



**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 2016.

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

### ► 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 2016.. [Rapport de recherche] IRSTEA; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2016. hal-02308523

**HAL Id: hal-02308523**

**<https://hal.science/hal-02308523>**

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 (2016)





## **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**, **Charline DAUJAT** (Département F.A. Forel des Sciences de la Terre et de l'Environnement & Institut des Sciences de l'Environnement, Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Genève).

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

## Sommaire

1	Introduction .....	5
2	Cadre physique : restauration et hydrologie .....	12
2.1	Opérations de restauration .....	12
2.2	Hydraulique du chenal .....	16
3	Organisation du suivi .....	18
4	Les poissons du chenal (Vieux-Rhône) .....	23
4.1	Objectifs et méthodologie .....	23
4.2	Échantillonnage .....	23
4.3	Résultats des pêches .....	24
4.3.1	Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1) .....	27
4.3.2	Canal de Miribel (annexe 4.2) .....	34
4.3.3	Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.3) .....	37
4.3.4	Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.4) .....	41
4.3.5	Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.5) .....	44
4.3.6	Vieux-Rhône de Montélimar .....	47
4.3.7	Vieux-Rhône de Donzère .....	50
4.4	Conclusion .....	53
5	Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône) .....	54
5.1	Objectifs .....	54
5.2	Méthodologie .....	55
5.3	Bilan des campagnes d'échantillonnage .....	57
5.4	Evolution des communautés des secteurs suivi du haut-Rhône .....	58
5.4.1	Chautagne .....	58
5.4.2	Belley .....	62
5.4.3	Brégnier-Cordon .....	66
5.5	Évolution des communautés des secteurs suivi du bas-Rhône .....	70
5.5.1	Péage-de-Roussillon .....	70
6	Hydromorphologie des lônes .....	78
6.1	Objectifs et méthodologie .....	78
6.2	Comparaison du comblement des bras par les sédiments fins dans leur état initial et première analyse des paramètres de contrôle .....	80
6.3	Analyse de la concentration en éléments traces métalliques dans les sédiments fins déposés dans les bras et première analyse du rôle du régime de connectivité des bras. ....	83

6.4 Réponse hydromorphologique potentielle des bras ciblés par la restauration sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon : premiers résultats .....	89
6.5 Perspectives pour l'année 2017.....	90
7 Suivi des invertébrés des annexes fluviales.....	90
7.1 Introduction .....	90
7.2 Sites et méthodes .....	92
7.2.1 Sites et dates .....	92
7.2.2 Échantillonnage de la macrofaune.....	93
7.2.3 Analyse des données et calcul des métriques .....	93
7.3 Ordination et typologie faunistique des sites.....	97
7.3.1 Fluctuations interannuelles.....	97
7.3.2 Typologie des 23 sites.....	97
7.4 Métriques de richesse, de diversité et d'abondance .....	102
7.5 Suivi de la restauration de la lône de la Roussette (2009 – 2015).....	106
7.6 Synthèse et perspectives.....	107
8 Assemblages des communautés de poissons dans les lônes.....	111
8.1 Secteur de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.....	112
8.2 Secteur de Péage-de-Roussillon .....	114
8.3 Secteur de Donzère .....	115
9 Bibliographie .....	116
10 Annexes .....	124

## 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

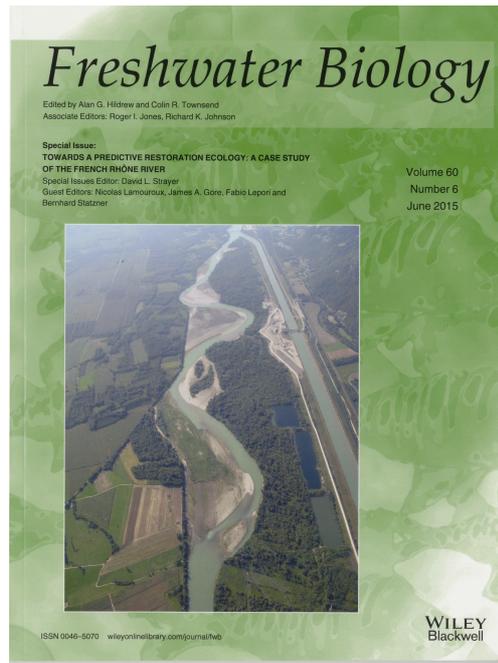
également permis de développer des modèles prédictifs permettant de mieux caractériser le lien entre les facteurs d'habitats et la dynamique des peuplements aquatiques.

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 lînes  
et de leur biodiversité

**14**  
Des éclairages matures  
sur le fonctionnement des lînes

**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 2016). 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 2016. 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 lînes restaurées ou qui seront restaurées prochainement, le rapport fait état de l'avancement des travaux, en complément des informations fournies dans les rapports antérieurs. Le rapport présente un état initial pré-restauration des communautés de macro-invertébrés benthiques de 14 lînes dans les secteurs de Donzère-Mondragon et de Montélimar. 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 lînes restaurées.

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).

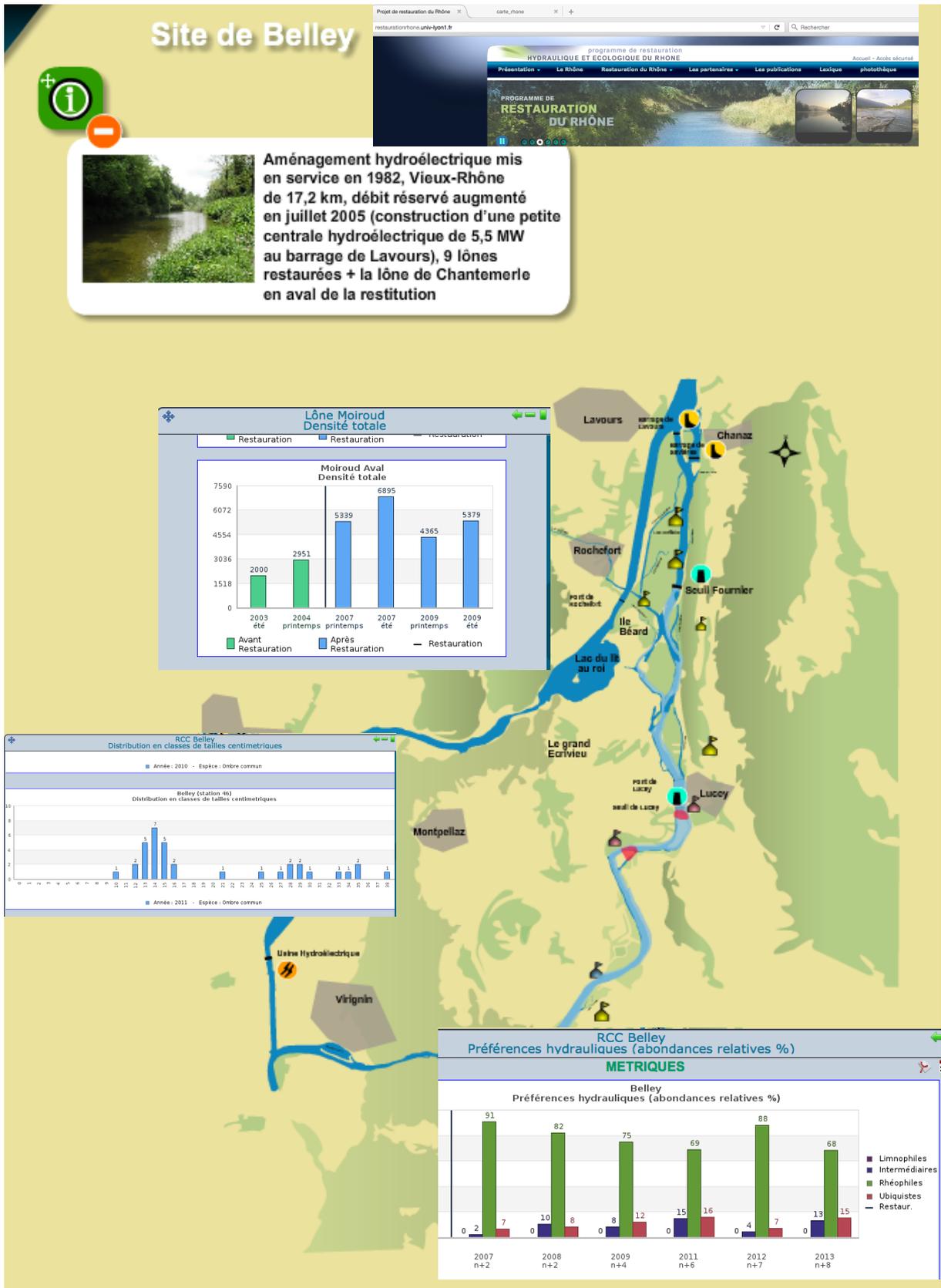


Figure 1.1 - Le site web du suivi de la restauration du Rhône : un outil de consultation cartographique partagé sur le web (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).

## 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 Séran,
- diagnostic du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage de Savières,

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

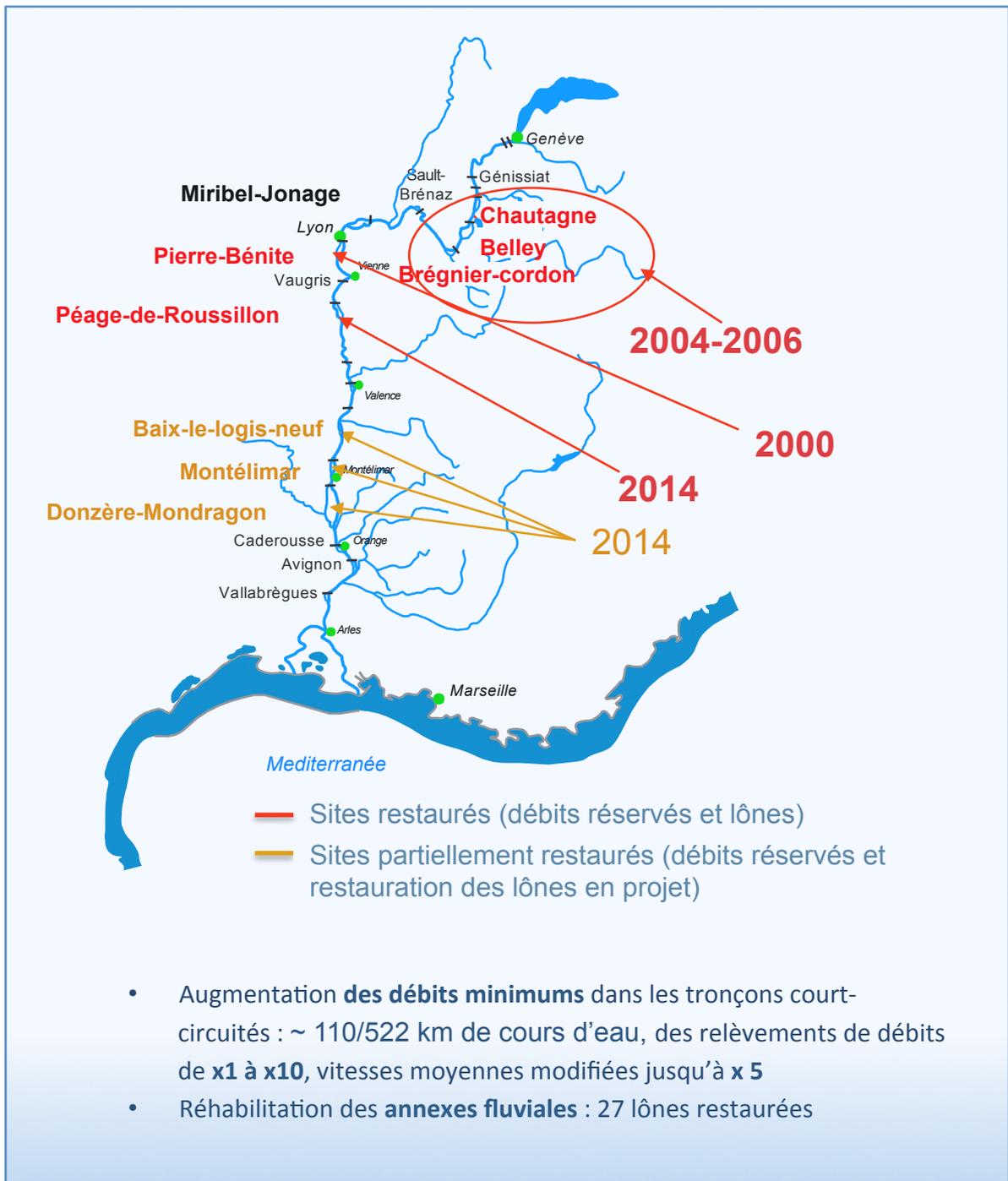


Figure 2.1 - Carte du Rhône montant les 8 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites partiellement restaurés (augmentation du débit réservé en janvier 2014 en orange, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné 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, les travaux de démantèlement des casiers Girardon de l'Île des Gravieres ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017).

La lône de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

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

Les travaux sur la lône de Dion ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017.

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.

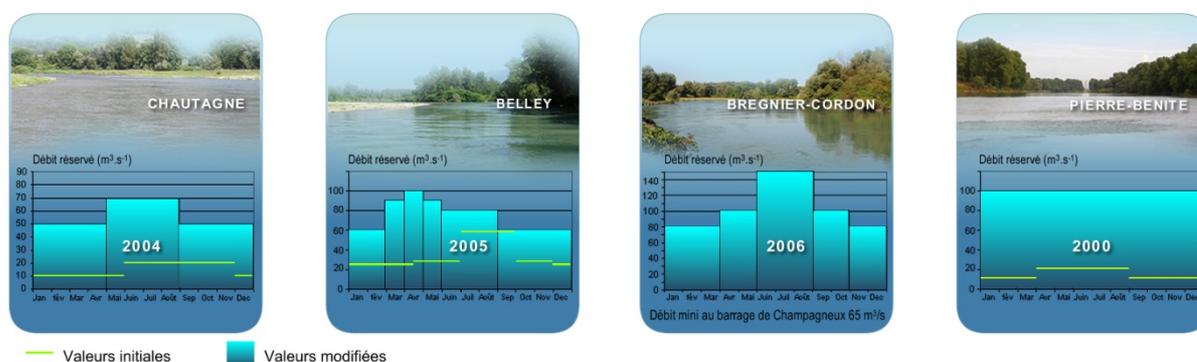


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

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

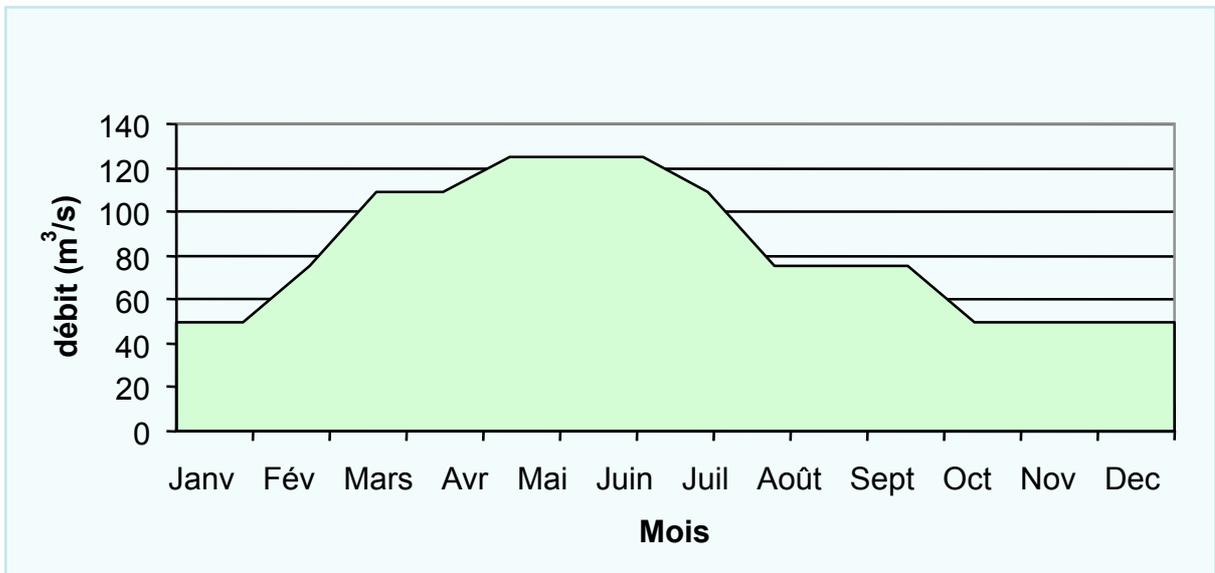


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014.

## 2.2 Hydraulique du chenal

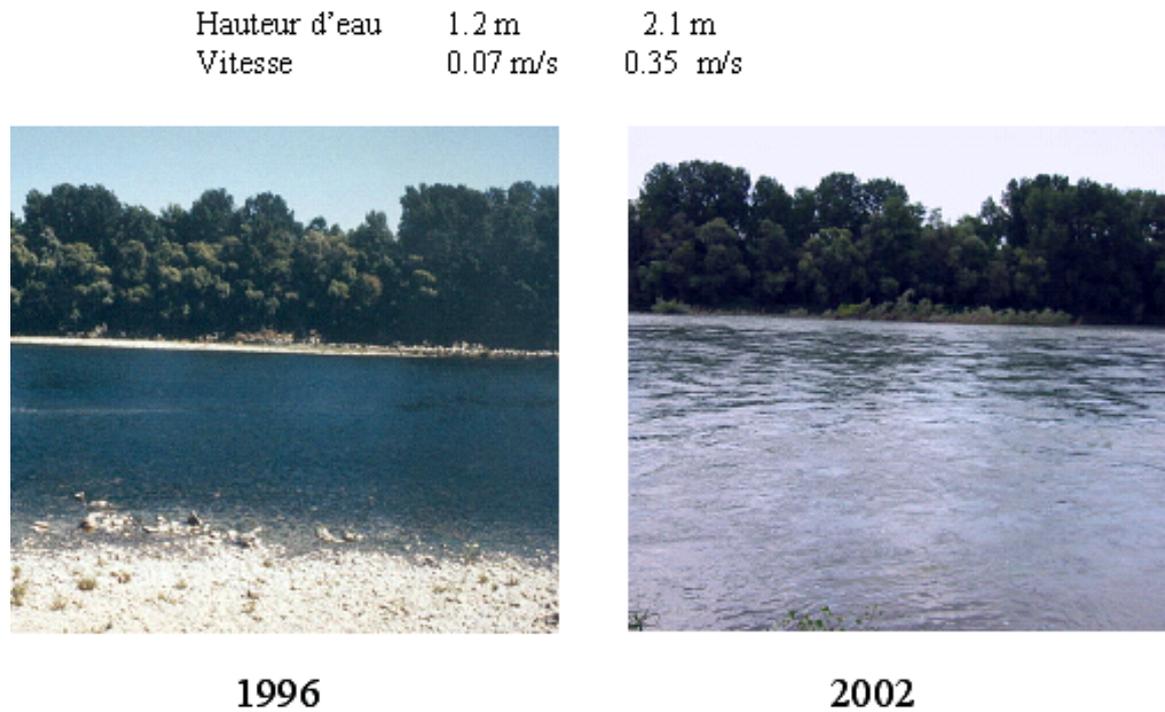


Figure 2.5 - Le vieux-Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

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.

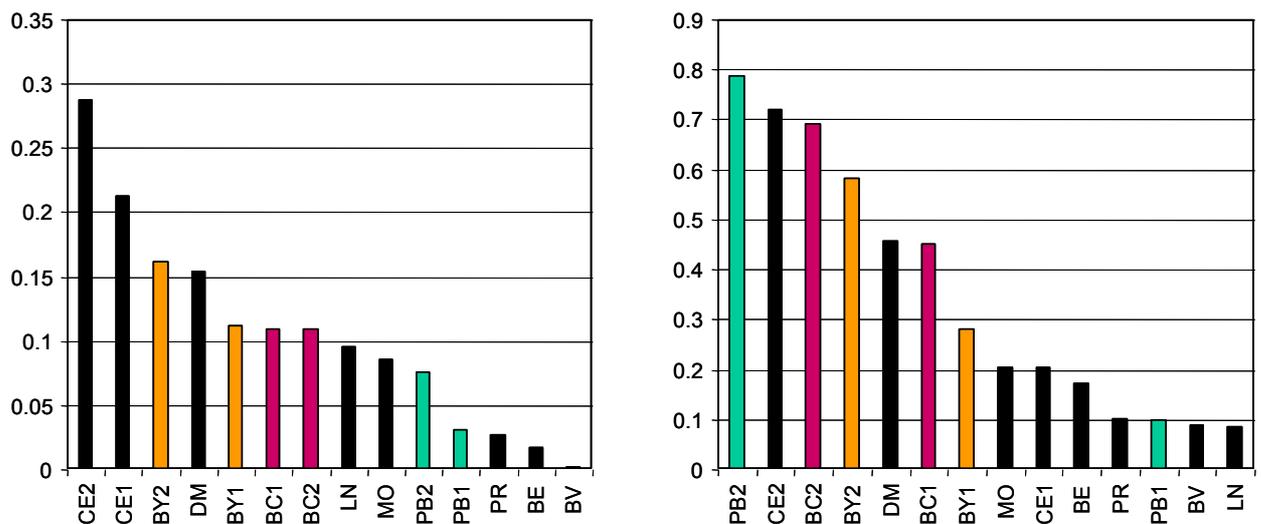


Figure 2.6 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes 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 lômes, **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 lômes 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 lômes 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 lômes 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 lômes restaurées ne font pas l'objet d'un suivi, le

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

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

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

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

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

Situation		Thématiques			
Secteurs	Types de milieu	Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
<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 2016 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>	23-24/08/2016
<b>Vieux-Rhône de Belley</b>	12-13/09/2016
<b>Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon</b>	29-30/08/2016
<b>Canal de Miribel</b>	05-06/09/2016
<b>Vieux-Rhône de Pierre-Bénite</b>	20/09/2016
<b>Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon</b>	04/10/2016
<b>Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf</b>	04/10/2016
<b>Vieux-Rhône de Montélimar</b>	05-06/10/2016
<b>Vieux-Rhône de Donzère</b>	21-22/09/2016

### 1.1 Résultats des pêches

Trente quatre espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les vieux Rhône en 2016 (Tableau 4.2).

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône varie de 14 (en Chautagne) à 30 (Brégnier-Cordon) (Tableau 4.3).

Huit espèces sont échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône : l'ablette, le barbeau fluviatile, le chevaine, le goujon, la loche franche, la perche-soleil, le silure et le spirilin.

Les cinq espèces les plus abondantes dans les échantillons en 2016 sont : l'ablette (24%), le chevaine (13,9%), le barbeau fluviatile (12,6%), le spirilin (10,9%) et le goujon (9,1%) (Figure 4.1).

Le hotu et la bouvière sont présents dans tous les vieux-Rhône sauf en Chautagne. Les effectifs de hotus sont généralement très faibles. Il en est de même pour la bouvière, sauf à Péage-de-Roussillon où elle est devenue très abondante

La truite, l'ombre commun et l'épinoche n'ont été rencontrés que dans les vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

La vandoise est essentiellement abondante dans les vieux-Rhône de Belley et de Brégnier-Cordon.

La lote n'a été échantillonnée que dans le vieux-Rhône de Belley.

La lamproie de Planer n'a été trouvée que dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon.

Tableau 4.2 - Liste des 35 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi (vieux-Rhône et îlones) et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les vieux-Rhône (Prés. VR 2016) sont identifiées. L'appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) est indiquée.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Prés. VR 2016	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	*	
	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>Alburnoïdes 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 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	*	
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	BBG	*	
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>
Cottidés	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA	*	

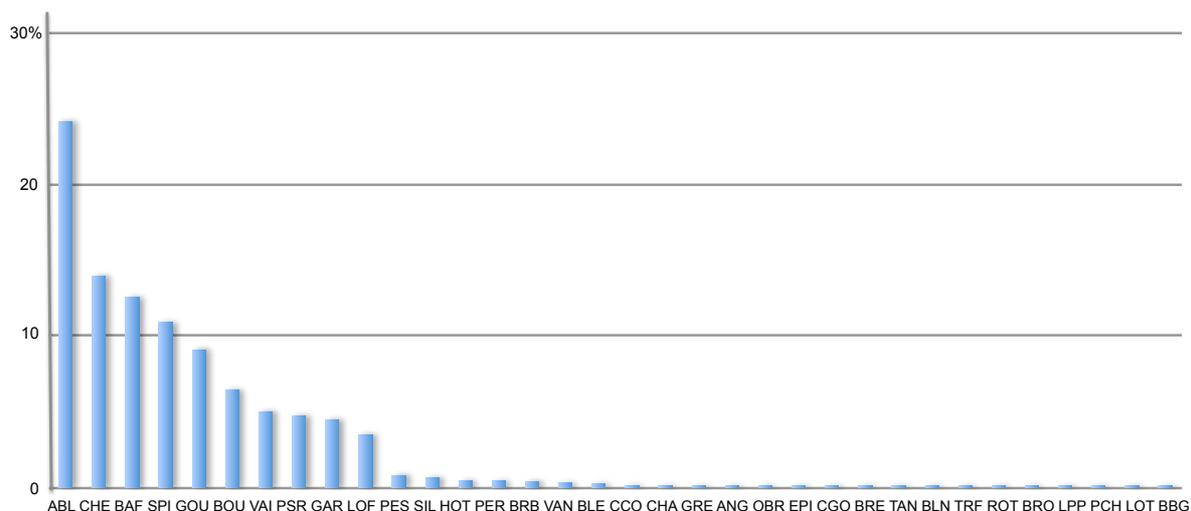


Figure 4.1 - Abondances relatives des différentes espèces de poissons échantillonnées dans les 9 vieux-Rhône en 2016.

Dans les 4 tronçons court-circuités du Haut-Rhône et dans ceux de Pierre-Bénite et Péage-de-Roussillon, les effectifs capturés en 2016 ont été très inférieurs à ceux de 2015 : 25% des effectifs capturés en 2015 en Chautagne, ~55% à Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite, ~43% dans le canal de Miribel et à Péage-de-Roussillon. En revanche, ils ont été 2 fois plus importants en 2016 qu'en 2015 à Baix-Le-Logis-Neuf et légèrement supérieurs à ceux de 2015 à Montélimar et Donzère.

Tableau 4.3 - Effectifs échantillonnés dans les vieux-Rhône en 2016 (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 vives » sont renseignés pour chaque secteur. La dernière colonne renseigne sur le nombre de vieux-Rhône dans lesquels une espèce a été échantillonnée.

Espèces/Sites	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Canal de Miribel	Pierre-Bénite	Péage-de-Roussillon	Baix	Montélimar	Donzère	Total	Occurrence
ABL	6	15	14	63	652	411	718	702	1155	3736	9
ANG	0	0	0	0	1	0	4	4	11	20	4
BAF	181	649	285	224	30	44	60	130	340	1943	9
BBG	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
BLE	0	7	32	2	0	0	0	0	0	41	3
BLN	0	1	7	0	0	1	3	0	0	12	4
BOU	0	6	17	3	2	888	58	19	9	1002	8
BRB	0	0	7	7	3	35	8	7	2	69	7
BRE	0	3	10	0	0	2	0	0	0	15	3
BRO	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	2
CGO	0	0	0	0	0	6	0	0	9	15	2
CCO	0	0	0	0	0	0	0	1	28	27	2
CHA	0	13	7	5	0	0	0	0	0	25	3
CHE	102	675	561	212	57	261	103	55	128	2154	9
EPI	2	6	8	0	0	0	0	0	0	16	3
GAR	221	327	40	7	59	41	2	1	0	698	8
GOU	5	154	352	56	13	400	50	107	271	1408	9
GRE	0	9	5	0	3	6	0	0	0	23	4
HOT	0	11	11	6	23	2	14	6	1	74	8
LOF	40	46	33	25	5	16	95	54	231	545	9
LOT	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1
LPP	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1
OBR	1	17	1	0	0	0	0	0	0	19	3
PCH	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1
PER	8	20	30	0	3	5	3	1	1	71	8
PES	3	7	34	6	21	51	6	1	1	130	9
PSR	0	1	7	2	0	274	47	5	396	732	7
ROI	0	5	1	0	0	2	1	0	0	9	4
SIL	1	16	4	45	7	22	5	2	5	107	9
SPI	27	163	91	454	8	39	371	67	466	1686	9
TAN	0	3	10	0	0	0	0	1	0	14	3
TRF	0	8	2	0	0	0	0	0	0	10	2
VAI	50	88	27	287	0	0	278	0	47	777	6
VAN	1	18	32	0	1	0	0	0	0	52	4
<b>Total</b>	<b>648</b>	<b>2271</b>	<b>1637</b>	<b>1404</b>	<b>888</b>	<b>2506</b>	<b>1826</b>	<b>1163</b>	<b>3101</b>	<b>15442</b>	
Nb esp.	14	27	30	16	16	19	18	17	17		
Nb E.P.A.	100	200	200	100	100	100	80	180	200		
%age EC	29%	31%	21%	21%	86%	18%	43%	72%	48%		
%age EV	38%	38%	26%	50%	5%	4%	29%	22%	33%		

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

Dans le vieux-Rhône de **Chautagne** les effectifs échantillonnés en 2016 ont été relativement faibles et ces résultats témoignent de mauvaises conditions de reproduction et de croissance des premiers stades de développement en raison de l'hydrologie printanière (le détail des effectifs capturés depuis l'augmentation du débit réservé – juillet 2004 – est disponible dans l'annexe 4.1). 77% des poissons échantillonnés étaient des juvéniles de l'année, essentiellement des barbeaux et des gardons. 90% des effectifs capturés sont représentés par des individus qui appartiennent à 5 espèces seulement (Figure 4.2) : le gardon, le barbeau fluviatile, le chevaine, le viron et la loche franche. En 2016, le gardon est l'espèce dont l'abondance dans les échantillons est la plus élevée, la quasi-totalité des poissons

capturés étaient des juvéniles de l'année. Depuis 2012, les captures de gardons ont augmenté de manière significative dans ce tronçon court-circuité.

La proportion des individus appartenant à la guildes des espèces d'eau courante est de 29% en 2016 (Figure 4.3), valeur inférieure à la moyenne (24,2%) sur la période post-augmentation de débit réservé (2004-2016) (Tableau 4.4). Au sein de cette guildes, les effectifs de barbeaux représentent 96% en 2016. Cette très forte contribution du barbeau fluviatile confirme les résultats obtenus antérieurement, notamment depuis 2014 (Tableau 4.5) La contribution des ablettes a été très faible en 2016, probablement suite à un succès assez médiocre de la reproduction. Comme en 2015, aucun hotu n'a été capturé. Un seul juvénile de l'année d'ombre commun a été échantillonné.

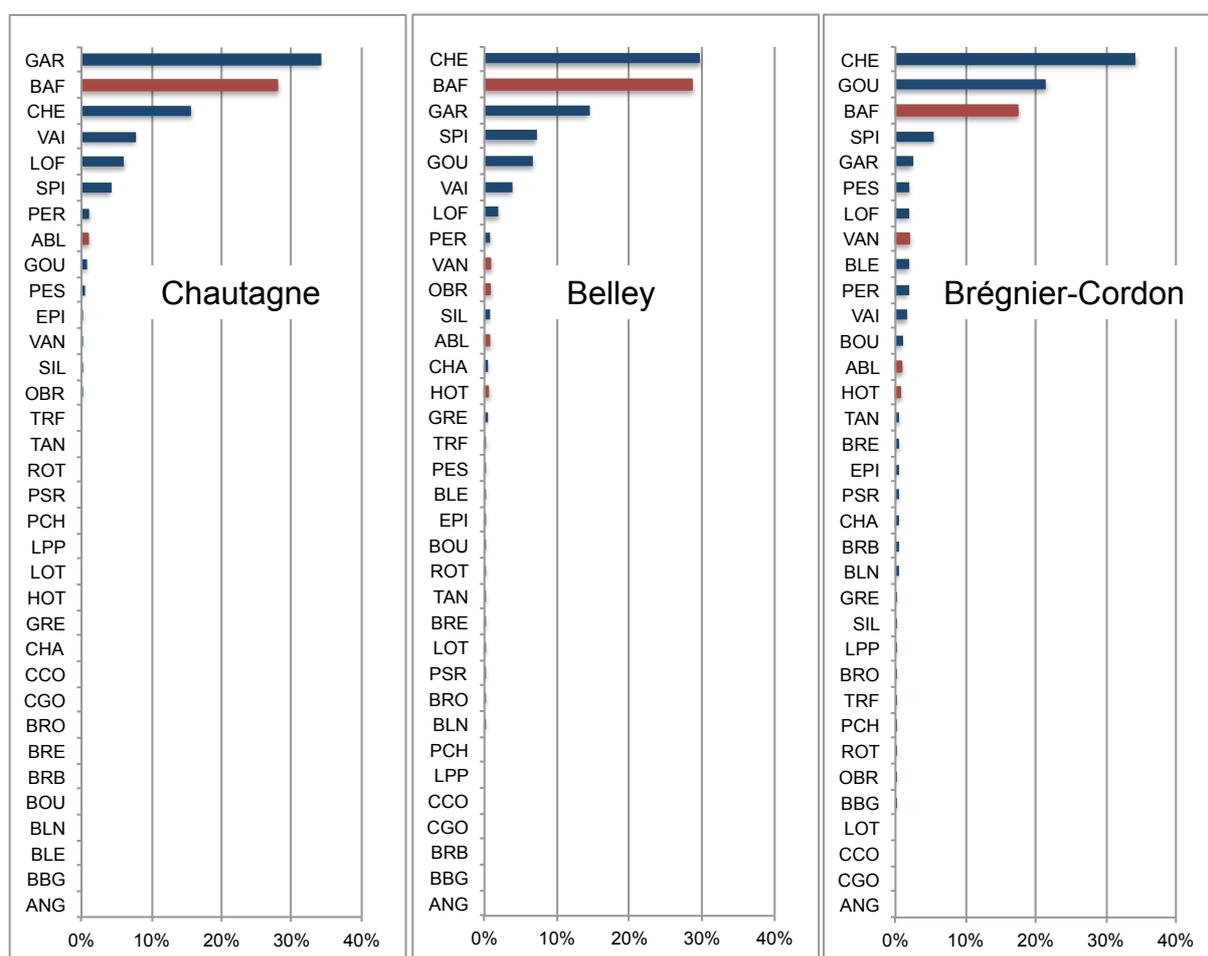
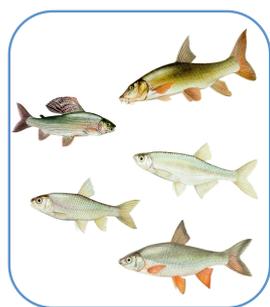


Figure 4.2 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées après augmentation des débits réservés dans les trois vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.



Pré

## Haut-Rhône



Chautagne



Belley



Brégnier-Cordon

Post

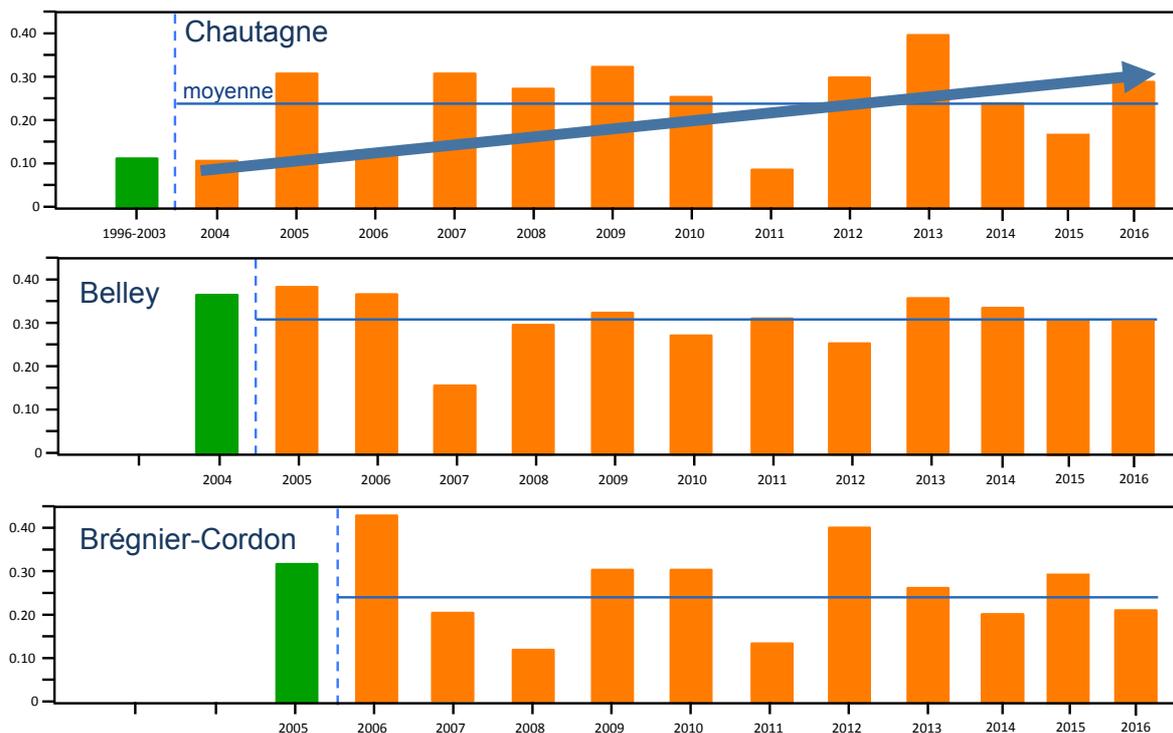


Figure 4.3 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les 3 vieux – Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation.

