HAL
open science

Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'étape 2011

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Samuel Segura, Sylvie Mérigoux, Maxence Forcellini, Pierre Sagnes, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, Emmanuel Castella, Olga Béguin, et al.

To cite this version:

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Samuel Segura, Sylvie Mérigoux, Maxence Forcellini, et al.. Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'étape 2011. [Rapport de recherche] CEMAGREF; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2011. halshs-01240861

HAL Id: halshs-01240861

https://shs.hal.science/halshs-01240861

Submitted on 24 Apr 2024

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

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

Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône
Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve

Rapport d'étape 2011

Coordination générale J.M. Olivier (UMR CNRS 5023) & N. Lamouroux (IRSTEA Lyon)

Réalisation du Rapport

Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUROUX** (Cemagref – Lyon) et **Samuel SEGURA** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Pierre SAGNES, Antonin VIENNEY, Julien VALLES, Dominique REYNAUD et Morgane NOVAK (UMR CNRS 5023).

Partie Invertébrés du chenal : **Sylvie MÉRIGOUX** (UMR CNRS 5023, Université Lyon1), **Maxence FORCELLINI** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1) et **Pierre SAGNES** avec la collaboration de Chloé MATHIEU, Laetitia PATTARD, Dominique REYNAUD**,** Julien VALLES, Valérie NOUNE (UMR CNRS 5023).

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Jérémie RIQUIER** et **Hervé PIEGAY** (UMR CNRS 5600 - Universités Lyon 3 / Lyon 2 / ENS de Lyon). Missions de terrain réalisées avec la collaboration de Johan Berthet, Anaïs Turpin, Guillaume Fantino, Kristel Michel et Vincent Wawrzyniak.

Partie Végétation des lônes : **Samuel SEGURA** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), échantillonnage réalisé par Asconit Consultant.

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA, Olga BEGUIN, Estelle BERTHOLET, Hélène MAYOR, David McCRAE** (Université de Genève)

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

Les données hydrologiques sont fournies par la CNR.

Sommaire

Synthèse 5
1) Introduction 16
2) Approche thématique 26
2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie 26
2.1.1 Opérations de restauration 26
2.1.2 Hydrologie 28
2.1.3 Hydraulique du chenal 28
2.2 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône) 30
2.2.1 Objectifs et méthodologie 30
2.2.2 Echantillonnages 30
2.2.3 Résultats 31
2.3 Les invertébrés du chenal 48
2.3.1 Objectifs et méthodologie 48
2.3.2 Echantillonnage 49
2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage 49
2.3.4 Bilan multi-sites 50
2.3.4.2 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC 51
2.3.4.2 Préférences hydrauliques des peuplements dans l'ensemble des RCC 57
2.3.5 Conclusions et perspectives 68
2.4 Hydromorphologie des lônes 70
2.4.1 Objectifs et méthodologie 70
2.4.2 Récapitulatif des données acquises depuis le début du projet 71
2.4.3 Rappel des conclusions et des perspectives du rapport 2010 72
2.4.4 Etat d'avancement de la caractérisation du fonctionnement hydrologique de bras restaurés 73
2.4.5 Résultats de la campagne de l'été 2011 (sites restaurés des tronçons de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et de Pierre-Bénite) 74
2.4.5.1 Analyse des valeurs et des tendances au comblement sédimentaire des lônes restaurées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite 75
2.4.5.2 Analyse de l'évolution temporelle des hauteurs d'eau observées des lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite dans leur état post-réhabilitation 80
2.4.6 Conclusions et perspectives de recherche pour 2012 82
2.5 Végétation dans les lônes 83
2.5.1 Rappel des objectifs 83
2.5.2 Stratégie d'échantillonnage 83
2.6 Les communautés de macroinvertébrés des 18 lônes suivies à Belley et Brégnier-Cordon quatre ans après restauration. 85
2.6.1 Introduction 85
2.6.2 Echantillonnage. 85
2.6.2.1 Localisation des sites. 85
2.6.2.2 Description de l'habitat 86
2.6.2.3. Echantillonnage de la macrofaune 86
2.6.3.4 Analyse des données et calcul des métriques 88
2.6.3 Résultats du suivi par lônes 90
2.6.3.1 Lônes de Belley 90
2.6.3.2 Bilan pour le secteur de Belley : changements de composition faunistique post-restauration. 104
2.6.3.4 Bilan pour le secteur de Brégnier-Cordon : changements de composition faunistique post-restauration 126

2.6.4 Analyses globales sur les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon. 130
2.6.4.1 Impact de la restauration sur la richesse des communautés d'invertébrés 130
2.6.4.2 Impact de la restauration sur la diversité des communautés d'invertébrés entre sites restaurés 132
2.6.4.3 Bilan concernant les espèces exogènes. 134
2.6.5 Bilan synthétique. 138
2.6.5.1 Résumé par lônes restaurées. 138
2.6.5.2 Tendances générales. 139
2.6.5.3 Perspectives. 139
2.7 Peuplements de poissons des lônes. 141
2.7.1 Objectifs et méthodologie 141
2.7.2 Échantillonnages 141
2.7.3 Résultats 142
2.7.4 Bilan multi-sites 155
2.7.5. Conclusions 164
3. Approche géographique 166
3.1 Chautagne 166
3.2 Belley 169
3.3 Brégnier-Cordon 175
3.4 Miribel-Jonage 182
3.5 Pierre-Bénite 183
3.6 Péage-de-Roussillon 186
3.7 Montélimar 190
3.8 Donzère-Mondragon 192
4. Conclusion générale 197
5. Références bibliographiques 200
Annexes thématiques 207

Synthèse

Les **huit sites prioritaires** du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (ex-programme décennal de restauration) sont actuellement suivis. Quatre de ces sites ont été restaurés : Pierre-Bénite (2000), Chautagne (2004), Belley (2005) et Brégnier-Cordon (2006).

