon, la différenciation génétique observée pour les espèces étudiées est très faible. Elle est en outre le plus souvent associée à des effectifs efficaces très importants, qui préviennent l'impact de la **dérive génétique**, principale force évolutive créant de la différenciation mesurable à partir de marqueurs génétiques neutres tels que les microsatellites.

Cette faible différenciation a un impact méthodologique direct sur ce travail. En effet, pour l'ablette, le chevaine, le gardon et le spirin, elle n'autorise pas l'usage d'outils permettant l'estimation de taux de migration entre stations sur la base des données génétiques. L'utilisation de logiciels tels que GENECLASS (Piry, 2004) ou BAYESASS (Wilson & Rannala, 2003) est très attractive puisqu'ils proposent une estimation du nombre de migrants de première génération pour GENECLASS (i.e. individus issus de l'appariement entre un individu résident et un migrant), et jusqu'à trois générations pour BAYESASS. Toutefois, dans notre cas, les données génétiques n'offrent pas assez de variabilité pour être utilisables.

En conséquence, l'homogénéité génétique observée entre les stations pour le chevaine, l'ablette, le gardon et le spirin ne signifie pas que les aménagements fluviaux n'ont pas d'effets sur la connectivité des populations de ces espèces à large distribution.

biogéographique. Mais, ils n'ont vraisemblablement pas encore entraîné de dérive génétique suffisante pour que les conséquences soient mesurables à partir des outils génétiques utilisés dans ce travail.

A ce problème méthodologique, deux types de solutions peuvent être apportées : **(i)** s'attacher à l'étude d'espèces piscicoles dont la structure des populations avant aménagement et les traits d'histoire de vie sont plus sensibles à la dérive génétique (c'est le cas du vairon d'après nos résultats) ; et/ou **(ii)** augmenter le nombre de marqueurs génétiques, et si possible passer à plusieurs dizaines de milliers de marqueurs de type **SNPs** (*Single Nucleotide Polymorphisms*) afin d'optimiser la détection de la différenciation entre les populations et ainsi pouvoir estimer les flux génétiques. Concernant la seconde approche, une thèse sur la connectivité des populations de chevaines dans les biefs de Donzère-Mondragon et Caderousse a débuté cette année à l'Irstea d'Aix-en-Provence. Cette thèse permettra d'évaluer les conséquences du tronçonnement longitudinal et transversal du fleuve sur le fonctionnement des populations à partir de plusieurs outils, dont ces nouveaux outils génétiques.

#### **9.4.2 Effets des aménagements sur la connectivité**

Malgré un patron général de faible différenciation génétique, il a cependant été possible de localiser des sites concernés par une dégradation de la connectivité.

##### *9.4.2.1 Les lônes*

Les  $F_{st}$  et les AFCM, deux approches indépendantes, ont mis en évidence la différenciation génétique et suggèrent un **manque de connectivité** entre le **vieux-Rhône de Donzère-Mondragon** et l'une de ses annexes fluviales : la **Lône de Malaubert**. En effet, les chevaines et spirilins de la Lône de Malaubert se différencient des populations adjacentes du vieux-Rhône, et sont en outre associées à des effectifs efficaces faibles ( $N_e = 46$  et  $35$  respectivement). Ces faibles valeurs de  $N_e$  signent une chute démographique locale, qui n'est pas compensée par des flux entrants d'individus. Il faut noter que pour la Lône de Malaubert, les valeurs de  $N_e$  sont relativement faibles ( $N_e < 400$ ) pour l'ablette et le gardon, de même que la Lône du Bayard pour le gardon ( $N_e = 185$ ).

Ces résultats suggèrent que les lônes renferment des populations peu connectées au reste du réseau fluvial. De ce point de vue, les travaux à venir concernant le démantèlement des casiers Girardon et la reconnexion des annexes fluviales seront déterminants pour restaurer la fonctionnalité de ces habitats vis-à-vis des populations piscicoles.

#### 9.4.2.2 *Le barrage du Pouzin vs. la Payre*

L'ensemble des analyses visant à évaluer la différenciation des populations à partir des données génétiques du vairon a mis en évidence un **manque de connectivité entre l'amont et l'aval du barrage du Pouzin**. Dans le vieux-Rhône de Baix, le faible taux d'assignation des vairons au cluster 4, caractéristique de la retenue du Pouzin, montre que la dévalaison de cette espèce *via* l'ouvrage du Pouzin est fortement limitée, voire inexistante. Il faut noter que cette perte de connectivité n'est pas mesurable pour les espèces peu différenciées et échantillonnées dans ce secteur (ablette et chevaine).

En revanche, la connexion entre le vieux-Rhône de Baix et la Payre est satisfaisante. Il n'est pas possible de différencier le vieux-Rhône de Baix de son affluent, ni par les analyses de différenciation, ni par des différences de diversité génétique. Les vairons du vieux-Rhône de Baix semblent bénéficier pleinement des migrants en provenance de la Payre.

#### 9.4.2.3 *Le cas du gardon*

Comparativement aux autres espèces ayant fait l'objet de cette étude, le gardon présente les effectifs efficaces ( $N_e$ ) les plus faibles. Ces faibles valeurs suggèrent que dans ce secteur, le gardon aurait pu subir davantage de problèmes démographiques dans le passé que les autres espèces, et qu'il pourrait être plus sensible aux futures perturbations anthropiques. Cette sensibilité peut potentiellement être mise en lien avec les traits d'histoire de vie de cette espèce. Comparativement aux espèces lithophiles et rhéophiles, le gardon est vraisemblablement plus dépendant que les autres espèces d'annexes fluviales peu courantes (et végétalisées), des espaces peu disponibles dans le contexte morpho-hydraulique du chenal unique alimenté par un débit réservé. De plus, à l'inverse du chevaine, de l'ablette et du spirilin qui sont des espèces à pontes fractionnées, le gardon est une espèce à ponte unique. Le succès du recrutement annuel suppose un contexte hydrologique assez stable lors de la période de reproduction et une accessibilité de frayères satisfaisantes pour l'espèce. Nos résultats suggèrent que **le gardon s'avère une espèce plus vulnérable** que les autres cyprinidés étudiés dans ce travail.