Tableau 4.4 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Chautagne depuis l’augmentation des débits réservés en 2004. %EC : proportion d’espèces d’eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2004 - 2016 sont surlignées en vert. L’abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d’eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2004-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2004	1775	20	9,3%	2,0%	4,8%	0,1%	0,5%	1,9%
2005	1409	20	30,9%	17,2%	7,7%	5,7%	0,1%	0,1%
2006	1566	19	13,3%	1,3%	11,1%	0,1%	0,0%	0,8%
2007	707	18	30,7%	20,2%	2,3%	1,1%	1,7%	5,4%
2008	672	19	27,4%	0,6%	19,9%	6,4%	0,3%	0,1%
2009	986	15	31,8%	4,2%	27,0%	0,0%	0,7%	0,0%
2010	1140	20	21,8%	5,1%	16,1%	0,4%	0,0%	0,3%
2011	456	17	8,1%	1,5%	4,6%	0,0%	2,0%	0,0%
2012	1326	19	30,4%	3,6%	26,6%	0,1%	0,0%	0,1%
2013	873	20	39,2%	22,1%	11,9%	5,0%	0,1%	0,0%
2014	2765	23	23,9%	0,7%	23,0%	0,0%	0,1%	0,2%
2015	2545	20	18,0%	2,0%	15,9%	0,0%	0,1%	0,1%
2016	648	14	29,2%	0,9%	27,9%	0,0%	0,2%	0,2%
2004-2016	16868	28	22,9%	5,1%	15,8%	1,1%	0,3%	0,6%
Moyenne	1298	19	24,2%	6,3%	15,3%	1,5%	0,4%	0,7%

Tableau 4.5 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2004 à 2016 dans le vieux-Rhône de Chautagne. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2004-2016 » est calculée globalement sur la période 2005-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2004	165	21,8%	51,5%	0,6%	5,5%	20,6%
2005	435	55,9%	24,8%	18,6%	0,2%	0,5%
2006	209	9,6%	83,3%	1,0%	0,0%	6,2%
2007	217	65,9%	7,4%	3,7%	5,5%	17,5%
2008	184	2,2%	72,8%	23,4%	1,1%	0,5%
2009	314	13,1%	84,7%	0,0%	2,2%	0,0%
2010	249	23,3%	73,5%	2,0%	0,0%	1,2%
2011	37	18,9%	56,8%	0,0%	24,3%	0,0%
2012	403	11,9%	87,6%	0,2%	0,0%	0,2%
2013	342	56,4%	30,4%	12,9%	0,3%	0,0%
2014	662	2,7%	95,9%	0,2%	0,5%	0,8%
2015	459	11,1%	88,0%	0,0%	0,4%	0,4%
2016	189	3,2%	95,8%	0,0%	0,5%	0,5%
2004-2016	3865	22,5%	68,9%	4,8%	1,2%	2,6%

Dans le Vieux-Rhône de **Belley**, parmi les 27 espèces échantillonnées en 2016, les effectifs de chevaine (30% des effectifs), de barbeau (29%), de gardon (14%), de spirilin (7%), de goujon (7%) et de vairon (4%) représentent 91% des captures (Figure 4.2). Pour ces 6 espèces les juvéniles de l’année représentent respectivement 44, 88, 99, 82, 68 et 28% des poissons

Tableau 4.9 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2016 dans le vieux-Rhône de Brégner-Cordon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2006-2016 » est calculée globalement sur la période 2006-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2006	438	40,9%	43,2%	10,7%	0,0%	5,3%
2007	146	46,6%	22,6%	14,4%	0,0%	16,4%
2008	41	2,4%	82,9%	7,3%	0,0%	7,3%
2009	304	20,4%	68,4%	3,3%	0,0%	7,9%
2010	189	9,0%	79,4%	4,2%	0,0%	7,4%
2011	172	51,7%	27,9%	4,1%	0,0%	16,3%
2012	736	22,8%	56,5%	7,9%	0,1%	12,6%
2013	386	25,4%	62,2%	9,6%	0,0%	2,8%
2014	212	19,3%	59,4%	4,7%	0,9%	15,6%
2015	882	15,8%	71,2%	9,8%	0,1%	3,2%
2016	343	4,1%	83,1%	3,2%	0,3%	9,3%
2006-2016	3849	22,8%	61,2%	7,7%	0,1%	8,1%

#### 4.3.2 Canal de Miribel (annexe 4.2)

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

Le débit réservé dans le Canal de Miribel n’a pas été modifié en janvier 2014 et les valeurs restent comprises entre 30 et 60 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

Au cours de la période 2007-2016, 20 2151 poissons appartenant à 28 espèces ont été capturés (annexe 4.2). Les espèces les plus abondantes dans les échantillons sont le spirilin (35,8 %) et le vairon (24,6%) et le barbeau (15,8%). En 2016, l’abondance relative du spirilin était de 32,3%, celle du vairon de 20,4%, celle du barbeau de 16% et celle du chevaine de 15,1% (Figure 4.4). Ni l’ombre commun ni la truite fario n’ont été échantillonnés entre 2007 et 2016. En revanche, comme cela a été observé sur les 3 autres tronçons du Haut-Rhône, les effectifs de silure sont relativement importants, notamment depuis 2014, 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 dans ce tronçon du Rhône.

L’examen de l’évolution de la proportion d’espèces d’eau courante au cours de la période d’échantillonnage (Tableau 4.10 & Figure 4.5) montre que les valeurs varient entre 7,7%

capturés, témoignant, comme en Chautagne, d'un bon succès de reproduction en 2016 pour le barbeau fluviatile et le gardon. Ces proportions très variables de juvéniles de l'année témoignent l'échantillonnage de poissons appartenant à différentes classes d'âges aussi bien pour l'ombre commun (14 juvéniles de l'année et 3 individus d'âge supérieur) la truite fario (5 juvéniles de l'année et 3 individus d'âge supérieur) ou les cyprinidés comme le barbeau, et chevaine ou le goujon. La proportion d'espèces d'eau courante est de 31,3% en 2016, la moyenne sur ce secteur après augmentation des débits minimums est de 30,7% (Tableau 4.6, Figure 4.3), valeur supérieure à celle observée en Chautagne (24,2%) et à Brégnier-Cordon (24,7%). Depuis 2005, les valeurs de cette métrique sont relativement stables, excepté en 2007 où le succès de reproduction avait été vraiment mauvais, ce qui témoigne d'une structure de peuplement relativement robuste, appuyée par des résultats d'échantillonnage qui mettent en évidence les différentes classes d'âges régulièrement rencontrées pour chacune de ces espèces. Parmi les espèces d'eau courante, si la proportion de barbeaux fluviatiles reste importante depuis 2005 (67% sur la période 2005-2016 et 83% en 2016), les autres espèces contribuent également de manière significative à cette guildes, notamment la vandoise (14,5% sur la période 2005-2016) et l'ablette (10,9% sur la période 2005-2016). Les contributions du hotu (5%) et de l'ombre commun (2,6%) sont moindres (Tableau 4.7).

Tableau 4.6 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Belley depuis l'augmentation des débits réservés en 2005. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2005 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2005-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2005	1614	22	38,6%	4,3%	11,0%	9,4%	0,3%	13,7%
2006	1029	21	36,3%	7,7%	16,0%	1,3%	0,0%	11,4%
2007	794	24	15,7%	4,5%	9,1%	1,3%	0,6%	0,3%
2008	543	21	30,8%	1,1%	17,1%	2,4%	1,3%	8,8%
2009	1276	24	32,1%	0,9%	23,5%	0,0%	0,5%	7,2%
2010	839	28	27,2%	2,4%	21,5%	0,6%	1,1%	1,7%
2011	1475	22	30,9%	13,7%	11,7%	0,7%	2,4%	2,4%
2012	1267	26	25,7%	0,3%	19,7%	0,9%	1,7%	3,0%
2013	1873	25	35,2%	1,2%	26,4%	3,0%	0,7%	3,8%
2014	1607	22	33,4%	4,5%	17,6%	0,2%	0,9%	10,1%
2015	4090	23	31,3%	2,6%	27,3%	0,1%	0,5%	0,9%
2016	2271	27	31,3%	0,7%	28,6%	0,5%	0,7%	0,8%
2005-2016	18678	32	31,6%	3,4%	21,1%	1,6%	0,8%	4,6%
Moyenne	1557	24	30,7%	3,7%	19,1%	1,7%	0,9%	5,3%

Tableau 4.7 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2005 à 2016 dans le vieux-Rhône de Belley. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2005-2016 » est calculée globalement sur la période 2005-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2005	623	11,1%	28,4%	24,2%	0,8%	35,5%
2006	374	21,1%	44,1%	3,5%	0,0%	31,3%
2007	125	28,8%	57,6%	8,0%	4,0%	1,6%
2008	167	3,6%	55,7%	7,8%	4,2%	28,7%
2009	410	2,9%	73,2%	0,0%	1,5%	22,4%
2010	228	8,8%	78,9%	2,2%	3,9%	6,1%
2011	456	44,3%	37,7%	2,4%	7,7%	7,9%
2012	326	1,2%	76,7%	3,7%	6,7%	11,7%
2013	659	3,5%	75,0%	8,6%	2,1%	10,8%
2014	537	13,4%	52,7%	0,7%	2,8%	30,4%
2015	1281	8,3%	87,0%	0,2%	1,6%	2,9%
2016	710	2,1%	91,4%	1,5%	2,4%	2,5%
2005-2016	5896	10,9%	67,0%	4,9%	2,6%	14,5%

Dans le Vieux-Rhône de **Brégnier-Cordon** l’augmentation de débit minimum ne concerne que le tronçon à l’amont de la confluence avec le Guiers (passage de 25 à 65 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 dans le vieux-Rhône de Belley, la diversité de bras latéraux et de lînes est importante. Comme en 2015, 30 espèces ont été échantillonnées en 2016 (valeur de richesse spécifique la plus importante sur l’ensemble des vieux-Rhône suivis). Les effectifs de blénie fluviatile ont été relativement importants en 2016 (30% des poissons échantillonnés étaient des juvéniles de l’année). Les 3 espèces les plus abondamment capturées en 2016 sont le chevaine (34,3% des effectifs), le goujon (21,5%) et le barbeau fluviatile (17,4%) (Figure 4.2). Les autres espèces les plus communément échantillonnées en 2016 dans ce vieux-Rhône sont : l’ablette, le spirilin, le gardon, la perche soleil, la loche franche, la blénie fluviatile, la vandoise et la perche commune. Contrairement à ce qui été observé en Chautagne et dans le vieux-Rhône de Belley, les effectifs de gardons ont été relativement modestes dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon en 2016 (annexe 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 ont été échantillonnées. La présence dans les pêches d’espèces possédant des exigences écologiques aussi variées témoigne de la coexistence dans ce tronçon court-circuité d’habitats aux caractéristiques hydrauliques très différentes, des plus lenticules (basses de convexité en arrière des bancs de galets par exemple) aux seuils naturels très courants. Parmi les cyprinidés

les plus abondants dans les échantillons, la proportion de juvéniles de l'année est de 90% pour le barbeau, 28% pour le chevaine, 13% pour le goujon et 50% pour le spirin.

La proportion d'espèces d'eau courante est de 21% en 2016, la moyenne sur ce secteur après augmentation des débits minimum est de 24,7% (Figure 4.3 & Tableau 4.8). Cette valeur relativement faible en 2016 est essentiellement due à la très faible proportion de juvéniles de l'année d'ablettes et de hotus dans les échantillons (respectivement 0,9 et 0,7 %). Le barbeau est, en 2016, l'espèce dont la proportion est la plus forte parmi les espèces appartenant à cette guildes (Tableau 4.9), du fait des très faibles effectifs d'ablettes et de hotus, la contribution de la vandoise apparaît comme relativement importante (9,3%) alors que seuls 32 individus ont été capturés.

Tableau 4.8 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis l'augmentation des débits réservés en 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2006	1084	21	40,4%	16,5%	17,4%	4,3%	0,0%	2,1%
2007	742	24	19,7%	9,2%	4,4%	2,8%	0,0%	3,2%
2008	343	19	12,0%	0,3%	9,9%	0,9%	0,0%	0,9%
2009	1200	22	25,3%	5,2%	17,3%	0,8%	0,0%	2,0%
2010	748	24	25,3%	2,3%	20,1%	1,1%	0,0%	1,9%
2011	1367	24	12,6%	6,5%	3,5%	0,5%	0,0%	2,0%
2012	1863	28	39,5%	9,0%	22,3%	3,1%	0,1%	5,0%
2013	1467	26	26,3%	6,7%	16,4%	2,5%	0,0%	0,7%
2014	1057	24	19,9%	3,9%	11,9%	0,9%	0,2%	3,1%
2015	2966	30	29,7%	4,7%	21,2%	2,9%	0,0%	0,9%
2016	1637	30	20,9%	0,9%	17,4%	0,7%	0,1%	2,0%
2006-2016	14474	36	26,6%	6,1%	16,3%	2,1%	0,0%	2,2%
Moyenne	1316	25	24,7%	5,9%	14,7%	1,9%	0,0%	2,2%

Tableau 4.9 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2016 dans le vieux-Rhône de Brégner-Cordon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2006-2016 » est calculée globalement sur la période 2006-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2006	438	40,9%	43,2%	10,7%	0,0%	5,3%
2007	146	46,6%	22,6%	14,4%	0,0%	16,4%
2008	41	2,4%	82,9%	7,3%	0,0%	7,3%
2009	304	20,4%	68,4%	3,3%	0,0%	7,9%
2010	189	9,0%	79,4%	4,2%	0,0%	7,4%
2011	172	51,7%	27,9%	4,1%	0,0%	16,3%
2012	736	22,8%	56,5%	7,9%	0,1%	12,6%
2013	386	25,4%	62,2%	9,6%	0,0%	2,8%
2014	212	19,3%	59,4%	4,7%	0,9%	15,6%
2015	882	15,8%	71,2%	9,8%	0,1%	3,2%
2016	343	4,1%	83,1%	3,2%	0,3%	9,3%
2006-2016	3849	22,8%	61,2%	7,7%	0,1%	8,1%

### 1.1.1 Canal de Miribel (annexe 4.2)

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

Le débit réservé dans le Canal de Miribel n’a pas été modifié en janvier 2014 et les valeurs restent comprises entre 30 et 60 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

Au cours de la période 2007-2016, 20 2151 poissons appartenant à 28 espèces ont été capturés (annexe 4.2). Les espèces les plus abondantes dans les échantillons sont le spirilin (35,8 %) et le vairon (24,6%) et le barbeau (15,8%). En 2016, l’abondance relative du spirilin était de 32,3%, celle du vairon de 20,4%, celle du barbeau de 16% et celle du chevaine de 15,1% (Figure 4.4). Ni l’ombre commun ni la truite fario n’ont été échantillonnés entre 2007 et 2016. En revanche, comme cela a été observé sur les 3 autres tronçons du Haut-Rhône, les effectifs de silure sont relativement importants, notamment depuis 2014, 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 dans ce tronçon du Rhône.

L’examen de l’évolution de la proportion d’espèces d’eau courante au cours de la période d’échantillonnage (Tableau 4.10 & Figure 4.5) 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 21,4%. Depuis 2010, le barbeau est l'espèce de la guildes qui contribue majoritairement à la proportion d'espèces d'eau courante dans les échantillons, le hotu et l'ablette contribuent de manière beaucoup moins marquée et variable suivant les années mais parfois significative, (Tableau 4.11), essentiellement en fonction du succès de reproduction. En 2016 par exemple, la contribution de l'ablette était de 21,5%.



Figure 4.4 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2016 dans le Canal de Miribel. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.10 – Synthèse des résultats acquis dans le Canal de Miribel depuis 2007. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2007 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2007-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	788	16	11,4%	0,3%	10,0%	1,0%	0,1%
2008	1639	15	7,7%	0,3%	3,5%	4,0%	0,0%
2009	1383	18	11,1%	0,7%	7,4%	2,0%	0,9%
2010	2630	16	21,9%	0,7%	16,7%	4,5%	0,0%
2011	3126	18	37,7%	4,6%	17,5%	15,6%	0,1%
2012	1009	22	34,3%	4,3%	21,9%	7,8%	0,3%
2013	3027	20	19,2%	0,8%	17,5%	0,7%	0,1%
2014	2027	19	27,1%	1,8%	16,6%	8,7%	0,0%
2015	3182	18	22,0%	1,1%	20,8%	0,2%	0,0%
2016	1404	16	22,0%	4,5%	16,0%	0,4%	0,0%
2007-2016	20215	28	20,9%	1,9%	15,8%	4,9%	0,1%
Moyenne	2022	18	21,4%	1,9%	14,8%	4,5%	0,1%

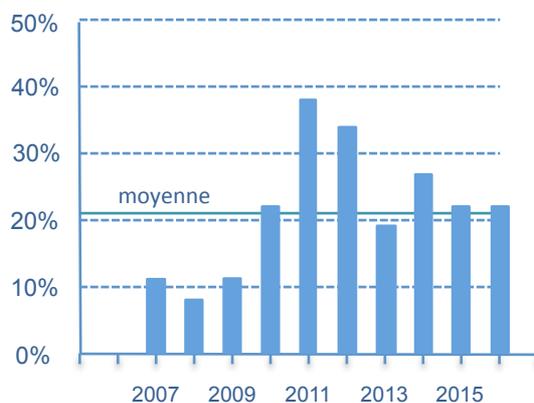


Figure 4.5 - Évolution de la proportion d'espèces d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, vandoise) au cours de la période 2007-2016) dans le Canal de Miribel. Le trait bleu continu horizontal indique la valeur de la moyenne calculée sur la période.

Tableau 4.11 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2016 dans le Canal de Miribel. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2007-2016 » est calculée globalement sur la période 2007-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	90	2,2%	87,8%	8,9%	1,1%
2008	127	3,9%	44,9%	51,2%	0,0%
2009	153	6,5%	66,7%	18,3%	8,5%
2010	576	3,3%	76,0%	20,7%	0,0%
2011	1178	12,1%	46,3%	41,3%	0,2%
2012	346	12,4%	63,9%	22,8%	0,9%
2013	580	4,3%	91,6%	3,8%	0,3%
2014	550	6,7%	61,1%	32,2%	0,0%
2015	703	5,1%	94,0%	0,9%	0,0%
2016	293	21,5%	76,5%	2,0%	0,0%
2007-2016	4596	8,3%	69,5%	21,7%	0,5%

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

L'évolution du peuplement de poissons du vieux Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé en septembre 2000 a été largement décrite dans les rapports précédents et dans les publications issues de ce programme ( Lamouroux *et al.*, 2006, Lamouroux & Olivier, 2015) (données détaillées en annexe 4.3).

Les conclusions montrent que la structure du peuplement a été modifiée suite au relèvement important du débit minimum avec une augmentation importante de la proportion des espèces d'eau courante dans ce secteur (Figure 4.6), essentiellement due à l'augmentation des proportions d'ablettes, de barbeaux fluviatiles et de hotus (Tableau 4.12).

Comme en 2015, la proportion d'espèces d'eau courante est particulièrement élevée en 2016 (86%). Une très forte proportion d'ablettes dans les échantillons (73,4%) est responsable de cette valeur. Ces ablettes sont issues à la fois du fort recrutement de 2015 et du recrutement de 2016. Les effectifs des autres espèces de la guildes des espèces d'eau courante sont très faibles en 2016 : 30 barbeaux, 23 hotus et 1 vandoise.

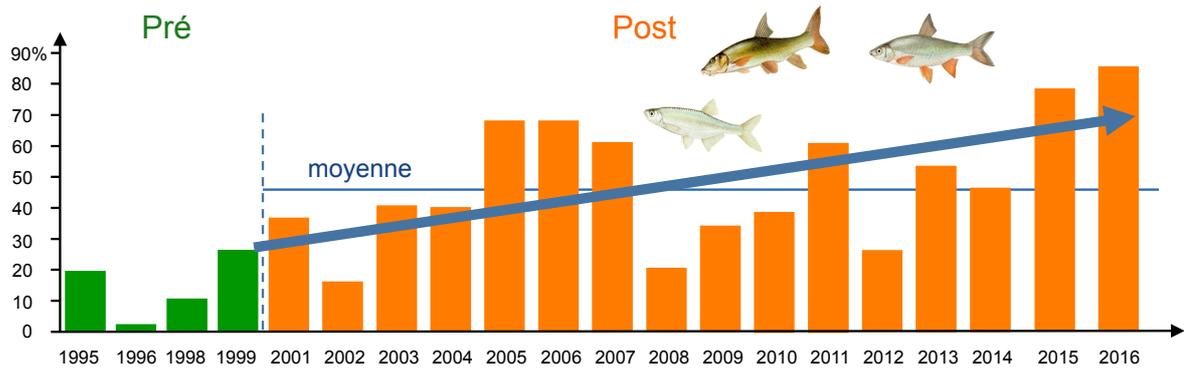


Figure 4.6 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Pierre-Bénite. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2000-2016.

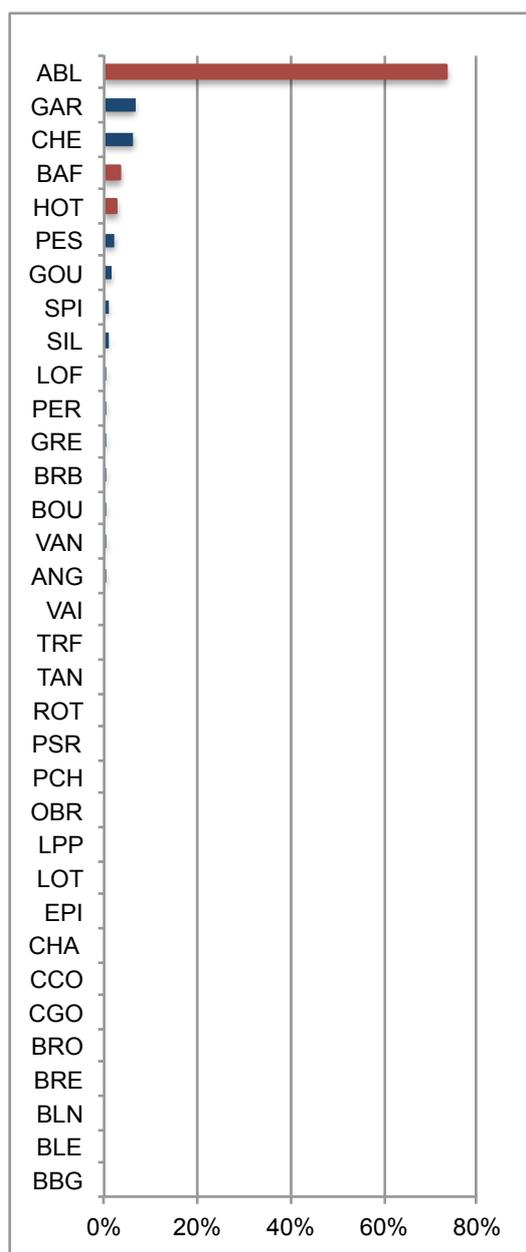


Figure 4.7 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2016 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

L'évolution de la métrique « proportion d'espèces d'eau courante » depuis le changement de débit réservé (septembre 2000) est très fortement dépendant des effectifs d'ablettes, ceux-ci représentent ~41% des effectifs de poissons échantillonnés entre 2001 et 2016. La proportion des individus appartenant à cette espèce au sein de cette guildes des espèces d'eau courante est général supérieure à 50% (sauf en 2010) et a dépassé 90% six années sur 16 (Tableau 4.13).

Tableau 4.12 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis 2001. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2001 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2001-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	613	19	35,2%	25,3%	6,2%	3,8%	0,0%
2002	1237	22	15,7%	10,8%	1,9%	3,1%	0,0%
2003	846	22	39,4%	20,6%	12,3%	4,5%	2,0%
2004	495	23	38,6%	26,3%	7,1%	2,8%	2,4%
2005	735	20	66,5%	63,0%	2,2%	1,1%	0,3%
2006	1617	18	66,6%	62,9%	3,0%	0,7%	0,0%
2007	486	15	59,7%	57,0%	1,6%	0,8%	0,2%
2008	700	21	20,0%	13,7%	4,7%	1,3%	0,3%
2009	322	16	33,2%	18,9%	13,0%	1,2%	0,0%
2010	473	16	38,3%	8,5%	10,4%	17,3%	2,1%
2011	832	20	55,4%	41,0%	3,7%	10,3%	0,4%
2012	216	15	27,3%	20,8%	5,1%	1,4%	0,0%
2013	413	13	53,0%	49,2%	3,6%	0,0%	0,2%
2014	1339	16	47,1%	20,0%	1,3%	25,3%	0,4%
2015	1646	15	79,9%	72,7%	3,9%	2,9%	0,4%
2016	888	16	86,3%	73,4%	3,4%	2,6%	0,1%
2001-2016	12858	29	50,9%	40,8%	4,4%	5,7%	0,5%
Moyenne	804	18	47,6%	36,5%	5,2%	4,9%	0,6%

Tableau 4.13 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2001 à 2016 dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2001-2016 » est calculée globalement sur la période 2001-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	216	71,8%	17,6%	10,6%	0,0%
2002	194	68,6%	11,9%	19,6%	0,0%
2003	333	52,3%	31,2%	11,4%	5,1%
2004	191	68,1%	18,3%	7,3%	6,3%
2005	489	94,7%	3,3%	1,6%	0,4%
2006	1077	94,4%	4,5%	1,1%	0,0%
2007	290	95,5%	2,8%	1,4%	0,3%
2008	140	68,6%	23,6%	6,4%	1,4%
2009	107	57,0%	39,3%	3,7%	0,0%
2010	181	22,1%	27,1%	45,3%	5,5%
2011	461	74,0%	6,7%	18,7%	0,7%
2012	59	76,3%	18,6%	5,1%	0,0%
2013	219	92,7%	6,8%	0,0%	0,5%
2014	631	42,5%	2,9%	53,7%	1,0%
2015	1315	91,0%	4,9%	3,6%	0,5%
2016	706	92,4%	4,2%	3,3%	0,1%
2001-2016	6609	79,5%	8,6%	11,0%	0,9%

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

Le suivi du peuplement de poissons en lien avec la restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 2007. Entre 2007 et 2016, 31 espèces ont été échantillonnées.

En 2016, contrairement aux 3 années précédentes, le succès de reproduction de l'ablette a été moyen, bien que 85% des poissons échantillonnés soient des juvéniles de l'année. Ceci explique que la proportion d'ablettes dans les échantillons ne soit que de 16% en 2016 (contre 43% en 2015).

Les effectifs de bouvière représentent 35% des poissons échantillonnés. Les effectifs de cette espèce augmentent progressivement depuis 2013 (annexe 4.4).

L'abondance relative du goujon est identique à celle de l'ablette (16%), celle du pseudorasbora de 11% et celle du chevaine est de 10,4% (Figure 4.8).

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, du pseudorasbora et du goujon. Les effectifs de silure (toutes les classes d'âges sont présentes) ont augmenté au cours des 3 dernières années.

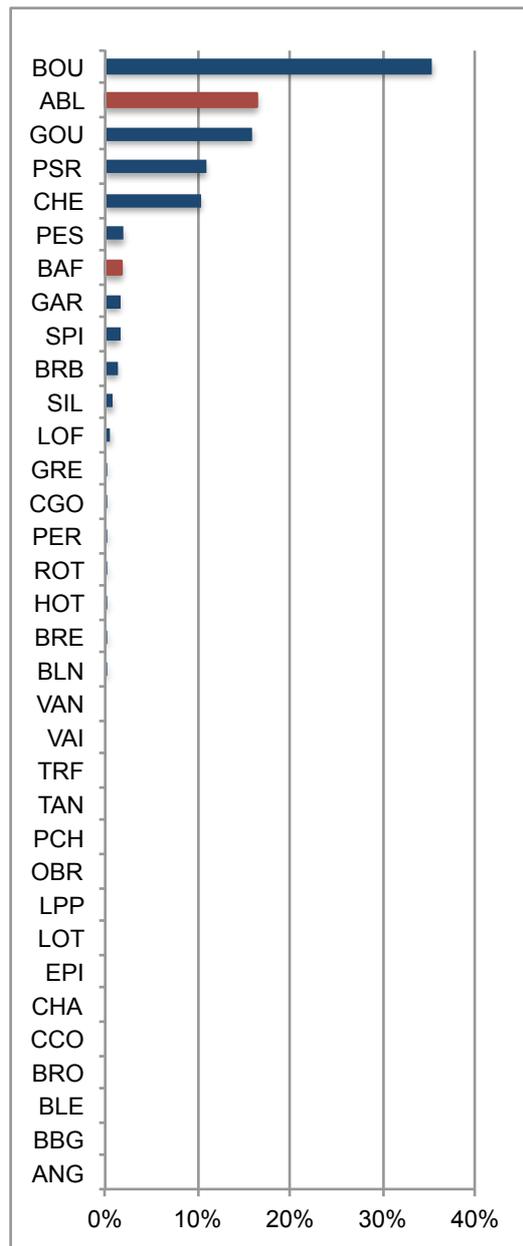


Figure 4.8 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2016 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

La modification du régime de débit réservé est récente (janvier 2014) et il est donc trop tôt pour en mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. La proportion d'espèces d'eau courante sur ce tronçon du Rhône est très variable d'une année à l'autre, 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 4.14 et Figure 4-9).

Parmi les espèces d'eau courante, la proportion d'ablettes contribue fortement à la valeur de cette métrique, depuis 2007, les ablettes contribuent au moins à hauteur de 70% aux effectifs des espèces d'eau courante (Tableau 4.15)

Tableau 4.14 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon depuis 2007. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2007 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2007-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	1338	16	28,0%	25,8%	1,0%	1,1%	0,0%
2008	1724	20	31,4%	29,9%	1,3%	0,2%	0,0%
2009	3025	25	21,1%	18,2%	0,1%	2,7%	0,0%
2010	1397	23	16,4%	13,3%	0,8%	2,3%	0,0%
2011	1843	25	13,6%	12,4%	0,3%	0,9%	0,0%
2012	1287	21	42,7%	30,5%	2,6%	9,6%	0,0%
2013	2197	20	41,2%	39,4%	1,5%	0,3%	0,0%
2014	2802	23	25,4%	22,2%	0,2%	2,9%	0,0%
2015	5946	23	46,6%	43,6%	1,2%	1,7%	0,0%
2016	2506	19	18,2%	16,4%	1,8%	0,1%	0,0%
2007-2016	24065	30	30,8%	27,9%	1,0%	1,9%	0,0%
Moyenne	2407	22	28,5%	25,2%	1,1%	2,2%	0,0%

Tableau 4.15 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2016 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2007-2016 » est calculée globalement sur la période 2007-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	374	92,2%	3,7%	4,0%	0,0%
2008	541	95,2%	4,3%	0,6%	0,0%
2009	638	86,2%	0,6%	13,0%	0,2%
2010	229	81,2%	4,8%	14,0%	0,0%
2011	251	91,2%	2,0%	6,8%	0,0%
2012	550	71,5%	6,2%	22,4%	0,0%
2013	905	95,7%	3,5%	0,8%	0,0%
2014	711	87,6%	0,8%	11,5%	0,0%
2015	2768	93,6%	2,6%	3,8%	0,1%
2016	457	89,9%	9,6%	0,4%	0,0%
2007-2016	7424	90,4%	3,3%	6,3%	0,0%

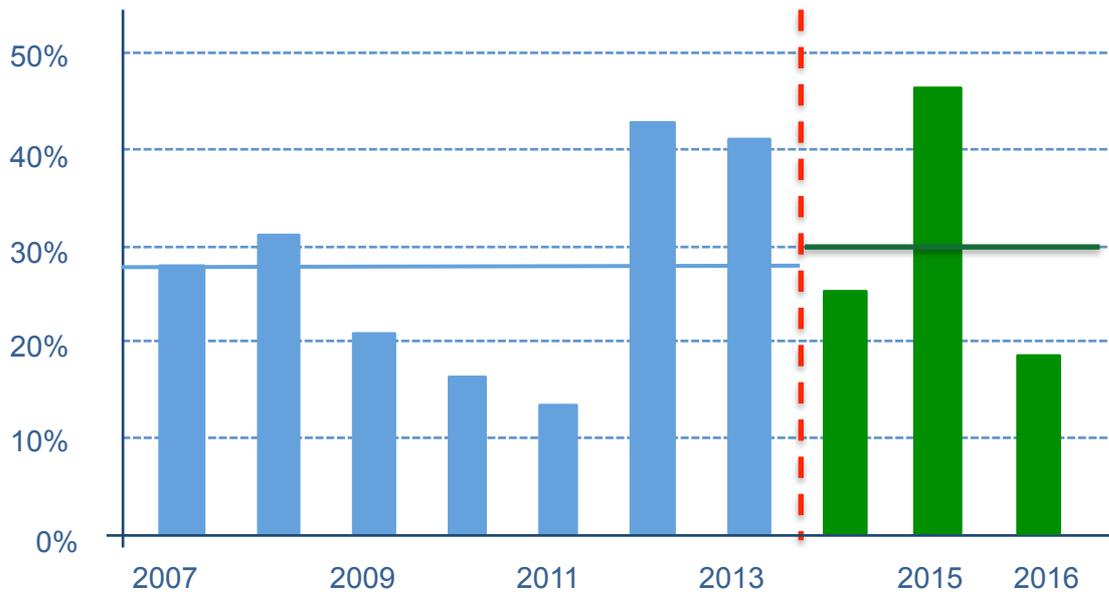


Figure 4.9 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Péage-de-Roussillon. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2007-2013, la ligne verte sur la période 2014-2016.

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

Le suivi du peuplement piscicole du vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a débuté en 2010. Vingt huit espèces ont été capturées au cours de cette période (annexe 4.5). La très forte proportion de vairons (28%) est une particularité du peuplement de ce vieux-Rhône. Parmi les autres espèces relativement abondantes, l'ablette représente 20,6% des poissons échantillonnés, le chevaine 8,9%, la loche franche 8,8% et le spirilin 6,6%. Cinq espèces ont des abondances relatives proches de 3% : le barbeau fluviatile, le hotu, le pseudorasbora, la bouvière et le gardon.

En 2016, le nombre total de poissons échantillonnés a été de 1826, soit plus de 2 fois plus qu'en 2015 et ce en raison de très forts effectifs d'ablettes (39% des poissons capturés en 2016, Figure 4.10). L'abondance de spirilin a été également très importante par rapport aux années précédentes, celle du vairon a été similaire à celles des années antérieures.

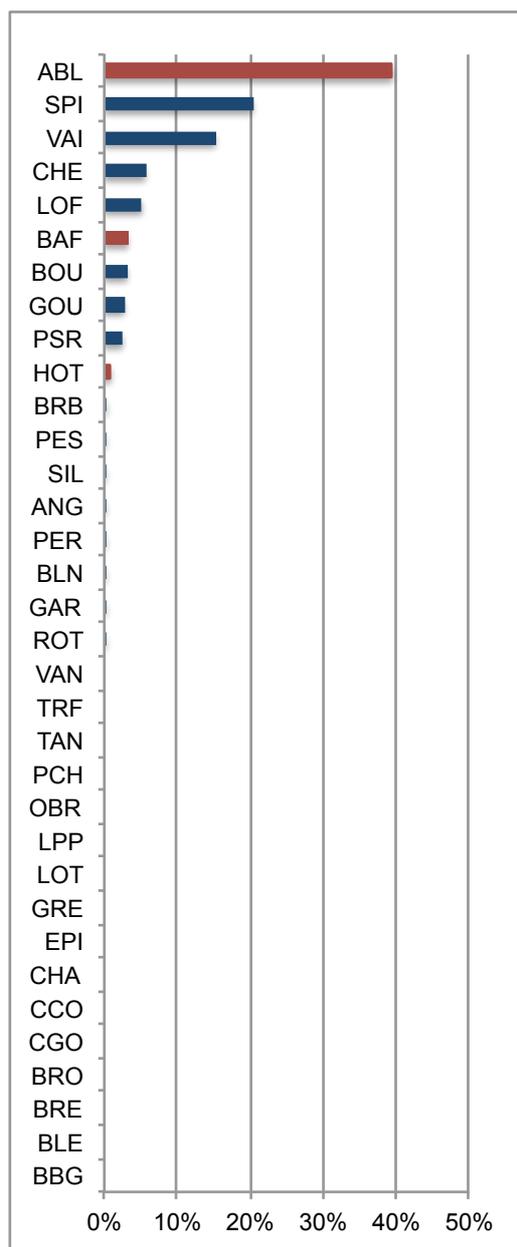


Figure 4.10 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2016 dans le vieux-Rhône de Baix-Logis-Neuf. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Le débit a été fortement relevé au 1<sup>er</sup> janvier 2014, seules 3 campagnes d'échantillonnage ont donc été réalisées suite à cette augmentation de débit réservé. La proportion d'espèces d'eau courante avant et après augmentation de débit est très variable d'une année à l'autre (Tableau 4.16 & Figure 4-11). Les plus fortes valeurs de la métrique « espèces d'eau courante » en 2015 et 2016 sont principalement liées, comme à Pierre-Bénite, à une plus forte proportion d'ablettes dans les échantillons (Tableaux 4.16 et 4.17).

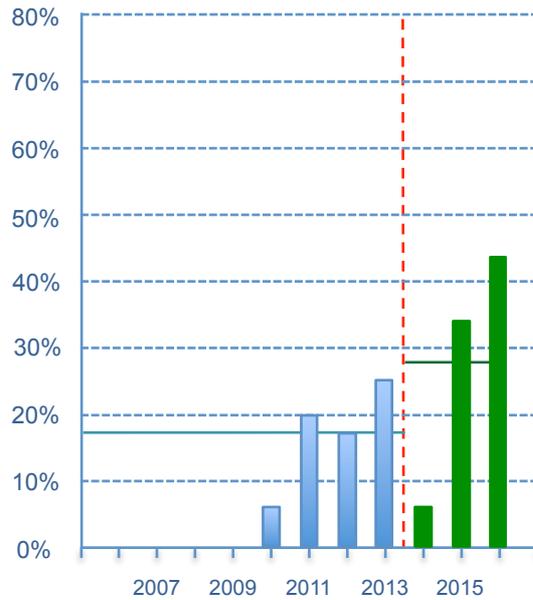


Figure 4.11 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2010-2013, la ligne verte sur la période 2014-2016.

Tableau 4.16 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf depuis 2010. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2010 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2010-2016.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	672	20	6,1%	2,1%	1,8%	2,2%
2011	1102	22	20,0%	9,1%	0,7%	10,2%
2012	467	14	17,3%	7,7%	4,9%	4,7%
2013	759	19	25,3%	16,6%	5,8%	2,9%
2014	273	17	6,2%	4,4%	0,4%	1,5%
2015	879	15	34,4%	25,6%	7,7%	1,0%
2016	1826	18	43,4%	39,3%	3,3%	0,8%
2010-2016	5978	28	27,5%	20,6%	3,6%	3,3%
Moyenne	854	18	21,8%	15,0%	3,5%	3,3%

Tableau 4.17 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2010 à 2016 dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2010-2016 » est calculée globalement sur la période 2010-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	41	34,1%	29,3%	36,6%
2011	220	45,5%	3,6%	50,9%
2012	81	44,4%	28,4%	27,2%
2013	192	65,6%	22,9%	11,5%
2014	17	70,6%	5,9%	23,5%
2015	302	74,5%	22,5%	3,0%
2016	792	90,7%	7,6%	1,8%
2010-2016	1645	74,8%	13,1%	12,0%

#### 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 2016, 29 espèces de poissons ont été échantillonnées (annexe 4.6).

Les espèces dont les abondances relatives sont les plus importantes sont : l'ablette (33%), le chevaine (17%), la brème bordelière (8%), le goujon et le barbeau fluviatile (7%), le gardon (6%), le hotu (6%) et la loche franche (5%).

En 2016, le nombre de poissons échantillonnés a été légèrement supérieur à celui enregistré en 2015. Comme à Baix-Le-Logis-Neuf, les effectifs d'ablettes ont été très importants (60% des effectifs totaux, Figure 4.12). Parmi les autres espèces, le barbeau (11,2%) et le goujon (9,2%) ont été les deux espèces relativement abondantes dans les échantillons. Les effectifs de chevaine et de hotus ont été très faibles par rapport à ceux des années précédentes.

Le débit réservé a été augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014 avec une valeur plancher de  $75,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , cette modification devrait favoriser les espèces d'eau courante, en particulier l'ablette, le barbeau et le hotu. L'examen de l'évolution des proportions d'espèces d'eau courante montre une grande variabilité inter-annuelle des valeurs (Tableau 4.18 et Figure 4.13), elles sont comprises entre 26,2% (2006) et 72,1% (2016). Les variations constatées sont en majeure partie imputables à la variabilité inter-annuelle des proportions d'ablettes et dans une moindre mesure à celle des proportions de barbeaux et de hotus (Tableau 4.19).