Le projet de restauration de la lône de la Roussette (Montélimar), initialement prévu fin 2010 – début 2011, a été repoussé, et a débuté fin 2011, il ser achvé en automne 2012. À Péage-de-Roussillon, seules la lône du Noyer Sud a été réhabilitée en 2011, les travaux dans la lône de la Sainte débuteront à l'automne 2012. Les propositions concernant les modalités de modification du régime de débit réservé ont été formulées, elles sont originales par rapport à celles adoptées sur les quatre sites en amont car elles proposent des variations saisonnières destinées à favoriser les communautés végétales et animales des zones de grèves alternativement inondées et exondées ; elles prennent également en considération les besoins hydriques de la forêt alluviale de l'Île de la Platière.

L'état d'avancement des projets de restauration des autres sites n'est pas connu. Les projets de restauration des sites de Miribel et de Donzère-Mondragon sont en cours d'élaboration.

Le suivi scientifique du programme de restauration du Rhône consiste donc en 2011 à mesurer **l'évolution post-restauration des quatre sites restaurés** (effets de l'augmentation des débits réservés dans les vieux-Rhône et suivi de l'évolution des annexes fluviales restaurées) et de **poursuivre la définition des états initiaux des sites candidats à la restauration**.

Augmentation des débits réservés

L'analyse des **effets des augmentations de débits réservés** repose sur le couplage de modèles hydrauliques et de modèles de préférences d'habitats des macroinvertébrés benthiques et des poissons. L'augmentation du débit réservé se traduit par des modifications des caractéristiques de l'habitat hydraulique dans les vieux-Rhône (modification des distributions de fréquence des paramètres clefs : hauteur, largeur, vitesse d'écoulement, contrainte au fond). L'établissement des courbes de préférence des organismes aquatiques vis-à-vis de ces paramètres et le couplage avec les modèles hydrauliques permet de prédire les modifications de composition (fréquence des espèces) des peuplements associées aux changements de débits.

Volet Poissons

Le suivi post-augmentation de débit réservé concerne les sites de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre Bénite. La collecte de données pour la caractérisation des états initiaux se poursuit sur le Canal de Miribel, les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère.

- Le bilan du suivi post-restauration dans les trois secteurs du Haut-Rhône souligne :
  - que **les résultats 2011 confirment les tendances observées précédemment**, avec l'augmentation de la proportion « des espèces d'eaux courantes », mais de très fortes fluctuations inter-annuelles de cette

métrique en particulier, et de l'abondance relative des différentes espèces d'une manière plus générale, sont enregistrées. La durée du suivi, de 5 à 7 ans après augmentation du débit réservé selon les sites, est encore insuffisante pour apprécier de manière pertinente l'effet du relèvement du débit sur les peuplements de poissons, mais permet toutefois d'observer les premières tendances d'évolution.

- que les attendus sont identiques sur les trois sections court-circuitées mais que les enjeux diffèrent d'un secteur à l'autre en fonction de la structure des peuplements et de certaines populations (hotus, vandoises, truites, ombres communs).
- que la **complexité hydromorphologique du Rhône et la gestion des débits**, même dans les sections court-circuitées, **induisent une variabilité inter-annuelle du succès de reproduction des espèces et de leur répartition spatiale** qui ont une influence importante sur les résultats du suivi annuel : le fait par exemple que des poissons issus de la reproduction de 2008, faiblement échantillonnés en 2008, soient capturés de manière conséquente en 2009, illustre cette variabilité ; le fleuve reste un système complexe dont le fonctionnement ne peut être appréhendé que sur une échelle temporelle longue.
- que dans le secteur de Chautagne, un effet significatif du relèvement des débits réservés devrait se traduire à moyen terme par une restauration des populations de hotus, vandoises et ombres communs avec intégration progressive des différentes classes d'âges dans la structure des populations, ce qui n'a toujours pas été observé jusqu'en 2011 pour le hotu et la vandoise. En automne 2012, une attention particulière portera sur les ombres du chenal afin de déterminer si les juvéniles pêchés cette année intègrent les classes d'âges supérieures. **L'augmentation de la proportion d'espèces d'eaux courantes résulte essentiellement de l'augmentation des proportions d'ablettes et de barbeaux fluviatiles**.
- que le peuplement du secteur de Belley ne présente pas les problèmes structurels de celui de Chautagne et que **l'effet du relèvement des débits réservés est inattendu et contraire aux prédictions** (diminution de la proportion des espèces « d'eaux courantes »). L'interprétation de la **réponse biologique à ces modifications de débit** ne prend du sens que sur **le moyen ou le long terme** en raison de la **bonne qualité du peuplement de poissons** avant relèvement des débits. Les données collectées depuis 2005 mettent surtout en évidence une variabilité inter-annuelle de la distribution spatiale des poissons et du succès de reproduction.
- que **les enjeux du relèvement du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon sont plus limités que pour les deux autres secteurs**, seule la partie entre le barrage de Champagneux et la confluence avec le Guiers étant concernée par la modification de débit. **Les tendances observées sont moins évidentes** et ne devraient pas apparaître comme une conséquence de la modification du débit réservé.

- **Les résultats obtenus dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite confirment la tendance observée depuis plusieurs années** (augmentation de la proportion d'espèces d'eau courante depuis la modification du débit réservé) et l'analyse détaillée montre que les changements observés sont dynamiques et différenciés

suivant les classes de tailles. Ceci vient confirmer la réponse attendue du peuplement de poissons au changement de débit pour cette métrique.