## 10 Conclusion générale

Le présent rapport présente l'état d'avancement du programme RhônÉco et dresse le bilan du travail réalisé au cours l'année 2015. Un important travail d'analyse synthétique a été effectué sur les données collectées sur les sites restaurés entre 2000 et 2006 (Haut-Rhône et Pierre-Bénite) apportant des informations nouvelles sur ce retour d'expérience de restauration en milieu fluvial. Le présent rapport apporte des informations nouvelles sur les communautés de macroinvertébrés benthiques et d'odonates du secteur de Miribel-Jonage avant le démarrage des opérations de restauration, mettant en avant, comme c'était le cas pour les autres secteurs, la nécessité de diversifier les modalités de connexion hydrologiques des annexes fluviales au sein de la plaine alluviale. Le bilan des données acquises sur les peuplements de macroinvertébrés benthiques 10 ans après la réhabilitation des lônes du secteur de Belley montre que la diversification des modalités de connectivité des lônes restaurées se traduit par une diversification des communautés benthiques sur le gradient de connectivité. Il met également en évidence que les sites, non affectés par les travaux de restauration, caractérisés par une biodiversité remarquable ont été préservés au cours de la dernière décennie. L'amélioration importante de la compréhension des modalités d'évolution morphologique et sédimentaire des lônes restaurées, et notamment l'identification des « drivers » de cette évolution, permet d'estimer la durée de vie potentielle des divers types de bras restaurés et d'établir un lien avec la biodiversité de ces annexes. Les efforts de recherche se concentrent maintenant sur l'analyse des potentialités de restauration des sites de Donzère en optimisant l'utilisation des retours d'expérience et en favorisant les approches concertées avec les équipes de la CNR, notamment dans le cadre de la définition des objectifs écologiques associés à la restauration des lônes. L'analyse de la connectivité biologique entre différents milieux connectés aux vieux-Rhône *via* l'utilisation des marqueurs génétiques a également montré les effets de la déconnexion totale (barrage) ou partielle (cas de certaines lônes comme la Lône Malaubert ou la Lône du Bayard à Donzère) sur les populations de poissons, pouvant conduire à une réduction potentielle de leur maintien au cours du temps lorsque la déconnexion est importante (cas du gardon à Donzère par exemple). L'analyse de l'évolution des milieux et des biocénoses dans les sites récemment restaurés comme celui de Péage-de-Roussillon, Baix, Montélimar ou Donzère sera réalisée à partir des données collectées au cours des prochaines années, le jeu de données disponible après restauration étant encore trop restreint pour permettre de tirer des conclusions. Le suivi et les travaux d'analyse de données réalisés dans le cadre de Rhônéco apportent des connaissances et des

outils permettant à la fois de quantifier et d'expliquer, au moins pour partie, les modifications des milieux et des peuplements dans les secteurs restaurés mais également de fournir une aide à la décision pour la définition des objectifs *via* l'utilisation des modèles prédictifs développés et l'approche interdisciplinaire mise en œuvre dans ce programme.

## Références Bibliographiques

- André S. & Olivier J.M. (2003). Mise en place du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du fleuve Rhône. Convention de prestation d'étude n° 2002.69.174 DIREN/EZUS. Rapport à la Diren Délégation de Bassin RM & C.
- Armitage P. D., Pardo I. & Brown A. (1995). Temporal Constancy of Faunal Assemblages in Mesohabitats - Application to Management. *Archiv Fur Hydrobiologie*, **133(3)**, 367-387.
- Balon E.K. (1975). Reproductive Guilds of Fishes : A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **32**, 821-864.
- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N. & Bonhomme F. (1996-2004) GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5171, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. (2012) Short-term impacts of lateral hydrological connectivity restoration on aquatic macroinvertebrates. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2597.
- Bonada N., Doledec S. & Statzner B. (2012) Spatial autocorrelation patterns of stream invertebrates: exogenous and endogenous factors. *Journal of Biogeography*, **39**, 56-68.
- Bournaud M., & Cogérino L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **22(03)**, 285-294. doi: doi:10.1051/limn/1986026.
- Castella E. (1987) *Apport des macroinvertébrés aquatiques au diagnostic écologique des écosystèmes abondonnés par les fleuves. Recherches méthodologiques sur le Haut-Rhône français.* Université de Lyon I.
- Castella E., Béguin O., Besacier-Monbertrand A.L., Hug Peter D., Mayor H., McCrae D., & Paillex A. 2012. Les communautés de macroinvertébrés de 18 îlots du Rhône dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon, quatre ans après restauration. (2003 - 2010). Rapport du Programme Décennal de Restauration Ecologique du Rhône. 60p.
- Chovanec A. & Waringer J. (2001) Ecological integrity of river-floodplain systems-assessment by dragonfly surveys (Insecta : Odonata). *Regulated Rivers-Research & Management*, **17**, 493-507.

- 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.
- Colwell R.K. (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. . *User's guide published at: <http://purl.oclc.org/estimates>,*
- Cottet M., Piégay H. & Bornette G. (2013). Does human perception of wetland aesthetics and healthiness relate to ecological functioning? *Journal of environmental management*, **128**, 1012-1022.
- Dray S. & Dufour A.B. 2007: The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. **22(4)**, 1-20.
- Dehais C., Eudeline R., Berrebi P. & Argillier C. (2010) Microgeographic genetic isolation in chub (Cyprinidae: *Squalius cephalus*) population of the Durance River: estimating fragmentation by dams. *Ecology of Freshwater Fish*, **19**, 267-278.
- Deliry C. (2011) Nouvelles Listes Rouges des Odonates en Rhône-Alpes & Dauphiné. In. Groupe Sympetrum
- Dewson, Z. S., James, A. B. W., & Death, R. G. (2007). A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **26(3)**, 401-415.
- Do C., Waples R.S., Peel D., Macbeth G.M., Tillett B.J. & Ovenden J.R. (2014) NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size (Ne) from genetic data. *Molecular Ecology Resources*, **14**, 209-214.
- Dommanget J.-L., Prioul B. & Gajdos A. (2009) Document préparatoire à une Liste Rouge des Odonates de France métropolitaine complétée par la liste des espèces à suivi prioritaire.
- Dray S. & Dufour A.B. (2007) The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, **22**, 1-20.
- Excoffier, L. & Lischer H.E. L. (2010) Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, **10**, 564-567.



- Falush D., Stephens M. & Pritchard J.K. (2003) Inference of population structure using multilocus genotype data: Linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics*, **164**, 1567-1587.
- Falush D., Stephens M. & Pritchard J.K. (2007) Inference of population structure using multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. *Molecular Ecology Notes*, **7**, 574-578.
- Frankham R., Ballou J.D & Briscoe D.A (2010) *Introduction to Conservation Genetics (2nd edition)*, Cambridge University Press, Cambridge, 618 p.
- Grenier R., Costedoat C., Chappaz R., Dubut V. (2013) Two multiplexed sets of 21 and 18 microsatellites for *Phoxinus phoxinus* (L.) and *Gobio gobio* (L.) developed by cross-species amplification. *European Journal of Wildlife Research*, **59**, 291-297.
- Heck K.L., Jr., G. van Belle and D. Simberloff (1975) Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* **56**: 1459-1461.
- Indermuehle N., Angélibert S., Rosset V. & Oertli B. (2010) The pond biodiversity index "IBEM": a new tool for the rapid assessment of biodiversity in ponds from Switzerland. Part 2. Method description and examples of application. *Limnetica*, **29**, 105-119.
- Kalinowski S.T. (2004) Counting alleles with rarefaction: Private alleles and hierarchical sampling designs. *Conservation Genetics*, **5**, 539-543.
- Kalkman V.J., Boudot J.-P., Bernard R., Conze K.-J., De Knijf G., Dyatlova E., Ferreira S., Jović M., Ott J., Riservato E. & Sahlen G. (2010) European Red List of Dragonflies. In. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Killeen I., Aldridge D. & Oliver G. (2004) *Freshwater Bivalves of the British Isles*. Field Studies Council (FSC).
- 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.
- Laroche J., Durand J.D., Bouvet Y., Guinand B. & Brohon B. (1999) Genetic structure and differentiation among populations of two cyprinids, *Leuciscus cephalus* and *Rutilus rutilus*, in a large European river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **56**, 1659-1667.
- Mérigoux S., Lamouroux N., Olivier J.-M., & Dolédec S. (2009). Invertebrate hydraulic preferences and predicted impacts of changes in discharge in a large river. *Freshwater Biology*, **54(6)**, 1343 – 1356.
- Meynard M., Testi B., Veslot J. & Carrel G. (2012) *Etude thermique du Rhône Phase IV – Lot 2. Facteurs hydroclimatiques et taille des poissons juvéniles*. U.R. Hydrobiologie, Irstea, Aix-en-Provence.
- Neumann D. 1961. Ernährungsbiologie einer rhipidoglossen Kiemenschnecke. *Hydrobiologia*, **17**: 133-151.
- Oertli B., Auderset Joye D., Castella, E., Juge R., Cambin D. & Lachavanne J.B. (2002) Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation*, **104**, 59-70.
- 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 îlons de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.

- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Méricoux S, Piégay H. 2004b - Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et îles de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier, JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Méricoux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.
- Olivier JM., Lamouroux N., Sagnes P., Méricoux S., Piégay H., Bornette G., Castella E., Paillex A., Béguin O., Montbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du 189 Rhône. Rapport de synthèse 2003-2008, Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Lamouroux N. (coord) (2015) Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône : un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve, RhôneÉco. Rapport d'état d'avancement (2014).
- 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.
- Petit R.J., El Mousadik A. & Pons O. (1998) Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation Biology*, **12**, 844-855.
- Piry S. (2004) GENECLASS2: A software for genetic assignment and first-generation migrant detection. *Journal of Heredity*, **95**, 536-539.
- 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 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

- RHOME0, C. (2014) La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. *In*: (ed. C.D.E.N.D. Savoie), p. 147
- Riquier J. (2015). *Réponses hydrosédimentaires de chenaux latéraux restaurés du Rhône français. Structures spatiales et dynamiques temporelles des patrons et des processus, durabilité et recommandations opérationnelles*. Thèse de doctorat de l'Université Lumière - Lyon 2.
- Rostan J.C., Amoros C. & Juget J. (1987) The organic content of the surficial sediment – A method for the study of ecosystems development in abandoned river channels. *Hydrobiologia*, **148**, 45-62.
- Saporta G., 1990. *Probabilités, analyse de données et statistique*. Editions Technip, Paris, 649 p.
- Schiemer F. & Spindler T. (1989) endangered fish species of the Danube River in Austria. *Regulated Rivers : Research & Management*, **4**, 397-407.
- Szpiech Z.A., Jakobsson M. & Rosenberg N.A. (2008) ADZE: a rarefaction approach for counting alleles private to combinations of populations. *Bioinformatics*, **24**, 2498-2504.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Poletta P. (2010) *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*, 2<sup>nd</sup> ed. CNRS editions.
- Weir B.S. & Hill W.G. (2002) Estimating F-statistics. *Annual Review of Genetics*, **36**, 721-750.
- Williams P., Biggs J., Whitfield M., Corfield A., Fox, G. & Adare K. (1998) Biological Techniques of still Water Quality Assessment 2. Method Development. *In*. Environment agency, Bristol.
- Wilson G.A. & Rannala B. (2003) Bayesian inference of recent migration rates using multilocus genotypes. *Genetics*, **163**, 1177-1191.



# Annexes

## Annexe 1

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

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

#### *Peuplement piscicole*

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

\* BAF : barbeau fluviatile, SPI : 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 lenticques	Abondance relative des espèces limnophiles

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### *Géomorphologie des lônes*

Les deux questions posées dans le programme sont :

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

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

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

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



## Végétation aquatique des lônes

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

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

Les critères pris en compte sont :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Peuplement d'invertébrés des lônes

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

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

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

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

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

(4) *densité des EPT* : nombre d'individus au m<sup>2</sup> des insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (cf métrique 2).

(5) *densité totale* : nombre total d'individus au m<sup>2</sup>

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 m<sup>2</sup> des espèces appartenant à ce groupe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### *Peuplement piscicole des lônes*

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

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

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

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

## **Annexe 2**

### **Calendriers des suivis passés et futurs (prévisionnel)**

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

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

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

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

## Annexe 2.1

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

Annexes 2.2

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



## Annexe 2.3

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

Annexe 2.4

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

Annexe 2.4 (suite)

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

\* moyens UniGE

# suivis invertébrés et odonates adultes

1 2003-04

2 suivi chasses 2012 Verbois

3 2005-06

4 2004-05

5 2007-08

6 2009-10

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

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

Secteur	Date	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	%age EC
RCC Chautagne	2004	36	0	85	0	1	0	0	2	3	0	0	0	439	4	301	275	17	1	0	225	0	0	9	0	4	3	0	0	0	0	59	1	4	272	34	1775	20	9,3%
RCC Chautagne	2005	243	0	108	0	0	0	4	0	2	0	0	0	272	25	49	128	8	81	0	82	0	0	1	0	5	1	2	0	0	0	2	9	1	384	2	1409	20	30,9%
RCC Chautagne	2006	20	0	174	0	0	0	1	1	0	0	0	0	593	13	41	124	1	2	0	102	0	0	0	0	23	5	4	0	0	117	5	1	326	13	1566	19	13,3%	
RCC Chautagne	2007	143	1	16	0	0	0	0	0	3	0	0	0	165	5	9	41	22	8	0	40	0	0	12	0	5	13	2	0	0	63	0	0	121	38	707	18	30,7%	
RCC Chautagne	2008	4	3	134	0	0	0	0	0	1	0	0	0	132	6	2	1	2	43	0	187	0	0	2	0	2	16	4	0	0	0	1	0	1	130	1	672	19	27,4%
RCC Chautagne	2009	41	0	266	0	0	0	2	2	0	0	0	0	355	5	10	25	13	0	0	50	0	0	7	0	0	27	0	0	0	9	1	0	173	0	986	15	31,8%	
RCC Chautagne	2010	58	3	183	0	2	0	0	0	1	0	0	0	317	0	37	14	8	5	0	35	0	0	0	0	7	3	1	0	0	1	13	2	7	440	3	1140	20	21,8%
RCC Chautagne	2011	7	0	21	1	1	0	0	1	4	0	0	0	140	7	10	79	0	0	0	35	0	0	9	0	10	0	0	0	0	4	1	2	124	0	456	17	8,1%	
RCC Chautagne	2012	48	1	353	2	6	0	0	0	0	0	0	0	175	11	167	89	2	1	0	39	0	0	0	0	17	16	0	0	0	21	4	6	367	1	1326	19	30,4%	
RCC Chautagne	2013	193	3	104	8	0	0	3	0	2	0	0	0	93	0	235	26	7	44	0	70	0	0	1	0	9	0	3	0	1	1	22	1	0	47	0	873	20	39,2%
RCC Chautagne	2014	18	0	635	10	3	3	0	0	1	2	0	0	692	62	347	193	3	1	0	224	0	0	3	0	12	3	15	0	0	1	7	0	3	522	5	2765	23	23,9%
RCC Chautagne	2015	51	1	404	3	0	0	0	1	0	0	0	0	765	41	335	300	13	0	0	238	0	0	2	0	24	4	6	0	0	1	2	217	2	2645	20	18,0%		
<b>Total</b>		<b>862</b>	<b>12</b>	<b>2483</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4138</b>	<b>179</b>	<b>1543</b>	<b>1295</b>	<b>96</b>	<b>186</b>	<b>0</b>	<b>1327</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>91</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>453</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>3123</b>	<b>99</b>	<b>16220</b>	<b>28</b>	<b>23,7%</b>
<b>Abond. Rel.</b>		<b>5,3%</b>	<b>0,1%</b>	<b>15,3%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>25,5%</b>	<b>1,1%</b>	<b>9,5%</b>	<b>8,0%</b>	<b>0,6%</b>	<b>1,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>8,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,7%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>2,8%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>19,3%</b>	<b>0,6%</b>			