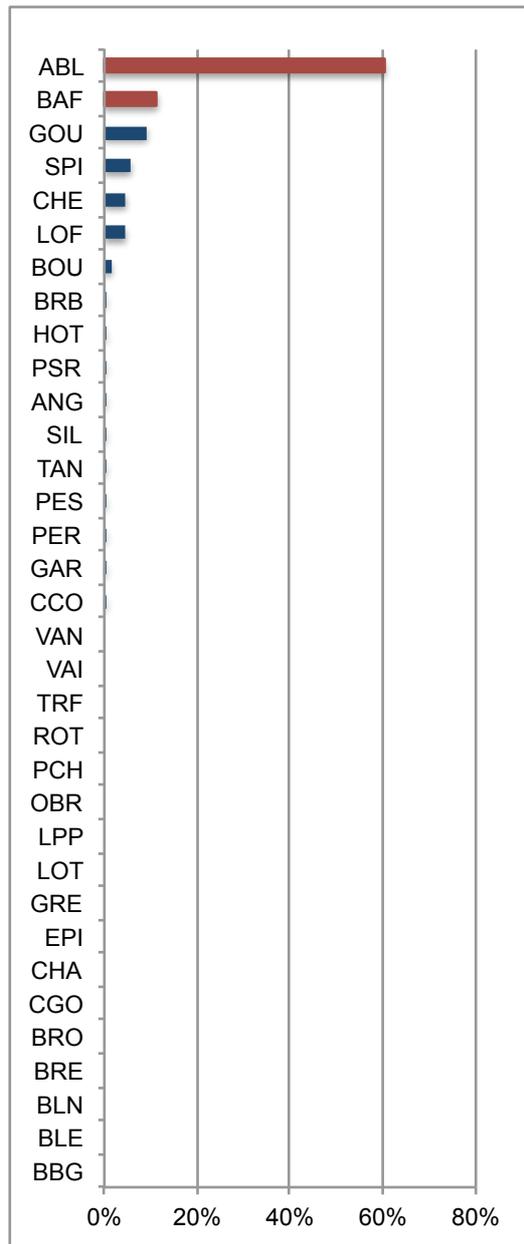


Figure 4.12 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2016 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

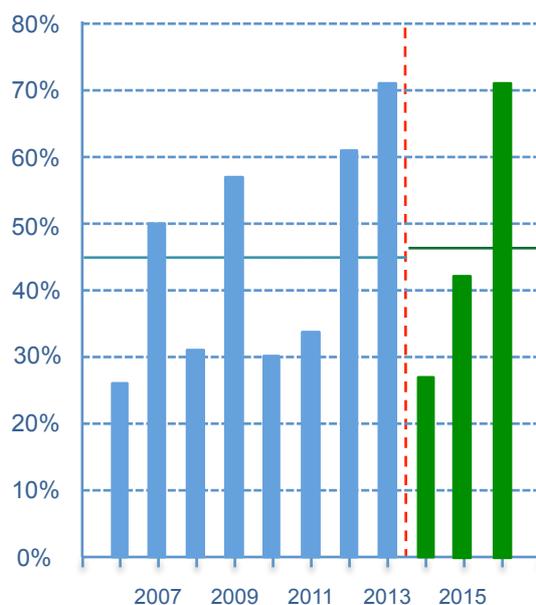


Figure 4.13 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Montélimar. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2006-2013, la ligne verte sur la période 2014-2016.

Tableau 4.18 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Montélimar depuis 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2016.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome
2006	888	24	26,2%	14,5%	7,4%	4,3%	0,0%
2007	750	18	50,0%	30,3%	4,4%	15,3%	0,0%
2008	518	21	31,5%	21,2%	4,2%	5,8%	0,2%
2009	909	19	56,5%	24,5%	16,7%	15,3%	0,0%
2010	1127	21	29,7%	21,4%	4,5%	3,8%	0,0%
2011	970	22	33,8%	21,9%	4,5%	7,4%	0,0%
2012	1046	17	61,4%	48,9%	8,3%	4,1%	0,0%
2013	606	16	70,8%	56,9%	11,9%	2,0%	0,0%
2014	980	14	27,1%	17,8%	3,0%	6,4%	0,0%
2015	959	18	42,0%	36,9%	2,7%	2,8%	0,0%
2016	1163	17	72,1%	60,4%	11,2%	0,5%	0,0%
2006-2016	9916	29	45,7%	32,6%	7,2%	5,9%	0,0%
Moyenne	901	19	45,6%	32,2%	7,2%	6,2%	0,0%

Tableau 4.19 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2016 dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2006-2016 » est calculée globalement sur la période 2006-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome
2006	233	55,4%	28,3%	16,3%	0,0%
2007	375	60,5%	8,8%	30,7%	0,0%
2008	163	67,5%	13,5%	18,4%	0,6%
2009	514	43,4%	29,6%	27,0%	0,0%
2010	335	71,9%	15,2%	12,8%	0,0%
2011	328	64,6%	13,4%	22,0%	0,0%
2012	642	79,8%	13,6%	6,7%	0,0%
2013	429	80,4%	16,8%	2,8%	0,0%
2014	266	65,4%	10,9%	23,7%	0,0%
2015	407	87,0%	6,4%	6,6%	0,0%
2016	838	83,8%	15,5%	0,7%	0,0%
2006-2016	4530	71,3%	15,7%	13,0%	0,0%

### 1.1.1 Vieux-Rhône de Donzère

L'échantillonnage de la faune piscicole dans le vieux-Rhône de Donzère a débuté en 2008. Les espèces numériquement dominantes dans les échantillons sont sensiblement les mêmes que celles du vieux-Rhône de Montélimar (annexe 4.7). Parmi les 28 espèces rencontrées, sept ont une abondance relative qui dépasse 5% sur la période 2008-2016 : l'ablette (29,7%), le chevaine (14,6%), le barbeau fluviatile (11,3%), la loche franche (10,1%), le hotu (8,3%), le goujon (7,7%) et le spirilin (6%).

Cependant la variabilité inter-annuelle des effectifs est relativement importante (annexe 4.7), les effectifs échantillonnés en 2015 et en 2016 étant particulièrement élevés (2867 ind. pour 20 espèces, moyenne 2008-2014 = 1339), notamment en raison des fortes abondances d'ablettes, de barbeaux fluviatiles et de spirilins.

En 2016, ablettes, spirilins, pseudorasbora, barbeaux fluviatiles, goujons et loches franches dominant dans les échantillons en représentant 92% des effectifs de poissons échantillonnés (Figure 4.14).

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, 2015 et 2016 étaient de 28, 54 et 48,2 % respectivement (Tableau 4.20 et Figure 4.15). La contribution des effectifs d'ablettes à la guildes des espèces d'eau courante est toujours importante (Tableau 4.21). Néanmoins, suivant les années, les effectifs de barbeaux et de hotus peuvent contribuer significativement aux effectifs des espèces d'eau courante. Le débit réservé a été très

légèrement augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014 (passage de 60 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à 75,4 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), aucun changement significatif de structure de peuplement suite à cette modification de débit n'est donc attendu dans ce vieux-Rhône.

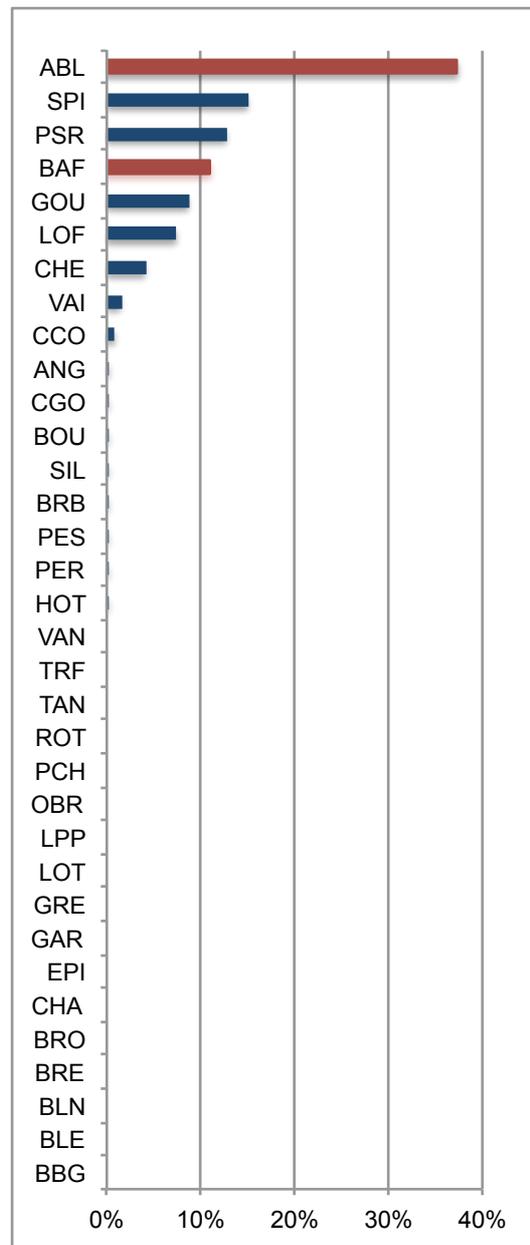


Figure 4.14 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées avant modification du débit réservé en 2016 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

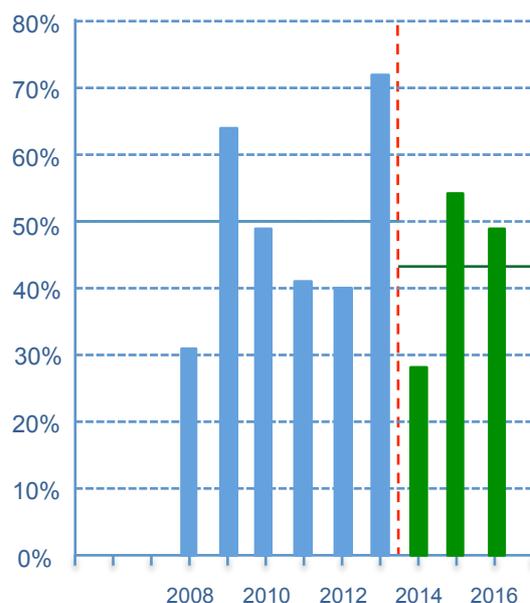


Figure 4.15 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le vieux – Rhône de Donzère. En bleu : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en vert : valeurs post-augmentation. 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 2014-2016.

Tableau 4.20 – Synthèse des résultats acquis dans le vieux-Rhône de Donzère depuis 2008. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2008 - 2016 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2008-2016.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	507	15	31,0%	13,0%	15,8%	2,2%
2009	1781	18	63,6%	12,5%	14,1%	37,0%
2010	1717	21	48,9%	34,9%	8,2%	5,8%
2011	1959	20	41,4%	19,5%	2,9%	19,0%
2012	494	18	39,7%	33,2%	5,1%	1,4%
2013	1272	17	72,5%	42,1%	29,7%	0,6%
2014	1645	18	27,9%	20,5%	2,3%	5,1%
2015	2867	20	54,0%	38,4%	14,7%	0,9%
2016	3101	17	48,2%	37,2%	11,0%	0,0%
2008-2016	15343	28	49,3%	29,7%	11,3%	8,3%
Moyenne	1705	18	47,5%	27,9%	11,5%	8,0%

Tableau 4.21 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2008 à 2016 dans le vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2008-2016 » est calculée globalement sur la période 2008-2016.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	157	42,0%	51,0%	7,0%
2009	1133	19,6%	22,2%	58,2%
2010	840	71,4%	16,7%	11,9%
2011	811	47,1%	6,9%	46,0%
2012	196	83,7%	12,8%	3,6%
2013	922	58,1%	41,0%	0,9%
2014	459	73,4%	8,3%	18,3%
2015	1549	71,1%	27,2%	1,6%
2016	1496	77,2%	22,7%	0,1%
2008-2016	7563	60,3%	22,9%	16,8%

## 1.2 Conclusion

L'année 2016 a été marquée par une hydrologie très variable au cours du printemps et un étiage post-estival marqué avec des températures relativement élevées. Ces conditions hydrologiques particulières au printemps ont probablement contrarié le succès de reproduction de certaines espèces de cyprinidés dans les secteurs du Haut-Rhône et à Pierre-Bénite, c'est notamment le cas pour l'ablette. En revanche, le succès de reproduction a été important pour le gardon et probablement peu altéré pour le barbeau et le chevaine. A Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère, les effectifs échantillonnés ont été plutôt élevés par rapport à ceux des années antérieures. Les données collectées en 2016 dans les vieux-Rhône restaurés entre 2000 et 2005 (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 est encore trop tôt pour détecter des changements dans les structures de peuplements des poissons en lien avec cette augmentation de débit réservé.

## 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<sup>1</sup> 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

---

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

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

## 5.2 Méthodologie

Pour chaque secteur suivi (sauf Pierre-Bénite), les invertébrés ainsi que les paramètres hydrauliques sont échantillonnés sur les mêmes stations selon un tirage aléatoire sur 20 transects. Les invertébrés ont été récoltés avec un cylindre de Hess (Photo 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  $\text{m}^2$ .



Photo 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 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

En 2016, 109 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 9 vieux-Rhône avant restauration et de 8 vieux-Rhône après restauration (Tableau 5.1).

Le présent rapport intègre les données pré-restauration n-3 du secteur de Baix Le-Logis-Neuf ainsi que les données post-restauration n+12 du secteur de Chautagne, n+11 du secteur de Belley et n+10 du secteur de Brégner-Cordon.

Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégner-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 ; ( ) : campagnes autofinancées ; trait rouge : opération de restauration hydraulique).

	Chautagne	Belley	Brégner-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		septembre						
	été				octobre	septembre			
2008	Print	mai	mai		juin	mai		mai	
	été	août						août	
2009	Print	avril	avril						avril
	été	août	septembre	septembre					juillet
2010	Print	mai			mai	avril			
	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	mai	mai	mai					
	été	août	août	août					
2017	Print				avril				
	été				x	x	x	avril	avril
2018	Print					x		x	x
	été					x			

## 5.4 Evolution des communautés des secteurs suivi du haut-Rhône

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).

### 5.4.1 Chautagne

#### 5.4.1.1 Station d'étude

Le vieux Rhône de Chautagne a été échantillonné depuis 2002 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 18 campagnes d'échantillonnage (Tableau 5.1) et de 360 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 2 stations (photo 3) représentatives des milieux étant susceptibles de subir de fortes modifications d'environnement hydraulique suite au



rehaussement de débit réservé. Les contraintes liées à la méthode d'échantillonnage (diamètre du substrat < 30cm et profondeur < 70 cm) nous ont permis de définir 2 zones échantillonnables. Dans ces zones ont été défini deux stations (succession plat/radier, voir photo 3). Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux-Rhône de Chautagne sont :

Station 1 :

Amont : 45.894032 , 5.827794

Aval : 45.891164 , 5.823352

Station 2 :

Amont : 45.872229 , 5.816319

Aval : 45.870399 , 5.819613

*Photo 3 - Localisation de la station d'échantillonnage dans le vieux-Rhône de Chautagne. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).*

#### 5.4.1.2 Évolution des communautés d'invertébrés

Afin de visualiser les changements de la structure des communautés d'invertébré de nos stations de suivi au cours du temps, une analyse en composante principale (Figure 5.2) a été réalisée sur les logarithme des abondances moyennes par campagne (c.a.d. site x date). L'année 2002 constitue la seule année d'échantillonnage avant rehaussement du débit réservé réalisé dans le cadre de ce programme. Afin de pallier au manque de données permettant de définir un état initial du secteur robuste, des données de suivi plus ancien (1997, 1999 et 2000, travaux non publiés de J. Dessaix et J.-F. Fruget) correspondant à un protocole et à une station d'échantillonnage sensiblement identique à celui utilisé dans Rhoneco ont été utilisées.

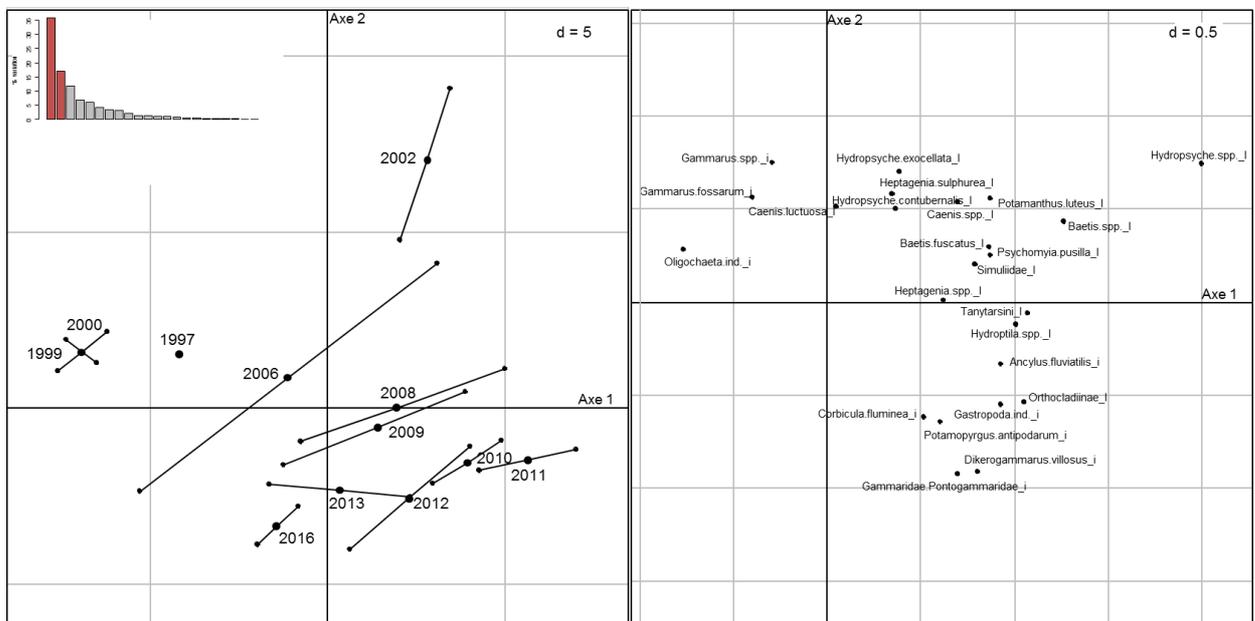


Figure 5.2 - Analyse en composantes principales (ACP) sur les logarithmes (abondance+1) par campagne.

L'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP explique respectivement 36 % et 17 % de la variation observée dans le jeu de donnée. L'axe 1 sépare assez nettement l'année pré-restauration 2002 des autres années pré-restauration 1997, 1999 et 2000. L'axe 2 de l'ACP sépare assez nettement les années de suivi avant restauration des années de suivi après restauration. L'année 2006 semble correspondre à une année de transition avec une composition faunistique intermédiaire entre les peuplements avant restauration et après restauration. A partir de 2008, soit 4 années après le rehaussement des débits, la composition faunistique dans le secteur de Chautagne semble plutôt stable.

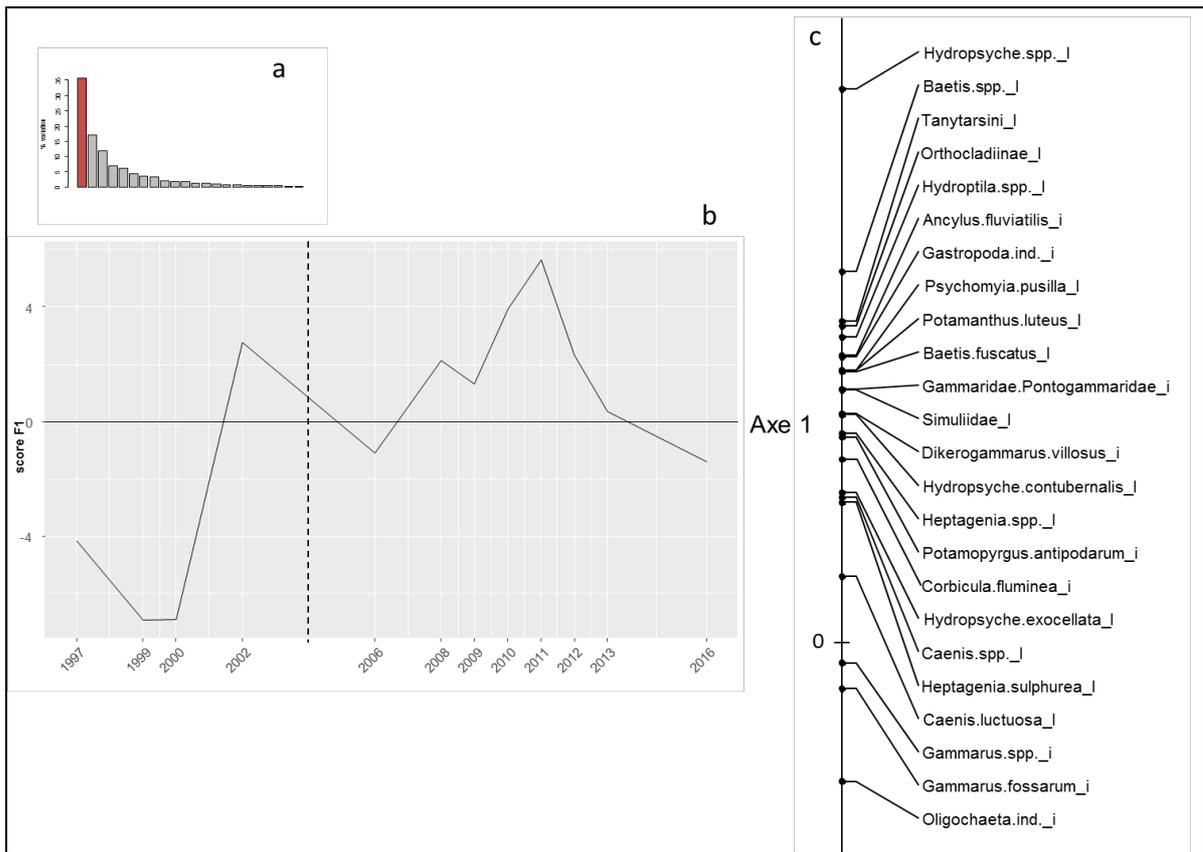


Figure 5.3 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (1997-2016) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.5 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 1 de l'ACP sépare les années de suivies 1997 à 2000 des autres années de suivi (Figure 5.3). Ceci peut en partie s'expliquer par les fortes différences d'abondances et de richesses taxonomiques estimées entre les années de suivis 1997 à 2000 et les années 2002 à 2016. En effet, pendant la période 1997 à 2000, en moyenne 17 000 individus et 57 taxons ont été collectés alors que 52 000 individus et 77 taxons ont été collectés pendant la période 2002 à 2016. En plus des différences des richesses et d'abondance entre ces deux périodes, l'axe 1 sépare ces dernières par la composition taxonomique des communautés d'invertébrés. En effet, les années de suivi 1997 à 2000 sont caractérisé par des abondances en *Gammarus* spp., *Gammarus fossarum* et *Oligochaetes* beaucoup plus importantes que pour les autres années de suivis. En revanche, les années de suivies 2002 à 2016 sont caractériser par des abondances en Ephémères (par exemple : *Baetis* spp., *Potamanthus luteus*) et Trichoptères (par exemple *Hydropsyche* spp., *Psychomyia pusilla*) plus importantes.

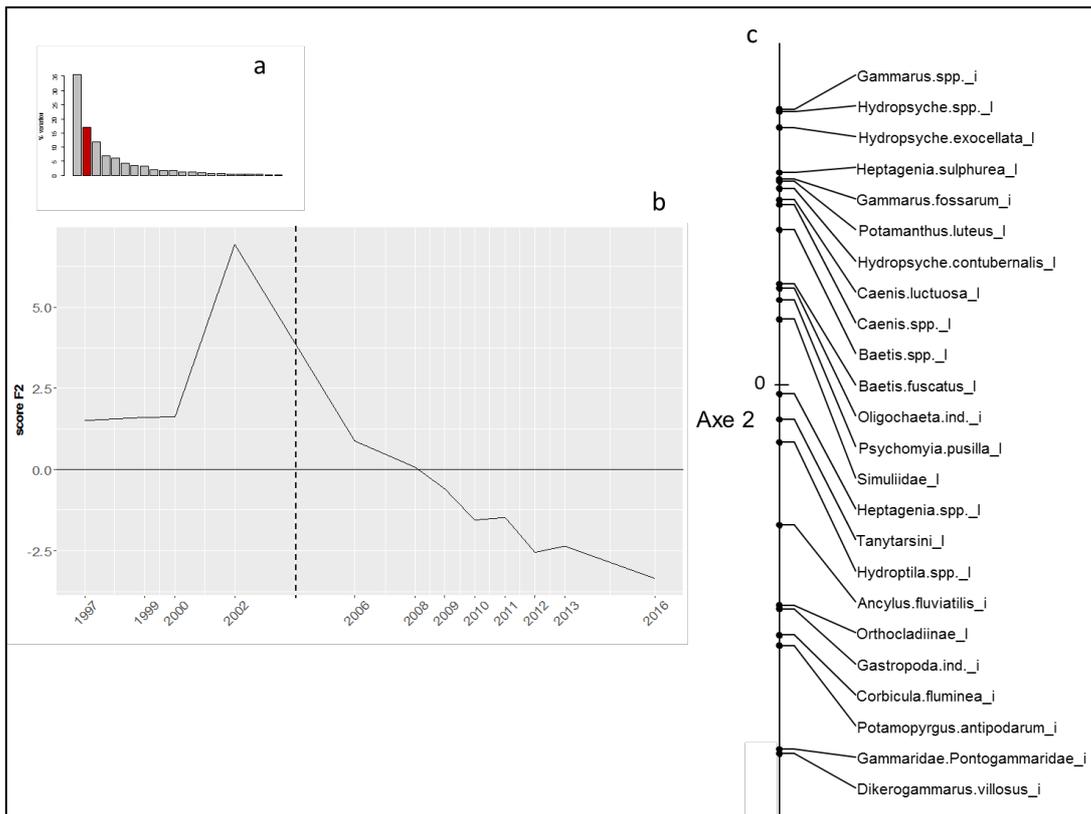


Figure 5.4 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (1997-2016) des coordonnées factorielles sur le deuxième axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le deuxième axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seuls les taxons ayant un score de plus de 0.5 sur l'axe 2 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 2 de l'ACP discrimine assez nettement les années de suivi pré-restauration des années de suivis post restauration (Figure 5.4). Les années de suivi pré-restauration sont caractérisées par un peuplement composé de taxons plutôt opportunistes (*Gammarus* spp.), aux préférences hydrauliques d'intermédiaire (*Caenis luctuosa*) à forte (*Hydropsyche* spp.) et au statut trophique allant de mésotrophe (*C. luctuosa*) à eutrophe (*Potamanthus luteus*). Les années de suivi post-restauration sont caractérisée par un peuplement comportant plus de taxons rhéophiles (*Heptagenia* spp., *Ancylus fluviatilis*, *Simuliidae*, *Orthocladinae*) et au statut trophique allant d'oligotrophe (*Ancylus fluviatilis*, *Simuliidae*) à mésotrophe (*Heptagenia* spp.) témoignant d'une amélioration de la qualité trophique du secteur. Les années de suivis post-restauration restent néanmoins essentiellement caractérisées par la présence de taxons exogènes comme le Crustacé *Dikerogammarus villosus* ou les Mollusques *Corbicula fluminea* et *Potamopyrgus antipodarum*.

## 5.4.2 Belley

### 5.4.2.1 Station d'étude

Le vieux Rhône de Belley a été échantillonné depuis 2002 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 14 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 280 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 2 stations (photo 4) représentatives des milieux étant susceptibles de subir des modifications d'environnement hydraulique significatives suite au



rehaussement de débit réservé. Les contraintes liées à la méthode d'échantillonnage (diamètre du substrat < 30cm et profondeur < 70 cm) nous ont permis de définir 2 zones échantillonnables. Dans ces zones ont été définies deux stations (succession plat/radier, voir photo 4). Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux-Rhône de Belley sont :

Station 1 :

Amont : 45.748416 , 5.784295

Aval : 45.747368 , 5.783544

Station 2 :

Amont : 45.74231 , 5.774423

Aval : 45.738798 , 5.77099

*Photo 4 : Localisation de la station d'échantillonnage dans le vieux-Rhône de Belley. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).*

### 5.4.2.2 Evolution des communautés d'invertébrés

Afin de visualiser les changements de la structure des communautés d'invertébrés de nos stations de suivi au cours du temps, une analyse en composante principale (Figure 5.5) a été réalisée sur les logarithme des abondances moyennes par campagne (c.a.d. site x date).

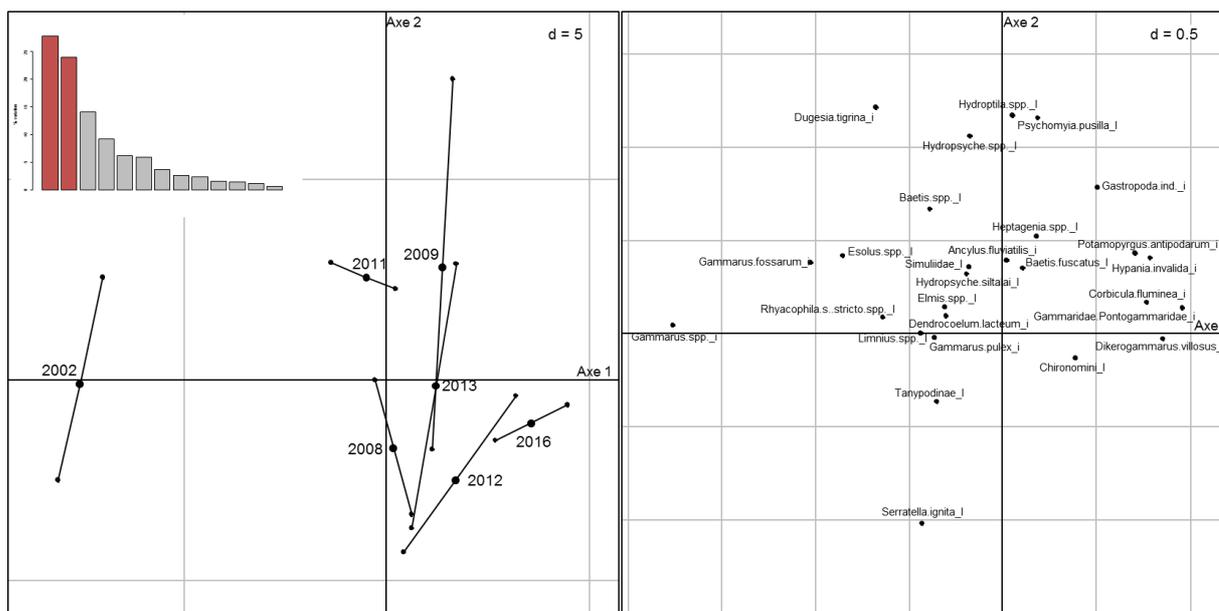


Figure 5.5 : Analyse en composante principale (ACP) sur les logarithmes (abondance+1) par campagne. A gauche, le plan factoriel représentant la trajectoire de la station en fonction des années de suivi. A droite, la position des taxons dans ce même plan factoriel. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur les axe 1 et 2 sont représentés.

L'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP explique respectivement 28 % et 24 % de la variation observée dans le jeu de donnée. L'axe 1 sépare assez nettement la seule année pré-restauration (2002) des autres années de suivi post-restauration. À partir de 2008, soit 3 années après le rehaussement des débits, la composition faunistique dans le secteur de Belley semble plutôt stable. Même si la seule année 2002 ne suffit pas pour disposer d'un état initial intégrant la variabilité interannuelle de la composition faunistiques et des abondances associées, la séparation entre cette année 2002 et la chronique de suivi 2008-2016 semble assez nette. L'axe 2 de l'ACP sépare les campagnes de 2009 et 2011 du reste des années de suivi post-restauration. Ces 2 campagnes se distinguent des autres par des débits en moyennes plus faibles et des températures en moyenne plus hautes (Annexe 5.1).

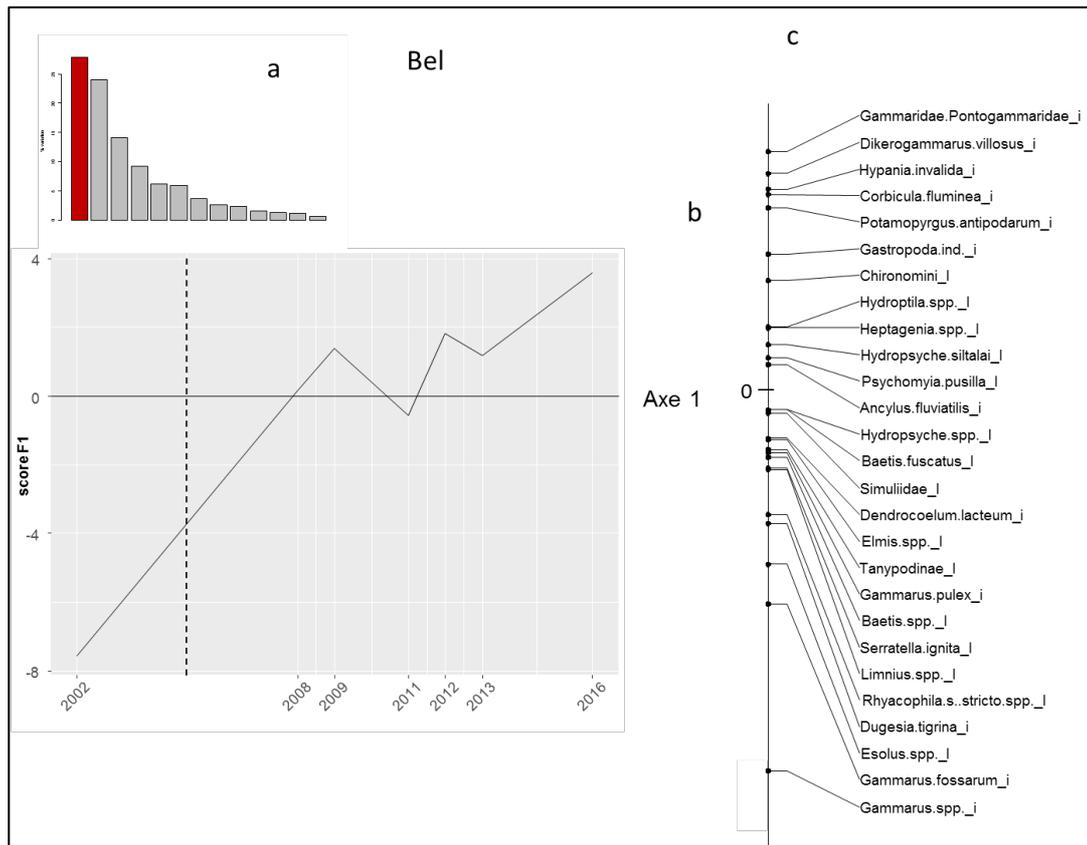


Figure 5.6 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2002-2016) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 1 de cette analyse discrimine la campagne pré-restauration des campagnes post-restauration (Figure 5.6). L'élément structurant cette différence de composition faunistique avant/après restauration est l'apparition du Crustacé invasif *Dikerogammarus villosus* au détriment des populations de *Gammarus fossarum* et l'apparition d'autres taxons invasifs, comme le Mollusques bivalve *Corbicula fluminea*, le Gasteropode *Potamopyrgus antipodarum* ou plus récemment le Polychète *Hypania invalida*. Ces évènements de colonisation par des taxons exogènes ne sont pas les seuls changements structurant les différences entre la campagne avant restauration et les campagnes après restauration. En effet, les années post-restauration sont également caractérisées par une augmentation de l'abondance des taxons caractéristiques de contraintes hydrauliques moyenne à fortes comme les Diptères Simuliidae, les Mollusques *Ancylus fluviatilis*, les Epheméroptères *Heptagenia* spp. ou encore les Trichoptères *Hydropsyche* spp. et par une augmentation de l'abondance des taxons au statut trophique allant d'oligotrophe (*A. fluviatilis*, Simuliidae) à mésotrophe (*Heptagenia* spp.) témoignant dans ce secteur d'une amélioration de la qualité de l'eau.