- L'image du peuplement de poissons du Canal de Miribel obtenue avec les résultats des pêches réalisées ces dernières années révèle la très forte proportion de vairon et d'espèces typiques des radiers (spirlin, barbeau et loche franche), mais aussi d'espèces d'eaux courantes commes le hotu dont la population semble bien installée et structurée. Ce Vieux Rhône possède également des capacités d'accueil pour des cyprinidés rhéophiles de grande taille (hotus, barbeaux, vandoises) ou de salmonidés (ombre commun par exemple). L'apron du Rhône pourrait également être présent.
- Dans les trois autres secteurs du Bas-Rhône,
  - **le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon apparaît toujours comme un des secteurs les plus productifs** avec des effectifs échantillonnés nettement supérieurs à ceux des autres secteurs, **à l'exception de 2010 et 2011 où les effectifs sont inférieurs aux années précédentes**, probablement du fait d'un succès de reproduction modéré ces deux années. Le caractère lentique de la majeure partie de ce vieux-Rhône (effet du seuil de Peyraud) associé à des températures élevées défavorisent les espèces les plus exigeantes (espèces plus sténothermes, appréciant les températures fraiches avec peu d'amplitude thermique et de très bonnes conditions d'oxygénation) ; une population de hotus et de barbeaux se maintient néanmoins dans la partie amont (seuil d'Arcoules).
  - Le peuplement du vieux-Rhône de Montélimar est dominé par le chevaine, l'ablette et est variable pour les autres espèces ; parmi les espèces « d'eaux courantes », le hotu a des effectifs plus élevés en 2011 et le barbeau reste relativement peu fréquent dans les échantillons.
  - Le vieux-Rhône de Donzère se caractérise par la présence de nombreux radiers favorisant les espèces « d'eaux vives » (spirlin, barbeau fluviatile, loche franche), les proportions de hotus et de barbeaux sont plus importantes par rapport au secteur de Montélimar. **Le vieux Rhône de Baix-le-logis-Neuf a été échantillonné pour la première fois en 2010, le vairon semble très abondant dans ce secteur.**

L'utilisation de métriques synthétiques comme la proportion « d'espèces d'eau courante » pour mesurer les effets des augmentations de débits est pertinente dans le contexte du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite. Néanmoins, elle s'appuie implicitement sur l'analyse de données plus précises comme l'analyse de la structure en tailles (ou en âges) des populations cibles (hotus, vandoises, ombres communs) et l'analyse de la variabilité inter-annuelle du succès de reproduction (mesurée par la proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons). Il est également nécessaire d'intégrer dans l'analyse l'effet à moyen terme de la restauration écologique des annexes fluviales (lônes) qui peuvent jouer un rôle important pour la reproduction, le développement et la croissance des jeunes stades (larves et juvéniles de l'année) mais aussi comme potentielles zones refuge pour des poissons sub-adultes et adultes. Le fonctionnement de ces hydrosystèmes aménagés reste cependant difficile à étudier avec précision et de nombreux paramètres**,** en particulier **la gestion des débits au jour le jour, la variabilité temporelle du transit des sédiments en suspension,** ainsi que **les variations du régime thermique peuvent avoir une influence sur la biologie des espèces de poissons en place.**

Volet macroinvertébrés

Un total de 39 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés a été réalisé dans le chenal des 8 Vieux-Rhône. **L'année 2010** est marquée par l'acquisition de données 1) printemps et été pré-restauration à **Péage-de-Roussillon** et à **Miribel**, 2) printemps et été post-restauration **n+6** à **Chautagne** et 3) printemps et été post-restauration à **Pierre-Bénite n+10**.

Le bilan multi-sites montre qu'en moyenne **72 taxons** et **35614 individus** par m^2 (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration dans les 7 RCC pour lesquels les données sont actuellement disponibles (les données récoltées en 2010 sont en cours de tri et de détermination). À l'échelle du secteur, la densité et la richesse taxonomique ne sont pas corrélées. Avec 86 taxons, le secteur de Brégnier-Cordon est le secteur le plus riche avant restauration malgré des densités plus faibles qu'en Chautagne et qu'à Belley. De même, le secteur de Péage-de-Roussillon présente une richesse taxonomique presque identique à celle de Belley (72 et 74 taxons respectivement) avec des densités presque deux fois plus faibles (41174 et 22579 indiv/m^2). Globalement, les 3 secteurs de Miribel, Péage-de-Roussillon et Montélimar présentent les densités les plus faibles associées à des richesses plus faibles pour le secteur de Miribel et de Montélimar (66 et 53 taxons respectivement).

Dans les 3 secteurs pour lesquels des données pré- et post-restauration sont disponibles, le nombre de taxons et les densités diminuent au cours des campagnes post-restauration n+2 (Belley) et n+3 (Brégnier-Cordon) et chutent en n+2 en Chautagne. Au cours des campagnes post-restauration n+4 et n+5, les tendances sont complètement inversées pour les deux secteurs de Chautagne et Belley. Les densités dépassent même les densités pré-restauration. Dans le secteur de Chautagne, même si on n'atteint pas les 80 taxons rencontrés avant restauration, 9 taxons de plus sont recensés entre n+4 et n+2 et 6 taxons sont rencontrés pour la première fois en n+5. Dans le secteur de Belley, 4 ans après restauration, 9 et 20 taxons supplémentaires sont inventoriés par rapport aux campagnes pré-restauration et post-restauration n+2 respectivement. Dans le secteur de Brégnier-Cordon, la campagne d'été 2009 présente une richesse taxonomique et des densités bien plus élevées que la campagne d'été 2008 perturbée par des conditions hydrologiques très instables. Globalement, cette première campagne post-restauration n+3 aura donc permis de recenser 80 taxons dont 14 qui n'étaient pas rencontrés en 2002 avant restauration. Toutes campagnes confondues on rencontre **108 taxons** dans le secteur de Chautagne, **102** dans le secteur de Belley et **110** à Brégnier-Cordon.

Globalement, après restauration et en accord avec nos attentes, le nombre de **taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) augmente** dans les trois secteurs du Haut-Rhône. Les taxons nouvellement rencontrés dans les campagnes d'échantillonnage printemps et été post-restauration présentent des effectifs très faibles. Aussi, seules des données sur le long terme permettront de confirmer ou non leur implantation dans ces milieux et de comprendre précisément les facteurs impliqués. Une confirmation de l'augmentation du nombre de taxons EPT ne serait cependant pas surprenante après restauration, ces groupes ayant particulièrement souffert avec la réduction des débits suite à la construction des barrages hydro-electriques.