Secteur	Date	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	%age EC
RCC Belley	2005	69	1	177	0	0	14	2	0	1	0	0	1	322	26	74	175	16	151	0	80	0	0	5	0	17	2	1	0	0	0	65	0	7	187	221	1614	22	38,6%
RCC Belley	2006	79	3	165	0	0	10	0	0	0	0	0	1	252	5	19	192	19	13	0	9	1	0	0	0	13	2	0	0	3	0	93	2	17	14	117	1029	21	36,3%
RCC Belley	2007	36	0	72	2	4	4	1	0	4	0	0	3	178	11	87	93	19	10	0	48	1	0	5	0	8	9	0	0	0	0	74	4	6	113	2	794	24	15,7%
RCC Belley	2008	6	2	93	0	0	0	0	1	2	0	0	1	139	9	97	24	1	13	0	53	0	0	7	0	1	2	0	0	1	0	17	0	12	14	48	543	21	30,6%
RCC Belley	2009	12	1	300	1	9	15	1	0	5	0	0	3	374	34	16	156	10	0	0	55	1	0	6	0	3	0	1	0	0	0	140	2	12	27	92	1276	24	32,1%
RCC Belley	2010	20	1	180	0	0	62	1	7	9	1	0	7	340	9	24	85	1	5	0	17	6	1	9	0	13	1	1	0	1	0	18	1	8	17	14	839	28	27,2%
RCC Belley	2011	202	0	172	6	0	16	0	0	12	0	0	15	438	15	37	150	1	11	0	48	15	0	35	0	10	0	0	2	0	0	185	10	14	45	36	1475	22	30,9%
RCC Belley	2012	4	1	250	9	0	11	4	1	2	0	0	14	121	3	323	304	5	12	0	11	8	0	22	0	13	2	0	0	0	46	8	16	36	38	1267	26	25,7%	
RCC Belley	2013	23	1	494	5	0	0	12	24	1	0	0	23	282	31	607	89	1	57	0	14	4	0	14	0	37	3	0	0	2	0	47	4	16	11	71	1873	25	35,2%
RCC Belley	2014	72	0	283	12	0	10	0	0	2	0	0	13	357	45	201	129	26	4	0	71	5	0	15	0	2	0	0	0	3	159	1	11	23	183	1607	22	33,4%	
RCC Belley	2015	106	0	1115	9	0	8	3	0	0	0	0	8	1266	11	659	319	13	3	0	81	0	0	20	0	12	4	0	1	0	2	306	27	14	66	37	4090	23	31,3%
<b>Total</b>		<b>629</b>	<b>10</b>	<b>3301</b>	<b>44</b>	<b>13</b>	<b>150</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>89</b>	<b>4069</b>	<b>199</b>	<b>2144</b>	<b>1696</b>	<b>112</b>	<b>279</b>	<b>0</b>	<b>487</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>138</b>	<b>0</b>	<b>129</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1150</b>	<b>59</b>	<b>133</b>	<b>553</b>	<b>839</b>	<b>16407</b>	<b>32</b>	<b>30,7%</b>
<b>Abond. Rel.</b>		<b>3,8%</b>	<b>0,1%</b>	<b>20,1%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,9%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,5%</b>	<b>24,8%</b>	<b>1,2%</b>	<b>13,1%</b>	<b>10,3%</b>	<b>0,7%</b>	<b>1,7%</b>	<b>0,0%</b>	<b>3,0%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>7,0%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,8%</b>	<b>3,4%</b>	<b>5,1%</b>			

Secteur	Date	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	%age EC
RCC Bregnier-Cordon	2006	179	1	189	0	0	7	22	2	1	0	0	0	265	1	9	169	14	47	0	28	0	0	0	1	8	9	0	0	0	0	96	9	0	4	23	1084	21	40,4%
RCC Bregnier-Cordon	2007	68	3	33	0	11	20	5	1	9	0	0	7	322	14	20	66	1	21	0	26	0	0	0	1	22	29	0	0	0	7	14	7	11	24	742	24	19,7%	
RCC Bregnier-Cordon	2008	1	0	34	0	0	0	0	0	1	4	0	0	95	4	1	8	0	3	0	27	0	0	0	1	29	2	1	0	0	26	1	1	101	3	343	19	12,0%	
RCC Bregnier-Cordon	2009	62	1	208	0	0	1	3	0	5	0	0	2	370	3	64	77	15	10	0	57	0	0	0	103	24	1	0	2	0	145	4	0	19	24	1200	22	25,3%	
RCC Bregnier-Cordon	2010	17	4	150	0	4	0	7	3	3	0	0	14	243	5	18	92	8	8	0	11	0	2	0	0	56	33	0	1	0	41	7	3	4	14	748	24	25,3%	
RCC Bregnier-Cordon	2011	89	1	48	4	4	5	12	0	8	0	1	5	368	0	251	174	0	7	0	16	0	0	0	35	2	2	0	0	1	177	1	1	252	28	1367	24	12,6%	
RCC Bregnier-Cordon	2012	168	3	416	34	25	5	10	1	4	1	0	28	377	2	193	174	0	58	0	14	0	0	1	11	62	49												

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	2	0	79	0	7	0	6	0	0	0	1	48	0	3	33	0	8	0	105	5	0	2	0	11	224	0	253	1	788	16	11,4%
2008	5	0	57	0	12	0	0	0	0	0	0	23	1	1	17	0	65	0	147	1	0	1	0	14	394	1	900	0	1639	15	7,7%
2009	10	0	102	0	9	0	0	0	1	0	3	42	1	3	8	0	28	0	62	4	0	2	0	8	558	1	528	13	1383	18	11,1%
2010	19	4	438	0	3	0	1	1	0	0	34	111	0	0	16	0	119	0	125	4	0	10	0	33	617	0	1095	0	2630	16	21,9%
2011	143	4	546	0	0	1	17	0	1	0	10	231	0	5	30	0	487	0	62	12	0	8	0	49	944	0	574	2	3126	18	37,7%
2012	43	1	221	4	1	1	3	0	0	0	7	174	0	4	4	1	79	1	2	8	12	3	0	14	253	0	170	3	1009	22	34,3%
2013	25	1	531	0	1	2	6	1	0	0	6	299	0	5	50	0	22	0	10	3	4	11	0	24	1737	0	287	2	3027	20	19,2%
2014	37	0	336	2	72	0	1	0	0	0	36	83	0	5	28	1	177	0	64	17	1	16	1	47	836	0	267	0	2027	19	27,1%
2015	36	0	661	2	1	0	6	0	0	1	6	279	0	1	223	0	6	0	70	5	2	0	1	46	1221	0	615	0	3182	18	22,0%
Abondance totale	320	10	2971	8	106	4	40	2	2	1	103	1290	2	27	409	2	991	1	647	59	19	53	2	246	6784	2	4689	21	18811	28	22,9%
Abondance relative	1,7%	0,1%	15,8%	0,0%	0,6%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	6,9%	0,0%	0,1%	2,2%	0,0%	5,3%	0,0%	3,4%	0,3%	0,1%	0,3%	0,0%	1,3%	36,1%	0,0%	24,9%	0,1%			
Abondance moyenne	36	1	330	1	12	0	4	0	0	0	11	143	0	3	45	0	110	0	72	7	2	6	0	27	754	0	521	2	2090		