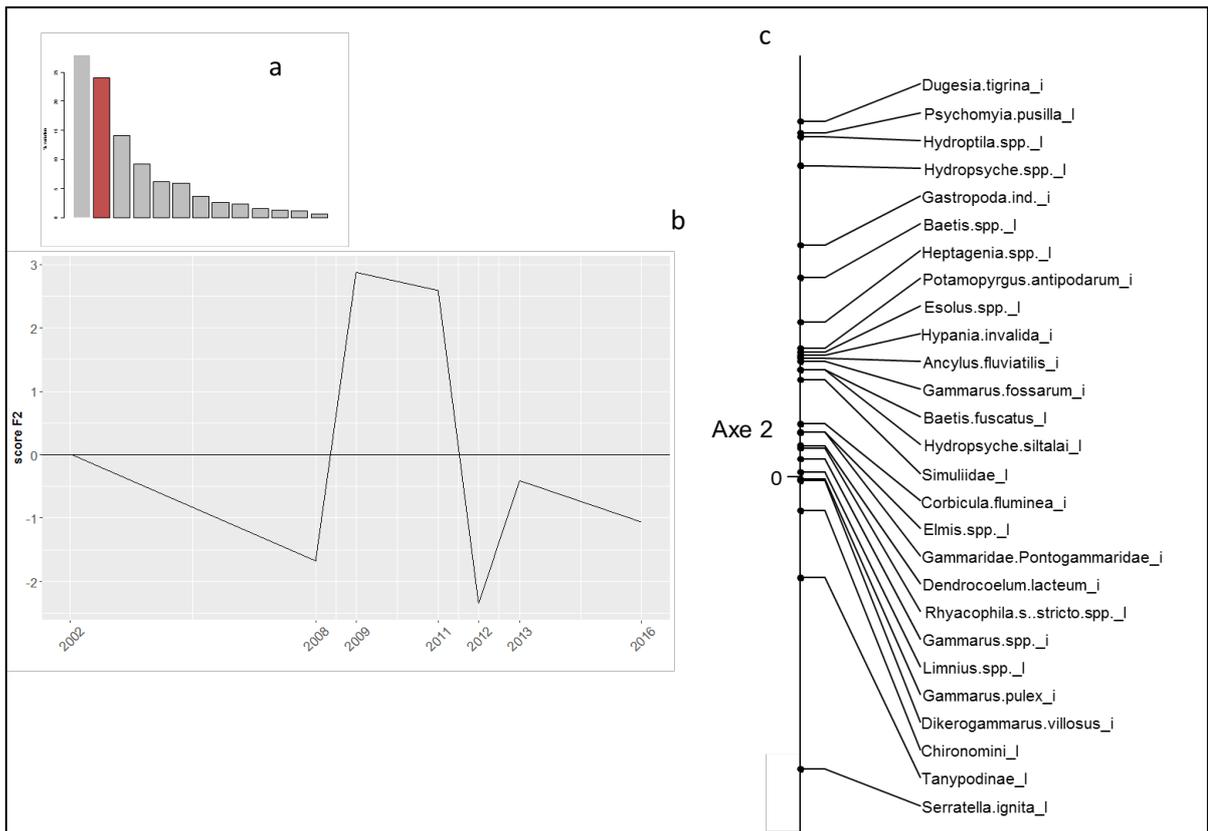


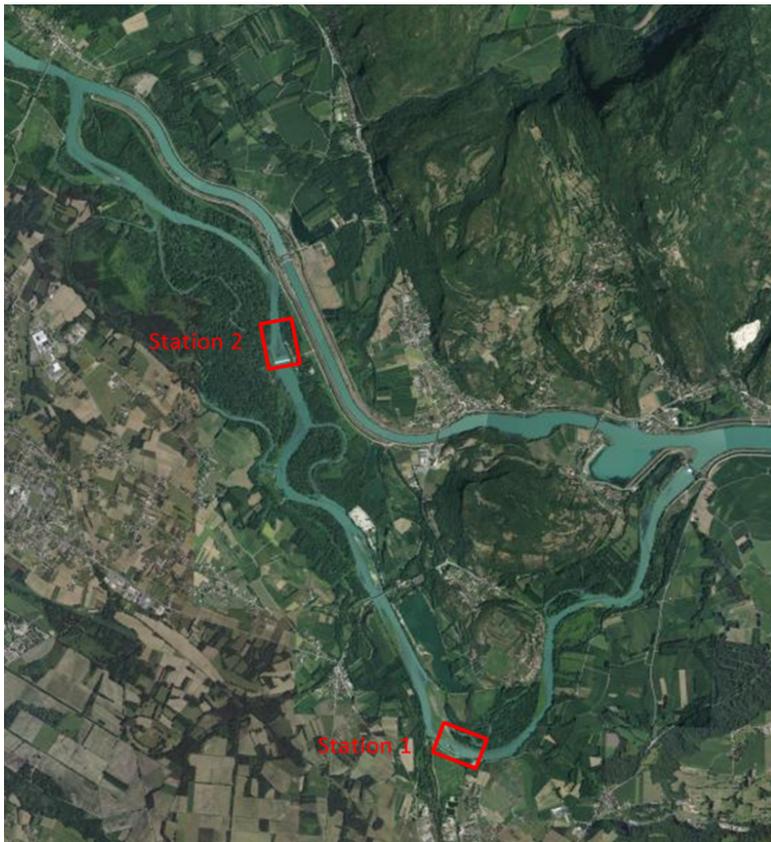
Figure 5.7 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2002-2016) des coordonnées factorielles sur le deuxième axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 2 de cette analyse discrimine les campagnes 2009 et 2011 des autres campagnes de suivis (Figure 5.7). Ces deux années ont la particularité d'être en moyenne plus chaude et avec un débit plus faible que les autres années (Annexe 5.1). Les taxons qui caractérisent ces deux années sont la Planaire invasive et prédatrice *Dugesia tigrina* et les Trichoptères racleurs/broueteurs *Psychomyia pusilla*, *Hydroptila spp.* et filtreur de particule en suspension *Hydropsyche spp.*. Les fortes abondances de *Dugesia tigrina* peuvent s'expliquer par le fait qu'elle supporte des températures très élevées ( $> 30\text{ C}$ ) (Russier et Lascombe, 1970) et que son régime alimentaire peut être composé de proies comme les *P. pusilla* ou les *Hydroptila spp.* (Pickavance, 1971). La forte représentation de ces taxons pour ces deux années peut témoigner d'une charge importante en matière organique. On peut émettre comme hypothèse que l'association de débits faibles associés à des températures élevées pendant la période précédant nos campagnes d'échantillonnages ont entraîné une production primaire importante (algues filamenteuse, phytoplancton, ...) ayant pour conséquence une modification des abondances relatives pour ces deux campagnes.

### 5.4.3 Brégnier-Cordon

#### 5.4.3.1 Station d'étude

Le vieux Rhône de Brégnier-Cordon a été échantillonné depuis 2002 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 12 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 360 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 2 stations (photo 5) représentatives des milieux étant susceptibles de subir de modifications d'environnement hydraulique suite au rehaussement de débit réservé. Les contraintes liées à la méthode d'échantillonnage (diamètre



du substrat < 30cm et profondeur < 70 cm) nous ont permis de définir 2 zones échantillonnables. Dans ces zones ont été définies deux stations (succession plat/radier, voir photo 4). Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon sont :

Station 1 :

Amont : 45.611302 , 5.6256

Aval : 45.612938 , 5.622735

Station 2 :

Amont : 45.645364 ,  
5.603659

Aval : 45.647007 , 5.603198

*Photo 5 : Localisation de la station d'échantillonnage dans le vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).*

#### 5.4.3.2 Évolution des communautés d'invertébrés

Afin de visualiser les changements de la structure des communautés d'invertébrés de nos stations de suivi au cours du temps, une analyse en composante principale (Figure 5.8) a été réalisée sur les logarithme des abondances moyennes par campagne (c.a.d. site x date).

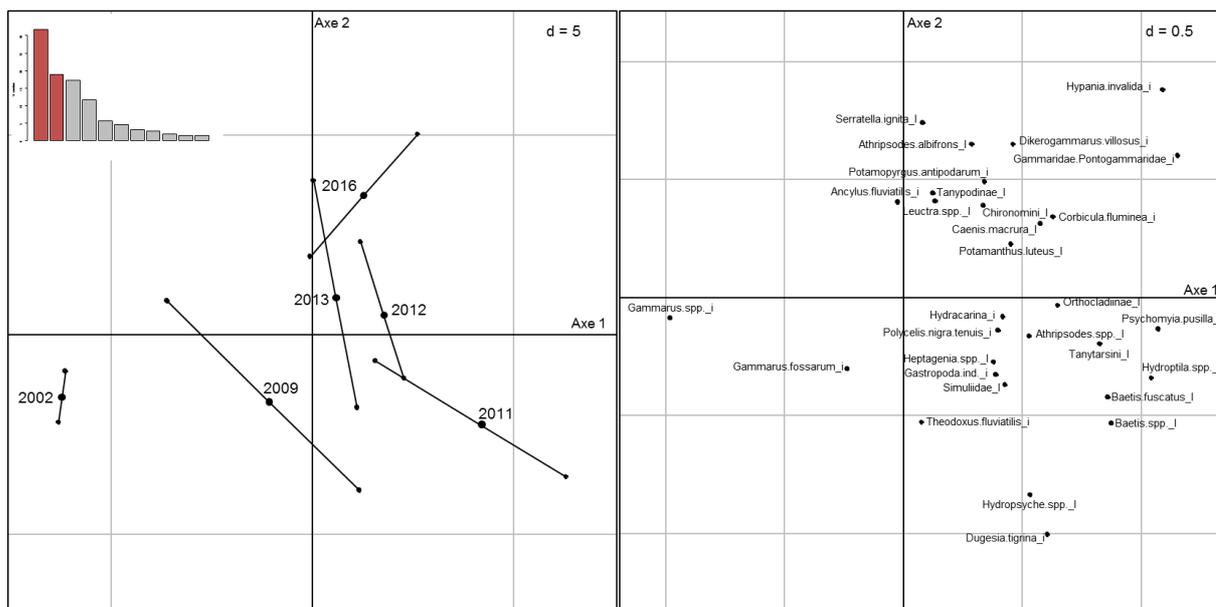


Figure 5.8 - Analyse en composante principale (ACP) sur les logarithmes (abondance+1) par campagne. A gauche, le plan factoriel représentant la trajectoire de la station en fonction des années de suivi. A droite, la position des taxons dans ce même plan factoriel. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur les axe 1 et 2 sont représentés.

L'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP expliquent respectivement 32 % et 19 % de la variation observée dans le jeu de données. L'axe 1 sépare assez nettement la seule année pré-restauration (2002) des autres années de suivi post-restauration. À partir de 2009, soit 3 années après le rehaussement des débits, la composition faunistique dans le secteur de Brégnier-Cordon semble plutôt stable. Même si, la seule année 2002 ne suffit pas pour disposer d'un état initial intégrant la variabilité de la composition faunistiques et des abondances associées, la séparation entre cette année 2002 et la chronique de suivi 2009-2016 semble assez nette. L'axe 2 de l'ACP semble séparer les campagnes de 2009 et 2011 du reste des années de suivi post-restauration. Ces 2 campagnes se distinguent des autres par des débits en moyennes plus faibles et des températures en moyenne plus hautes (Annexe 5.1).

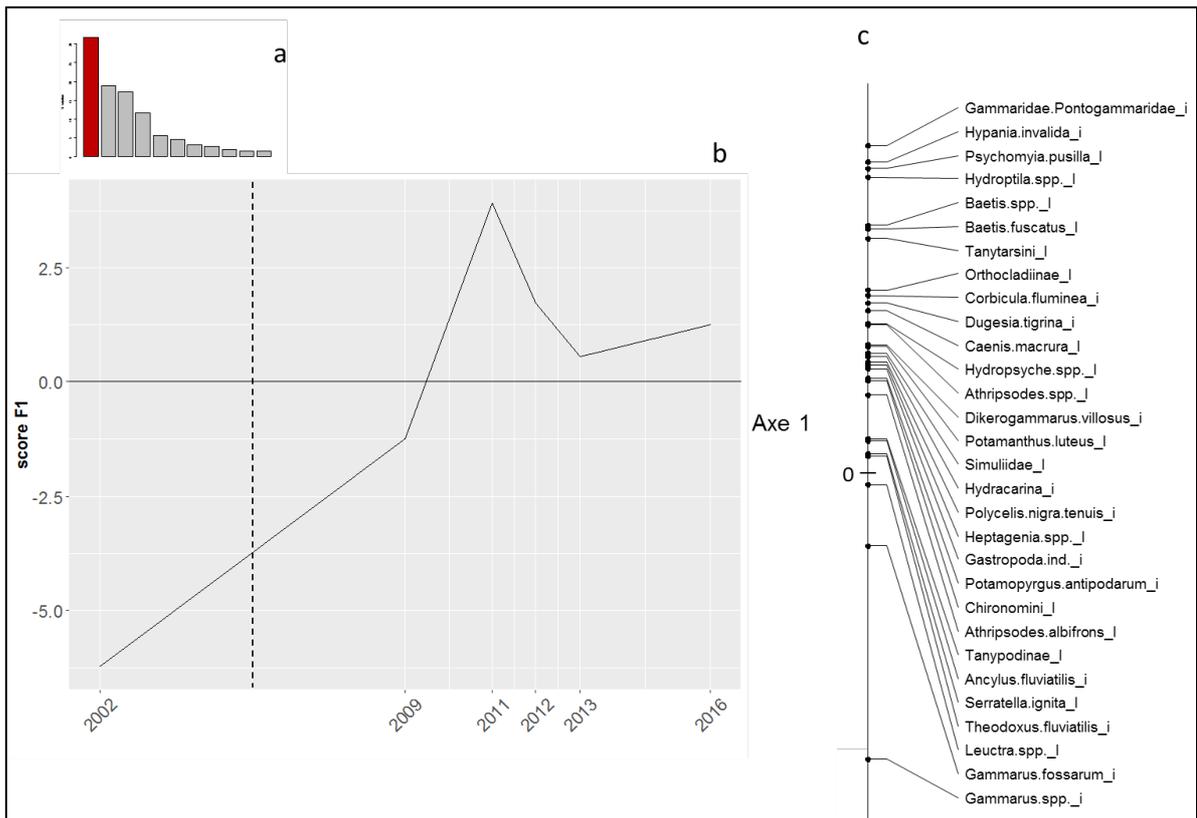


Figure 5.9 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2002-2016) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 1 sépare assez nettement la seule année pré-restauration (2002) des autres années de suivi post-restauration (Figure 5.9). L'élément structurant cette différence de composition faunistique avant/après restauration est l'apparition du Crustacés invasifs *Dikerogammarus villosus* au détriment des populations de *Gammarus fossarum* et l'apparition d'autres taxons invasifs, comme le Mollusque bivalve *Corbicula fluminea*, le Gasteropode *Potamopyrgus antipodarum* ou plus récemment le Polychète *Hypania invalida*. Ces évènements de colonisation par des taxons exogènes ne sont pas les seuls changements structurant les différences entre la campagne avant restauration et les campagnes après restauration. En effet, les années post-restauration sont également caractérisées par une augmentation de l'abondance des taxons caractéristiques de contraintes hydrauliques moyenne à fortes comme les Trichoptères *Hydropsyche* spp., les Epheméroptères *Baetis fuscatus* et *Potamanthus luteus* ou encore les Diptères Orthocladinae et Simuliidae. Les années post-restauration sont également caractérisées par une augmentation des taxons au mode trophique allant d'oligotrophe (Simuliidae) à mésotrophe (*P. pusilla*, *Hydroptila*, *Caenis macrura*).

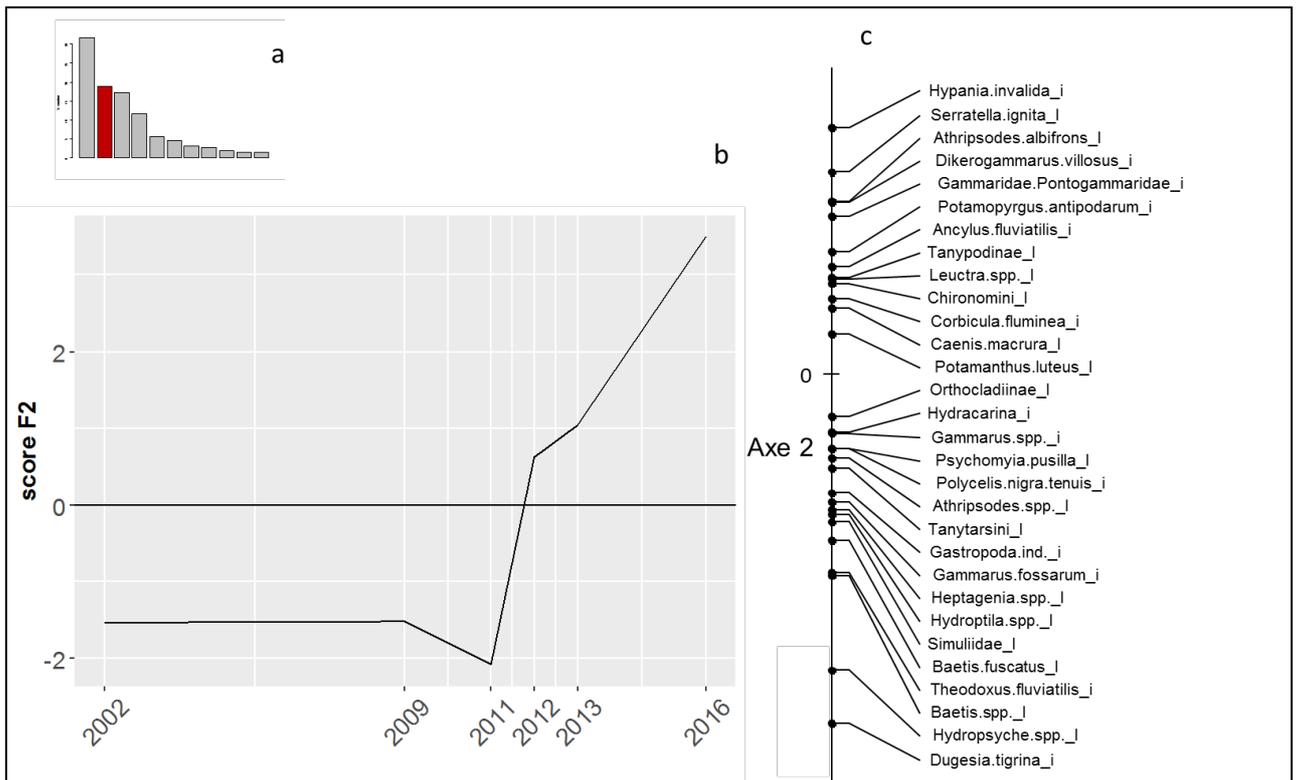


Figure 5.10 – a : graphe des valeurs propres de l'ACP; b : évolution temporelle (2002-2016) des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP des échantillonnages invertébrés; c : scores des taxons sur le premier axe de l'ACP. Afin d'améliorer la visibilité du graphique, seul les taxons ayant un score de plus de 0.3 sur l'axe 1 sont représentés. La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

L'axe 2 de cette analyse discrimine les campagnes 2002, 2009 et 2011 des autres campagnes de suivis (Figure 5.10). Ces trois années se distinguent des autres entre autres par la forte présence dans nos échantillons du Mollusque *Theodoxus fluviatilis* qui après un fort déclin en 2012 a disparu de nos échantillons à partir de 2013. Les années 2009 et 2011, ont la particularité, comme précédemment expliqué pour le secteur de Belley, d'être en moyenne plus chaude et avec un débit plus faible que les autres années (Annexe 5.1). Les taxons qui caractérisent ces deux années sont la Planaire invasive *Dugesia tigrina*, le Trichoptère *Hydropsyche* spp. et l'Ephéméroptère *Baetis fuscatus*. Comme pour le secteur de Belley, la forte représentation de ces taxons pour ces deux années peut témoigner d'une charge importante en matière organique. On peut émettre comme hypothèse que l'association de débits faible associés à des températures élevée pendant la période précédent nos campagnes d'échantillonnages ont entraîné une production primaire importante (algues filamenteuse, phytoplancton, ...) ayant pour conséquence une modification des abondances relatives pour ces deux campagnes.

## 5.5 Évolution des communautés des secteurs suivi du bas-Rhône

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

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

Les métriques nous permettant de caractériser cet état initial sont :

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

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférence hydraulique, 27 devrait répondre positivement aux augmentations de débits réservés.

### 5.5.1 Péage-de-Roussillon

#### 5.5.1.1 Station d'étude et contexte hydrologique des campagnes d'échantillonnage

Le vieux Rhône de Péage-de-Roussillon a été échantillonné depuis 2007 dans le cadre du programme Rhoneco. Un total de 5 campagnes d'échantillonnages (Tableau 5.1) et de 100 échantillons a été réalisé dans ce secteur sur 1 station représentative des milieux étant susceptibles de subir de fortes modifications d'environnement hydraulique suite au



rehaussement de débit réservé (photo 6). Les contraintes liées à la méthode d'échantillonnage (diamètre du substrat < 30cm et profondeur < 70 cm) nous ont permis de définir une zone échantillonnable. Dans cette zone a été défini une station (succession plat/radier, voir photo 3) qui est susceptible de subir de fortes modifications de conditions hydrauliques après rehaussement du débit réservé. Les coordonnées de la station d'échantillonnage sur le vieux-Rhône de Péage de Roussillon sont :

Amont : 45.367233, 4.755250

Aval : 45.361967, 4.760500.

*Photo 6 : Localisation de la station d'échantillonnage dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. (Source photo : Geoportail 15/03/2017).*

Certaines difficultés techniques ont été rencontrées lors du premier échantillonnage post-restauration (2014) sur le secteur de Péage-de-Roussillon. En effet, le vieux-Rhône a bénéficié d'un rehaussement des débits réservés important et modulé. Le débit réservé correspondant à la période d'échantillonnage de printemps est de  $125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Or, nous avons rencontré des difficultés d'accès à la station d'échantillonnage pour cette valeur de débit. Une réflexion est en cours afin de pallier à cette difficulté.

### 5.5.1.2 Richesse taxonomique

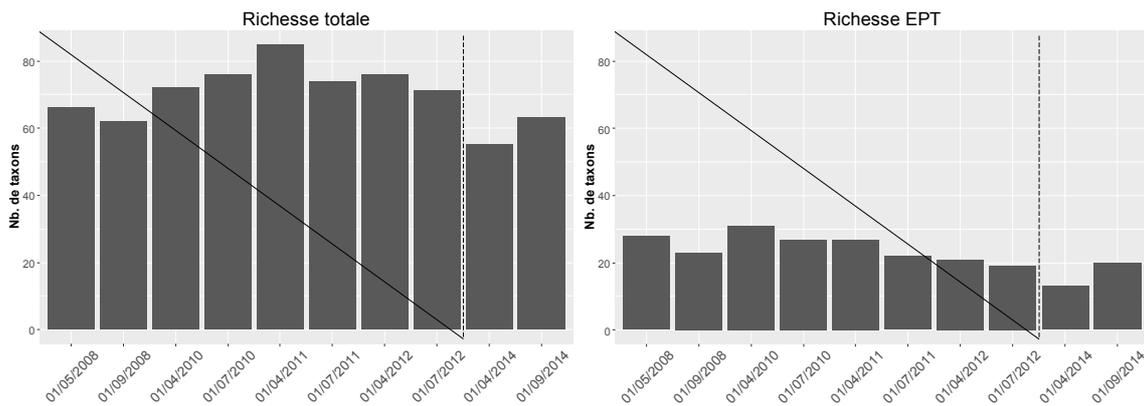


Figure 5.11 - Richesse taxonomique observée pour chaque campagne d'échantillonnage dans le vieux Rhône de Péage-de-Roussillon. A gauche, richesse taxonomique totale, à droite richesse taxonomique en taxon EPT. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

Avec en moyenne 73 taxons collectés avant restauration, la macrofaune du vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon est la plus diversifiée parmi les peuplements de macroinvertébrés des secteurs suivis du Bas-Rhône. Néanmoins, une variabilité interannuelle forte de la mesure de la richesse taxonomique existe (Figure 5.11, à gauche). En effet, la richesse taxonomique varie entre 64 taxons (2008) et 80 taxons (2011). Une année après le rehaussement des débits réservés, la richesse taxonomique a légèrement diminué avec en moyenne 59 taxons collectés. À titre de comparaison, la richesse taxonomique moyenne avant restauration enregistrée sur les 3 secteurs suivis du Haut-Rhône était de 76 taxons.

La richesse taxonomique moyenne en taxons EPT avant restauration des débits est de 25 taxons (Figure 10, à droite). Cette richesse en EPT a tendance à diminuer depuis le début de notre suivi avec en moyenne 26 taxons en 2008 et 20 taxons en 2012 soit une diminution d'environ 20 % de la richesse en taxons EPT. L'ordre des Trichoptères et l'ordre des Ephéméroptères sont représentés par environ 11 taxons chacun alors que l'ordre des Plécoptères n'est quant à lui représenté que par les espèces du genre *Leuctra*, qui par ailleurs fait partie des Plécoptères les plus résistants à la qualité physico-chimique de l'eau. En effet, les taxons EPT sont reconnus pour leur sensibilité relativement importante aux conditions chimiques et physiques du milieu et ces résultats nous informent de la qualité moyenne de l'eau dans ce secteur. Pour comparaison, la moyenne avant restauration des taxons EPT pour les trois sites suivis du haut-Rhône était de 31 taxons.

### 5.5.1.3 Composition faunistique

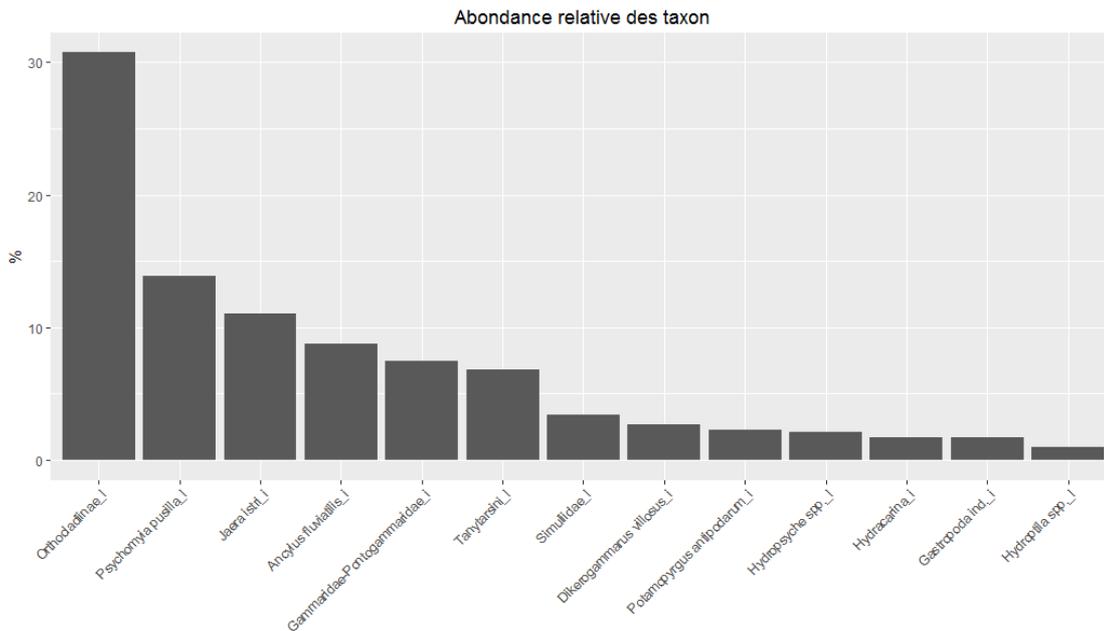


Figure 5.12 - Abondances relatives des taxons sur l'ensemble des campagnes pré-restauration. Seuls les taxons avec une abondance relative supérieure à 1% sont représentés.

Avec un total de 55 % de l'abondance total avant rehaussement du débit réservé, ce sont les représentants de l'ordre des Diptère (Orthocladiinae, Tanytarsini et Simuliidae) qui constituent donc la majorité du peuplement dans le secteur de Péage-de-Roussillon (Figure 5.12). Les Diptères sont en générale plutôt pollueurésistant et sont d'oligo à mesotrophe. Ainsi leur présence majoritaire témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

Avec 17% de l'abondance totale, ce sont les Trichoptères qui représentent le deuxième groupe le plus abondant. Le groupe des Trichoptères est représenté en majorité par les familles des Psychomiidae, Hydropsychidae et Hydroptilidae. Ces familles sont toutes les trois moyennement pollueurésistante et leur présence témoigne d'une qualité moyenne de l'eau dans ce secteur.

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

On notera tout de même, que la présence importante des familles des Simuliidae et des Hydropsychidae, ayant toutes les deux de fortes affinités pour les vitesses de courant élevées, témoigne d'un fonctionnement courant du secteur.

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

#### 5.5.1.4 Composition faunistique en taxons exogènes

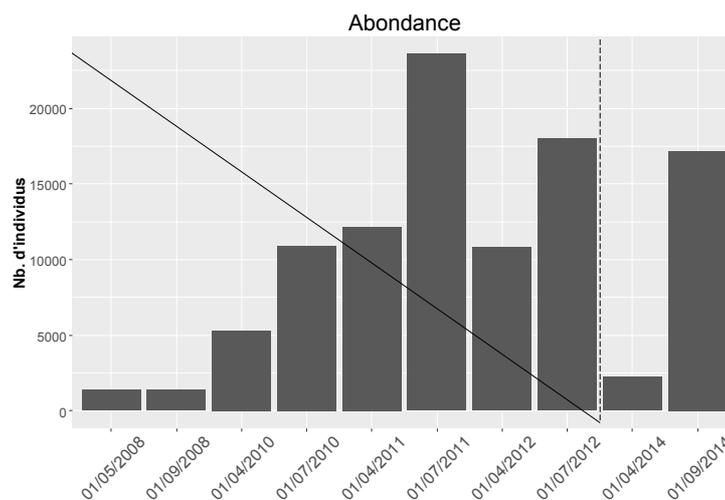


Figure 5.13 - Abondance en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

L'abondance en taxons exogènes<sup>2</sup> augmente fortement depuis 2008 dans ce secteur (Figure 5.13), elle a en moyenne été multipliée par un facteur 3 entre 2008 et 2011. Cette abondance a tendance à diminuer depuis 2012. L'évolution des abondances par espèce est présentée sur la Figure 5.14.

<sup>2</sup> Se dit d'une espèce qui provient d'un autre pays, d'une autre région du monde, qui n'est pas native de l'endroit.

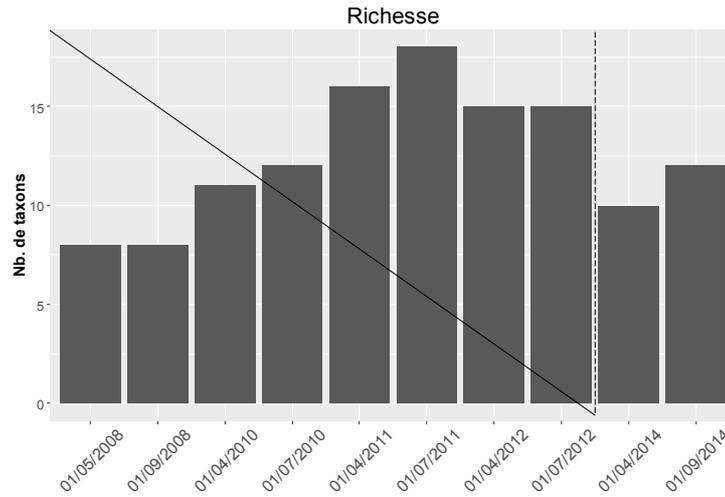


Figure 5.14 - Richesse en taxons exogènes observée pour chaque campagne d'échantillonnage. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale.

La richesse en taxons exogènes a également augmenté entre 2008 et 2011 (Figure 5.14) avec en moyenne respectivement 8 et 17 taxons. La légère baisse en taxons exogènes qui s'est entamée en 2012, se poursuit en 2014.

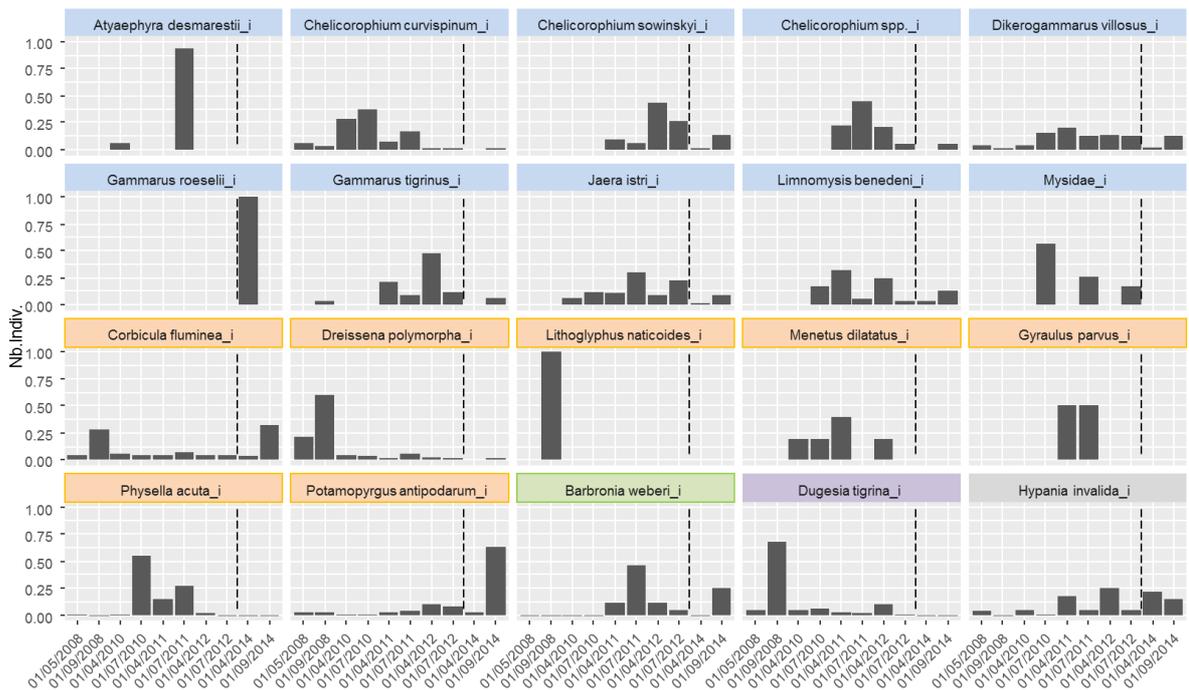


Figure 5.15 - Evolution de la proportion de l'effectif total par taxon exogène et par campagne. L'augmentation des débits réservés est signalée par la ligne en tiret verticale. En bleu, les Crustacés ; en orange, les Mollusques ; en vert, l'Hirudinae ; en violet, la Planaire et en gris, le Polychaete.

Lors des 10 campagnes d'échantillonnage réalisées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon, un total de 20 taxons exogènes ont été collectés (Figure 5.15). Avec respectivement 10 taxons et 7 taxons, ce sont les Ordres des Crustacés et des Mollusques qui sont les plus représentés. Le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon est, avec le vieux-Rhône de Pierre-Bénite, le secteur le plus proche de la confluence avec la Saône. Or, la Saône constitue un corridor fluvial pour l'extension dans le territoire français des taxons exogènes d'origine ponto-caspienne qui colonise le continent européen (Galil et al, 2008).

On peut distinguer les taxons exogènes peu abondant comme par exemple le Crustacé *Gammarus roeseli* ou encore le Mollusque *Lithoglyphus naticoides* avec tous les deux une abondance moyenne par campagne de 6 individus, des taxons exogènes très abondant comme le Crustacé *Jaera istri* avec une abondance moyenne par campagne d'environ 8 000 individus. On peut également distinguer 3 patterns dans l'évolution des abondances de ces taxons exogènes :

- 1- Les taxons rencontrés occasionnellement comme le Crustacé *Atyaephyra desmaresti* ou le Mollusque *Lithoglyphus naticoides*.
- 2- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs ont depuis fortement diminué comme le Crustacé *Chelicorophium curvispinum*, les Mollusques *Dreissena polymorpha*, *Menetus dilatatus*, *Gyraulus parvus*, *Physella acuta* ou encore la Planaire *Dugesia tigrina*.
- 3- Les taxons apparus il y a plusieurs années mais dont les effectifs se maintiennent comme les Crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Gammarus tigrinus*, *Jaera istri*, *Chelicorophium sowinskyi*, *Chelicorophium* sp., *Limnomysis benedeni*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Corbicula fluminea*, *Barbronia weberi*, *Hypania invalida*.

### 5.5.1.5 Evolution des abondances relatives par guildes de préférence hydraulique

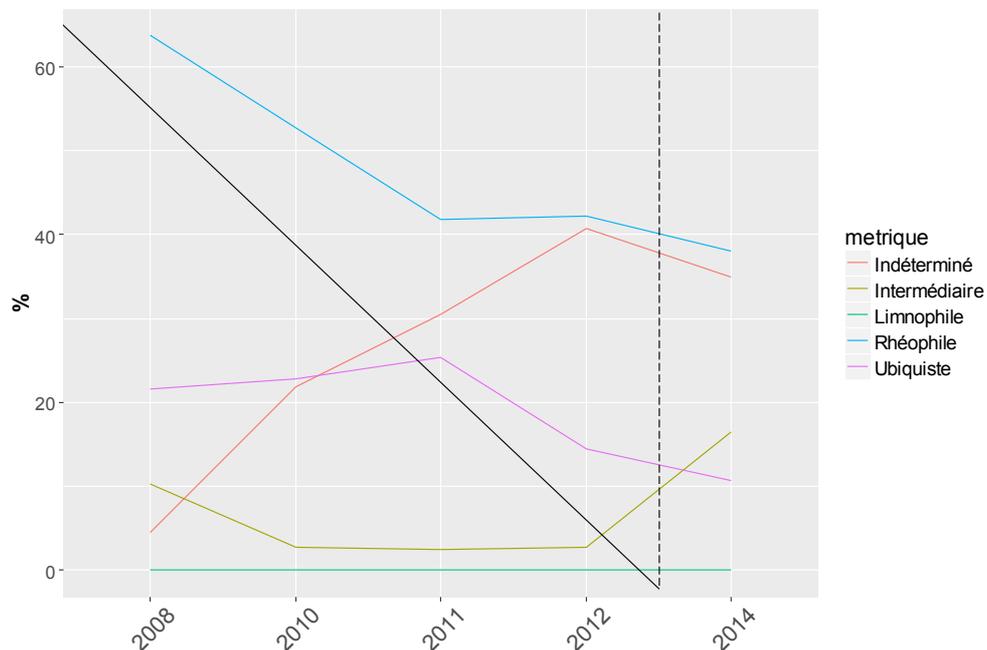


Figure 5.16 : Evolution interannuelle des abondances relatives par guildes de préférence de contraintes hydrauliques pour les taxons possédant un modèle de préférence hydraulique (voir Méricoux et al., 2009). La ligne verticale noire signale la date de rehaussement des débits réservés.

Parmi les 66 taxons possédant un modèle de préférences hydrauliques, 58 ont été collectés lors des 5 campagnes d'échantillonnage réalisées dans ce secteur. Avec en moyenne 50 % de l'abondance avant restauration, c'est la guildes des invertébrés rhéophiles qui constitue la majorité du peuplement (Figure 5.16), ce qui témoigne d'un fonctionnement courant de l'hydrosystème. Les taxons appartenant à la guildes des ubiquistes représentent en moyenne 21% du peuplement. En revanche, les invertébrés appartenant à la guildes des intermédiaires et des limnophiles sont, quant à eux, très peu représentés avec en moyenne respectivement 4.5 % et 0.001 % du peuplement.

Lors des campagnes pré-restauration, la proportion des taxons appartenant aux guildes des ubiquistes, des intermédiaires et des limnophiles est restée stable. La proportion des taxons appartenant à la guildes des rhéophiles a diminuée de plus de 20% durant cette même période alors que la proportion des taxons dont les préférences hydrauliques sont indéterminée a augmenté de près de 40 %.

Les taxons rhéophiles qui contribuent le plus à la baisse observée entre 2008 et 2011 sont les Coléoptères Elmidae *Esolus* spp. et *Elmis* spp. ainsi que le Mollusque *Ancylus fluviatilis*. Les deux espèces d'Elmidae sont reconnues pour leur sensibilité à divers types de

perturbations comme le réchauffement de l'eau, la réduction de la concentration en oxygène, aux crues et aux pollutions chimiques (Elliot, 2008). En revanche, les taxons dont les affinités pour les contraintes hydrauliques au fond sont indéterminées et qui contribuent le plus à la hausse observée entre 2008 et 2011 sont les Hydracariens et les Crustacés exogènes du genre *Chelicorophium*. On peut émettre comme hypothèse que les espèces du genre *Chelicorophium*, plutôt tolérant vis-à-vis de la thermie de l'eau, de la pollution chimique ou des variations de débits (Hartog *et al.*, 1992) aient profité de la diminution de certains taxons résidants dans le secteur suite à d'éventuelles perturbations (physique ou chimique) pour s'installer.

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

## **6 Hydromorphologie des lônes**

### **6.1 Objectifs et méthodologie**

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

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

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

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

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

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

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

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

L'objectif du présent rapport est ainsi de fournir une synthèse des nouveaux traitements qui ont été initiés au cours de l'année 2016. Les points suivants sont résumés dans la suite du rapport :

- comparaison du comblement des bras par les sédiments fins dans leur état initial le long du corridor rhodanien et première analyse des paramètres de contrôle ;
- analyse par XRF de la concentration en éléments traces métalliques dans les sédiments fins déposés dans les bras et première analyse du rôle du régime de connectivité des bras ;
- première prédiction de la réponse hydromorphologique potentielle des bras ciblés par la restauration sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon ;
- conclusions et perspectives pour l'année 2017.