Dans l'ensemble des secteurs étudiés sur le Haut-Rhône et le Bas-Rhône, **14 espèces exogènes** sont recensées. La campagne d'été n+3 à Brégnier-cordon est marquée par une augmentation des effectifs forte pour le Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* à très forte pour *Dugesia tigrina*. De plus, dans ce secteur, *Gyraulus parvus* est recensé pour la première fois dans le chenal mais en densités très faibles. Le cortège d'espèces exogènes en Chautagne 5 ans après restauration est très semblable de celui de n+4. Les densités de *Dikerogammarus villosus* avec 133 indiv/m^2, semblent stagner et *Jaera istri* recensé pour la première fois dans

ce secteur en n+4, ne semble pas trouver les conditions nécessaires à son expansion. On note cependant une augmentation sensible des densités de *Corbicula fluminea.* Le cortège d'espèces exogènes de Donzère-Mondragon est très proche de celui observé dans le secteur de Montélimar. Un total de 11 espèces exogènes est recensé et *Dikerogammarus villosus* (591 indiv/m^2) et *Jaera istri* (4630 indiv/m^2) sont très bien implantées.

Les **pourcentages de taxons et d'individus rhéophiles augmentent après restauration dans les secteurs de Chautagne et Belley**. Ces changements entre les campagnes pré- et post-restauration sont plus lisibles en considérant les pourcentages d'individus que les pourcentages de taxons. Les taxons rhéophiles bien implantés dans le chenal sont en effet en général plus abondants. Les changements observés entre les campagnes pré- et post-restauration reposaient deux ans après restauration sur quelques taxons dont les effectifs avaient brutalement chuté ou au contraire brutalement augmenté mais reposent sur un plus grand nombre de taxons 4 ou 5 ans après restauration. L'augmentation du nombre d'individus rhéophiles qui devait être interprétée avec prudence en n+2 se confirme donc bien en n+4 et n+5. Dans les 3 secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, on observe une diminution du pourcentage des taxons limnophiles peu abondants déjà avant restauration. Tous ces changements sont à mettre en relation avec les changements des conditions hydrauliques observés à l'échelle du tronçon et pas avec notre gamme de conditions hydrauliques locales qui reste sensiblement la même entre les différentes campagnes d'échantillonnage.

Les résultats montrent qu'il n'existe toujours **pas de corrélation** nette entre les variations de valeurs d'habitat prédites et les variations des densités observées sur le terrain avant et après restauration dans le secteur de Chautagne lorsqu'on ajoute les données post restauration n+5 aux données n+2 et n+4. Cependant, lorsque des **données "long terme" avant restauration** (1997-2002) sont analysées, les prédictions expliquent alors 27% des changements observées après restauration. De plus, les résultats analysant les campagnes post-restauration séparément mais avec les données long-terme pré-restauration, confirment que la validation des prédictions ne se fera précisément que sur du long terme. En effet, les prédictions expliquent un pourcentage plus fort lorsqu'on considère les observations sur du plus long terme après restauration (jusqu'à **36 % des changements de densités observés 5 ans après restauration).**

Cependant, les données récoltées cinq années après restauration ne suffisent pas encore pour valider parfaitement nos prédictions et plusieurs paramètres indépendants de la restauration viennent troubler ces résultats (e.g. facteurs hydro-climatiques, variations de débits journaliers dues à la gestion des barrages ou l'implantation récente d'espèces invasives). De plus, des améliorations méthodologiques seront apportées pour augmenter notre pouvoir prédictif. Ainsi, de nouveaux modèles biologiques seront soit développés pour les espèces apparues après restauration (e.g. espèces exogènes) ou pour les taxons qui étaient faiblement représentés avant restauration, soit affinés pour certains taxons dont les effectifs n'étaient pas suffisants pour obtenir un modèle précis. Cette nouvelle phase de modélisation permettra aussi de définir les modèles biologiques pour les espèces du Bas-Rhône qui ne sont pas présentes sur le Haut-Rhône.

Réhabilitation des lônes

Volet sédimentologie

Ce rapport contient une synthèse des traitements intermédiaires finalisés qui ont été menés au cours de l'année.

Le travail réalisé à partir des photographies aériennes et des documents d'archives à présent disponibles est présenté. Un peu plus de 200 documents ont été géoréférencés et intégrés dans un SIG. Les RCC de Chautagne, de Belley, de Brégnier-Cordon, de Pierre-Bénite, de Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon sont désormais couverts. Ces documents ont pour vocation :

- de dater la déconnexion amont des bras étudiés afin d'estimer leur taux annuel de sédimentation avant restauration (en cours)
- d'établir une typologie de l'évolution planimétrique du réseau d'anabranches et des bras secondaires du fleuve, en lien avec l'historique des aménagements (digues submersibles, casiers, barrages). Elle permettra de mieux cerner les facteurs contrôlant la sédimentation des bras morts avant restauration (en cours).

En complément du suivi piézométrique, un modèle hydraulique 1D a été élaboré à partir d'un couplage du MNT de haute résolution planimétrique et de haute précision en *z* avec les lois hauteur-débit et les lignes d'eau fournies par les services de la CNR. La démarche vise à mieux comprendre la dynamique de mise en eau des lônes et de caractériser les faciès d'écoulement. A présent, nous devons procéder à la validation du modèle à partir des chroniques piézométriques disponibles et des relevés des cotes maximales atteintes dans les bras lors de la crue de Décembre 2010 (acquisition DGPS prévue pour la fin de l'été 2011).