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BOU	BRB	BRO	CAG	CAS	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2001	155	2	38	0	0	29	0	0	0	0	2	151	0	7	131	4	23	28	2	12	3	0	2	1	2	19	2	0	0	613	19	35,2%
2002	133	3	23	0	2	117	2	0	0	0	3	290	3	407	82	6	38	43	1	7	10	0	3	0	8	17	2	37	0	1237	22	15,7%
2003	174	2	104	0	4	37	0	0	5	0	3	159	0	141	58	0	38	16	4	5	27	1	3	1	9	25	13	0	17	846	22	39,4%
2004	130	2	35	1	0	35	0	0	1	0	8	37	1	134	23	0	14	7	2	5	31	1	1	1	2	11	1	0	12	495	23	38,6%
2005	463	3	16	0	0	16	0	0	3	0	1	43	0	110	17	0	8	9	4	3	12	4	4	1	5	11	0	0	2	735	20	66,5%
2006	1017	2	48	1	0	22	2	0	0	0	1	201	0	125	107	0	12	22	0	14	26	1	0	1	3	12	0	0	0	1617	18	66,6%
2007	277	0	8	0	0	11	0	0	0	0	6	53	0	41	39	1	4	19	0	6	10	0	0	0	2	8	0	0	1	486	15	59,7%
2008	96	5	33	1	0	41	3	0	0	0	4	206	4	71	18	16	9	19	0	38	19	0	0	1	5	108	0	1	2	700	21	20,0%
2009	61	1	42	0	0	12	0	0	0	0	4	41	0	62	17	2	4	17	0	3	0	0	1	1	1	53	0	0	0	322	16	33,2%
2010	40	3	49	0	0	4	0	0	0	0	0	85	0	35	9	6	82	2	0	17	7	0	0	0	5	115	0	4	10	473	16	38,3%
2011	341	1	31	0	0	41	1	3	0	1	1	57	0	217	26	1	86	3	0	12	2	0	0	1	3	0	0	1	3	832	20	55,4%
2012	45	1	11	0	0	12	1	0	0	1	0	73	0	35	5	0	3	0	0	10	5	2	0	0	0	8	0	4	0	216	15	27,3%
2013	203	0	15	0	0	77	0	0	0	0	0	23	0	29	8	3	0	0	0	3	9	0	0	1	1	40	0	0	1	413	13	53,0%
2014	268	1	18	0	2	21	0	0	0	0	1	86	0	483	67	6	339	12	0	9	3	0	0	0	0	17	0	0	6	1339	16	47,1%
2015	1197	0	65	0	0	36	0	0	0	0	0	81	0	102	15	1	47	4	0	3	2	0	0	0	2	84	0	1	6	1646	15	79,9%
Abondance totale	4600	26	536	3	8	511	9	3	9	2	34	1586	8	1999	622	46	707	201	13	147	166	9	14	9	48	528	18	48	60	11970	29	49,3%
Abondance relative	38,4%	0,2%	4,5%	0,0%	0,1%	4,3%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	13,2%	0,1%	16,7%	5,2%	0,4%	5,9%	1,7%	0,1%	1,2%	1,4%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	4,4%	0,2%	0,4%	0,5%			
Abondance moyenne	307	2	36	0	1	34	1	0	1	0	2	106	1	133	41	3	47	13	1	10	11	1	1	1	3	35	1	3	4			

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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%
Abondance totale	6297	39	201	2	3031	326	67	13	142	48	3	1907	24	3060	1716	46	466	3	837	69	214	811	1890	178	2	123	22	14	5	3	21559	30	32,3%
Abondance relative	33,5%	0,2%	1,1%	0,0%	16,1%	1,7%	0,4%	0,1%	0,8%	0,3%	0,0%	10,1%	0,1%	16,3%	9,1%	0,2%	2,5%	0,0%	4,4%	0,4%	1,1%	4,3%	10,0%	0,9%	0,0%	0,7%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%			
Abondance moyenne	700	4	22	0	337	36	7	1	16	5	0	212	3	340	191	5	52	0	93	8	24	90	210	20	0	14	2	2	1	0	2395		

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

Année	ABL	ANG	BAF	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	2	18	4	1	0	5	1	2	0	76	0	6	35	0	15	74	4	0	29	0	0	2	0	1	1	364	672	20	6,1%
2011	100	1	8	0	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	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	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	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	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%	
Abondance totale	513	25	156	0	4	139	57	4	2	5	4	4	4	430	7	190	399	1	184	432	12	2	151	1	1	10	21	2	1392	4152	28	20,5%	
Abondance relative	12,4%	0,6%	3,8%	0,0%	0,1%	3,3%	1,4%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	10,4%	0,2%	4,6%	9,6%	0,0%	4,4%	10,4%	0,3%	0,0%	3,6%	0,0%	0,0%	0,2%	0,5%	0,0%	33,5%				
Abondance moyenne	86	4	26	0	1	23	10	1	0	1	1	1	1	72	1	32	67	0	31	72	2	0	25	0	0	2	4	0	232	692			

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

Année	ABL	ANG	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TOX	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2006	129	9	66	17	174	9	0	2	2	3	0	140	0	87	38	2	38	15	0	18	6	31	3	2	1	93	2	0	3	888	24	26,2%
2007	227	35	33	0	6	4	0	0	0	0	1	129	0	21	19	2	115	130	0	10	1	0	1	0	1	14	0	0	1	750	18	50,0%
2008	110	23	22	2	17	0	0	3	0	0	1	148	2	69	14	0	30	22	1	11	0	17	0	1	3	20	1	1	0	518	21	31,5%
2009	223	12	152	2	63	1	0	3	0	1	0	159	0	23	15	0	139	63	0	11	2	2	0	3	5	30	0	0	0	909	19	56,5%
2010	241	26	51	1	382	1	1	0	3	1	0	196	0	10	67	13	43	40	0	15	2	12	0	0	7	9	0	0	6	1127	21	29,7%
2011	212	10	44	8	75	2	0	0	5	1	2	253	0	63	122	1	72	48	0	5	11	22	5	0	5	3	0	0	1	970	22	33,8%
2012	512	6	87	13	13	0	0	0	2	0	3	184	0	64	94	0	43	11	0	4	1	4	1	0	0	4	0	0	0	1046	17	61,4%
2013	345	4	72	2	10	0	0	0	0	2	0	68	0	25	17	0	12	14	0	5	0	1	0	1	4	24	0	0	0	606	16	70,8%
2014	174	7	29	5	7	0	0	0	0	0	1	187	0	204	81	0	63	87	0	0	0	81	0	0	3	51	0	0	0	980	14	27,1%
2015	354	2	26	24	39	1	1	0	0	0	0	125	0	22	145	0	27	14	0	37	6	77	0	0	5	52	0	0	2	959	18	42,0%
Abondance totale	2527	134	582	74	786	18	2	8	12	8	8	1580	2	588	612	18	582	444	1	116	29	247	10	7	34	300	3	1	13	8753	29	42,2%
Abondance relative	28,9%	1,5%	6,6%	0,8%	9,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	18,2%	0,0%	6,7%	7,0%	0,2%	6,6%	5,1%	0,0%	1,3%	0,3%	2,8%	0,1%	0,1%	0,4%	3,4%	0,0%	0,0%	0,1%			
Abondance moyenne	253	13	58	7	79	2	0	1	1	1	1	159	0	59	61	2	58	44	0	12	3	25	1	1	3	30	0	0	1	875		