## **6.2 Comparaison du comblement des bras par les sédiments fins dans leur état initial et première analyse des paramètres de contrôle**

Les épaisseurs de sédiments fins mesurés dans les bras suivis avant restauration et les vitesses de comblement associées ont été analysées. La figure 6.1 présente l'évolution de ces deux métriques le long du corridor rhodanien. Un test non paramétrique de Mann-Whitney nous a permis de mettre en évidence que les valeurs d'épaisseur des dépôts de fines ( $P < 10^{-5}$ ), ainsi que les taux de sédimentation annuels moyens ( $P < 0.02$ ), sont significativement différents entre les bras du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et ceux du Rhône médian (Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère-Mondragon). Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences entre ces deux tronçons, notamment l'âge des bras, la présence d'infrastructures à l'entrée et sur le tracé proprement dit de chacun de ces bras, les flux sédimentaires, le régime de connectivité.

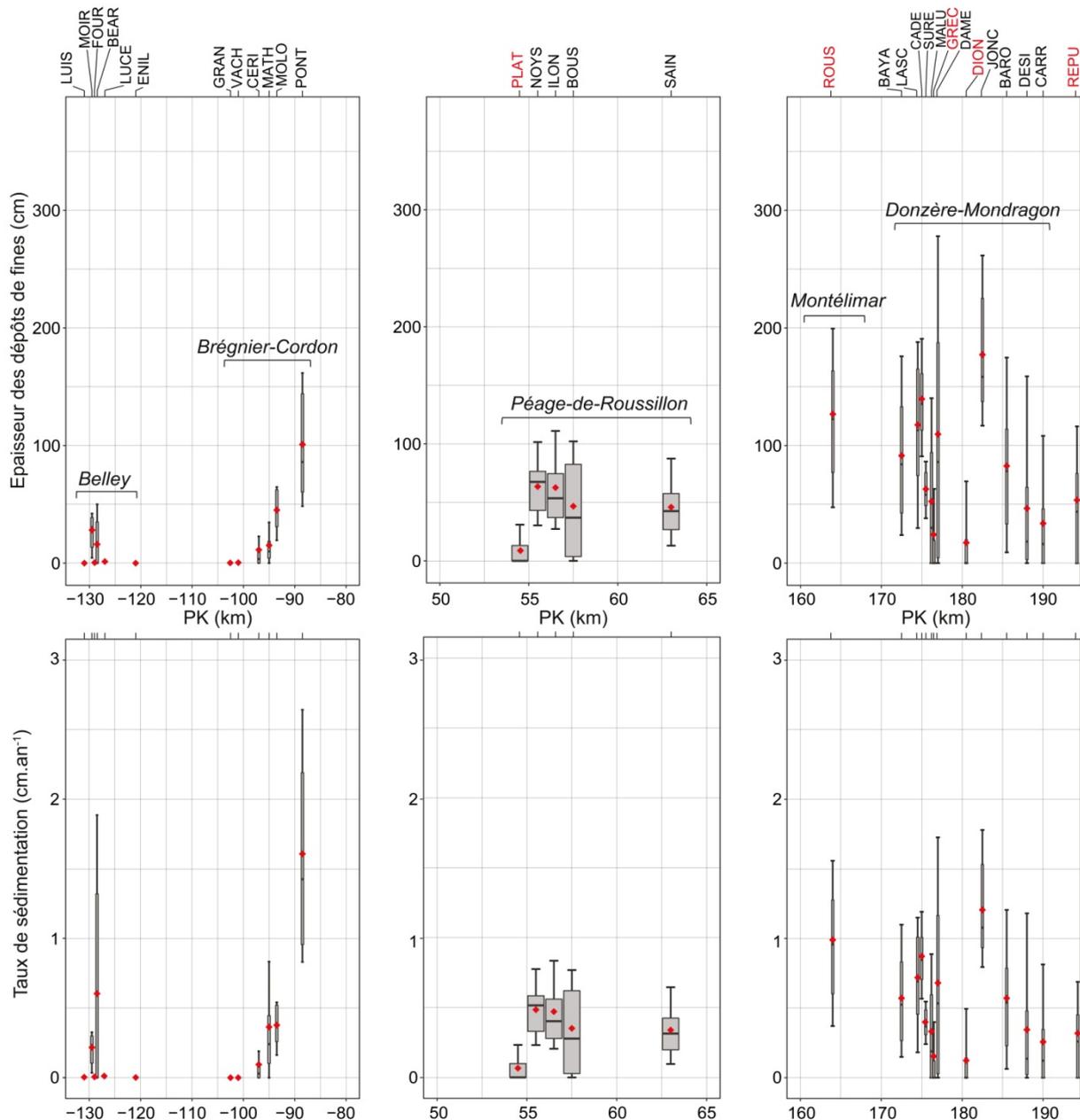


Figure 6.1 - Comparaison des épaisseurs de sédiments fins (graphique du haut) et des taux de sédimentation (graphique du bas) mesurés dans les bras avant restauration le long du corridor rhodanien (calculé en référence à la déconnexion amont). Chaque boîte à moustache représente la variabilité (valeur minimale/ maximale, 25ème et 75ème déciles) des mesures réalisées dans chacun des bras. Les points rouges représentent les valeurs moyennes. Les codes à 4 lettres en haut de la figure correspondent au nom des bras retenus dans l'analyse. Le chiffre entre parenthèse renseigne le nombre d'années s'étant écoulées entre les mesures et la date estimée de déconnexion amont des bras. \*Bras ayant fait l'objet de travaux de restauration, pour lesquels les valeurs de taux de sédimentation sont incertaines et restent à validées.

La quantification du régime de connectivité de crue des bras avant restauration a constitué une des priorités de l'année 2016. Pour chaque bras, le régime de connectivité est décrit par la capacité maximale de reflux, la contrainte de cisaillement maximale horaire enregistrée entre la date de restauration et la date des sondages, et la fréquence de débordement amont. S'il est presque terminé pour les bras du Haut-Rhône, ce travail reste encore partiel sur les bras du

Rhône médian. Ces derniers présentent souvent des configurations plus complexes qui nécessitent plus de temps pour être appréhendées correctement. Néanmoins, nous disposons de suffisamment de données pour réaliser une première analyse des relations entre comblement sédimentaire et régime de connectivité de crue des bras dans leur état initial (Figure 6.2). On peut observer que le temps écoulé depuis la déconnexion amont des bras (autrement dit l'âge des bras morts) est significativement différent entre les bras du Haut-Rhône et ceux du Rhône médian (test de Mann-Whitney,  $P < 10^{-5}$  ; figure 2a). Par conséquent, nous avons par la suite utilisé comme variable à prédire les taux de sédimentation annuels moyens, qui par définition intègrent le temps écoulé depuis la déconnexion amont des bras (Figure 6.2b, c et d).

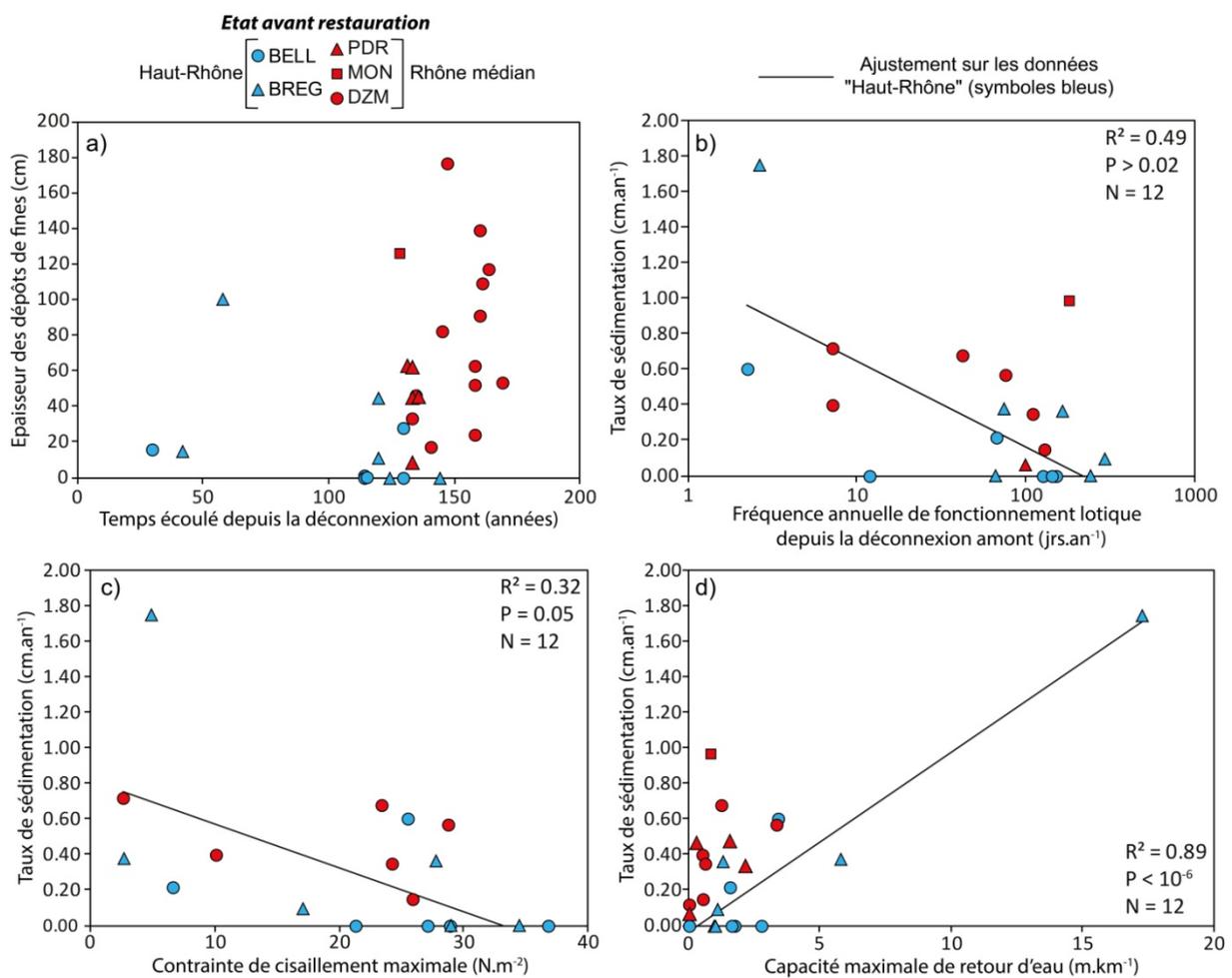


Figure 6.2 - Première analyse comparative du lien entre comblement des bras dans leur état initial et leur régime de connectivité. Code secteur : BELL = Belley, BREG = Brégnier-Cordon, PDR = Péage-de-Roussillon, MON = Montélimar, DZM = Donzère-Mondragon. Les relations sont jugées significatives lorsque la p-valeur (noté P) est inférieure ou égale à 0.05.

Les relations statistiques établies pour les bras du Haut-Rhône dans les figures 6.2b, c et d montrent que les taux de sédimentation sont significativement liés à nos trois descripteurs du

régime de connectivité de crue (valeur de  $P$  inférieure ou égale à 0.05). Même si ces relations sont moins nettes que ce que l'on a pu mettre en évidence par le passé pour les bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite, ces premiers résultats sont de bon augure quant à la possibilité de comprendre et prédire la variabilité des vitesses de comblement des bras avant restauration le long du corridor rhodanien. Pour cela, la quantification du régime de connectivité de l'ensemble des bras suivis sur le Rhône médian est à finaliser.

D'autre part, les figures 6.2b, c et d montrent également que les bras du Rhône médian (pour lesquels les variables représentant le régime de connectivité de crue sont disponibles) présentent des comportements relativement similaires à ce que l'on peut observer sur les bras du Haut-Rhône. La capacité maximale de reflux des bras constitue la variable de contrôle la plus importante pour les bras du Haut-Rhône (Figure 6.2d). Certains bras du Rhône médian semblent suivre cette loi, mais d'autres présentent des taux de sédimentation beaucoup plus élevés à valeur de reflux égale. Ces bras sont presque atterris en état initial (Noyer sud, Ilon, Roussettes, Dames, Dions, Désirade). Autrement dit, il semble que pour une même capacité de reflux maximale, les bras du Rhône médian en voie d'être totalement comblés présentent des taux de sédimentation plus importants que ceux encore en eau. Cette différence de comportement sédimentaire est encore à expliquer afin de l'intégrer dans les futurs modèles.

### **6.3 Analyse de la concentration en éléments traces métalliques dans les sédiments fins déposés dans les bras et première analyse du rôle du régime de connectivité des bras.**

A titre exploratoire, nous avons analysé certains prélèvements de sédiments fins (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ) par spectrométrie de fluorescence X (XRF portable - Spectro xSORT Alloy). Les mesures réalisées avec ce type d'appareil peuvent être sujettes à caution. Gabrielle Seignemartin (CNRS UMR 5600) a réalisé dans le cadre de son travail de thèse une analyse comparative des résultats obtenus avec le XRF et ceux obtenus sur le même lot d'échantillons avec un spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS). Cette approche a permis de mettre en évidence que les analyses XRF sont fiables pour 4 éléments traces métalliques (ETM), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le nickel (Ni) que nous avons alors retenu pour les analyses. A l'heure actuelle, un total 137 échantillons issus de 27 bras différents ont été analysés (11 bras sur le Haut-Rhône [Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon] et 16 sur le Rhône médian [Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon]). Les échantillons analysés sont issus des campagnes de relevés de

2009 ou de 2011, selon les bras. Les analyses ont été réalisées sur la fraction inférieure à 63  $\mu\text{m}$ , car c'est elle qui présente la meilleure capacité d'adsorption des ETM.

Quel que soit l'élément considéré, on observe des concentrations significativement différentes entre les bras restaurés du Haut-Rhône et les bras du Bas-Rhône (test de Mann-Whitney,  $P < 10^{-5}$  pour chaque ETM testé). Les bras du Haut-Rhône présentent des concentrations plus élevées que ceux du Rhône médian pour le nickel (Figure 6.4). A l'inverse, on retrouve des concentrations plus importantes sur les bras du Rhône médian pour les 3 autres ETM étudiés (plomb, zinc, cuivre ; Figures 6.3 et 6.4). On notera que 81 échantillons sur les 137 analysés présentent une concentration en nickel supérieure au seuil de qualité S1 (50 mg/kg), fixé par l'arrêté du 9 août 2006 (soit environ 60% des échantillons). Les concentrations maximales pour cet élément sont observées ponctuellement sur la lône des Molottes (Brégnier-Cordon) et la lône du Noyer Nord (Péage-de-Roussillon) avec 73 mg/kg en 2011 (état post-restauration). En ce qui concerne les autres ETM (plomb, cuivre et zinc), tous les échantillons présentent des valeurs de concentration inférieures aux seuils S1 correspondant.

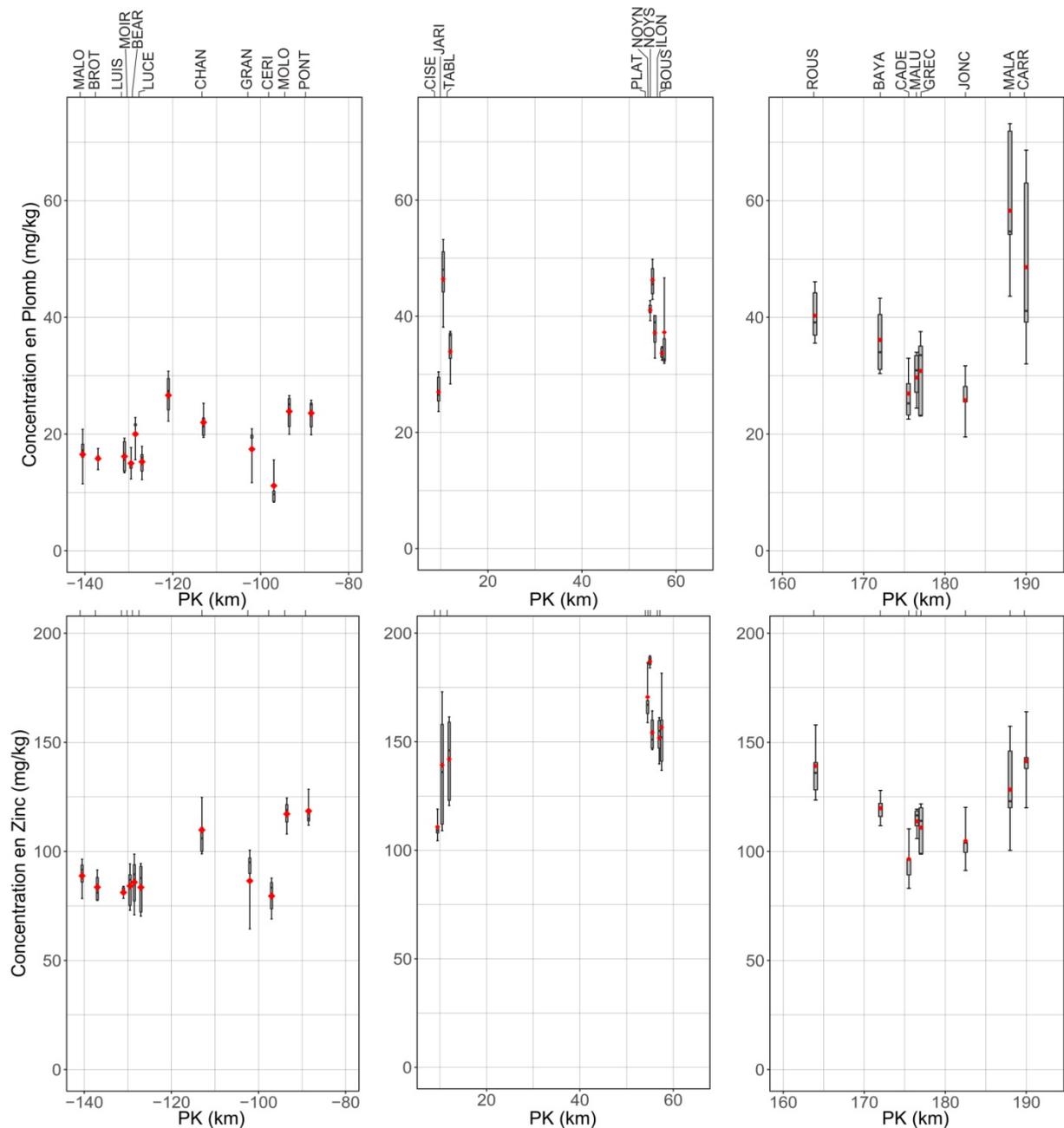


Figure 6.3 - Evolution de la concentration en plomb et en zinc mesurée dans les dépôts superficiels de sédiments fins dans les bras suivis le long du corridor rhodanien. Les prélèvements analysés datent de 2009 ou de 2011, selon les bras. Chaque boîte à moustache représente la variabilité (valeur minimum/ maximale, 25ème et 75ème déciles) des mesures réalisées dans chacun des bras. Les points rouges représentent les valeurs moyennes.

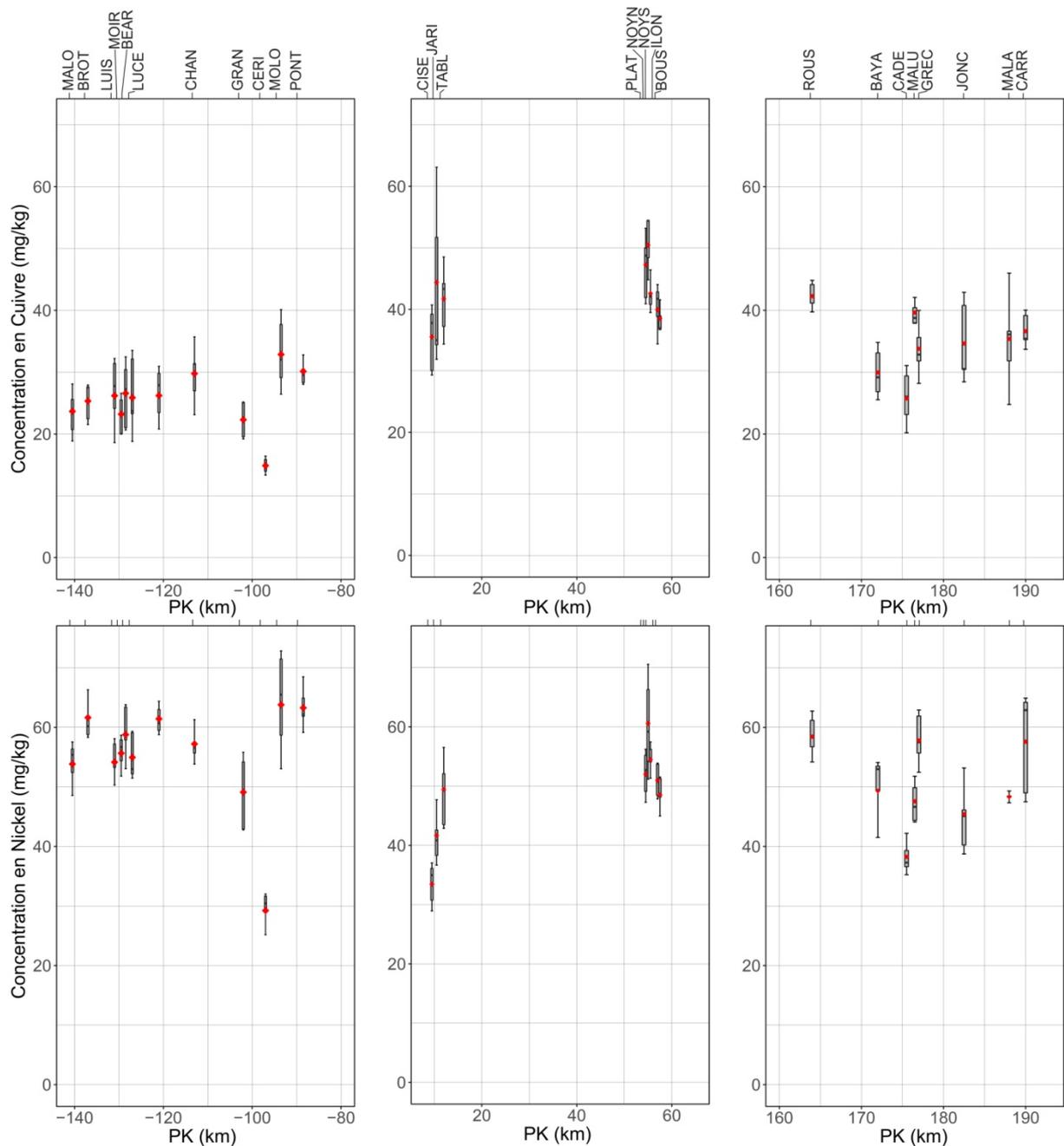


Figure 6.4 - Evolution de la concentration en cuivre et en nickel mesurée dans les dépôts surfaciques de sédiments fins dans les bras suivis le long du corridor rhodanien. Chaque boîte à moustache représente la variabilité (valeur minimum/ maximale, 25ème et 75ème déciles) des mesures réalisées dans chacun des bras. Les points rouges représentent les valeurs moyennes.

Nous avons également testé s'il existait des liens statistiques entre le régime de connectivité de crue des bras et les concentrations moyennes mesurées dans les bras des 4 ETM testés (Figure 6.5). Les premiers résultats (Figure 6.5) montrent que les concentrations moyennes en plomb, zinc, cuivre et nickel sont significativement corrélées à la capacité maximale de reflux des bras morts du Haut-Rhône. A ce titre, la figure 5 permet d'observer qu'à capacité de reflux égale une loi différente semble se dégager pour les bras du Rhône médian, notamment en ce

qui concerne le plomb, le zinc, le cuivre. D'autre part, la puissance maximale des écoulements en crue dans les bras morts (contrainte maximale de cisaillement) et la fréquence de débordement amont ne permettent pas d'expliquer les variations de concentrations moyennes mesurées. Seule la concentration moyenne en nickel semble en partie liée à la fréquence de débordement amont. La mesure du Plomb par XRF portable pourrait ainsi être un indicateur de la capacité de reflux relativement facile à calculer en l'absence de données topographiques. L'indicateur est cependant encore à affiner en fonction de la position du site sur le continuum afin qu'il soit utilisable à la fois sur le Haut-Rhône et sur le Rhône médian.

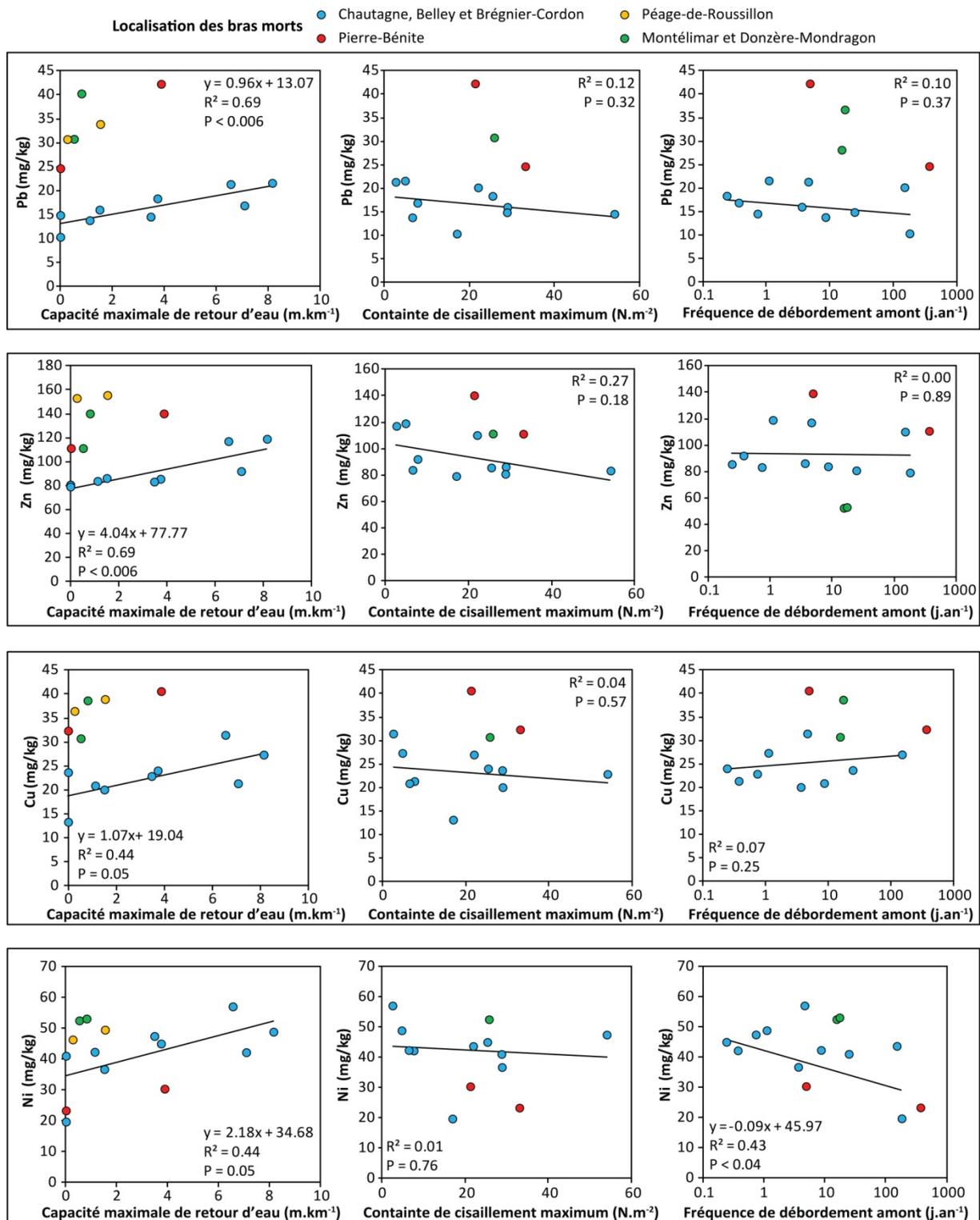


Figure 6.5 - Relation entre concentration moyenne en plomb, zinc, cuivre et nickel dans les bras et leur régime de connectivité de crue. Chaque point représente la concentration moyenne mesurée dans un bras (généralement issue de 5 échantillons). Seul les bras morts ont été retenus dans cette analyse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

## 6.4 Réponse hydromorphologique potentielle des bras ciblés par la restauration sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon : premiers résultats

La restauration des lônes de Donzère-Mondragon constitue la première opportunité de mesurer la réponse hydromorphologique potentielle de bras à restaurer en fonction de scénarios de restauration définis par la Compagnie Nationale du Rhône et d'évaluer ainsi à l'échelle du tronçon si ceux-ci conduisent à une diversification des types fonctionnels. La figure 6.6 illustre l'intérêt des suivis conduits au cours des 15 dernières années pour effectuer cette évaluation des scénarios de restauration actuellement en cours sur ce secteur. Par exemple, les bras courants permanents ou très fréquemment connectés sont quasiment absents de ce secteur, à l'image de ce que l'on observe à l'échelle de l'ensemble du corridor rhodanien. Il existe donc des enjeux forts pour restaurer ce type d'habitat, devenu rare. Cette approche permet de mettre en évidence que les travaux entrepris par la CNR devraient bien permettre de recréer des bras courants (cas de Grange écrasée, des Dames et du Banc-Rouge) ou bien plus fréquemment connectés (cas de Surelle) disposant d'une durée de vie potentielle relativement élevée.

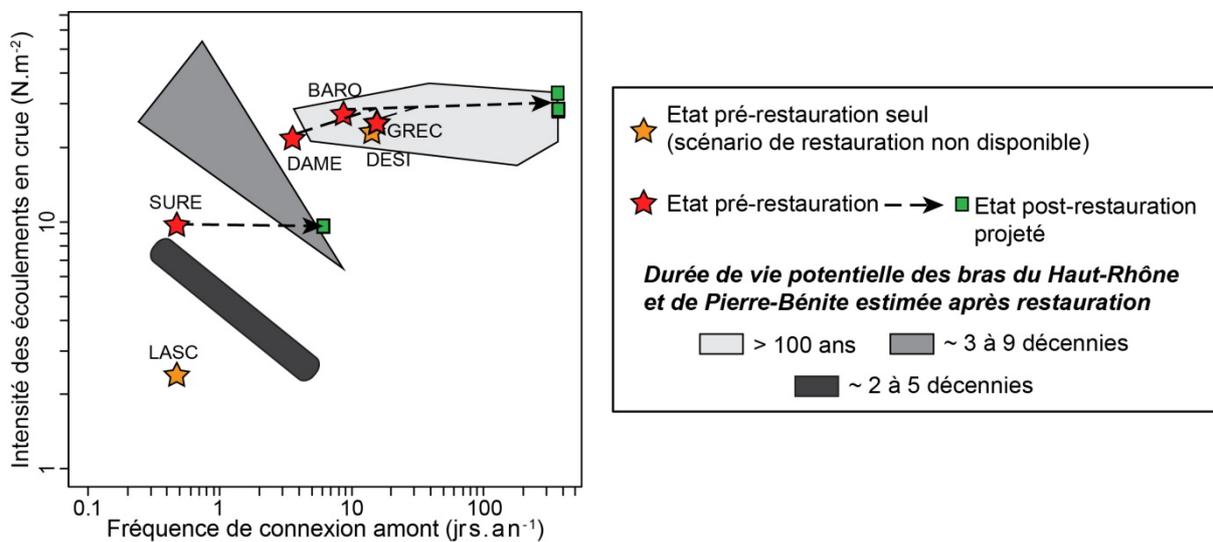


Figure 6.6 - Positionnement des bras du vieux-Rhône de Donzère-Mondragon destinés à être restaurés en fonction de la fréquence de connexion et de la contrainte de cisaillement maximale comprise entre la crue biennale et décennale en fonctionnement lotique calculés avant et après restauration. Cette représentation graphique permet de visualiser ces scénarios de restauration au regard de l'ensemble des lônes déjà étudiées et pour lesquelles on dispose également de la durée de vie potentielle des bras restaurés. On peut ainsi observer sur cet exemple que la restauration des lônes du secteur permettra bien d'augmenter leur connectivité latérale et de créer, notamment, des bras courants permanents, qui constituent un type d'habitat très rare avant restauration (lônes de la Grange écrasée, des Dames et du Banc-Rouge). N.B. Le modèle d'estimation de la durée de vie ne considère pas les éventuels changements de niveau de base (par exemple consécutif à une incision du lit mineur) qui peuvent avoir une forte incidence sur les niveaux d'eau observés dans les bras (comme observé sur les lônes de la Malourdie et de Ciselande).

## **6.5 Perspectives pour l'année 2017**

Finaliser la quantification du régime de connectivité des bras du Rhône médian dans leur état avant restauration constituera l'une des priorités pour l'année 2017. Cette tâche permettra de fournir les premiers modèles de prédiction de la vitesse de comblement des bras. Ces modèles prédictifs des vitesses de comblement des bras avant restauration pourront alors être comparés avec ceux obtenus sur les bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite. Elle permettra également de finaliser l'analyse de la concentration en éléments traces métalliques retrouvés dans les sédiments fins déposés dans les bras le long du corridor rhodanien.

Une autre priorité pour 2017 consistera à mettre à jour la typologie des patrons granulométriques longitudinaux observés dans les bras. Cette typologie s'appuie sur les relevés granulométriques effectués dans les bras du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite entre leur restauration et la campagne de 2011. Il s'agira tout d'abord de mettre à jour cette typologie en y incorporant les relevés granulométriques réalisés sur ces bras en 2013/2014, 2015 et 2016. Les données collectées d'autre part sur les bras du Rhône médian seront par la suite introduites dans cette analyse de manière à comparer les patrons granulométriques observés sur les bras du restaurés du Haut-Rhône et ceux non restaurés (pour la plupart) du Rhône médian. Nous pourrons également déterminer s'il est possible de prédire les patrons granulométriques des bras du Rhône médian à partir de leur régime de connectivité de crue comme cela avait été réalisé, avec succès, sur les bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite.

Nous allons également caractériser les patrons granulométriques des bras possédant des fonds graveleux, par imagerie subaquatique, pour mieux comprendre la diversité fonctionnelle de ces bras. D'autre part, nous souhaiterions réaliser des carottages sur quelques bras de manière à obtenir un enregistrement continu des processus de sédimentation et mieux cerner l'effet des événements décapants. Cette approche apparaît à présent primordiale pour améliorer notre compréhension des processus de sédimentation/érosion à l'échelle événementielle.

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

### **7.1 Introduction**

Dans le cadre du suivi scientifique du programme décennal de restauration du Rhône, puis du programme RhônEco, les macroinvertébrés aquatiques des annexes fluviales (lônes) ont

été pris en compte afin de décrire les états initiaux et 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.

Le présent document propose une synthèse sur l'état des assemblages d'invertébrés dans 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon avant leur restauration. Afin d'améliorer la connaissance des états initiaux avant restauration par rapport à la situation connue sur le Haut-Rhône où les données étaient limitées à une année avant travaux, l'étude des systèmes alluviaux du Bas-Rhône a permis d'acquérir des données sur trois années pour chaque site, dans la plupart des cas. Le suivi sur deux années post-restauration de la lône de la Roussette à Montélimar est également intégré à ce rapport.

La synthèse proposée se base sur une typologie des lônes reflétant leur diversité faunistique et fonctionnelle avant restauration. La question de la modélisation des métriques faunistiques ou des espèces caractéristiques en fonction de la connectivité latérale des sites avec le Rhône n'est pour l'instant pas intégrée à ce rapport et ceci pour deux raisons:

- le travail de Daujat (2017) a montré que les variables environnementales classiquement utilisées à la suite de Paillex *et al.* (2007) pour approximer la connectivité latérale des sites, ne

conduisait pas à des résultats satisfaisant sur le Bas-Rhône compte tenu de conditions non prises en compte sur le Haut-Rhône (affluents non fluviaux, milieux temporaires),

- la mise au point de modèles utilisant des variables de connectivité hydrologique est en cours de développement (thèse P. Marle en cours) et n'a pas atteint un stade permettant l'application de tels modèles sur le Bas-Rhône.

## **7.2 Sites et méthodes**

### **7.2.1 Sites et dates**

Une lône a été étudiée dans le secteur de Montélimar (la Roussette) et treize dans celui de Donzère-Mondragon (Tableau 7.1). Dans ce second secteur, les lônes suivies constituent deux ensembles. L'étude d'un premier groupe de lônes a débuté en 2009, avant que ne soient désignés les sites qui allaient être restaurés. Il s'agit de Bayard, Caderousse, le Carré, la Grange Ecrasée, les Joncs, Malatras, Malaubert et la République. Après sélection des sites devant être restaurés, le suivi d'un second groupe de lônes a débuté en 2013-14 : Banc Rouge, les Dames, la Désirade, Dion et Lascombes. Le principe retenu a été de disposer d'au moins trois années de suivi pré-restauration pour l'ensemble des sites, afin de pouvoir évaluer les fluctuations interannuelles et constituer ainsi une base de données pré-restauration plus robuste que celle ayant été constituée avant restauration sur le Haut-Rhône. Ce principe a été appliqué autant aux lônes devant être restaurées dès 2017-18 (Grange-Ecrasée - Dames, Désirade - Banc Rouge, Lascombes - Malaubert - Dion) qu'aux lônes a priori non restaurées qui constituent ainsi un référentiel « témoin » dont la pertinence a été montrée dans le cas du suivi post-restauration des lônes du Haut-Rhône.

Dans le secteur de Montélimar, la lône de la Roussette a été restaurée en 2012-13. Les données analysées ici comprennent deux années de suivi avant (2009, 2011) et deux années après sa restauration (2014, 2015).

Comme sur le Haut-Rhône, les échantillonnages ont été répétés à deux saisons pour chaque année: en Juin (parfois Juillet) et en Septembre (parfois fin Août). L'assèchement de certains sites a parfois empêché le prélèvement (Dames, Grange Ecrasée amont, Lascombe, Roussette amont avant restauration).

De une à trois stations d'échantillonnage ont été désignées sur chaque lône en fonction de leur longueur et de leur hétérogénéité. Au total 23 stations ont été suivies (Tableau 7.1). La localisation des stations est indiquée sur les cartes de l'annexe 7.1.

### **7.2.2 Échantillonnage de la macrofaune**

A l'intérieur de chaque station, un tronçon de 30 mètres (selon l'axe amont-aval de la lône) a été choisi pour l'échantillonnage de la macrofaune aquatique. A l'intérieur de chaque tronçon de 30 m, 4 points de prélèvement sont tirés au hasard. En chacun des 4 points une description de la structure de l'habitat (profondeur, courant, sédiment, végétation aquatique, ombrage) est effectuée selon un protocole standard à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50cm. Dans ces mêmes points, la macrofaune aquatique est échantillonnée de la façon la plus exhaustive possible à l'épuisette (ouverture 15 x 12cm) à l'intérieur du quadrat. Le vide de maille est 0.5mm. La limite de profondeur est d'environ 190cm (manche de l'épuisette). Les échantillons sont effectués à pied ou en bateau gonflable léger selon l'accessibilité et la profondeur d'eau. Le matériel est fixé à l'alcool. Au laboratoire la fraction grossière des prélèvements est triée à vue. La fraction fine est triée sous une loupe binoculaire. Les invertébrés sont déterminés au niveau le plus fin permis par l'ouvrage de Tachet et al. (2000), à l'exception des macrocrustacés, gastéropodes et insectes (autres que diptères et 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. Au total, 375 échantillons élémentaires sont analysés dans le présent rapport.