Le bilan multi-sites montre que trois types de réponses morpho-sédimentaire sont identifiés pour les bras restaurés. Il s'agit :

i) **des bras vifs permanents** (Lucey, Anse-de-Yenne, Mathan, Vachon) **ou semi-permanents** (Fournier). Ils ne présentent pas d'accumulation de sédiments fins significative. Ces systèmes sont pérennes.

ii) des **lônes** présentant des fonds graveleux **périodiquement décapés** pour des épisodes de crue fréquents (Brotalet, Luisettes, Moiroud, Béard, Grange, Jaricot – toutes déconnectées à l'amont ; auxquelles s'ajoutent les cas particuliers de Cerisiers, connexion amont semi-permanente et Ciselande, connectée amont-aval). L'organisation longitudinale des dépôts de fines peut y être discontinue (LUI, BEA, GRA, CER, CIS) ou bien s'étendre sur des segments plus longs (BRO, MOI, JAR).
iii) **Les décanteurs** (Malourdie, Molottes, Ponton, Table-Ronde). Ces lônes sont déconnectées à l'amont et soumises à des retours d'eau intenses. Ces systèmes possèdent les vitesses de sédimentation les plus élevés mais elles tendent à décroître rapidement au cours du temps.

Des investigations plus poussées sont nécessaire pour une meilleure compréhension du fonctionnement hydro-sédimentaire de ces systèmes.

Volet végétation aquatique

L'analyse de l'évolution des peuplements de végétaux aquatiques, conçue comme un outil de diagnostic de l'état écologique des annexes et de leurs potentialités d'évolution (durée de vie, trophie, comblement…), apporte des informations sur le fonctionnement intrinsèque de ces zones humides. Ainsi, pour chaque lône un diagnostic floristique est réalisé en prenant en compte trois critères :

- **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).
- **La présence d'apports d'eaux souterraines,** paramètre important pour le fonctionnement de la zone humide, peut augmenter la durée de vie des annexes fluviales. Elles contribuent, par leurs caractères sténothermes et fraîches, au maintient de températures froides, ce qui limite la production végétale et notamment la prolifération algale. Ces conditions peuvent contribuer à limiter l'accumulation de matière organique (en fonction de la capacité hydraulique de la lône) ce qui favorise sa durée de vie.

Le suivi post-restauration concerne 4 lônes du secteur de Belley (Luisettes, Moiroud, Béard et Fournier), 6 lônes du secteur de Brégnier-Cordon (Chantemerle, Granges, Molottes, Ponton et Plaine) et 3 lônes du secteur de Pierre Bénite (Ciselande, Jaricot et Table Ronde). L'état initial a été réalisé sur les secteurs de Péage-de-Roussillon (complété en 2009), Montélimar et Donzère-Mondragon. le rapport prcédent présentait les résultats de la sixième campagne d'échantillonnage post-restauration du secteur de Pierre-Bénite et la deuxième campagne d'échantillonnage post-restauration du secteur de Brégnier-Cordon.

Le secteur de Pierre-Bénite est composé de trois lônes dont le fonctionnement diffère. Parmi elles, Ciselande possède une dynamique régressive de sa succession écologique (curage très important lors des crues) résultant de sa forte connexion au Rhône à l'amont pendant les périodes de hauts débits. Les changements morphologiques du chenal (incision du lit principal au niveau de l'aval de la lône) semblent avoir modifié les fréquences de connexion de la lône avec les eaux superficielles du Rhône, ce qui augmente la difficulté d'appréhender la dynamique végétale sur l'ensemble du linéaire très diversifié en habitats. La lône de la Table Ronde, reconnectée à l'aval, est sujette à l'alluvionnement, et l'absence de rajeunissement lors des crues (équilibre dynamique entre sédimentation et érosion par les crues) entraine une uniformisation du cortège floristique autour de quelques espèces compétitrices. Enfin, la lône de Jaricot se caractérise par un peuplement en partie lié à ses connexions avec la nappe de versant.

Les lônes du secteur de Brégnier-Cordon sont sujettes à des phénomènes d'alluvionnement (Molottes, Ponton et la petite lône à l'aval de Chantemerle), et à des

contraintes mécaniques liées à l'intensité et/ou la fréquence des perturbations par les crues (Chantemerle et Granges).
Les résultats concernant le secteur de Belley montrent de légères évolutions en termes de connexions phréatiques et d'alluvionnement. Pour Béart, Luisettes, Moiroud, les débits transitant lors des crues semblent encore insuffisants pour limiter les processus d'alluvionnement et les résultats obtenus lors des deux campagnes d'échantillonnage ne permettent pas encore de statuer sur un changement définitif d'état en lien avec les opérations de restauration. La lône Fournier est bien différente des autres car il s'agit d'une annexe fluviale fréquemment parcourue par les écoulements de crue. La partie amont est fortement alimentée par le sous-écoulement (percolation à travers le banc de galets depuis le vieux-Rhône). La séparation entre la partie amont et la partie aval est en cours d'exhaussement et les caractéristiques de ces deux parties sont très différentes, la sédimentation (limons) dans la partie aval étant assez marquée.
L'espèce invasive *Elodea nuttallii,* est devenue dominante dans les lônes de Belley et se développe fortement à Brégnier-Cordon. Elle possède un pouvoir de colonisation important après perturbation, principalement sur les milieux soumis à l'alluvionnement, mais reste sensible aux phénomènes d'exondations. Par ailleurs, sa régression observée sur le site de Pierre-Bénite en 2008 ne semble pas pérenne, car les relevés 2010 indiquent son retour.

Une seule campagne d'échantillonnage a été réalisée sur les lônes de Donzère-Mondragon, Montélimar et Péage de Roussillon entre 2008 et 2009. Elle constitue un premier jeu de données permettant de statuer sur leurs fonctionnements écologiques pré-restauration, et d'orienter les objectifs des futures interventions de restauration, en prenant en compte les différents retours d'expériences déjà acquis sur le Rhône. Une deuxième campagne d'échantillonnage est prévue en 2012 et contribuera à améliorer les connaissances des processus sous-jacents au fonctionnement des lônes. La variabilité inter-annuelle pré-restauration inhérente aux changements floristiques pourra ainsi être évaluée plus précisément.

Volet macroinvertébrés benthiques

Le rapport présente l'évolution des communautés de macroinvertébrés des 18 lônes suivies à Belley et Brégnier-Cordon quatre ans après restauration.