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2008	66	33	80	0	2	0	0	1	0	0	2	0	103	0	10	12	0	11	110	0	0	0	1	0	4	69	0	3	507	15	31,0%
2009	222	11	252	0	0	12	0	0	3	0	0	2	263	0	51	87	0	659	184	1	3	2	16	0	3	2	0	8	1781	18	63,6%
2010	600	14	140	1	4	13	0	0	0	7	3	3	412	0	25	100	0	100	159	0	7	4	43	0	8	47	5	22	1717	21	48,9%
2011	382	9	56	0	42	65	1	0	0	0	5	2	392	1	126	163	1	373	158	0	5	0	41	0	3	17	0	117	1959	20	41,4%
2012	164	10	25	0	4	5	0	0	0	0	1	0	152	0	8	40	0	7	4	0	3	0	1	1	3	53	1	12	494	18	39,7%
2013	536	9	378	0	4	13	0	0	0	4	2	0	119	0	5	45	0	8	37	0	1	0	20	0	10	80	0	1	1272	17	72,5%
2014	337	36	38	0	9	7	0	0	0	2	1	3	374	0	82	55	0	84	521	0	5	0	42	0	4	35	0	10	1645	18	27,9%
2015	1102	9	422	0	57	26	0	0	0	1	10	2	297	0	7	416	0	25	152	0	2	1	184	0	1	148	1	4	2867	20	54,0%
Abondance totale	3409	131	1391	1	122	141	1	1	3	14	24	12	2112	1	314	918	1	1267	1325	1	26	7	348	1	36	451	7	177	12242	28	49,6%
Abondance relative	38,4%	0,3%	14,7%	0,0%	2,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,1%	10,4%	0,0%	0,2%	14,5%	0,0%	0,9%	5,3%	0,0%	0,1%	0,0%	6,4%	0,0%	0,0%	5,2%	0,0%	0,1%			
Abondance moyenne	426	16	174	0	15	18	0	0	0	2	3	2	264	0	39	115	0	158	166	0	3	1	44	0	5	56	1	22	1530		

## Annexe 5.1

Liste des 60 taxa à Miribel-Jonage possédant un modèle de préférence hydraulique.

Taxons	Guildes	Taxons	Guildes
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Rhéophile	Simuliidae	Rhéophile
Asellidae	Intermédiaire	Sphaeriidae	Ubiquiste
<i>Asellus aquaticus</i>	Intermédiaire	Tanypodinae	Ubiquiste
<i>Athripsodes albifrons</i>	Ubiquiste	Tanytarsini	Ubiquiste
<i>Baetis fuscatus</i>	Ubiquiste	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Rhéophile
<i>Baetis rhodani</i>	Rhéophile	<i>Valvata</i> spp.	Ubiquiste
<i>Baetis</i> spp.	Rhéophile		
<i>Baetis vardarensis</i>	Rhéophile		
<i>Caenis luctuosa</i>	Intermédiaire		
<i>Caenis</i> spp.	Intermédiaire		
<i>Ceraclea dissimilis</i>	Ubiquiste		
<i>Ceraclea</i> spp.	Ubiquiste		
Ceratopogoninae	Ubiquiste		
Chironomini	Intermédiaire		
<i>Corbicula fluminea</i>	Ubiquiste		
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	Ubiquiste		
<i>Dreissena polymorpha</i>	Rhéophile		
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	Rhéophile		
<i>Dugesia tigrina</i>	Rhéophile		
<i>Elmis</i> spp.	Rhéophile		
<i>Erpobdella octoculata</i>	Ubiquiste		
<i>Esolus</i> spp.	Rhéophile		
<i>Gammarus fossarum</i>	Ubiquiste		
<i>Gammarus pulex</i>	Ubiquiste		
<i>Gammarus</i> spp.	Ubiquiste		
<i>Glossiphonia complanata</i>	Ubiquiste		
Hemerodromiinae	Ubiquiste		
<i>Heptagenia</i> spp.	Ubiquiste		
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche incognita</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche modesta</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche sitalai</i>	Rhéophile		
<i>Hydropsyche</i> spp.	Rhéophile		
<i>Hydroptila</i> spp.	Intermédiaire		
<i>Leuctra</i> spp.	Rhéophile		
<i>Limnius</i> spp.	Rhéophile		
Limoniidae	Ubiquiste		
<i>Micronecta</i> spp.	Limnophile		
<i>Orectochilus villosus</i>	Ubiquiste		
Orthocladiinae	Rhéophile		
<i>Oulimnius</i> spp.	Rhéophile		
<i>Pisidium</i> spp.	Intermédiaire		
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	Intermédiaire		
Polycentropodidae	Limnophile		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	Limnophile		
<i>Potamanthus luteus</i>	Rhéophile		
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Intermédiaire		
<i>Psychomyia pusilla</i>	Ubiquiste		
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Rhéophile		
<i>Rhithrogena</i> spp.	Rhéophile		
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	Rhéophile		
<i>Serratella ignita</i>	Ubiquiste		



## Annexe 5.2

Liste des 53 taxa à Péage-de-Roussillon possédant un modèle de préférence hydraulique.

Taxons	Guildes
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	Rhéophile
Asellidae	Intermédiaire
<i>Asellus aquaticus</i>	Intermédiaire
<i>Baetis fuscatus</i>	Ubiquiste
<i>Baetis rhodani</i>	Rhéophile
<i>Baetis</i> spp.	Rhéophile
<i>Baetis vardarensis</i>	Rhéophile
<i>Caenis luctuosa</i>	Intermédiaire
<i>Caenis</i> spp.	Intermédiaire
<i>Ceraclea dissimilis</i>	Ubiquiste
<i>Ceraclea</i> spp.	Ubiquiste
Ceratopogoninae	Ubiquiste
Chironomini	Intermédiaire
<i>Corbicula fluminea</i>	Ubiquiste
<i>Dreissena polymorpha</i>	Rhéophile
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	Rhéophile
<i>Dugesia tigrina</i>	Rhéophile
<i>Elmis</i> spp.	Rhéophile
<i>Erpobdella octoculata</i>	Ubiquiste
<i>Esolus</i> spp.	Rhéophile
<i>Gammarus fossarum</i>	Ubiquiste
<i>Gammarus pulex</i>	Ubiquiste
<i>Gammarus</i> spp.	Ubiquiste
<i>Glossiphonia complanata</i>	Ubiquiste
Goeridae	Ubiquiste
Hemerodromiinae	Ubiquiste
<i>Heptagenia</i> spp.	Ubiquiste
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche incognita</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche</i> spp.	Rhéophile
<i>Hydroptila</i> spp.	Intermédiaire
<i>Leuctra</i> spp.	Rhéophile
<i>Limnius</i> spp.	Rhéophile
<i>Micronecta</i> spp.	Limnophile
Orthoclaadiinae	Rhéophile
<i>Oulimnius</i> spp.	Rhéophile
Physidae	Ubiquiste
<i>Pisidium</i> spp.	Intermédiaire
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	Intermédiaire
Polycentropodidae	Limnophile
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	Limnophile
<i>Potamanthus luteus</i>	Rhéophile
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Intermédiaire
<i>Psychomyia pusilla</i>	Ubiquiste
<i>Rhithrogena</i> spp.	Rhéophile
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	Rhéophile
<i>Serratella ignita</i>	Ubiquiste
Simuliidae	Rhéophile
Tanypodinae	Ubiquiste
Tanytarsini	Ubiquiste
<i>Valvata</i> spp.	Ubiquiste

## Annexe 5.3

Liste des 48 taxa à Montélimar possédant un modèle de préférence hydraulique.