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

Des analyses factorielles des correspondances ont été utilisées pour décrire les similarités faunistiques entre sites et les changements temporels de la composition des assemblages. Une classification hiérarchique des sites par la méthode de Ward a été réalisée à partir du coefficient de dissimilarité de Jaccard sur les données d'abondance afin d'obtenir une typologie des sites sur la base de leurs assemblages d'invertébrés (Legendre & Legendre, 2012). Les taxons contribuant le plus à cette typologie (taxons indicateurs) ont été sélectionnés par le calcul et le test de la significativité de leur valeur indicatrice pour les groupes typologiques, selon De Cáceres & Legendre (2009) et De Cáceres et al. (2010, 2012).

Plusieurs métriques ont été utilisées pour décrire la diversité des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes.

(1) une mesure de la diversité taxonomique: la richesse dite "raréfiée". C'est le nombre moyen 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) l'abondance totale des invertébrés. Elle est exprimée en nombre d'individus par unité de surface des échantillons élémentaires (0.25m<sup>2</sup>).

(3) la richesse totale de l'assemblage d'invertébrés. C'est le nombre de taxons pour l'unité d'échantillonnage considérée.

(4) 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.

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

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

(6) le nombre d'espèces exogènes par site (richesse spécifique)

(7) la proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien calculée par rapport à l'abondance totale dans les relevés.

(8) la densité moyenne (en nombre d'individus / 0.25m<sup>2</sup>) des espèces exogènes par site

L'intervalle interquartile (Q25-Q75) de ces métriques a été utilisé comme seuil afin de caractériser les valeurs obtenues comme « faibles » (< Q25), « moyennes » (comprises entre Q25 et Q75) et « fortes » (> Q75).

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

Tableau 7.1 – Dates d'échantillonnage faunistique de 23 stations appartenant à 14 lônes dans les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon de 2009 à 2016.

Lônes	Sites	Codes	2009 juin	2009 sept.	2011 juin	2011 août	2013 juill.	2013 sept.	2014 juin	2014 août	2015 juin	2015 sept.	2016 juin	2016 sept.
<b>Banc Rouge</b>	-	BARO	-	-	-	-	-	-	11.06	28.08	01.06	09.09	01.06	01.09
<b>Bayard</b>	aval	BAYAav	04.06	10.09	09.06	25.08	09.07	27.09	-	-	-	-	-	-
<b>Caderousse</b>	-	CADE	04.06	10.09	09.06	25.08	09.07	27.09	-	-	-	-	-	-
<b>Carré</b>	amont	CARRam	02.06	09.09	-	-	-	-	12.06	27.08	-	-	-	-
	aval	CARRav	02.06	09.09	-	-	-	-	12.06	27.08	-	-	-	-
<b>Dames</b>	-	DAME	-	-	-	-	-	-	11.06	A SEC	09.06	A SEC	08.06	A SEC
<b>Désirade</b>	amont	DESIam	-	-	-	-	-	-	12.06	28.08	10.06	09.09	07.06	15.09
	aval	DESIav	-	-	-	-	-	-	12.06	28.08	10.06	09.09	07.06	15.09
<b>Dion</b>	amont	DIONam	-	-	-	-	-	-	11.06	28.08	11.06	09.09	07.06	crue
	aval	DIONav	-	-	-	-	-	-	11.06	28.08	11.06	09.09	07.06	16.09
<b>Grange Ecrasée</b>	amont	GRECam	02.06	A SEC	08.06	A SEC	11.07	A SEC	-	-	-	-	-	-
	centre	GRECct	02.06	08.09	08.06	24.08	11.07	25.09	-	-	-	-	-	-
	aval	GRECav	02.06	08.09	08.06	24.08	11.07	25.09	-	-	-	-	-	-
<b>Jons</b>	amont	JONCam	03.06	08.09	08.06	24.08	09.07	25.09	-	-	-	-	-	-
<b>Lascombe</b>	-	LASC	-	-	-	-	09.07	A SEC	11.06	A SEC	-	-	08.06	A SEC
<b>Malatras</b>	amont	MALAam	03.06	09.09	-	-	10.07	26.09	12.06	27.08	-	-	-	-
	aval	MALAav	03.06	09.09	-	-	10.07	26.09	12.06	27.08	-	-	-	-
<b>Malaubert</b>	amont	(=la MALUam	04.06	10.09	09.06	25.08	09.07	26.09	-	-	-	-	-	-
	centre	Surelle) MALUct	04.06	10.09	09.06	25.08	09.07	26.09	-	-	-	-	-	-
<b>République</b>	amont	REPUam	03.06	08.09	08.06	24.08	10.07	26.09	-	-	-	-	-	-
	aval	REPUav	03.06	08.09	08.06	24.08	10.07	26.09	-	-	-	-	-	-
<b>Roussette</b>	amont	ROUSam	05.06	A SEC	A SEC	A SEC	-	-	13.06	27.08	11.06	17.09	-	-
	aval	ROUSav	05.06	11.09	09.06	25.08	-	-	13.06	27.08	11.06	17.09	-	-

### 7.3 Ordination et typologie faunistique des sites.

#### 7.3.1 Fluctuations interannuelles.

Les fluctuations interannuelles de composition taxonomiques peuvent être considérées comme négligeables en comparaisons des différences entre sites ou entre lômes. Mesuré sur les sites BAYAav, CADE, GRECct et av, JONCam, MALUam et ct, REPUav et av, qui ont été échantillonnés aux mêmes dates entre 2009 et 2013, l'effet saisonnier ne représente que 2.3% de la variabilité totale de la composition taxonomique entre échantillons. Pour les sites BARO, DESI am et av et DIONam et av échantillonnés aux mêmes dates de 2014 à 2016, ce même effet ne représente que 3.3%. Cette stabilité interannuelle des assemblages faunistiques sur la période d'étude est visible graphiquement en Annexe 7.2 où est représentée l'ordination de la moyenne annuelle des 23 sites étudiés (68 sites x années). Le résultat de cette ordination est fragmenté par lôme. Il fait apparaître la grande ressemblance des résultats annuels d'un même site et la prédominance d'une différenciation spatiale entre lômes. La seule exception notable à ce principe est la distinction entre les états pré- et post-restauration de la station amont de la lôme de la Roussette, restaurée en 2013.

Compte tenu de ce faible effet interannuel, la typologie a été constituée à partir de la composition faunistique moyenne de chaque site obtenue sur l'ensemble des dates d'échantillonnage disponibles.

#### 7.3.2 Typologie des 23 sites.

L'ordination des sites (Figure 7.1) montre la distinction principale des sites courants alimentés par la Berre et les eaux non fluviales drainées en rive gauche du RCC (**lômes Dion et Malaubert**). Les trois sites DIONam et av et MALUct forment un groupe typologique bien distinct (**groupe GR1**), caractérisé par un riche cortège de taxons indicateurs très rhéophiles (Tableau 2). Les plus abondants d'entre eux sont l'éphéméroptère *Baetis sp.*, le gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les trichoptères *Hydropsyche sp.* et *Psychomyia pusilla* et les deux espèces invasives *Dikerogammarus villosus* (crustacé amphipode) et *Hypania invalida* (annélide polychète). Parmi les espèces indicatrices de ce groupe figure également l'hétéroptère aquatique *Aphelocheirus aestivalis*, jamais répertorié dans les lômes du Haut-Rhône et qui est considéré par plusieurs auteurs comme vulnérable dans plusieurs régions européennes (Jedicke, 1997; Papacek, 2012).

Les autres sites sont très regroupés sur l'axe horizontal de la Figure 1 et s'opposent au groupe GR1 précédemment défini, par des espèces indicatrices très lénitophiles

(l'éphéméroptère *Cloeon dipterum*, l'odonate *Lestes viridis*, le crustacé isopode *Asellus aquaticus*). La classification des sites restants conduit à la caractérisation de 4 groupes qui s'enchainent en gradient le long de l'axe vertical de l'ordination. Ils possèdent plusieurs taxons indicateurs communs (Tableau 7.2).

**Le groupe GR2** comprend des plans d'eau globalement stagnants, de taille importante qui peuvent être connectés avec le Rhône à l'aval (même si cette connexion est réduite, **aval de la Grange Ecrasée et de la Désirade**), ou alimentés par des affluents et drains provenant de l'extérieur (rive gauche) de la zone alluviale (**Bayard, Caderousse, Joncs**). Plusieurs taxons indicateurs sont communs avec le Groupe 1 et dénotent des mouvements d'eau ou la connexion avec le Rhône sans caractère lotique marqué (la Planaire *Girardia tigrina*, le gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*).

**Le groupe GR3** possède une composition taxonomique moyenne extrêmement proche du groupe précédent GR2 (superposition des ellipses sur la Figure 1), mais dans une version appauvrie, en particulier avec un déficit des taxons indicateurs communs avec le Groupe 1 (*G. tigrina*, *P. antipodarum*), ou commun avec l'ensemble des autres sites (le bivalve *Pisidium sp.*, le coléoptère *Haliphus sp.*, l'hirudinée Glossiphoniidae). Ce groupe GR3 est essentiellement constitué des deux **lônes de Malatras et de la République**. Le site DESIam (**amont de la Désirade**) y est adjoint mais il présente de nombreux points communs avec le groupe GR2 (voir aussi l'examen des métriques dans la suite du texte).

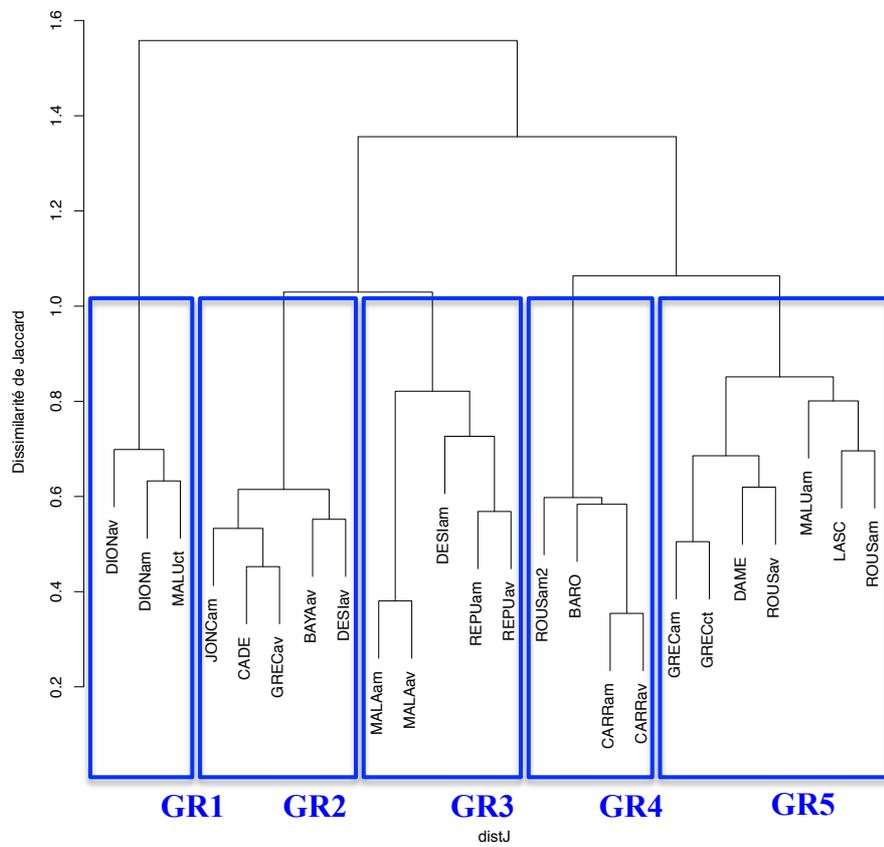
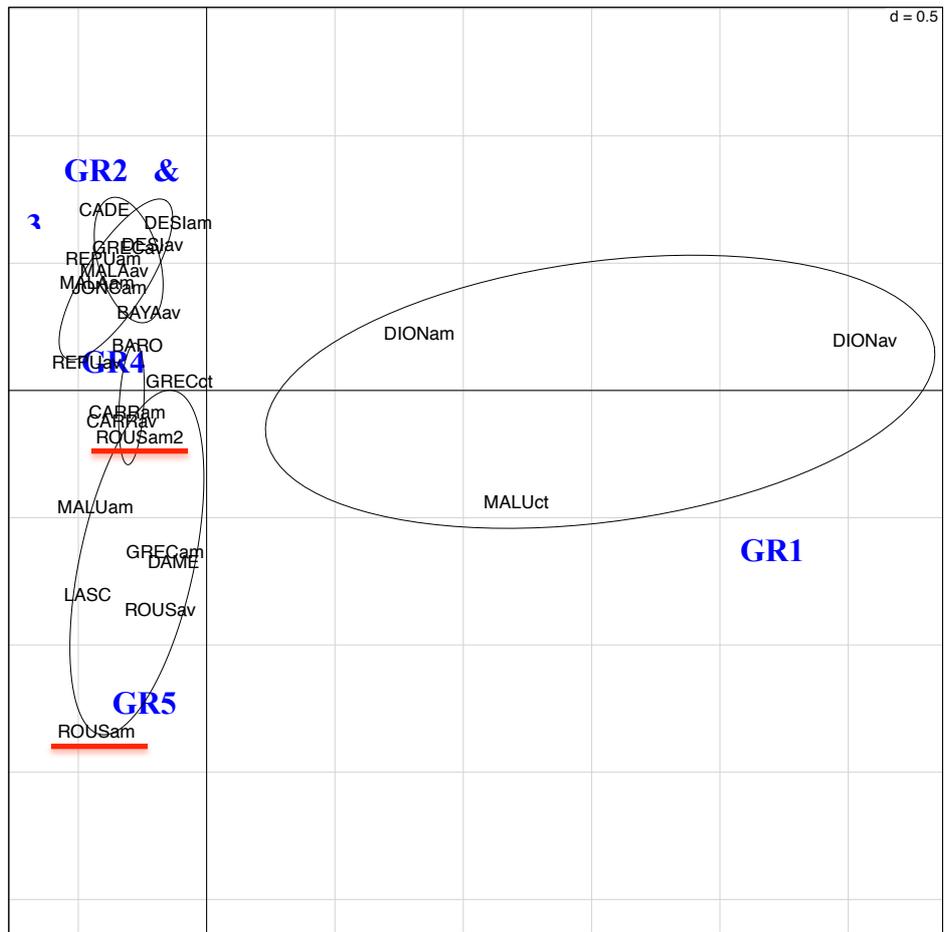


Figure 7.1 (page précédente) – En haut : ordination de 23 sites appartenant à 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère, basée sur la dissimilarité de leurs assemblages d'invertébrés aquatiques (Analyse Factorielle des Correspondances sur les données d'abondances  $\log_e$ -transformées de 191 taxons). L'axe horizontal exprime 23% de l'information totale, l'axe vertical 12%. Chaque site correspond à la moyenne de 9 à 18 échantillons élémentaires de 0.25m<sup>2</sup> prélevés sur plusieurs années (voir tableau 1). ROUSam (pré-restauration) et ROUSav comportent respectivement 3 et 24 échantillons élémentaires. ROUSam2 correspond à l'état post-restauration de la station ROUSam. Des ellipses permettent de visualiser les cinq groupes de sites (GR1 à GR5) obtenus à partir d'une classification hiérarchique par la méthode de Ward et le calcul de l'indice de dissimilarité de Jaccard sur les mêmes données (en bas).

**Le groupe GR4** rassemble les lônes du Banc Rouge et du Carré, ainsi que la station amont de la lône de Roussette après sa restauration. Les taxons indicateurs dénotent un caractère stagnant très marqué (diptères Chaoboridae, hétéroptère *Nepa sp.*, fortes abondances de l'éphéméroptère *Cloeon dipterum* et du gastéropode *Bithynia tentaculata*).

Enfin, **le groupe GR5** comprend des plans d'eau de petite taille ou de faible profondeur (**Malaubert amont** (= **la Surelle**), **Roussette aval**, **Grange Ecrasée centre**) dont certains ont été observés à sec à plusieurs occasions lors du suivi (**Dames**, **Grange Ecrasée amont**, **Lascombe**, **Roussette amont avant restauration**). Le taxon indicateur est l'hétéroptère *Notonecta sp.* Les densités des diptères Chaoboridae, du crustacé isopode *Asellus aquaticus* et de l'odonate *Lestes viridis* sont élevées. Cette dernière espèce, dont la femelle pond dans les tiges de saules à proximité des plans d'eau, est caractéristique des milieux temporaires ou en voie d'atterrissement (Fischer, 1961; Castella, 1987).

Tableau 7.2 – Taxons indicateurs des 5 groupes de sites définis par la classification des données d’abondances faunistiques (Figure 1). Les zones grisées correspondent aux groupes de sites pour lesquels les taxons ont une valeur indicatrice significative. Les valeurs numériques sont des abondances moyennes pour 0.25m<sup>2</sup> calculées sur la base de 9 à 18 échantillons élémentaires prélevés sur plusieurs années (voir tableau 1). ROUSam (pré-restauration) et ROUSav comportent respectivement 3 et 24 échantillons élémentaires. ROUSam2 correspond à l’état post-restauration de la station ROUSam. Les taxons indicateurs ont été retenus sur la base de la significativité de leur valeur indicatrice (p<0.01) calculée selon De Cáceres et Legendre (2009). Les taxons identifiés par ‡ sont exogènes pour le bassin du Rhône.

	GR1			GR2				GR3					GR4				GR5								
	DIONam	DIONav	MALUct	BAYAav	CADE	DESIav	GRECav	JONCam	DESIam	MALAam	MALAAv	REPUam	REPUav	BARO	CARRam	CARRav	ROUSam2	DAME	GRECam	GRECct	LASC	MALUam	ROUSam	ROUSav	
<b>Amphipoda</b> <i>Dikerogammarus villosus</i> ‡	40.2	58.8	0.9			1.3	0.1		0.4					0.1		0.2			2.7	6.7					
<b>Coleoptera</b> <i>Esolus</i> sp	0.1	0.8	3.8						0.1			0.1		0.1					0.3	0.4					0.1
<b>Coleoptera</b> <i>Stenelmis</i> sp	0.1	5	-																	0.1					
<b>Diptera</b> <i>Athericidae</i>	2.9	0.3	2.1																						
<b>Diptera</b> <i>Simuliidae</i>	8.4	5.8	3.7	0.2	0.1	0.6	0.1		0.9		0.4			0.2											
<b>Ephemeroptera</b> <i>Baetis</i> sp	3.1	23	13.8		0.1					0.1	0.1				0.2										0.1
<b>Ephemeroptera</b> <i>Serratella ignita</i>	0.3	0.1	1.9																						
<b>Gasteropoda</b> <i>Ancylus fluviatilis</i>	0.6	56.4	11.8	0.1																					0.1
<b>Heteroptera</b> <i>Aphelocheirus aestivalis</i>	0.1	7.2	8.2																						
<b>Odonata</b> <i>Calopteryx splendens</i>	6.9	0.4	0.9															0.1							
<b>Polychaeta</b> <i>Hypania invalida</i> ‡	1.7	9.7	10.7	0.1		0.1	0.1													0.1		0.1			
<b>Trichoptera</b> <i>Goera pilosa</i>	0.1	0.7	0.3																						
<b>Trichoptera</b> <i>Hydropsyche</i> sp	0.4	124.6	1.2						0.2																
<b>Trichoptera</b> <i>Hydroptila</i> sp	8.4	5.8	3.7	0.2	0.1	0.6	0.1		0.9		0.4			0.2											
<b>Trichoptera</b> <i>Psychomyia pusilla</i>	0.6	43.2	18.6																						
<b>Turbellaria</b> <i>Girardia tigrina</i> ‡	2.4	9.2	1.1	2.3	5.8	2.6	1.4	0.6	0.2			1.8							0.3	0.2		0.1			
<b>Gasteropoda</b> <i>Potamopyrgus antipodarum</i> ‡	49.1	102.2	379.5	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.7					0.9	1.4	0.7	0.4		9.9	4.4					0.3
<b>Bivalvia</b> <i>Pisidium</i> sp	6.1	0.1	24.2	1.8	0.2	3.7	1.7	0.1	0.1					0.9	1.8	1.2	2		3.9	2.6	1.9	-	94.3	0.3	83.7
<b>Coleoptera</b> <i>Halipilus</i> sp	0.1	-	3	1.3	0.1	-	0.1	0.4						0.3	0.1	0.2	0.3		3.2	0.4	1	1.3	0.7	0.3	22.5
<b>Hirudinea</b> <i>Glossiphoniidae</i>	0.1	-	1.7	0.5	0.7	0.6	1.4	3.3	0.1					1.7	0.3	0.7	2.5		-	0.3	0.3	0.4	7.2	9.7	0.8
<b>Odonata</b> <i>Ischnura elegans</i>	0.3			1.4	2.1	2.8	2.1	2.1	1.7	1.4	2.2	0.6	0.6	1.1	1	0.8	1.7				0.8				0.2
<b>Odonata</b> <i>Erythromma viridulum</i>				0.6	5.4	1.9	13.4	3.9	2.1	-	0.1	7.5	0.4	0.3	0.3	1.1	1.8			0.7	1.3				
<b>Ephemeroptera</b> <i>Cloëon dipterum</i>	2.3		0.1	15.8	14.6	3	19.1	13.1	2.8	17.8	34.4	33.1	12.9	9.4	66.8	139.3	27.4		589	15.4	31.5	6.1	15.9	8	42.8
<b>Isopoda</b> <i>Asellus aquaticus</i>	0.1		0.2	172	71.1	3.5	17.7	26.2	1.7	11.8	0.9	0.1	1.2	4	3.5	4.9	2		117.1	134.2	41.4	122.6	4.6	166.3	105
<b>Odonata</b> <i>Lestes viridis</i>				0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.6	0.2	-	0.1	0.1	0.6	0.6	0.3		5.7	8.6	2.2	1.1	1.8	12.3	5.2
<b>Gasteropoda</b> <i>Bithynia tentaculata</i>			0.1	6.2	11.5	1	5.3	3						15.4	12.2	6.3	10.3		0.1	11.8	5.9	-	0.4	-	8.1
<b>Diptera</b> <i>Chaoboridae</i>						0.1		0.4		0.1		0.2	0.1	0.2	0.3	1.1	1.2		1.1	234.4	0.3	139.7	3.6	10.7	-
<b>Heteroptera</b> <i>Nepa</i> sp														-	0.2	0.2	0.1		1.4	2.6	0.6	0.6	0.1	1.3	-
<b>Heteroptera</b> <i>Notonecta</i> sp					0.1								0.1		0.1		0.1		1	0.3	0.3	1.1	0.1	0.3	-

#### 7.4 Métriques de richesse, de diversité et d'abondance

Si **les abondances** mesurées sont peu discriminantes entre groupes de sites (Figure 7.2 en bas), **la diversité** de l'assemblage d'invertébrés, mesurée par la richesse raréfiée (nombre de taxon pour 150 individus) montre les groupes GR1 et surtout GR2 comme les plus diversifiés de l'ensemble étudié (Figure 7.2 en haut). En particulier, les lônes des Jones et de Caderousse, probablement peu atteintes par les crues du Rhône et alimentées par des affluents extérieurs à la zone alluviale, montrent des valeurs de diversité élevées lors des trois années de suivi, systématiquement supérieures à 18.5 taxons pour 150 individus (Q75 de cette métrique). A l'opposé, le groupe GR3 (Malatras et la République) montre des diversités systématiquement basses, proches ou inférieures à 12.6 taxons pour 150 individus (Q25 de cette métrique). Les deux autres groupes (GR4, GR5) montrent des diversités très variables, en particulier chez les sites temporaires où la diversité peut varier considérablement entre années (GRECam). La lône Lascombe, probablement la plus temporaire des sites étudiés, montre systématiquement les valeurs les plus basses (moins de 8.6 taxons pour 150 individus).

**Les métriques de richesse taxonomique** (Figure 7.3) montrent également des réponses caractéristiques entre groupes de sites. Les groupes GR1 et GR2 montrent les valeurs de richesse totale et de richesse en insectes EPT les plus élevées et, dans la majorité des cas, supérieures à la médiane de ces métriques. Dans la lône Dion, 5 des 6 valeurs de richesse en EPT sont supérieures à Q75 (8 taxons). En GR2, les richesses en gastéropodes sont également élevées (en particulier à la lône des Jones où les trois années montrent des valeurs supérieures à Q75 = 8 taxons). A l'opposé, les groupes GR3 et GR4 montrent des richesses moyennes à faibles. En GR5, les richesses en insectes EPT sont dans la très grande majorité, inférieures ou égales à la médiane (5 taxons). Les richesses totale et en gastéropodes sont très variables mais peuvent atteindre des valeurs parmi les plus élevées (richesse totale au centre de la Grange Ecrasée comprise entre 48 et 60 taxons, richesse en gastéropodes de l'aval de la Roussette comprise entre 8 et 11 taxons).

**Les métriques décrivant la prévalence des espèces exogènes** (Figure 7.4) font apparaître les groupes GR3 et GR4 comme ayant également des valeurs moyennes (GR4) à faibles (GR3). En particulier, dans le groupe GR3 (à l'exception de l'amont de la Désirade), les richesses et proportions d'exogènes sont toutes inférieures à la médiane. La prévalence des espèces exogènes augmente dans les sites courants (GR1, avec des proportions et densités

d'exogènes très élevées dans les portions les plus courantes du système Malaubert - Dion), ou proches d'une connexion avec le Rhône (GR2, richesses élevées à l'aval de la Désirade et de la Grange Ecrasée). Elle augmente également dans les sites les plus permanents du groupe GR5 (richesse en exogènes maximale au centre de la Grange Ecrasée avec 12 espèces en 2013, proportions et densités systématiquement supérieures à Q75 à l'aval de la Roussette du fait d'effectifs très élevés de l'amphipode *Gammarus roeselii*).

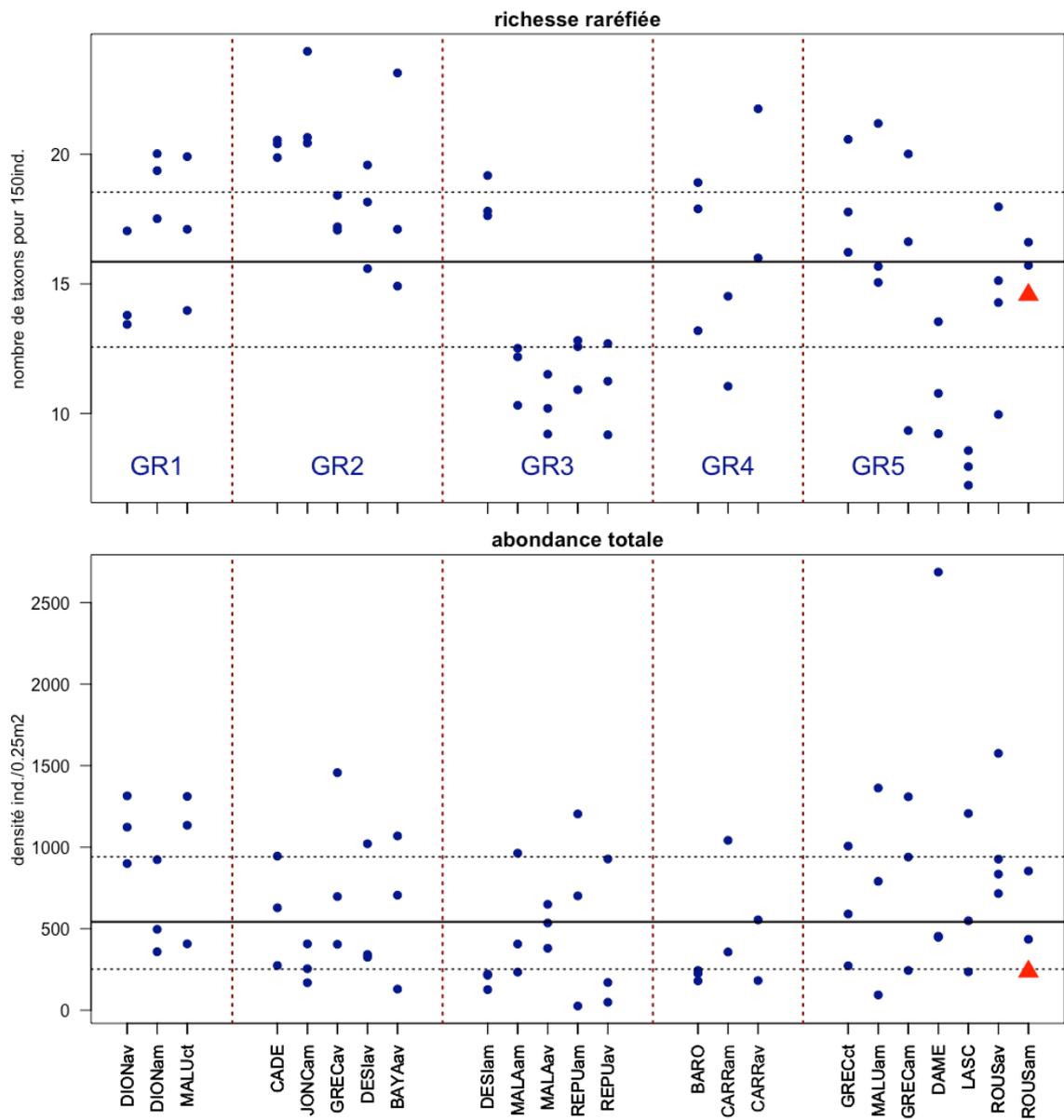


Figure 7.2 – Métriques de diversité (richesse taxonomique pour 150 individus) et d'abondance (nombre d'individus moyen pour  $0.25m^2$ ) pour 23 sites appartenant à 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère. Chaque point bleu correspond à une année d'étude (voir tableau 1) et regroupe de 3 à 6 échantillons élémentaires. Le triangle rouge correspond à l'état pré-restauration de la station ROUSam. Les lignes horizontales pleine et pointillées correspondent à la médiane (Q50) encadrée par l'intervalle interquartile (Q75-Q25) de la métrique considérée pour l'ensemble des sites et années.

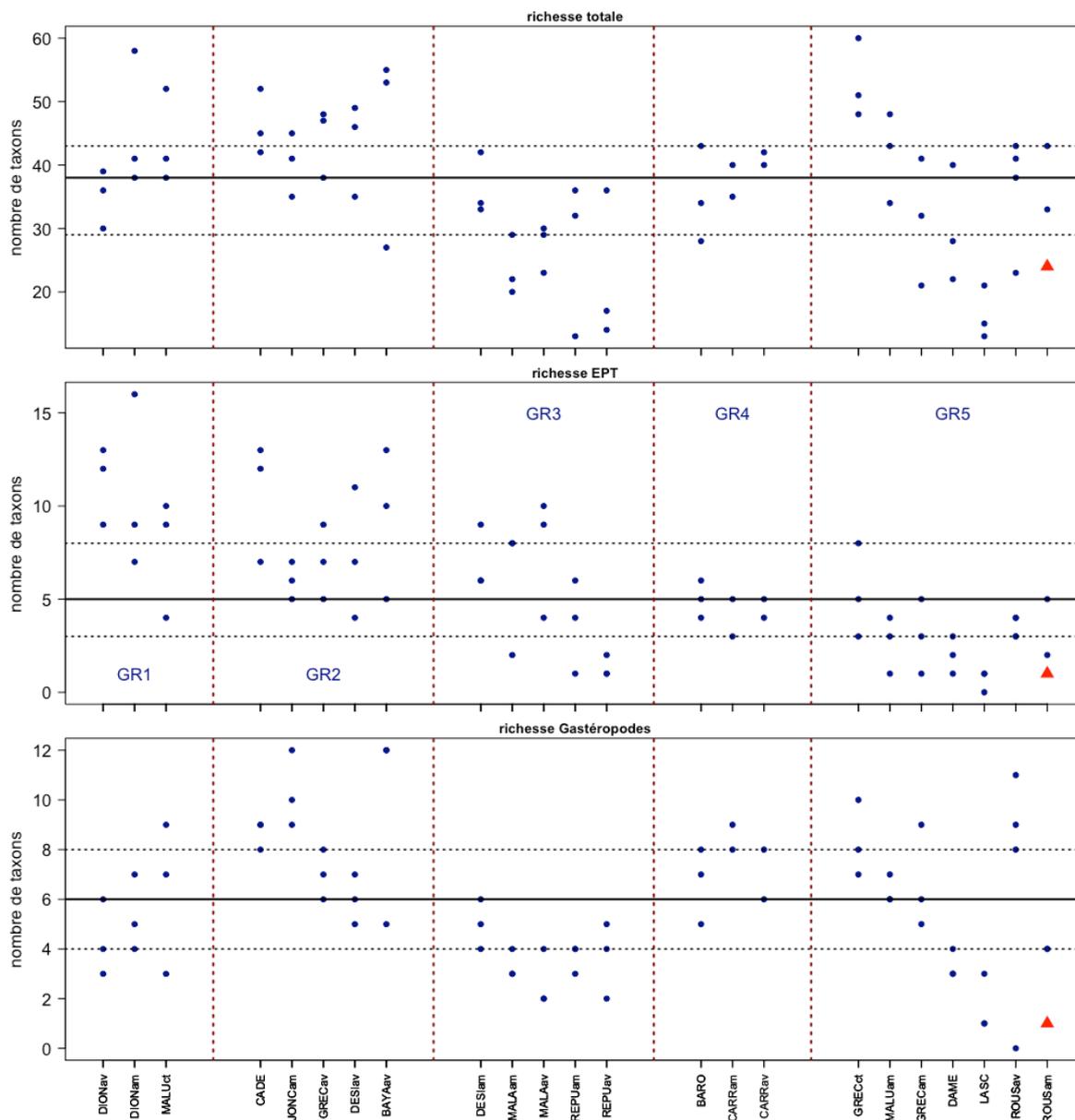


Figure 7.3 – Métriques de richesse (nombre total de taxons, nombres de taxons appartenant aux insectes EPT – Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et aux mollusques Gastéropodes) pour 23 sites appartenant à 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère. Chaque point bleu correspond à une année d'étude (voir tableau 1) et regroupe de 3 à 6 échantillons élémentaires. Le triangle rouge correspond à l'état pré-restauration de la station ROUSam. Les lignes horizontales pleine et pointillées correspondent à la médiane (Q50) encadrée par l'intervalle interquartile (Q75-Q25) de la métrique considérée pour l'ensemble des sites et années.

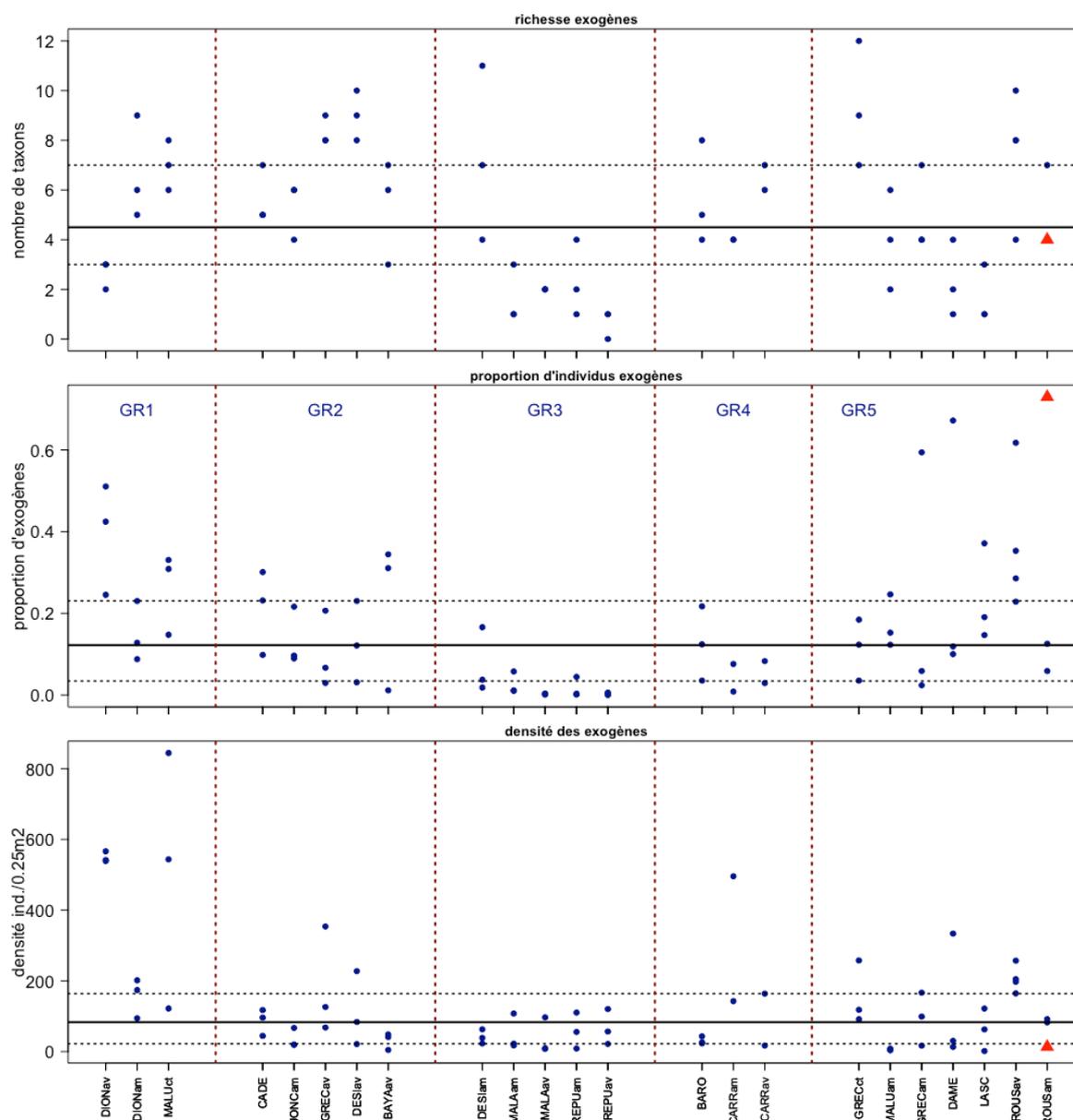


Figure 7.4 – Métriques relatives aux espèces exogènes (nombre d'espèces exogènes, proportion d'individus exogènes dans la communauté, densité moyenne d'individus exogènes pour  $0.25m^2$ ) pour 23 sites appartenant à 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère. Chaque point bleu correspond à une année d'étude (voir tableau 1) et regroupe de 3 à 6 échantillons élémentaires. Le triangle rouge correspond à l'état pré-restauration de la station ROUSam. Les lignes horizontales pleine et pointillées correspondent à la médiane (Q50) encadrée par l'intervalle interquartile (Q75-Q25) de la métrique considérée pour l'ensemble des sites et années.

## 7.5 Suivi de la restauration de la lône de la Roussette (2009 – 2015).

Avant sa restauration (juin 2009), le site amont de la lône de la Roussette est temporaire et la ripisylve y assure une couverture arborescente totale. L'assemblage d'invertébrés est pauvre (24 taxons en 2009), avec en particulier un seul taxon d'insecte EPT et un seul de gastéropode (Figures 7.2 et 7.3). On y relève la présence caractéristique du crustacé amphipode exogène

*Crangonyx pseudogracilis* qui représente près de 70% de l'abondance échantillonnée (Figure 4, proportion d'exogènes) et qui semble tolérer des conditions d'assèchement, probablement en utilisant le milieu souterrain interstitiel.