Secteur de Belley

L'analyse des variations de composition faunistique des stations au cours du temps à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Belley a été réalisée de manière synthétique avec une méthode d'ordination (AFC qui positionne les stations à une date donnée en fonction de la ressemblance de leurs compositions). L'analyse montre d'abord le maintien d'une structure spatiale forte qui différencie les lônes au-delà de leurs changements temporels. Elles s'ordonnent le long d'un gradient croissant de relation avec le fleuve selon la séquence : Béard / Moiroud / Luisettes / Fournier / Lucey / Chantemerle / Lône d'en l'île.

La dérive temporelle de chaque site considéré individuellement montre les tendances suivantes :

- les changements post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord majoritairement dans le sens d'une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;
- des changements importants ont lieu dans des sites très modifiés par recreusent ou reconnexion : Béard amont et aval, Lône d'en l'île amont et aval, mais également dans certains sites non modifiés du point de vue sédimentaire (Moiroud amont, Lucey amont) ;

- dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : Béard amont et aval, Moiroud amont et aval, Luisttes amont, Fournier amont et aval, Lône d'en l'île aval. Le « retour » à t+4 vers un état proche de la situation pré-restauration est particulièrement notable dans les mouilles amont de Moiroud amont et Luisettes amont. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour Luisettes aval, Lucey et Lône d'en l'île amont.

- Les lônes de Chantemerle et Lucey sont, comparativement, les plus stables du point de vue faunistique au cours de la période d'étude.

Secteur de Brégnier-Cordon

Comme pour les données du secteur de Belley, l'analyse des variations de composition faunistique des stations au cours du temps à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Brégnier-Cordon a été réalisée avec une méthode d'ordination (AFC qui positionne les stations à une date donnée en fonction de la ressemblance de leurs compositions). A Brégnier-Cordon, le suivi de plusieurs lônes « de référence » très isolées du fleuve, ainsi que les changements très radicaux ayant été entrainés par la restauration dans les lônes de Vachon et Mathan, conduisent à la distinction de deux groupes de sites, sans le gradient de cas intermédiaires évident à Belley.

La dérive temporelle individuelle de chaque site restauré (Figure 24) ou non restauré (Figure 25) montre les tendances suivantes :

- comme à Belley, les changements faunistiques post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord dans un sens indiquant une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;
- des changements radicaux ont lieu à Vachon, reconnectée par l'amont au Rhône, et à Mathan, où le thalweg asséché, parsemé de quelques mouilles, a été transformé en un chenal à courant permanent. La composition faunistique de ces deux lônes converge dès t+2 vers celle de la lône du Tonkin, référence lotique du secteur. Des changements importants caractérisent aussi l'aval des Molottes, où une mouille temporaire à été très approfondie et connectée par l'aval au Rhône ;
- également, comme à Belley, dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : Granges aval, Molottes aval, Ponton aval, Vachon. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour Granges amont et Mattant. Dans tous les cas, les changements entre t+2 et t+4 (ou t+5 pour Vachon) pour les sites restaurés, sont d'un ordre de grandeur très inférieur à celui observé entre la situation pré-restauration et t+2;
- les changements faunistiques mesurés dans les sites non restaurés témoignent d'une stabilité supérieure à celle des sites restaurés. Des « oscillations » sont observables, souvent dans des milieux de petite taille (Molottes amont, Ponton amont, Plaine amont) comme c'était le cas à Moiroud amont du secteur de Belley.

Bilan synthétique par lône

Secteur de Belley

<u>Lône Béard</u> – Une lône exceptionnelle à l'échelle du secteur par sa richesse taxonomique indiquant des conditions d'habitat très diversifiées. Cette richesse a été accentuée par la restauration. L'atterrissement rapide pose la question de la pérennité - à l'échelle du secteur - de tels stades transitoires particulièrement diversifiés.

Lône Fournier – La lône demeure très riche en espèces d'insectes. Toutefois, une tendance à la baisse de cette richesse et à la croissance concomitante des densités d'espèces invasives doit être suivie.

Lône de Lucey – La lône est un exemple d'augmentation modérée de la richesse consécutive à la restauration, accompagnée d'une croissance de la richesse des espèces exogènes et de leur densité.

Lône d'En l'Ile – Les indicateurs faunistiques traduisent le succès de la création d'un chenal courant permanent. Avec Fournier et Béard, une troisième lône particulièrement riche en espèces d'insectes après restauration dans le secteur de Belley. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Luisettes – La faune benthique ne traduit pas d'évolution notable post-restauration. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Lône Moiroud - Comme dans la lône des Luisettes, la faune benthique traduit un maintien des conditions pré-restauration en termes de richesse. Comme à Béard, l'atterrissement local doit être suivi à l'amont de la lône et son impact sur les communautés évalué. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Secteur de Brégnier-Cordon

Lône des Granges - La lône est un exemple d'augmentation des richesses en insectes EPT dans un contexte de recreusement sans reconnexion complète. Les espèces exogènes demeurent à faible niveau.

Lône Vachon - La composition des communautés d'invertébrés change profondément en réponse à la reconnexion amont-aval, mais les richesses taxonomiques sont peu modifiées. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Molottes - La portion restaurée de la lône connait une claire augmentation des richesses taxonomiques, mais également une progression marquée et constante au fil des trois dates, des richesses et densités d'exogènes.

Lône Mathan - Comme dans la lône des Molottes, la composition de la communauté est transformée par la restauration. Les richesses réagissent plus fortement du fait du caractère très temporaire de la lône avant restauration. L'augmentation des espèces exogènes est marquée, leurs densités demeurent basses.

Lône Ponton - La restauration de la zone aval entraine une progression de la richesse de la communauté. La richesse en espèces exogènes augmente également, sans qu'il y ait de tendances nettes au niveau de leurs densités.