Taxons	Guildes
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	Rhéophile
<i>Athripsodes albifrons</i>	Ubiquiste
<i>Baetis fuscatus</i>	Ubiquiste
<i>Baetis rhodani</i>	Rhéophile
<i>Baetis</i> spp.	Rhéophile
<i>Baetis vardarensis</i>	Rhéophile
<i>Caenis luctuosa</i>	Intermédiaire
<i>Caenis rivulorum</i>	Ubiquiste
<i>Caenis</i> spp.	Intermédiaire
<i>Ceraclea</i> spp.	Ubiquiste
Ceratopogoninae	Ubiquiste
Chironomini	Intermédiaire
<i>Corbicula fluminea</i>	Ubiquiste
<i>Dreissena polymorpha</i>	Rhéophile
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	Rhéophile
<i>Dugesia tigrina</i>	Rhéophile
<i>Elmis</i> spp.	Rhéophile
<i>Erpobdella octoculata</i>	Ubiquiste
<i>Esolus</i> spp.	Rhéophile
<i>Gammarus fossarum</i>	Ubiquiste
<i>Gammarus pulex</i>	Ubiquiste
<i>Gammarus</i> spp.	Ubiquiste
<i>Glossosoma</i> spp.	Ubiquiste
Goeridae	Ubiquiste
Hemerodromiinae	Ubiquiste
<i>Heptagenia</i> spp.	Ubiquiste
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche incognita</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche</i> spp.	Rhéophile
<i>Hydroptila</i> spp.	Intermédiaire
<i>Leuctra</i> spp.	Rhéophile
<i>Limnius</i> spp.	Rhéophile
<i>Micronecta</i> spp.	Limnophile
Orthocladiinae	Rhéophile
<i>Oulimnius</i> spp.	Rhéophile
<i>Pisidium</i> spp.	Intermédiaire
<i>Potamanthus luteus</i>	Rhéophile
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Intermédiaire
<i>Psychomyia pusilla</i>	Ubiquiste
<i>Rhithrogena</i> spp.	Rhéophile
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	Rhéophile
<i>Serratella ignita</i>	Ubiquiste
Simuliidae	Rhéophile
Sphaeriidae	Ubiquiste
Tanypodinae	Ubiquiste
Tanytarsini	Ubiquiste

## Annexe 5.4

Liste des 49 taxa à Donzère-Mondragon possédant un modèle de préférence hydraulique.

Taxons	Guildes
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Rhéophile
<i>Asellus aquaticus</i>	Intermédiaire
<i>Athripsodes albifrons</i>	Ubiquiste
<i>Baetis fuscatus</i>	Ubiquiste
<i>Baetis rhodani</i>	Rhéophile
<i>Baetis</i> spp.	Rhéophile
<i>Baetis vardarensis</i>	Rhéophile
<i>Caenis luctuosa</i>	Intermédiaire
<i>Caenis</i> spp.	Intermédiaire
<i>Ceraclea dissimilis</i>	Ubiquiste
<i>Ceraclea</i> spp.	Ubiquiste
Ceratopogoninae	Ubiquiste
Chironomini	Intermédiaire
<i>Corbicula fluminea</i>	Ubiquiste
<i>Dreissena polymorpha</i>	Rhéophile
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	Rhéophile
<i>Dugesia tigrina</i>	Rhéophile
<i>Erpobdella octoculata</i>	Ubiquiste
<i>Esolus</i> spp.	Rhéophile
<i>Gammarus pulex</i>	Ubiquiste
<i>Gammarus</i> spp.	Ubiquiste
Goeridae	Ubiquiste
Hemerodromiinae	Ubiquiste
<i>Heptagenia</i> spp.	Ubiquiste
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche exocellata</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche incognita</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche modesta</i>	Rhéophile
<i>Hydropsyche</i> spp.	Rhéophile
<i>Hydroptila</i> spp.	Intermédiaire
<i>Leuctra</i> spp.	Rhéophile
<i>Limnius</i> spp.	Rhéophile
Limoniidae	Ubiquiste
<i>Micronecta</i> spp.	Limnophile
Orthocladiinae	Rhéophile
<i>Oulimnius</i> spp.	Rhéophile
<i>Pisidium</i> spp.	Intermédiaire
Polycentropodidae	Limnophile
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	Limnophile
<i>Potamanthus luteus</i>	Rhéophile
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Intermédiaire
<i>Psychomyia pusilla</i>	Ubiquiste
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	Rhéophile
<i>Serratella ignita</i>	Ubiquiste
Simuliidae	Rhéophile
Sphaeriidae	Ubiquiste
Tanypodinae	Ubiquiste
Tanytarsini	Ubiquiste

## **Annexe 7.1**

Cette annexe recense non seulement les prélèvements effectués au titre du programme décennal du suivi de la restauration, puis du programme RhônEco (prélèvements effectués à fin décembre 2015), mais aussi ceux ayant été effectués dans le cadre d'autres projets (suivi de la chasse de Verbois 2012 (CNR), suivi des populations d'*Anisus vorticulus* (Syndicat du Haut-Rhône et Département de l'Isère), travaux de Master et de Thèse de Doctorat (Université de Genève).

P : Printemps ; E : Eté

	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009
	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
<b>BELLEY</b>														
Béard		X	X			X	X		X	X			X	X
Chantemerle			X	X		X	X		X	X			X	X
En L'île (Yenne)		X	X			X	X		X	X			X	X
Fournier		X	X						X	X			X	X
Lucy		X	X						X	X			X	X
Luisettes		X	X						X	X			X	X
Moiroud		X	X						X	X			X	X
<b>BREGNIER</b>														
Cerisier	X	X												
Creux de Bleu	X	X									X	X		
Dahomey	X	X												
Granges			X	X							X	X		
Les Nappes	X	X			X	X								
Mathan		X	X								X	X		
Molottes				X	X						X	X		
Mortier	X	X									X	X		
Plaine				X	X						X	X		
Ponton				X	X						X	X		
Rossillon	X	X	X	X							X	X		
Terres Basses	X	X												
Tonkin							X	X			X	X		
Vachon		X	X								X	X		
Vieille Lône					X	X					X	X		
<b>MIRIBEL</b>														
Grella														
Plançon														
Rizan														
Vieux-Rhône														
<b>PEAGE-de_R.</b>														
Boussarde														X
Ilon										X	X			
Noyé Nord										X	X			
Noyé Sud														
Platière										X	X			
Saintes										X	X			X
<b>MONTELIMAR</b>														
Roussette													X	X
<b>DONZERE</b>														
Banc Rouge														
Bayard													X	X
Caderousse													X	X
Carré													X	X
Dames														
Désirade														
Dion														
Grange Ecrasée													X	X
Jons													X	X
Lascombe														
Malatras													X	X
Malaubert													X	X
République													X	X

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

## **Annexe 7.2**

Photographies des stations échantillonnées secteur de Miribel-Jonage

**Lône du Vieux-Rhône : Amont**



**Lône du Vieux-Rhône : Amont assec**



**Lône du Vieux-Rhône : Centre**



**Lône du Vieux-Rhône : Aval**





**Lône de la Grella : Centre**



**Lône de la Grella : Aval**



**Lône du Plançon : Centre**





**Ruisseau du Rizan : Amont**



**Ruisseau du Rizan : Centre**



**Ruisseau du Rizan : Aval**



**Etang aux libellules LIB1**



**Etang aux libellules LIB2**



## Annexe 9

Les **Annexes 9.1** à **9.4** listent les marqueurs microsatellites retenus et indiquent (i) les kits multiplex auxquels ils appartiennent, (ii) le fluorochrome avec lequel a été marqué une des deux amorces nécessaires à l'amplification du loci microsatellite, (iii) l'intervalle de taille des allèles de chaque locus, ainsi que (iv) les concentrations des amorces utilisées lors des réactions d'amplification.