Après restauration (2014 et 2015), l'ensemble des métriques d'abondance, de diversité et de richesse taxonomique augmentent par rapport à 2009 (Figures 2 et 3). En particulier, la richesse totale passe à l'intérieur de l'intervalle interquartile (43 taxons en 2014, 33 en 2015), de même que la richesse en EPT en 2014 (5 taxons). La prévalence des espèces exogènes après restauration demeure dans l'intervalle interquartile pour les trois métriques, notamment la proportion des individus exogènes, en lien avec la disparition de *Crangonyx pseudogracilis* (Figure 7.4). En terme de composition taxonomique, le site passe du groupe typologique GR5 (temporaire) avant restauration au groupe GR4 (Figure 7.1, Tableau 7.1). La densité totale des invertébrés augmente également (2009: 238, 2014: 854, 2015: 435 individus/0.25m<sup>2</sup> en valeurs moyennes).

Toutefois, il est notable que qu'entre 2014 et 2015 certaines métriques de richesse et d'abondance diminuent, en particulier la richesse totale (43 à 33 taxons), la richesse en EPT (5 à 2 taxons) et la densité (854 à 435 individus/0.25m<sup>2</sup>). Il est très probable que cet effet soit dû à la crue du printemps 2015 qui a déposé une quantité massive de sédiments fins dans le site restauré qui a fonctionné comme décanteur, perturbant ainsi le développement des hydrophytes et des invertébrés et colmatant les interstices du substrat.

## 7.6 Synthèse et perspectives.

Le Tableau 7.3 propose **une synthèse de l'état faunistique des lônes étudiées** à Donzère-Mondragon et Montélimar de 2009 à 2016. L'évaluation faite ici est relative à cet ensemble de lônes. Les groupes typologiques 1 à 5 proposés dans cette analyse correspondent à un gradient classique des milieux lotiques (GR1) vers les milieux stagnants (GR 2 à 4) et temporaires (GR5). Dans lequel apparaissent des caractéristiques peu prises en compte ou moins présentes sur le Haut-Rhône (alimentation des lônes par des affluents provenant de l'extérieur du système alluvial, milieux temporaires).

Une comparaison globale avec les lônes du Haut-Rhône (secteurs de Belley et Brégnier-Cordon) indique que les niveaux de richesse taxonomique ne sont pas significativement différents, ce qui avait été montré dans Castella *et al.* (2011) à partir des premières années

d'étude des lônes du Bas-Rhône. Cependant quelques traits marquants caractérisent les sites étudiés ici en comparaison avec ceux du Haut-Rhône:

- Deux **taxons emblématiques des milieux fluviaux lotiques** du Haut-Rhône font totalement défaut:

- *Potamanthus luteus* (insectes éphéméroptères), très fréquent dans le Haut-Rhône Rhône et ses annexes lotiques, c'est une espèce typique des grandes rivières de piémont et de plaine. Elle tend à disparaître des fleuves aux abords des zones urbaines et est listée comme potentiellement menacée en Suisse (Lubini *et al.*, 2012) et comme fortement menacée au Baden-Württemberg (Jedike 1997),

- *Theodoxus fluviatilis* (mollusque gastéropode), une espèce d'eau courante exigeante vis-à-vis de la qualité du périlithon (Neumann, 1961) et donc potentiellement sensible au colmatage du sédiment par les matières en suspension, elle est considérée comme proche de l'extinction en Suisse (Turner *et al.*, 1998) et au Baden-Württemberg (Colling *et al.*, 2008).

- En ce qui concerne les anciens chenaux déconnectés du fleuve et riches en végétation aquatique, le mollusque gastéropode *Anisus vorticulus* n'a jamais été trouvé dans les lônes étudiées sur le Bas-Rhône, malgré la présence de sites en apparence compatibles avec ses exigences (Grange Ecrasée, République) et la mention de l'espèce plus au Sud en Camargue (Girardi, 2009). C'est une espèce emblématique du secteur de Brégnier-Cordon (Castella *et al.*, 2005) où elle occupe essentiellement des habitats stagnants à végétation aquatique diversifiée qui peuvent encore être connectés au Rhône lors des hautes eaux, mais sans subir de crues décapantes. Elle est listée en Annexes II et IV de la Directive Habitats de l'Union Européenne.

- Concernant **la prévalence des espèces exogènes**, les lônes étudiées ici montrent en valeur médiane de 4 à 5 espèces par site et par année et environ 10% de l'abondance totale "occupée" par les exogènes, alors que pour les lônes du Haut-Rhône avant restauration, ces métriques étaient environ de moitié plus basses (2 espèces et moins de 5% de l'abondance par site).

L'intégration dans la présente étude des données disponibles concernant le **suivi de la lône de la Roussette** restaurée en 2012-13 dans le secteur de Montélimar montre un effet immédiatement positif (situation 2014) du point de vue de l'enrichissement des communautés,

suivi de l'interférence négative d'une crue ayant entraîné un colmatage marqué par les sédiments fins. La question de l'auto-entretien et de la pérennité de ce site "décanteur" est clairement posée.

Les ensembles de **lônes dont la restauration est en cours** au moment de la production de ce rapport (Grange Ecrasée et Dames, complexe Lascombe - Surelle - Malaubert - Dion, Banc Rouge et Désirade) appartiennent à tous les groupes typologiques définis dans ce rapport. Comme sur le Haut-Rhône, les actions de restauration s'adressent donc à Donzère-Mondragon à un ensemble de lônes diversifiées dans leur état initial. Le suivi des trajectoires post-restauration de ces systèmes et de leur diversité biologique est un enjeu pertinent compte tenu des spécificités du secteur de Donzère-Mondragon : forte prévalence des espèces exogènes, transition de systèmes largement dominés par des apports hydrologiques non-fluviaux vers une influence plus marquée du Rhône court-circuité.

Tableau 7.3 – Synthèse, sous la forme d'une typologie en 5 groupes, des principales caractéristiques de 14 lônes des secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon, étudiées de 2009 à 2016.

Typologie faunistique	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
<b>Lônes</b>	- Dion - Malaubert	- Bayard - Caderousse - Joncs - Désirade - Grange Ecrasée aval	- Malatras - République	- Banc Rouge - Carré - Roussette amont restaurée	- Dames - Grange Ecrasée amont - Lascombe - Malaubert amont (Surelle) - Roussette
<b>Caractérisation des milieux</b>	Chenaux latéraux lotiques alimentés par des affluents.	Plans d'eau de grande taille, renouvellement des eaux par des affluents ou une connexion avec le Rhône.	Plans d'eau stagnants de taille moyenne non alimentés par des affluents. Influence des crues par des décapages (République) ou des dépôts fins (Banc Rouge, Roussette). Problèmes plausibles de forte désoxygénation estivale (groupe 3).		Plans d'eau de petite taille en voie d'atterrissement. Certains sont temporaires.
<b>Caractérisation faunistique</b>	Riche cortège de taxons rhéophiles. Présence notable d' <i>Aphelocheirus aestivalis</i> .	Cortège typique de milieux stagnants sans singularité marquée ( <i>Bithynia tentaculata</i> , <i>Cloen dipterum</i> , <i>Asellus aquaticus</i> ), très appauvri dans le groupe 3 et dans une mesure moindre dans les milieux temporaires (groupe 5) où des taxons caractéristiques ( <i>Lestes viridis</i> ) sont bien représentés.			
<b>Métriques de richesse et de diversité</b>	- Diversité moyenne à forte - Richesses totales moyennes à fortes, en EPT élevées.	- Diversité moyenne à forte - Toutes les richesses moyennes à fortes.	- Diversité faible - Richesses totales et en gastéropodes moyennes à faibles.	- Valeurs moyennes	- Richesses en EPT moyennes à faibles.
<b>Espèces exogènes</b>	- Valeurs moyennes à fortes.	- Valeurs moyennes à fortes.	- Valeurs moyennes à faibles.	- Valeurs moyennes	- Variables
<b>Sites remarquables</b>	- DION (richesse en EPT élevée)	- CADE et JONC (diversité élevée) - JONC (richesse en gastéropodes élevée)			- GREC amont (richesse totale élevée) - ROUS aval (richesse en gastéropodes élevée)

## 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 23/08 et le 12/10/2016 (Tableau 8.1).

En raison de l'étiage sévère et prolongé en automne 2016, la Lône de la Sainte n'a pas pu être échantillonnée en 2016, l'entrée étant déconnectée quasiment en permanence.

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

Secteur	Lômes	Dates	Nb Points
Chautagne	Brotalet	23/08/16	25
Belley	Lôme Moiroud	15/09/16	25
	Anse de Yenne	15/09/16	25
Brégnier-Cordon	Lôme Vachon	07/09/16	25
	Lôme des cerisiers	07/09/16	25
	Lôme des Molottes	30/08/16	25
	Lôme Mattant	08/09/16	25
	Lôme du Ponton	24/08/16	25
Péage-de-Roussillon	Lôme de la Platière	10/10/16	30
	Lôme Noyé nord	12/10/16	15
	Lôme Noyé Sud	12/10/16	10
	Ilon	10/10/16	10
	Lôme de la Boussarde	10/10/16	25
	Lôme de la Sainte		
Donzère	Lôme Malaubert	21/09/16	50
	Lôme Grange écrasée	21/09/16	25
	Lôme de Dion	23/09/16	50
	Lôme du Banc Rouge	22/09/16	25
	Lôme de La Désirade	22/09/16	50

**Seuls les résultats bruts des pêches seront présentés ici.**

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

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

Les résultats des pêches (Tableau 8.2) montrent que les effectifs capturés en 2016 sont très faibles l'exception de ceux dans la Lôme des Molottes et varient de 62 (lôme Vachon) à 1292 (lôme des Molottes).

Tableau 8.2 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2016. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces/Lômes	Brotalet	Anse de Yenne	Lôme Moiroud	Lôme des cerisiers	Lôme des Molottes	Lôme Mattant	Lôme Vachon	Lôme du Ponton	Total
ABL	0	0	0	0	22	10	0	0	32
BAF	1	4	0	7	0	24	7	2	45
BLE	0	0	0	1	0	4	1	0	6
BLN	0	0	0	0	0	2	0	0	2
BOU	0	0	39	0	532	0	0	27	598
BRB	1	0	0	1	12	0	0	17	31
BRE	5	0	0	0	24	0	0	3	32
BRO	1	0	0	0	2	0	0	0	3
CGO	0	0	0	0	0	0	0	1	1
CHA	0	0	0	2	0	7	2	0	11
CHE	20	29	18	30	181	24	30	63	395
EPI	0	0	54	1	0	0	1	3	59
GAR	3	3	3	0	4	2	0	1	16
GOU	54	8	0	9	32	22	9	7	141
GRE	0	0	0	0	0	2	0	0	2
HOT	0	0	2	1	0	1	1	0	5
LOF	0	7	0	0	0	23	0	0	30
LPP	0	0	0	0	0	1	0	0	1
PCH	0	0	2	0	45	0	0	0	47
PER	1	0	2	3	5	0	3	3	17
PES	1	0	1	4	97	0	4	17	124
PSR	0	0	2	0	291	0	0	45	338
ROT	1	0	4	0	10	0	0	1	16
SIL	0	0	0	0	0	1	0	0	1
SPI	0	9	0	0	0	1	0	0	10
TAN	0	7	2	0	35	0	0	79	123
VAI	2	24	0	4	0	1	4	0	35
VAN	0	3	7	0	0	0	0	3	13
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>94</b>	<b>136</b>	<b>63</b>	<b>1292</b>	<b>125</b>	<b>62</b>	<b>272</b>	<b>2134</b>
N.B. E.P.A.	25	25	25	25	25	25	25	25	
NB Sp.	11	9	12	11	14	15	10	15	

## 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). 21 espèces ont donc été échantillonnées en 2016, dont 17 dans la lône de la Platière (Tableau 8.3). Comme dans les lônes du Haut-Rhône, les effectifs échantillonnés en 2016 ont été relativement faibles.

Tableau 8.3 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes du secteur de Péage-de-Roussillon en 2016. Pour chaque lône, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lônes	Lone Platière	Noyé Nord	Noyé sud	Ilon	Boussarde	Total
ABL	324	243	32	5	23	627
BAF	3	32	13	0	0	48
BOU	7	7	1	2	99	116
BRB	3	12	0	2	3	20
CGO	0	0	0	0	1	1
CCO	1	0	0	0	0	1
CHE	15	42	18	5	9	89
EPI	0	0	0	1	0	1
GAR	40	26	3	1	2	72
GOU	269	46	38	7	52	412
HOT	6	77	5	1	0	89
LOF	6	16	9	0	0	31
PCH	0	0	0	0	1	1
PER	1	0	2	0	0	3
PES	4	7	0	1	3	15
PSR	22	0	0	22	24	68
ROT	0	0	2	0	0	2
SIL	1	2	1	0	0	4
SPI	0	0	1	0	0	1
TAN	1	0	0	0	1	2
VAI	0	0	15	0	0	15
<b>Total</b>	703	510	140	47	218	<b>1618</b>
<b>N.B. E.P.A.</b>	30	15	10	10	25	
<b>NB Sp.</b>	15	11	13	10	11	

### 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 8.4.

Les effectifs capturés sont du même ordre de grandeur que ceux de 2015.

Tableau 8.4 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du secteur de Donzère en 2016. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lômes	Lôme Grange écrasée	Lôme Malaubert	Lôme de La Désirade	Lôme du Banc Rouge	Lôme de Dion	Total
ABL	0	21	2	17	119	159
ANG	2	3	10	1	3	19
BAF	0	24	0	0	18	42
BBG	2	0	1	0	0	3
BOU	39	5	11	65	93	213
BRB	0	9	21	0	5	35
BRE	1	3	0	1	0	5
BRO	9	1	0	0	1	11
CGO	1	2	1	0	0	4
CCO	1	1	2	0	4	8
CHE	3	91	18	8	318	438
EPI	0	4	0	0	0	4
GAR	38	71	22	8	38	177
GOU	0	93	4	9	119	225
GRE	0	3	1	0	0	4
HOT	0	7	1	17	55	80
LOF	0	42	0	0	13	55
PCH	0	0	33	3	0	36
PER	1	3	45	0	2	51
PES	18	4	189	10	0	221
PSR	6	33	51	38	40	168
ROT	3	1	4	1	1	10
SIL	0	1	2	0	3	6
SPI	0	38	0	0	270	308
TAN	1	2	0	1	0	4
VAI	0	9	0	0	9	18
<b>Total</b>	125	471	418	179	1111	2304
<b>N.B. E.P.A.</b>	25	50	50	25	50	
<b>NB Sp.</b>	14	24	18	13	18	

## 9 Bibliographie

- André S. & Olivier J.M. (2003). Mise en place du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du fleuve Rhône. Convention de prestation d'étude n° 2002.69.174 DIREN/EZUS. Rapport à la Diren Délégation de Bassin RM & C.
- Armitage P. D., Pardo I. & Brown A. (1995). Temporal Constancy of Faunal Assemblages in Mesohabitats - Application to Management. *Archiv Fur Hydrobiologie*, **133(3)**, 367-387.
- Balon E.K. (1975). Reproductive Guilds of Fishes : A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **32**, 821-864.
- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N. & Bonhomme F. (1996-2004) GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5171, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. 2010. Alien aquatic macroinvertebrates along the lateral dimension of a large floodplain. *Biological Invasions*. 12 : 2219-2231.
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. (2012) Short-term impacts of lateral hydrological connectivity restoration on aquatic macroinvertebrates. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2597.
- Bonada N., Doledec S. & Statzner B. (2012) Spatial autocorrelation patterns of stream invertebrates: exogenous and endogenous factors. *Journal of Biogeography*, **39**, 56-68.
- Bournaud M., & Cogérino L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **22(03)**, 285-294. doi: doi:10.1051/limn/1986026.
- Castella E. (1987) *Apport des macroinvertébrés aquatiques au diagnostic écologique des écosystèmes abandonnés par les fleuves. Recherches méthodologiques sur le Haut-Rhône français*. Université de Lyon I.
- Castella E. 1987. Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain rivers , France. *Advances in Odonatology*. 3: 23-40.

- Castella E., Terrier A., Pellaud M. & Paillex A. 2005. *Anisus vorticulus* (Troschel, 1834) dans la plaine alluviale du Haut-Rhône français: un Gastéropode Planorbidae listé en annexe de la "Directive habitats". *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*. 74 (7/8): 255-269.
- Castella E., Béguin O., Bertholet E., Mayor H. & McCrae D. 2011. Les communautés de macroinvertébrés de 14 lônes du Bas-Rhône dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère. Etat initial avant restauration (années 2007-2010). Rapport d'étude de l'accompagnement scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. 35p.
- Castella E., Béguin O., Besacier-Monbertrand A.L., Hug Peter D., Mayor H., McCrae D., & Paillex A. 2012. Les communautés de macroinvertébrés de 18 lônes du Rhône dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon, quatre ans après restauration. (2003 - 2010). Rapport du Programme Décennal de Restauration Ecologique du Rhône. 60p.
- 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.
- Colling M., Falkner G., Groh K., Jungbluth J.H., Klemm M., Niederhöfer H.J. *et al.* 2008. *Rote Liste und Artenverzeichnis der Schnecken und Muscheln Baden-Württembergs*. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe. 185p.
- 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.
- Daujat C. 2016. *Evaluation écologique et typologique des annexes fluviales du Bas-Rhône*. Mémoire de Master MUSE, Université de Genève. 107p.
- De Cáceres M. & Legendre P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*. 90(12): 3566-3574.

- De Cáceres M., Legendre P. & Moretti, M. 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*. 119(10): 1674-1684.
- De Cáceres M., Legendre P., Wiser S.K. & Brotons, L. 2012. Using species combinations in indicator analyses. *Methods in Ecology and Evolution*. 3(6): 973-982.
- 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
- Den Hartog C., Van Den Brink F. W. B. & Van Der Velde G. (1992) Why was the invasion of the river Rhine by *Corophium curvispinum* and *Corbicula* species so successful? *Journal of Natural History*, **26(6)**, 1121-1129
- Dewson, Z. S., James, A. B. W., & Death, R. G. (2007). A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **26(3)**, 401-415.
- Do C., Waples R.S., Peel D., Macbeth G.M., Tillett B.J. & Ovenden J.R. (2014) NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size ( $N_e$ ) from genetic data. *Molecular Ecology Resources*, **14**, 209-214.
- 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.
- Eaton L. E. & Lenat D. R. (1991) Comparison of a rapid bioassessment method with North Carolina's qualitative macroinvertebrate collection method. *Journal of the North American Benthological Society*, **10(3)**, 335-338
- Elliott J. Malcolm (2008) The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews*, **1**, 189-203

- Fischer Z., 1961. Some data on the Odonata larvae of small pools. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 46 : 269-275.
- Galil B. S., Nehring S. & Panov V. (2008) Waterways as invasion highways–Impact of climate change and globalization. In: *Biological invasions*, Chapter 5, , Springer Berlin Heidelberg, **193**, 59-74
- Girardi H. 2009. Supplément à la connaissance des planorbes. Sur la présence d'*Anisus (Disculifer) vorticulus* (Troschel, 1834), en Camargue et dans la Petite Camargue, France. (Mollusca : Gastropoda : Planorbidae). *Documents Malacologiques H.S.* 3 : 35-36.
- 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.
- Jedicke E. (Ed.) 1997. *Die roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern*. Ulmer. 581p.
- 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., Chandestrin 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.
- Legendre P & Legendre L. 2012. *Numerical Ecology*. 3rd edition. Elsevier.
- Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H. & Wagner A. 2012. *Listes rouges Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010*. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. L'environnement pratique n° 1212: 111 p.
- 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.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E. & Wagner H.. 2017. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- Olivier J.M. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.-M., André S., Dolédec S., Lamouroux N., Méricoux S. 2004a - Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et îles de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Méricoux S, Piégay H. 2004b - Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et îles de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1
- Olivier, J.M., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Méricoux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.
- Olivier J.M., Lamouroux N., Sagnes P., Méricoux S., Piégay H., Bornette G., Castella E., Paillex A., Béguin O., Montbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du 189 Rhône. Rapport de synthèse 2003-2008, Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- 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.

- Paillex A., Castella E., zu Ermgassen P. S. E. & Aldridge D. C. (2015) Testing predictions of changes in alien and native macroinvertebrate communities and their interaction after the restoration of a large river floodplain (French Rhone). *Freshwater Biology*, **60(6)**, 1162-1175
- Papacek M. 2012. On the benthic water bug *Aphelocheirus aestivalis* (FABRICIUS 1794) (Heteroptera, Aphelocheiridae): Minireview. *Entomologica Austriaca*. 19: 9-19.
- Petit R.J., El Mousadik A. & Pons O. (1998) Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation Biology*, **12**, 844-855.
- Pickavance J. R. (1971) The diet of the immigrant planarian *Dugesia tigrina* (Girard): I. Feeding in the laboratory. *The Journal of Animal Ecology*, **40(3)**, 623-635
- Poff N. L. & Zimmerman J. K. H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, **55(1)**, 194-205.
- R Core Team 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.
- Russier J. & Lascombe C. (1970) La planaire américaine *Dugesia tigrina* dans la région lyonnaise: écologie et tolérance thermique. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **39**, 197-206
- 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-Poetra P. (2010) *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*, 2<sup>nd</sup> ed. CNRS editions.
- Turner H., Kuiper J.G.J, Thew N., Bernasconi R., Rüetschi J. & Wütrich M. 1998. *Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins*. Fauna Helvetica: 121, Neuchâtel. 527p.

Weir B.S. & Hill W.G. (2002) Estimating F-statistics. *Annual Review of Genetics*, **36**, 721-750.

Wallace J. B., Jack W. Grubaugh J.W. & Matt R. Whiles (1996) Biotic indices and stream ecosystem processes: results from an experimental study. *Ecological applications*, **6(1)**, 140-151

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.

## 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 *Ancylus fluviatilis*, *Dreissena polymorpha*, *Baetis vardarensis* et *Hydropsyche contubernalis*.

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

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

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

#### *Géomorphologie des lônes*

Les deux questions posées dans le programme sont :

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

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

<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					
	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					
	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					
	lône Fournier										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Anse de Yenne										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<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					
	Lône des Granges										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône Vachon										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Lône des Cerisiers										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Lône Mattant											X	X	X	X	X	X	X	X	X	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							
Lône de Table Ronde																		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										
	Lône de la Boussarde																			X					
Lône de La Sainte																				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					
	Lône des Joncs																X	X	X	X					
	Lône de Caderousse																X	X	X	X					
	Lône de la Grange Ecrasée																X	X	X	X		X		X	
	Lône du Bayard																X	X	X	X					
	Dames																					X		X	
	Dion																					X		X	
	Banc Rouge																					X		X	
Désirade																					X		X		

Annexes 2.2

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

## Annexe 2.3

Secteur	Lône	2003	2004	2005	fév. 2006	oct. 2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<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		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			Apr T
<b>Péage-de-Roussillon</b>	Sainte						Avt T				Avt T					Apr T	Apr T	
	Ilon						Avt T					Avt T				Apr T	Apr T	
	Noyer Nord										Apr T		Apr T			Apr T	Apr T	
	Noyer Sud						Avt T				Avt T		Apr T			Apr T	Apr T	
	Casier d'Arcoules						Avt T						Apr T			Apr T	Apr T	
	Platière amont						Avt T									Apr T	Apr T	
	Boussarde								Avt T		Avt T		Avt T			Apr T	Apr T	
<b>Montélimar</b>	Roussette							Avt T		Avt T		Apr T			Apr T	Apr T		
<b>Donzère-Mondragon</b>	Bayard								Avt T		Avt T		Avt T					
	Caderousse								Avt T		Avt T		Avt T					
	Malaubert								Avt T		Avt T		Avt T			Avt T		Apr T
	Grange écrasée								Avt T		Avt T		Avt T			Avt T		Apr T
	Malatras								Apr T		Apr T		Apr T			Apr T		Apr T
	Jons								Avt T		Avt T		Avt T					
	Carré								Avt T		Avt T		Avt T					
	République								Avt T				Avt T					
	Dames														Avt T			Apr T
	Lascombe														Avt T			Apr T
	Surelle								Avt T		Avt T		Avt T			Avt T		Apr T
	Dion														Avt T			Apr T
	Banc Rouge														Avt T			Apr T
	Désirade														Avt T			Apr T

Annexe 2.4

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

Annexe 2.4 (suite)

Secteur	Lône	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Péage de Roussillon	Boussarde							*6		*		*			*			
	Ilon					*5				*		*			*			
	Noyé Nord					*5						*			*			
	Noyé Sud													*	*			
	Platière					*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

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

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
RCC Chautagne	2004	36	0	85	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	439	4	301	275	17	1	0	225	0	0	9	0	4	3	0	0	0	59	1	4	272	34	1775	20	
RCC Chautagne	2005	243	0	108	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	272	25	49	128	8	81	0	82	0	0	1	0	5	1	2	0	0	2	9	1	384	2	1409	20	
RCC Chautagne	2006	20	0	174	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	593	13	41	124	1	2	0	102	0	0	0	0	23	5	4	0	0	0	117	5	1	326	13	1566	19
RCC Chautagne	2007	143	1	16	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	165	5	9	41	22	8	0	40	0	0	12	0	5	13	2	0	0	0	63	0	0	121	38	707	18
RCC Chautagne	2008	4	3	134	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	132	6	2	1	2	43	0	187	0	0	2	0	2	16	4	0	0	0	1	0	1	130	1	672	19
RCC Chautagne	2009	41	0	266	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	355	5	10	25	13	0	0	50	0	0	7	0	0	27	0	0	0	0	9	1	0	173	0	986	15
RCC Chautagne	2010	58	3	183	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	317	0	37	14	8	5	0	35	0	0	0	0	7	3	1	0	0	1	13	2	7	440	3	1140	20
RCC Chautagne	2011	7	0	21	0	1	1	0	0	1	4	0	0	0	140	7	10	79	0	0	0	35	0	0	9	0	10	0	0	0	0	4	1	2	124	0	456	17	
RCC Chautagne	2012	48	1	353	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	175	11	167	89	2	1	0	39	0	0	0	0	17	16	0	0	0	0	21	4	6	367	1	1326	19
RCC Chautagne	2013	193	3	104	0	8	0	0	3	0	2	0	0	0	93	0	235	26	7	44	0	70	0	0	1	0	9	0	3	0	1	1	22	1	0	47	0	873	20
RCC Chautagne	2014	18	0	635	0	10	3	3	0	0	1	2	0	0	692	62	347	193	3	1	0	224	0	0	3	0	12	3	15	0	0	1	7	0	3	522	5	2765	23
RCC Chautagne	2015	51	1	404	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	765	41	335	300	13	0	0	238	0	0	2	0	24	4	6	0	0	0	135	1	2	217	2	2545	20
RCC Chautagne	2016	6	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	2	221	5	0	0	0	40	0	0	1	0	8	3	0	0	0	1	27	0	0	50	1	648	14
Total		868	12	2664	0	24	13	3	10	7	17	2	0	0	4240	181	1764	1300	96	186	0	1367	0	0	47	0	126	94	37	0	1	4	480	25	27	3173	100	16868	28
Abond. Rel.		5,4%	0,1%	16,4%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	26,1%	1,1%	10,9%	8,0%	0,6%	1,1%	0,0%	8,4%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,8%	0,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,2%	0,2%	19,6%	0,6%		
Abond. Moy.		67	1	205	0	2	1	0	1	1	1	0	0	0	326	14	136	100	7	14	0	105	0	0	4	0	10	7	3	0	0	0	37	2	2	244	8	1298	

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
RCC Belley	2005	69	1	177	0	0	0	14	2	0	1	0	0	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
RCC Belley	2006	79	3	165	0	0	0	10	0	0	0	0	1	1	252	5	19	192	19	13	0	9	1	0	0	0	13	2	0	0	3	0	93	2	17	14	117	1029	21
RCC Belley	2007	36	0	72	0	2	4	4	1	0	4	0	0	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
RCC Belley	2008	6	2	93	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	139	9	97	24	1	13	0	53	0	0	7	0	1	2	0	0	1	0	17	0	12	14	48	543	21
RCC Belley	2009	12	1	300	0	1	9	15	1	0	5	0	0	3	374	34	16	156	10	0	0	55	1	0	6	0	3	0	1	0	0	0	140	2	12	27	92	1276	24
RCC Belley	2010	20	1	180	0	0	0	62	1	7	9	1	0	7	340	9	24	65	1	5	0	17	6	1	9	0	13	1	1	0	1	0	18	1	8	17	14	839	28
RCC Belley	2011	202	0	172	0	6	0	16	0	0	12	0	0	15	438	15	37	150	1	11	0	48	15	0	35	0	10	0	0	2	0	0	185	10	14	45	36	1475	22
RCC Belley	2012	4	1	250	0	9	0	11	4	1	2	0	0	14	121	3	323	304	5	12	0	11	8	0	22	0	13	2	0	3	0	0	46	8	16	36	38	1267	26
RCC Belley	2013	23	1	494	0	5	0	0	12	24	1	0	0	23	282	31	607	89	1	57	0	14	4	0	14	0	37	3	0	0	2	0	47	4	16	11	71	1873	25
RCC Belley	2014	72	0	283	0	12	0	10	0	0	2	0	0	13	357	45	201	129	26	4	0	71	5	0	15	0	2	0	0	0	3	159	1	11	23	163	1607	22	
RCC Belley	2015	106	0	1115	0	9	0	8	3	0	0	0	0	8	1266	11	659	319	13	3	0	81	0	0	20	0	12	4	0	1	0	2	306	27	14	66	37	4090	23
RCC Belley	2016	15	0	649	0	7	1	6	0	3	1	0	0	13	675	6	327	154	9	11	0	46	2	0	17	0	20	7	1	5	0	16	163	3	8	88	18	2271	27
Total		644	10	3950	0	51	14	156	24	36	39	1	0	102	4744	205	2471	1850	121	290	0	533	43	1	155	0	149	32	4	11	7	21	1313	62	141	641	857	18678	32
Abond. Rel.		3,9%	0,1%	24,1%	0,0%	0,3%	0,1%	1,0%	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,6%	28,9%	1,2%	15,1%	11,3%	0,7%	1,8%	0,0%	3,2%	0,3%	0,0%	0,9%	0,0%	0,9%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	8,0%	0,4%	0,9%	3,9%	5,2%		
Abond. Moy.		54	1	329	0	4	1	13	2	3	3	0	0	9	395	17	206	154	10	24	0	44	4	0	13	0	12	3	0	1	1	2	109	5	12	53	71	1557	

Date	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb espèces	
RCC Brégnier-Cordon	2006	179	1	189	0	0	0	7	22	2	1	0	0	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
RCC Brégnier-Cordon	2007	68	3	33	0	0	11	20	5	1	9	0	0	7	322	14	20	66	1	21	0	26	0	0	0	1	22	29	0	0	0	0	7	14	7	11	24	742	24
RCC Brégnier-Cordon	2008	1	0	34	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	95	4	1	8	0	3	0	27	0	0	0	1	29	2	1	0	0	0	26	1	1	101	3	343	19
RCC Brégnier-Cordon	2009	62	1	208	0	0	1	3	0	5	0	0	2	370	3	64	77	15	10	0	57	0	0	0	0	103	24	1	0	2	0	145	4	0	19	24	1200	22	
RCC Brégnier-Cordon	2010	17	4	150	0	0	4	0	7	3	3	0	0	14	243	5	18	92	8	8	0	11	0	2	0	0	56	33	0	1	0	0	41	7	3	4	14	748	24
RCC Brégnier-Cordon	2011	89	1	48	0	4	4	5	12	0	8	0	1	5	368	0	251	49	0	7	0	16	0	0	0	0	35	2	2	0	0	1	177	1	1	252	28	1367	24
RCC Brégnier-Cordon	2012	168	3	416	0	34	25	5	10	1	4	1	0	28	377	2	193	174	0	58	0	14	0	0	1	11	62	49	4	0	0	2	89	14	4	21	93	1863	28
RCC Brégnier-Cordon	2013	98	2	240	0	26	45	1	5	2	2	0	0	18	297	6	55	182	6	37	0	30	0	0	0	0	26	19	7	0	0	1	203	2	2	144	11	1467	26
RCC Brégnier-Cordon	2014	41	0	126	0	20	62	0	1	0	9	0	0	14	292	10	49	163	6	10	0	42	2	0	2	0	38	40	0	0	0	3	64	2	1	27	33	1057	24
RCC Brégnier-Cordon	2015	139	0	628	0	20	23	16	7	3	1	0	8	9	1098	20	162	276	2	86	1	73	0	1	1	0	25	18	34	2	0	2	130	33	1	119	28	2966	30
RCC Brégnier-Cordon	2016	14	0	285	1	32																																	

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	2	0	79	0	7	0	6	0	0	0	1	48	0	3	33	0	8	0	105	5	0	2	0	11	224	0	253	1	788	16	11,4%
2008	5	0	57	0	12	0	0	0	0	0	0	23	1	1	17	0	65	0	147	1	0	1	0	14	394	1	900	0	1639	15	7,7%
2009	10	0	102	0	9	0	0	0	1	0	3	42	1	3	8	0	28	0	62	4	0	2	0	8	558	1	528	13	1383	18	11,1%
2010	19	4	438	0	3	0	1	1	0	0	34	111	0	0	16	0	119	0	125	4	0	10	0	33	617	0	1095	0	2630	16	21,9%
2011	143	4	546	0	0	1	17	0	1	0	10	231	0	5	30	0	487	0	62	12	0	8	0	49	944	0	574	2	3126	18	37,7%
2012	43	1	221	4	1	1	3	0	0	0	7	174	0	4	4	1	79	1	2	8	12	3	0	14	253	0	170	3	1009	22	34,3%
2013	25	1	531	0	1	2	6	1	0	0	6	299	0	5	50	0	22	0	10	3	4	11	0	24	1737	0	287	2	3027	20	19,2%
2014	37	0	336	2	72	0	1	0	0	0	36	83	0	5	28	1	177	0	64	17	1	16	1	47	836	0	267	0	2027	19	27,1%
2015	36	0	661	2	1	0	6	0	0	1	6	279	0	1	223	0	6	0	70	5	2	0	1	46	1221	0	615	0	3182	18	22,0%
2016	63	0	224	2	0	3	7	0	0	0	5	212	0	7	56	0	6	0	25	0	6	2	0	45	454	0	287	0	1404	16	22,0%
Abondance totale	383	10	3195	10	106	7	47	2	2	1	108	1502	2	34	465	2	997	1	672	59	25	55	2	291	7238	2	4976	21	20215	28	20,9%
Abondance relative	1,9%	0,0%	15,8%	0,0%	0,5%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	7,4%	0,0%	0,2%	2,3%	0,0%	4,9%	0,0%	3,3%	0,3%	0,1%	0,3%	0,0%	1,4%	35,8%	0,0%	24,6%	0,1%			
Abondance moyenne	38	1	320	1	11	1	5	0	0	0	11	150	0	3	47	0	100	0	67	6	3	6	0	29	724	0	498	2	2022		

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	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	0	6	1339	16	47,1%
2015	1197	0	65	0	0	36	0	0	0	0	0	81	0	102	15	1	47	4	0	3	2	0	0	0	2	84	0	1	6	1646	15	79,9%	
2016	652	1	30	0	2	3	0	0	0	0	0	57	0	59	13	3	23	5	0	3	21	0	0	0	7	8	0	0	1	888	16	86,3%	
Abondance totale	5252	27	566	3	10	514	9	3	9	2	34	1643	8	2058	635	49	730	206	13	150	187	9	14	9	55	536	18	48	61	12858	29	50,9%	
Abondance relative	40,8%	0,2%	4,4%	0,0%	0,1%	4,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	12,8%	0,1%	16,0%	4,9%	0,4%	5,7%	1,6%	0,1%	1,2%	1,5%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	4,2%	0,1%	0,4%	0,5%				
Abondance moyenne	328	2	35	0	1	32	1	0	1	0	2	103	1	129	40	3	46	13	1	9	12	1	1	1	3	34	1	3	4	804			

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	345	12	14	0	0	57	1	0	0	0	0	0	115	0	383	94	4	15	0	107	49	48	72	19	0	0	3	0	0	0	0	1338	16	28,0%
2008	515	11	23	0	0	92	35	6	0	4	0	0	293	0	386	75	12	3	0	138	8	12	26	69	7	1	8	0	0	0	0	1724	20	31,4%
2009	550	4	4	0	0	315	6	48	3	59	17	0	385	1	708	91	6	83	0	169	1	31	87	325	118	0	9	1	3	0	1	3025	25	21,1%
2010	186	2	11	0	0	197	23	4	1	13	0	0	141	0	196	63	13	32	0	61	6	21	235	158	15	0	11	2	5	1	0	1397	23	16,4%
2011	229	3	5	1	0	251	20	3	8	18	1	0	196	15	560	53	5	17	0	133	1	68	151	65	24	1	11	0	4	0	0	1843	25	13,6%
2012	393	2	34	0	0	172	3	0	0	3	2	2	112	0	168	140	4	123	1	28	1	19	63	10	2	0	5	0	0	0	0	1287	21	42,7%
2013	866	1	32	0	0	438	44	1	0	0	0	0	214	0	46	320	2	7	0	19	2	0	94	102	3	0	2	2	1	1	0	2197	20	41,2%
2014	623	2	6	0	0	715	6	4	1	6	2	1	205	8	520	171	0	82	2	162	0	8	41	208	9	0	19	1	0	0	0	2802	23	25,4%
2015	2590	2	72	1	0	794	188	1	0	39	26	0	246	0	93	709	0	104	0	20	1	7	42	934	0	0	55	16	1	3	2	5946	23	46,6%
2016	411	0	44	0	1	888	35	2	0	6	0	0	261	0	41	400	6	2	0	16	0	5	51	274	2	0	22	39	0	0	0	2506	19	18,2%
Abondance totale	6708	39	245	2	0,0%	3919	361	69	13	148	48	3	2168	24	3101	2116	52	468	3	853	69	219	862	2164	180	2	145	61	14	5	3	24065	30	30,8%
Abondance relative	27,9%	0,2%	1,0%	0,0%	16,3%	1,5%	0,3%	0,1%	0,6%	0,2%	0,0%	9,0%	0,1%	12,9%	8,8%	0,2%	1,9%	0,0%	3,5%	0,3%	0,9%	3,6%	9,0%	0,7%	0,0%	0,6%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%			
Abondance moyenne	671	4	25	0		392	36	7	1	15	5	0	217	2	310	212	5	47	0	85	7	22	86	216	18	0	15	6	1	1	0	2407		

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2010	14	7	12	2	18	4	1	0	5	1	2	0	76	0	6	35	0	15	74	4	0	29	0	0	2	0	1	364	672	20	6,1%
2011	100	1	8	0	6	5	0	1	0	3	1	1	98	6	122	139	1	112	85	2	0	34	0	0	2	1	1	373	1102	22	20,0%
2012	36	5	23	0	39	0	3	0	0	0	0	0	56	0	23	12	0	22	15	0	0	17	0	0	2	3	0	211	467	14	17,3%
2013	126	8	44	2	31	27	0	1	0	0	1	1	99	1	6	112	0	22	100	0	0	46	0	1	0	11	0	120	759	19	25,3%
2014	12	3	1	0	39	6	0	0	0	0	0	2	27	0	19	29	0	4	77	3	2	9	1	0	1	0	0	38	273	17	6,2%
2015	225	1	68	0	6	15	0	0	0	0	0	0	74	0	14	72	0	9	81	3	0	16	0	0	3	6	0	286	879	15	34,4%
2016	718	4	60	3	58	8	0	0	0	0	0	0	103	0	2	50	0	14	95	3	6	47	1	0	5	371	0	278	1826	18	43,4%
Abondance totale	1231	29	216	7	197	65	4	2	5	4	4	4	533	7	192	449	1	198	527	15	8	198	2	1	15	392	2	1670	5978	28	27,5%
Abondance relative	20,6%	0,5%	3,6%	0,1%	3,3%	1,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	8,9%	0,1%	3,2%	7,5%	0,0%	3,3%	8,8%	0,3%	0,1%	3,3%	0,0%	0,0%	0,3%	6,6%	0,0%	27,9%			
Abondance moyenne	176	4	31	1	28	9	1	0	1	1	1	1	76	1	27	64	0	28	75	2	1	28	0	0	2	56	0	239	854		

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.