Volet peuplement piscicole dans les lônes

Les annexes fluviales sont des sites dans lesquels la production primaire et secondaire est plus importantes que dans le chenal. Elles offrent des conditions de nutrition très favorables pour l'ensemble des classes d'âge des populations de poissons. Leur rôle en tant que zone de reproduction et de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons est connu depuis longtemps. Ces aspects naturels de la biologie et de l'écologie des poissons en milieu fluvial confèrent aux peuplements de ces hydrosystèmes une grande diversité spécifique qui les distingue des cours d'eau de plus petite dimension et dépourvus de plaine d'inondation. Cependant, toutes les annexes fluviales ne possèdent pas les mêmes caractéristiques d'habitat ni la même capacité d'accueil pour les espèces de poissons du Rhône. La réhabilitation des lônes du Rhône met donc à disposition des poissons des milieux différents.

Parmi les 14 lônes suivies après restauration sur le Haut-Rhône, **trois d'entre elles (Brotalet, Molottes et Ponton) présentent des caractéristiques de zones annexes bénéfiques pour la reproduction et la croissance de nombreuses espèces de poissons**. Elles abritent des effectifs importants dont la plupart sont des juvéniles avec des proportions d'espèces phytophiles et litho-phytophiles plutôt élevées par rapport aux autres lônes. D'autres comme la lône des Luisettes et la lône de Moiroud semblent évoluer vers une modification de fonctionnement plus favorable aux espèces attendues dans ce type de milieux (tanches, rotengle, brochet, bouvière…). Certaines annexes comme la lône des Cerisiers possèdent des habitats convenant à différentes classes d'âge, d'autres jouent le rôle d'annexes courantes (Vachon, Mattant) et abritent une faune lotique caractéristique (jeunes cyprinidés rhéophiles, truitelles, chabot, lamproie de Planer…). Parmi ces bras secondaires reconnectés par l'amont et l'aval, l'évolution à court terme après restauration est variable, l'Anse de Yenne a perdu son caractère lotique à l'exception de sa partie aval, la lône des Cerisiers est sujet à une sédimentation rapide dans sa partie médiane, qui tend à s'atténuer ces dernières années, et la lône Mattant conserve ses caractéristiques courantes. Les autres annexes restaurées ne semblent pas présenter de caractéristiques compatibles avec des densités de poissons importantes.

Il faut néanmoins considérer ces résultats dans leur contexte temporel et rester conscient du fait que ces annexes réhabilitées sont encore en pleine évolution. Une attention particulière devra être portée aux lônes du secteur de Belley en raison de faibles effectifs échantillonnés ces deux dernières années.

Parmi les sites non-restaurés pendant la rédaction de ce rapport, le système « Platière » actuellement en eau constitue une annexe fluviale particulièrement importante dans le secteur de Péage de Roussillon hébergeant un grand nombre d'espèces et offrant des conditions de reproduction et de croissance de qualité. La diversité des habitats, depuis des zones courantes jusqu'à des secteurs stagnants riches en végétation aquatique, permet le maintien d'une diversité faunistique importante. Une attention particulière sera portée lors des prochaines pêches du fait de sa récente restauration fin 2011/début 2012.

Dans le secteur de Montélimar, la lône de la Roussette dont la restauration est prévue fin 2011, pourrait jouer, au même titre que la « Platière », un rôle important pour les populations de poissons.

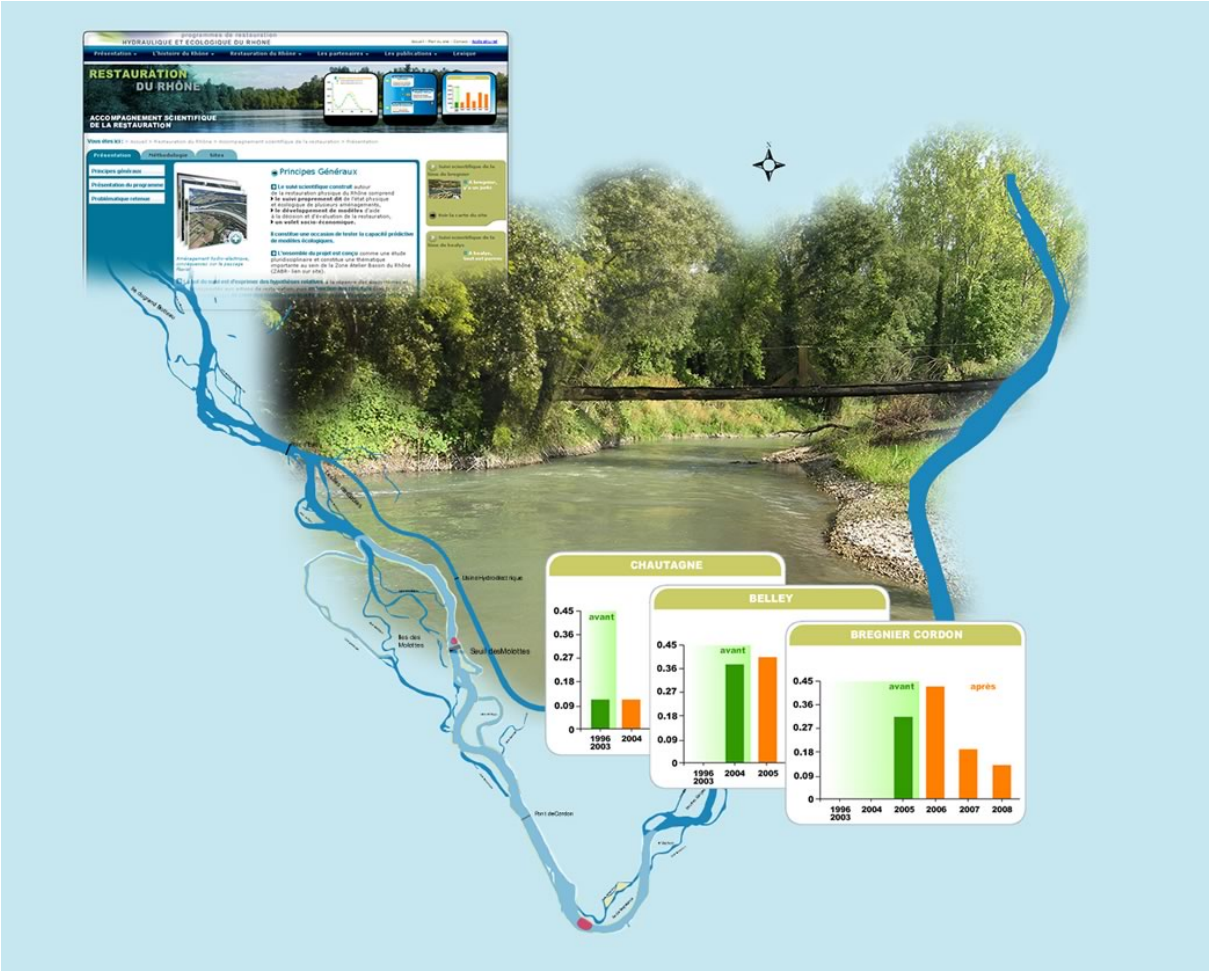
Dans le secteur de Donzère, **l'échantillonnage réalisé en 2011 dans les 6 lônes sélectionnées a mis en évidence une biodiversité piscicole relativement importante** (24 espèces de poissons échantillonnées) et des différences inter-lônes. La poursuite de l'échantillonnage de ces lônes en 2012 et les années suivantes permettra d'établir un état initial précis.