**Annexe 9.1** - Microsatellites développés pour le gardon (n = 23).

<b>Kit multiplex</b>	<b>Locus</b>	<b>Fluorochrome</b>	<b>Intervalle allélique (pb)</b>	<b>Concentration des amorces en nM</b>
Rr1	BL1-44	<b>FAM</b>	61-104	100
Rr1	Lsou5	<b>FAM</b>	191-217	150
Rr1	LC93	<b>FAM</b>	241-260	100
Rr1	N7G5	<b>A565</b>	91-109	50
Rr1	CypG24	<b>PET</b>	179-208	200
Rr1	BL1-98	<b>PET</b>	279-285	250
Rr1	MFW1	<b>VIC</b>	162-188	130
Rr1	LleC090	<b>VIC</b>	241-267	80
Rr1	Rru7	<b>A550</b>	91-109	100
Rr1	Lsou8	<b>NED</b>	174-189	50
Rr1	Lco1	<b>NED</b>	257-342	300
Rr2	LceC1	<b>FAM</b>	95-108	150
Rr2	Rru4	<b>FAM</b>	178-192	100
Rr2	Ocr106	<b>FAM</b>	234-260	100
Rr2	BL1-30	<b>PET</b>	87-101	80
Rr2	Z21908	<b>PET</b>	145-163	200
Rr2	CtoG075	<b>PET</b>	206-222	100
Rr2	Rser10	<b>YKY</b>	179-194	200
Rr2	Lsou34	<b>VIC</b>	222-230	50
Rr2	Rru478	<b>VIC</b>	308-346	150
Rr2	Ca1	<b>NED</b>	103-129	150
Rr2	N7K4	<b>NED</b>	153-166	150
Rr2	Lid1	<b>A550</b>	248-285	100

**Annexe 9.2 - Microsatellites développés pour le chevaine (n =22).**

<b>Kit multiplex</b>	<b>Locus</b>	<b>Fluorochrome</b>	<b>Intervalle allélique (pb)</b>	<b>Concentration des amorces en nM</b>
Sc1	LceC1	<b>FAM</b>	90-106	100
Sc1	Lsou5	<b>FAM</b>	189-226	100
Sc1	Lid11	<b>FAM</b>	254-278	200
Sc1	BL1-30	<b>PET</b>	83-95	100
Sc1	LleA150	<b>PET</b>	176-220	100
Sc1	Sluc7	<b>A565</b>	272-356	100
Sc1	Lid8	<b>VIC</b>	106-113	200
Sc1	Rser10	<b>YKY</b>	183-196	50
Sc1	Ca3	<b>YKY</b>	223-286	100
Sc1	N7K4	<b>NED</b>	134-147	50
Sc1	LceI100	<b>A550</b>	196-254	100
Sc2	CtoF172	<b>FAM</b>	109-129	80
Sc2	LC27	<b>FAM</b>	156-197	100
Sc2	CypG27	<b>FAM</b>	268-346	400
Sc2	Ca1	<b>A565</b>	99-127	150
Sc2	CypG24	<b>PET</b>	150-167	100
Sc2	LC290	<b>A565</b>	196-254	200
Sc2	CnaB030	<b>VIC</b>	122-137	50
Sc2	BL1-84	<b>YKY</b>	179-195	50
Sc2	LleC090	<b>VIC</b>	251-319	100
Sc2	LC293	<b>NED</b>	98-143	80
Sc2	BL1-153	<b>NED</b>	220-231	50

**Annexe 9.3** -Microsatellites développés pour l'ablette (n =24).

<b>Kit multiplex</b>	<b>Locus</b>	<b>Fluorochrome</b>	<b>Intervalle allélique (pb)</b>	<b>Concentration des amorces en nM</b>
Aa1	CtoF-172	<b>VIC</b>	117-131	80
Aa1	CtoA-247	<b>VIC</b>	170-185	50
Aa1	LleC-090	<b>VIC</b>	221-243	80
Aa1	Ca1	<b>NED</b>	112-150	100
Aa1	LleA-150	<b>A550</b>	191-226	150
Aa1	Lid11	<b>A550</b>	274-339	300
Aa1	E2F8	<b>FAM</b>	104-108	80
Aa1	BL1-2b	<b>FAM</b>	149-167	100
Aa1	LC93	<b>FAM</b>	240-285	100
Aa1	BL1-30	<b>PET</b>	81-120	100
Aa1	CypG24	<b>PET</b>	152-199	100
Aa1	LleA-071	<b>PET</b>	339-352	100
Aa2	LceC1	<b>FAM</b>	100-118	500
Aa2	Lsou5	<b>FAM</b>	183-204	150
Aa2	CypG27	<b>FAM</b>	307-387	400
Aa2	N7K4	<b>NED</b>	151-162	80
Aa2	Lsou08	<b>NED</b>	191-224	100
Aa2	LCO3	<b>NED</b>	243-255	200
Aa2	CnaB-030	<b>VIC</b>	122-127	150
Aa2	BL1-61	<b>VIC</b>	194-204	80
Aa2	Sluc11	<b>YkY</b>	237-248	80
Aa2	N7G5	<b>A565</b>	96-110	50
Aa2	Gob22	<b>A565</b>	175-187	50
Aa2	LCO4	<b>PET</b>	244-280	100

**Annexe 9.4** -Microsatellites développés pour le spiralin (n =22).

<b>Kit multiplex</b>	<b>Locus</b>	<b>Fluorochrome</b>	<b>Intervalle allélique (pb)</b>	<b>Concentration des amorces en nM</b>
Ab1	LceC1	<b>FAM</b>	88-107	150
Ab1	Lsou05	<b>FAM</b>	175-198	100
Ab1	Rru478	<b>FAM</b>	314-327	100
Ab1	CtoA-256	<b>PET</b>	111-124	100
Ab1	Z21908	<b>PET</b>	140-171	300
Ab1	HLJC87	<b>A565</b>	215-285	80
Ab1	LleA-071	<b>PET</b>	342-349	100
Ab1	Lid8	<b>VIC</b>	110-129	200
Ab1	MFW1	<b>VIC</b>	167-198	400
Ab1	LleC-090	<b>VIC</b>	255-329	200
Ab1	N7K4	<b>NED</b>	134-155	100
Ab1	Lsou08	<b>NED</b>	193-207	100
Ab2	N7G5	<b>A565</b>	94-114	150
Ab2	BL1-98	<b>PET</b>	279-289	600
Ab2	LC293	<b>NED</b>	99-113	80
Ab2	Lid11	<b>A550</b>	252-274	100
Ab2	Lro12	<b>FAM</b>	57-108	100
Ab2	LC27	<b>FAM</b>	159-196	100
Ab2	Lsou34	<b>FAM</b>	223-249	80
Ab2	Albi61	<b>VIC</b>	82-157	300
Ab2	Rser10	<b>YkY</b>	193-222	200
Ab2	HLJYL100	<b>YkY</b>	245-328	200