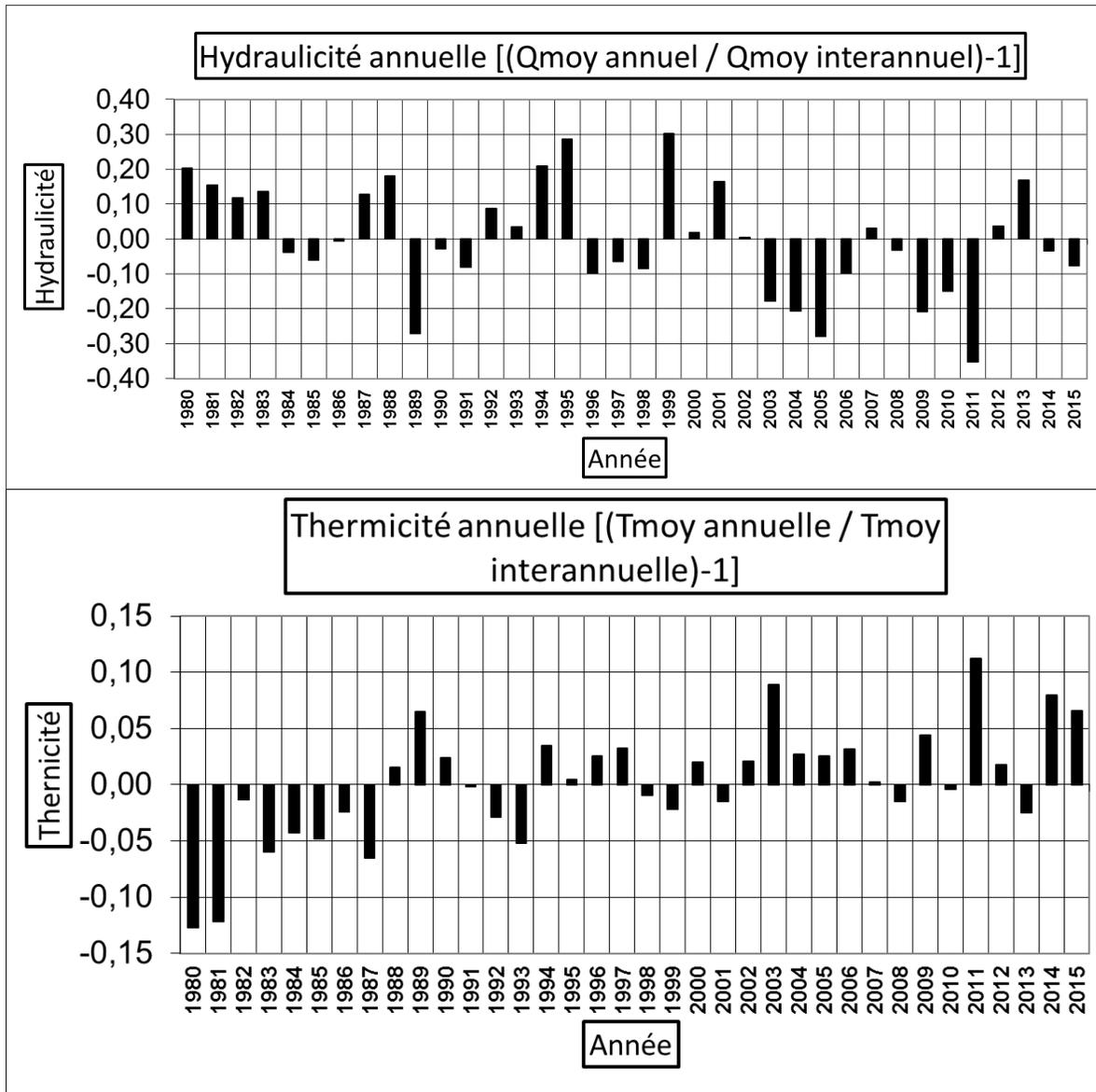
Année	ABL	ANG	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TOX	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2006	129	9	66	17	174	9	0	2	2	3	0	140	0	87	38	2	38	15	0	18	6	31	3	2	1	93	2	0	3	888	24	26,2%
2007	227	35	33	0	6	4	0	0	0	0	1	129	0	21	19	2	115	130	0	10	1	0	1	0	1	14	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%
2016	702	4	130	19	7	0	0	0	0	1	0	55	0	1	107	0	6	54	0	1	1	5	0	0	2	67	1	0	0	1163	17	72,1%
Abondance totale	3229	138	712	93	793	18	2	8	12	9	8	1644	2	589	719	18	588	498	1	117	30	252	10	7	36	367	4	1	13	9916	29	45,7%
Abondance relative	32,6%	1,4%	7,2%	0,9%	8,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	16,6%	0,0%	5,9%	7,3%	0,2%	5,9%	5,0%	0,0%	1,2%	0,3%	2,5%	0,1%	0,1%	0,4%	3,7%	0,0%	0,0%	0,1%			
Abondance moyenne	294	13	65	8	72	2	0	1	1	1	1	149	0	54	65	2	53	45	0	11	3	23	1	1	3	33	0	0	1	901		

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

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC
2008	66	33	80	0	2	0	0	1	0	0	2	0	103	0	10	12	0	11	110	0	0	0	1	0	4	69	0	3	507	15	31,0%
2009	222	11	252	0	0	12	0	0	3	0	0	2	263	0	51	87	0	659	184	1	3	2	16	0	3	2	0	8	1781	18	63,6%
2010	600	14	140	1	4	13	0	0	0	7	3	3	412	0	25	100	0	100	159	0	7	4	43	0	8	47	5	22	1717	21	48,9%
2011	382	9	56	0	42	65	1	0	0	0	5	2	392	1	126	163	1	373	158	0	5	0	41	0	3	17	0	117	1959	20	41,4%
2012	164	10	25	0	4	5	0	0	0	0	1	0	152	0	8	40	0	7	4	0	3	0	1	1	3	53	1	12	494	18	39,7%
2013	536	9	378	0	4	13	0	0	0	4	2	0	119	0	5	45	0	8	37	0	1	0	20	0	10	80	0	1	1272	17	72,5%
2014	337	36	38	0	9	7	0	0	0	2	1	3	374	0	82	55	0	84	521	0	5	0	42	0	4	35	0	10	1645	18	27,9%
2015	1102	9	422	0	57	26	0	0	0	1	10	2	297	0	7	416	0	25	152	0	2	1	184	0	1	148	1	4	2867	20	54,0%
2016	1155	11	340	0	9	2	0	0	0	9	28	0	128	0	0	271	0	1	231	0	1	1	396	0	5	466	0	47	3101	17	48,2%
Abondance totale	4564	142	1731	1	131	143	1	1	3	23	52	12	2240	1	314	1189	1	1268	1556	1	27	8	744	1	41	917	7	224	15343	28	49,3%
Abondance relative	29,7%	0,9%	11,3%	0,0%	0,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	14,6%	0,0%	2,0%	7,7%	0,0%	8,3%	10,1%	0,0%	0,2%	0,1%	4,8%	0,0%	0,3%	6,0%	0,0%	1,5%			
Abondance moyenne	507	16	192	0	15	16	0	0	0	3	6	1	249	0	35	132	0	141	173	0	3	1	83	0	5	102	1	25	1705		

## Annexe 5.1

Hydraulicité du Rhône au niveau de Saint-Vulbas de 1980 à 2016. Données source EDF-CNPE. (Q<sub>moy</sub> = moyenne annuelle des débits moyens journaliers, T<sub>moy</sub> = température journalière moyenne de l'eau du Rhône en amont, i.e. non réchauffée par le CNPE de Bugey).



## Annexe 5.2

### Guildes de préférences hydrauliques

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

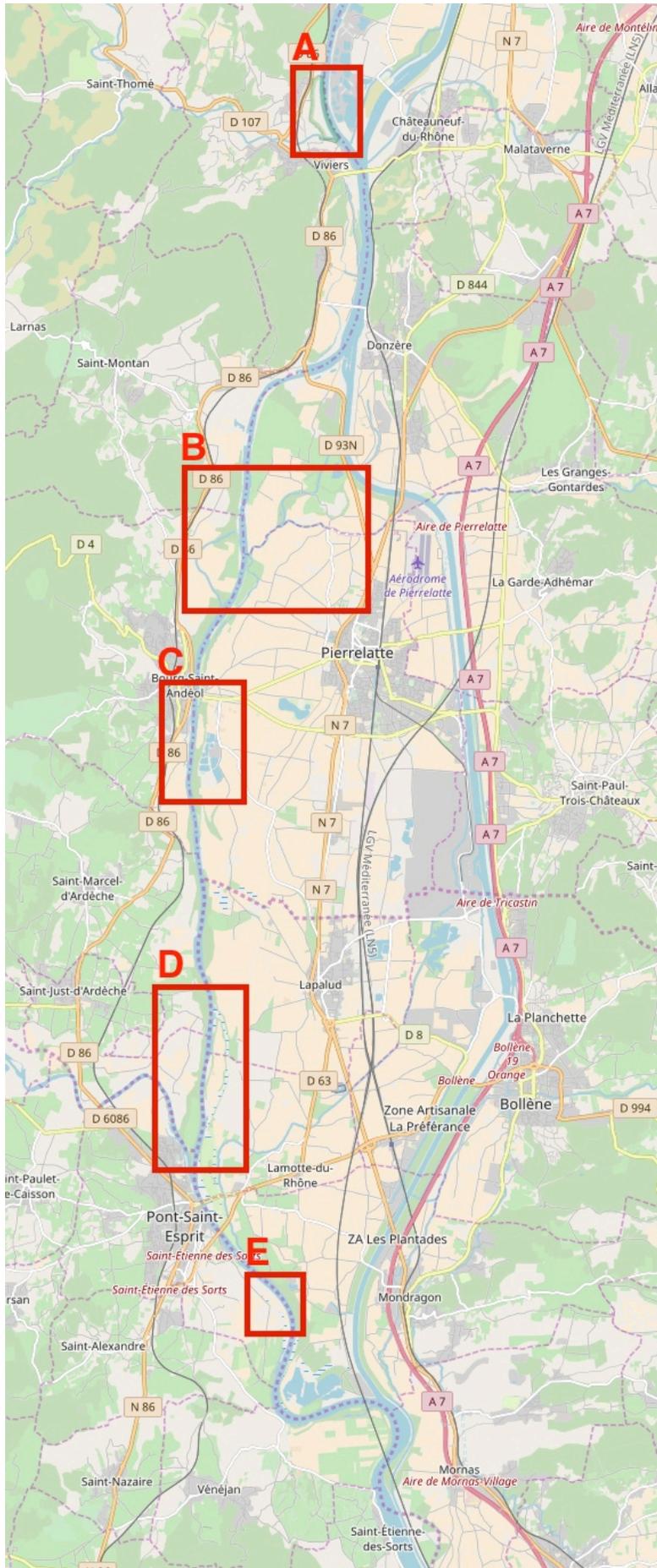
- Les taxons limnophiles de la catégorie 1 sont inféodés à des milieux lenticques et sont par exemple les Trichoptères du genre *Agraylea* ou les Coléoptères de la famille des Hydraenidae.
- Les taxons de la catégorie 2 aussi limnophiles, sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles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

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

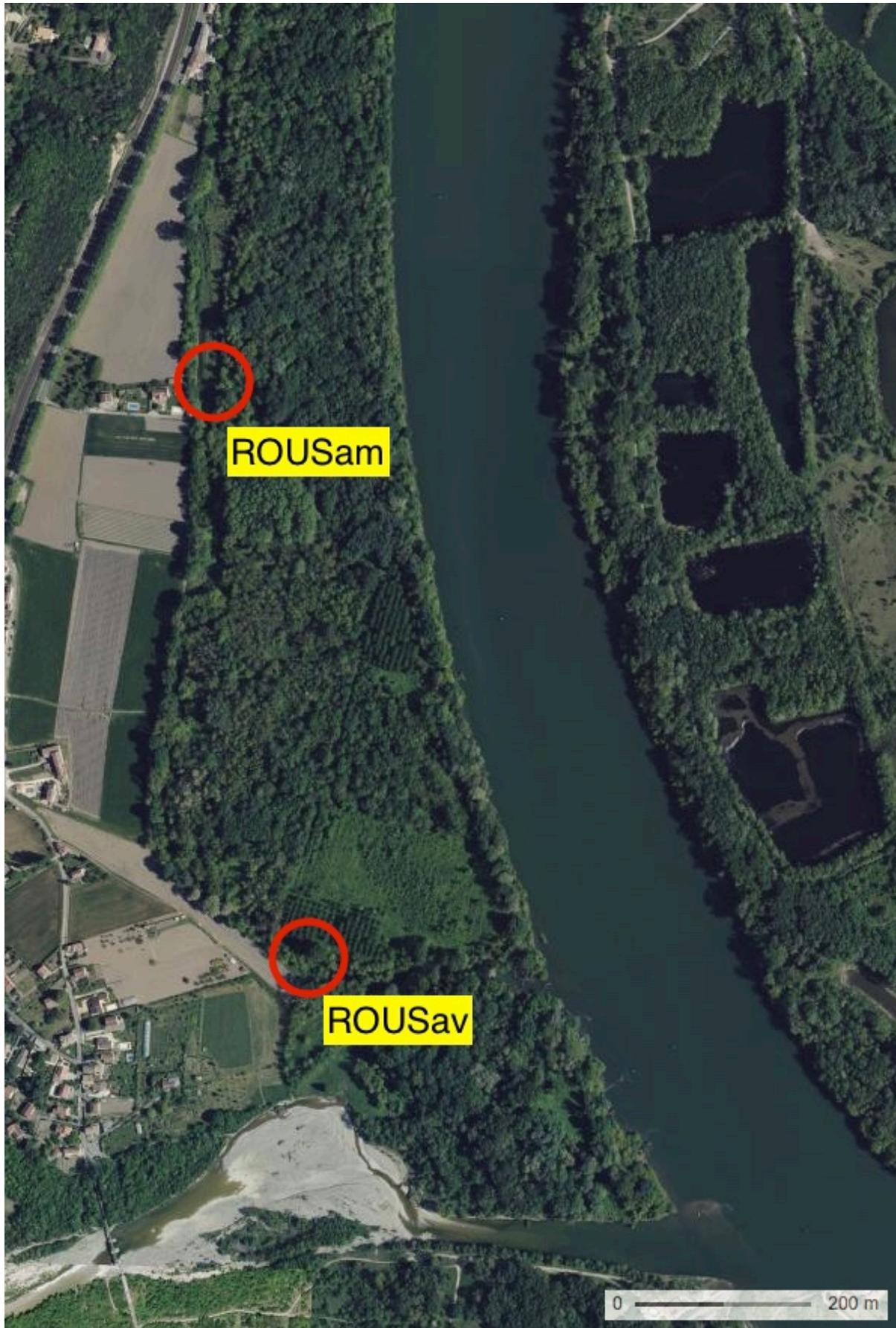
Catégories	FST	Vitesse moyenne (m.s <sup>-1</sup> )	Préférences
cat 1	0	0	Limnophile
cat 2	[1-5[	]0-0.5]	
cat 3	[5-8[	]0.5-0.75]	Intermédiaire
cat 4	[8-11]	]0.75-1.05]	Rhéophile
cat 5	>11	>1.05	
cat 6	pas de préférence		Ubiquiste
cat 7	pas de donnée		Indeterminé

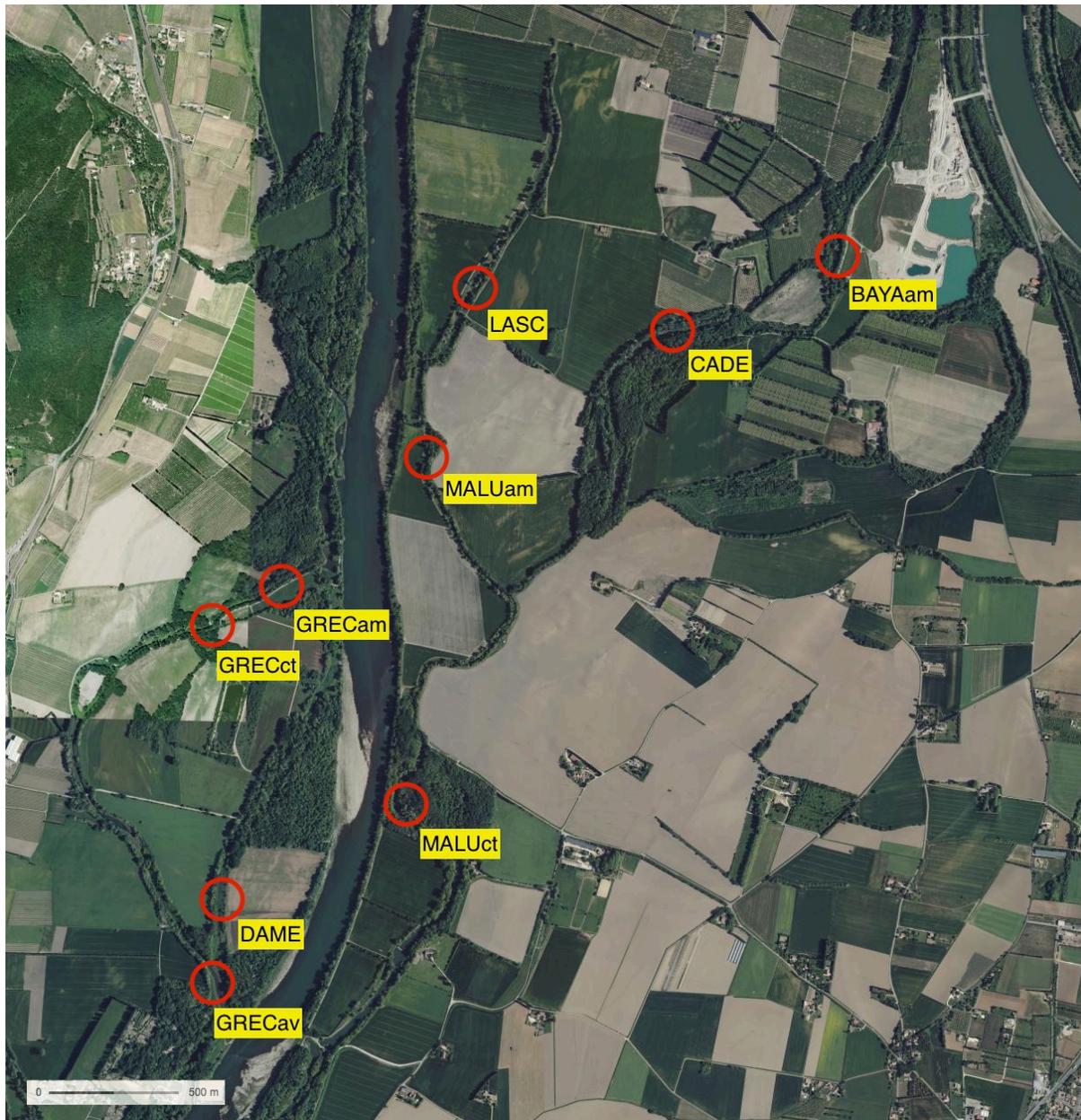
## **Annexe 7.1**

Annexe 1 (a à f) - Localisation des sites étudiés dans les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon (fond photographique [geoportail.gouv.fr](http://geoportail.gouv.fr))

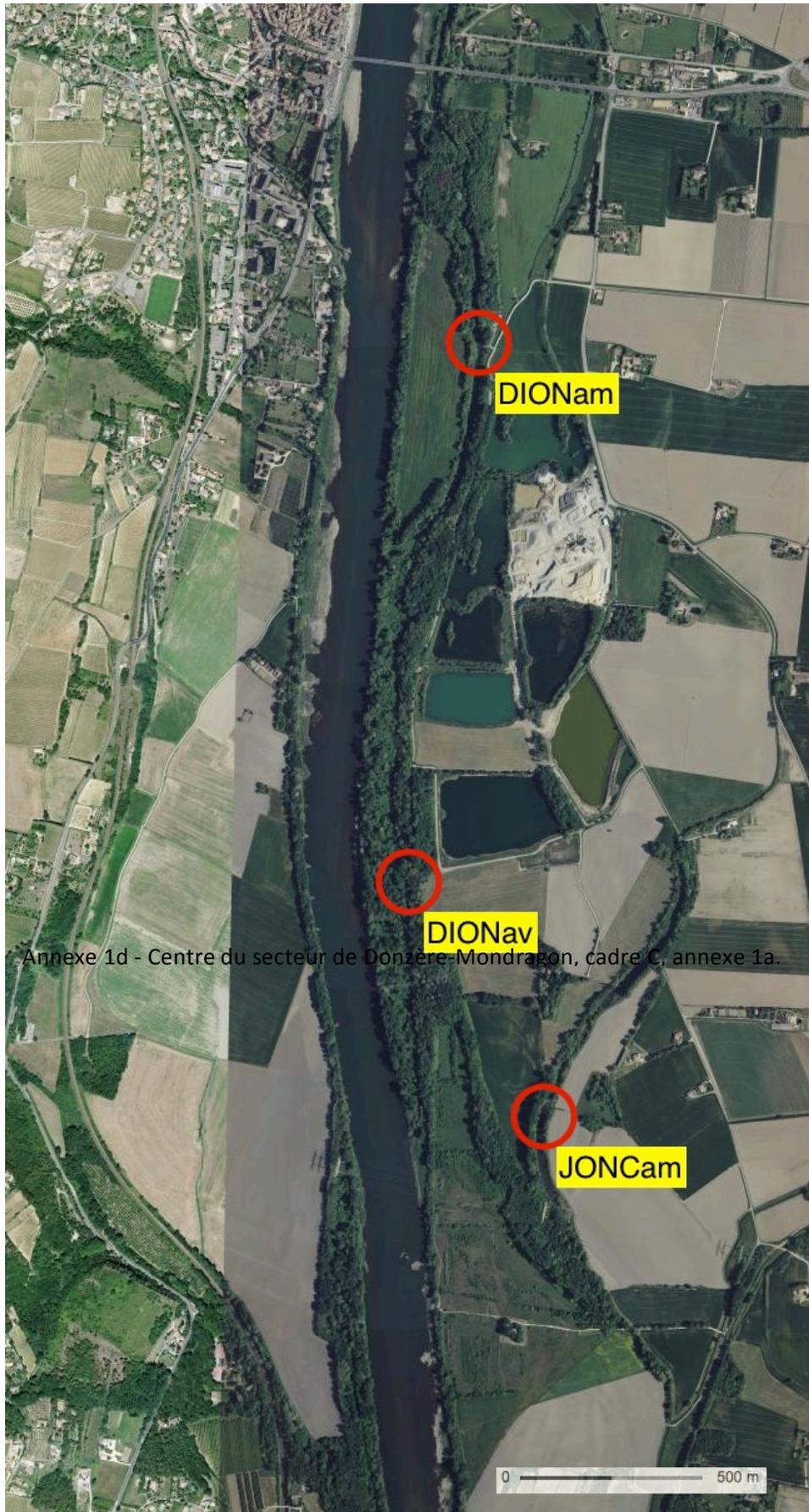


Annexe 1a - Vue d'ensemble du secteur de Donzère - Mondragon et du sud du secteur de Montélimar

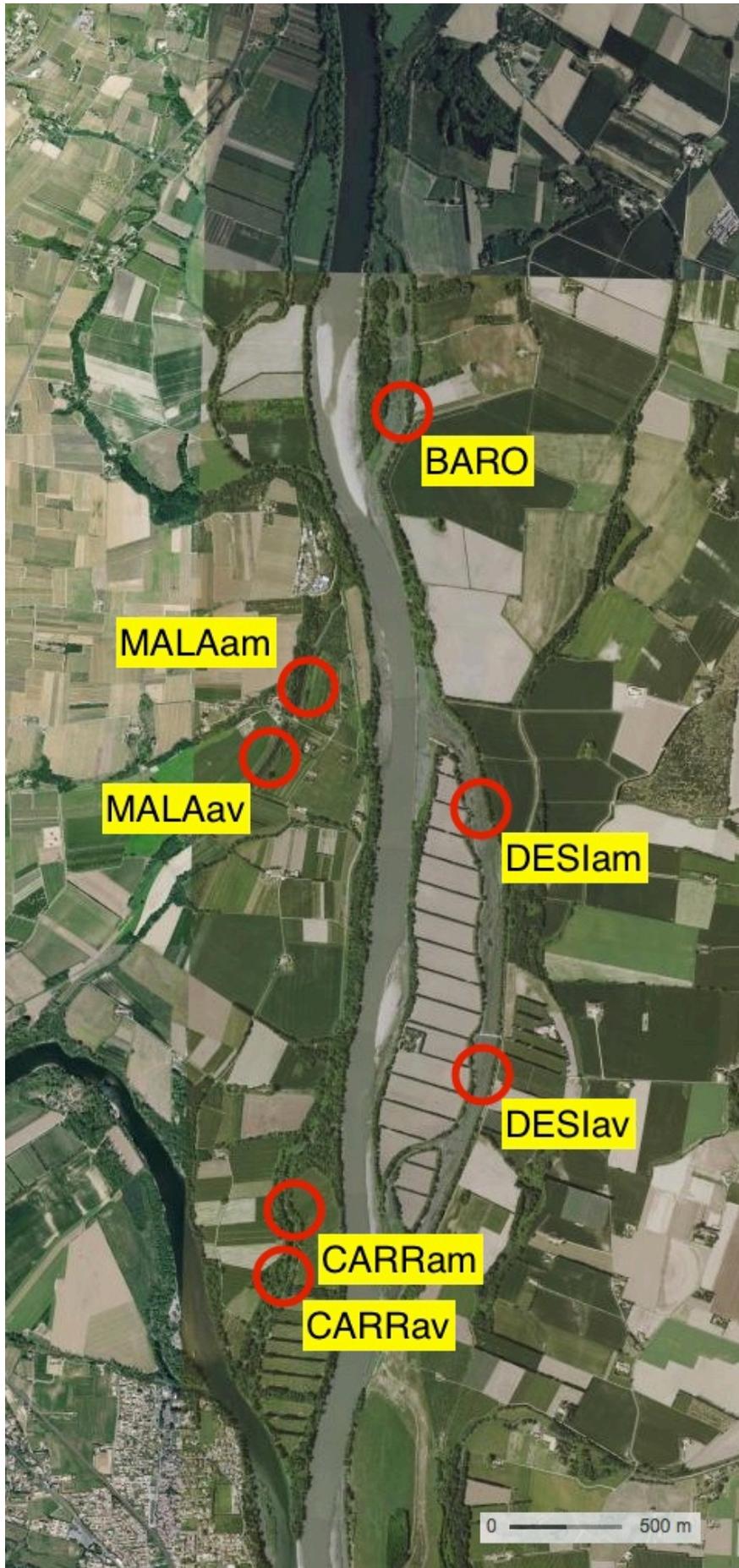




Annexe 1c - Nord du secteur de Donzère-Mondragon, cadre B, annexe 1a.



Annexe 1d - Centre du secteur de Donzère-Mondragon, cadre C, annexe 1a.



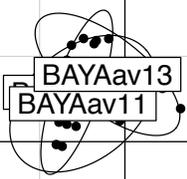
Annexe 1e - Centre du secteur de Donzère-Mondragon. cadre D. annexe 1a.



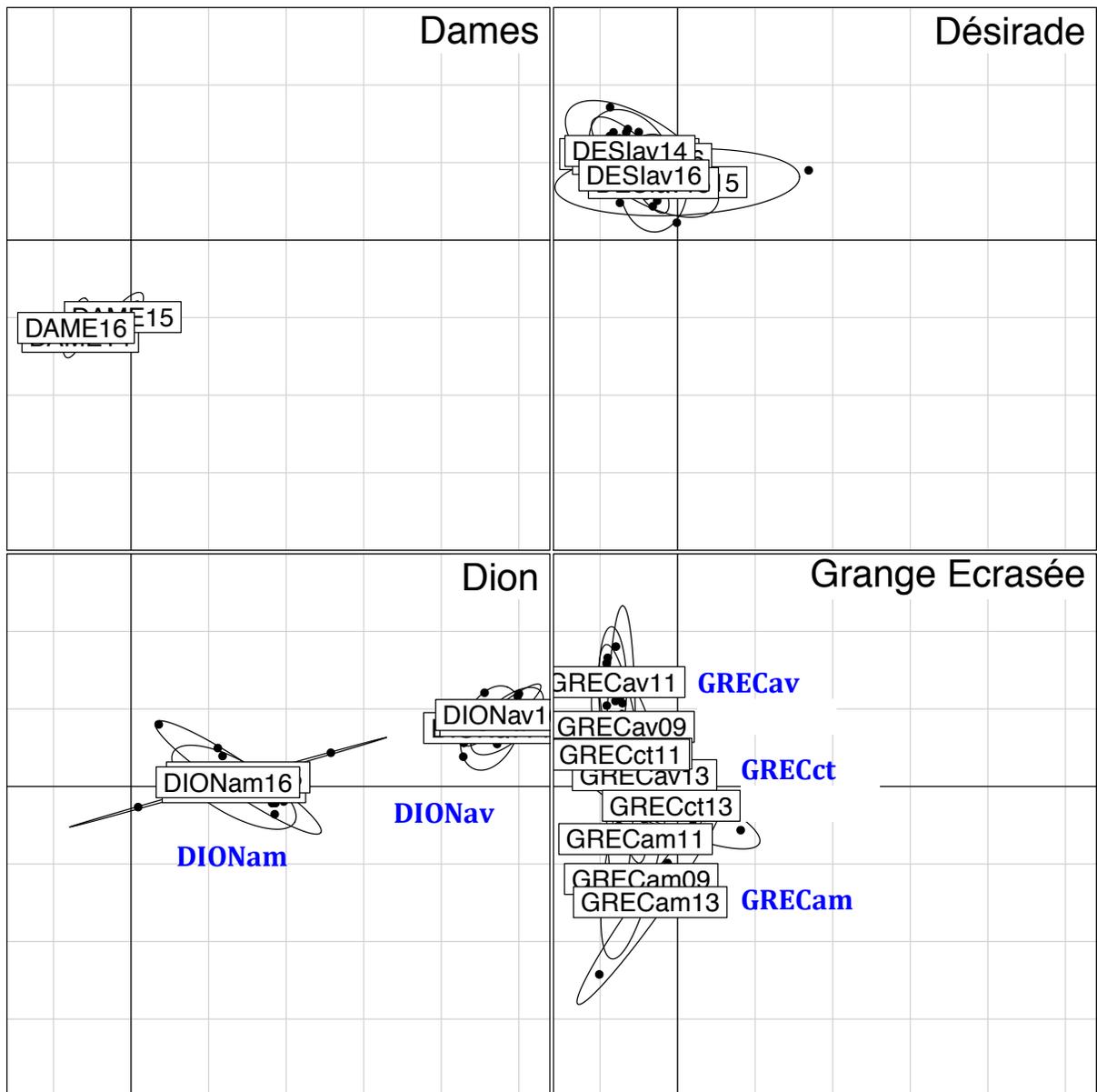
Annexe 1f - Sud du secteur de Donzère-Mondragon, cadre E, annexe 1a.

## **Annexe 7.2**

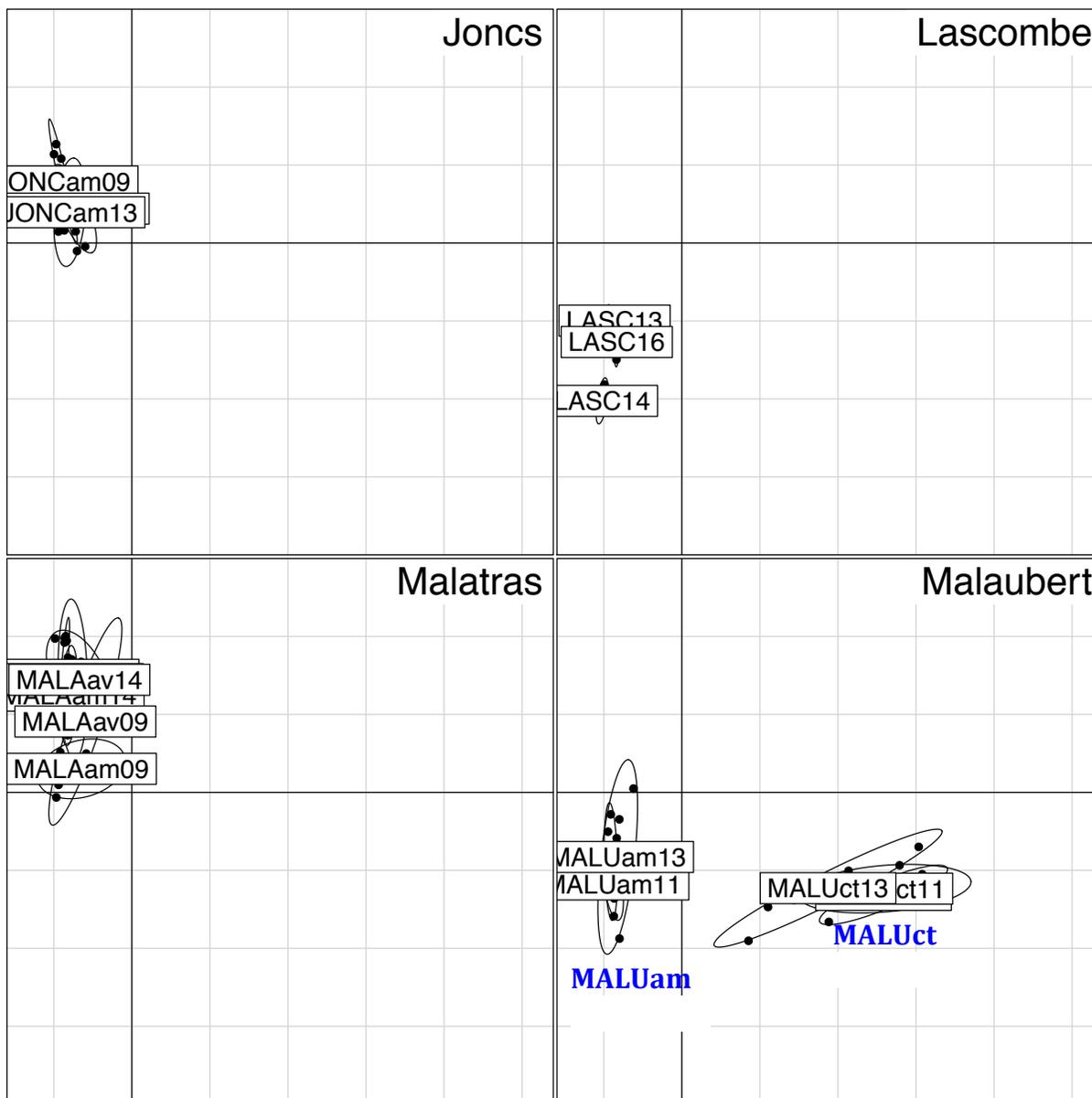
(a à d) - ordination de 68 sites x années (23 sites échantillonnés au cours de 3 années (2 années dans quelques cas)) appartenant à 14 lône des secteurs de Montélimar et Donzère, basée sur la dissimilarité de leurs assemblages d'invertébrés aquatiques (Analyse Factorielle des Correspondances sur les données d'abondances  $\log_e$ -transformées de 191 taxons). Chaque point correspond à la moyenne de 3 à 6 échantillons élémentaires de  $0.25\text{m}^2$ . Des ellipses permettent de visualiser les échantillons appartenant à un même site et une même année. Le plan issu de l'ordination d'ensemble est représenté par lône afin d'accroître la lisibilité.

Banc Rouge				Bayard			
							
Caderousse				Carré			
							

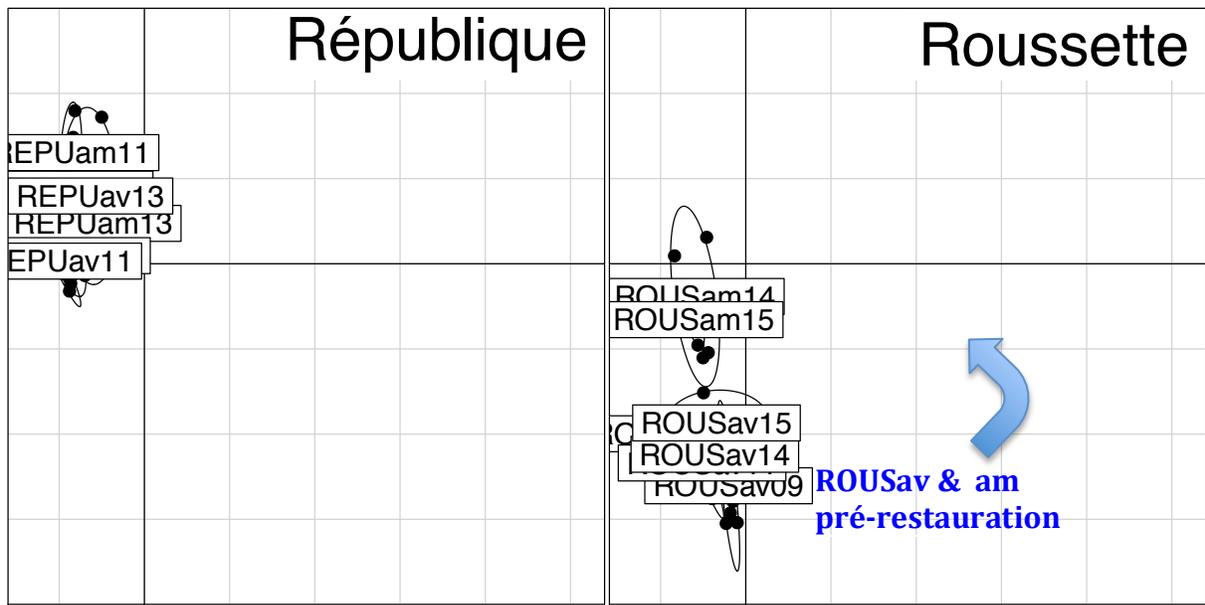
Annexe 2a



Annexe 2b



Annexe 2c



Annexe 2d