1) Introduction

Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le nouveau plan Rhône (2007-2013), comprend trois axes : la modification des débits à l'aval des barrages, la restauration d'anciens bras latéraux (lônes) et 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, et un volet socio-économique. 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 et doit être considérée comme une expérience. En effet, en raison du caractère unique et novateur de ce programme, il n'existe 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 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.

Ce rapport concernant le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (convention 2010-2013) prolonge et uniformise 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 (ex: mise en place d'un tableau de bord du suivi de la restauration et des protocoles associés, opérations de suivi des sites du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite, tests de modèles écologiques). Il prend en compte les résultats des suivis précédents.

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).



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

Le Programme de Restauration concerne 8 sites en priorité (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). Ce rapport concerne l'ensemble de ces sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme.

Le but du suivi est **d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration**, puis **en fonction des résultats** (validation ou non des hypothèses) de **créer des modèles explicatifs et/ou prédictifs pouvant être utilisés comme retour d'expérience pour les actions de restauration futures.**

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.

Le suivi est basé sur des travaux expérimentaux et des méthodes d'échantillonnage qui ne font pas l'objet d'une normalisation. Il se décompose en deux phases successives. La première concerne la **description**, au cours de l'année (ou des années) précédant les modifications de débits réservés et les travaux de restauration des lônes, **de l'état écologique initial** du site. La seconde phase concerne le suivi après l'augmentation des débits réservés et les travaux de restauration des lônes afin de mettre en évidence les **évolutions des composantes écologiques**.

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.

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-influencées hydrauliquement des Vieux-Rhône, c'est-à-dire non soumises au remous des aménagements hydroélectriques situés immédiatement en amont.

Sur l'ensemble des sites le suivi des lônes comporte quatre thématiques : le suivi de la sédimentation, le suivi de la végétation aquatique, le suivi de la faune macro-invertébrée et le suivi des communautés piscicoles. Toutes les lônes restaurées ne font pas l'objet d'un suivi, le tableau suivant présente une synthèse des lônes suivies et des thématiques concernées pour chaque lône.

		Thematiques			
Secteurs	Types de milieu	Poissons	Invertebres	Vegetation	Sedimentation
Chautagne	Chenal	X	X		
	Lone de la Malourdie	X			X
	Lone du Brotalet	X			X
Belley	Chenal	X	X		
	Lone des Luisettes	X	X	X	X
	Lone Moiroud	X	X	X	X
	Lone Beard	X	X	X	X
	Lone Fournier	X	X	X	X
	Anse de Yenne	X	X		X
	Lone de Lucey		X		X
Bregnier-Cordon	Chenal	X	X		
	Lone de Chantemerle	X	X	X	X
	Lone des Granges	X	X	X	X
	Lone Vachon	X	X		X
	Lone des Cerisiers	X			X
	Lone des Molottes	X	X	X	X
	Lone Mattant	X	X		X
	Lone du Ponton	X	X	X	X
	Lone de la Plaine		X		X
Canal de Miribel	Chenal	X	X		
Pierre-Benite	Chenal	X	X		
	Lone de la Table Ronde			X	X
	Lone de Ciselande			X	X
	Lone de Jaricot			X	X
Peage de Roussillon	Chenal	X	X		
	Lone de la Platiere	X	X	X	X
	Lone Noye Nord	X	X	X	
	Lone Noye Sud				X
	Ilon	X	X	X	X
	Lone de la Boussarde			X	
	Casiers Arcoules			X	X
	Lone de la Sainte		X	X	X
Montelimar	Chenal	X	X		
	Lone de la Barcasse			X	
	Lone dela Roussette	X	X	X	X
Donzere-Mondragon	Chenal	X	X		
	Lone Grange ecrasee	X	X	X	X
	Lone de Malatras		X	X	
	Lone du Carre	X	X	X	X
	Lone de la Republique		X	X	X
	Lone Malaubert	X	X	X	X
	Lone du Bayard	X	X	X	X
	Lone de Caderousse	X	X	X	X
	Lone des Joncs	X	X	X	X

Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lônes suivis entre 2003 et 2011) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. Les quatre secteurs en bleu sont les secteurs déjà restaurés. A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration de la lône du noyer sud ont été réalisés durant l'hivers 2011-2012, elle est actuellement en eau, et celle de la Sainte devraient débuter dès l'automne 2012. A Montélimar, les travaux dans la lône de la Roussette ont débuté fin 2011 et sont en cours de finalisation. A Donzère, le choix des lônes pour l'établissement de l'état initial a été effectué au printemps 2009, pour les thématiques sédimentation, végétation et macroinvertébrés, l'échantillonnage a été effectué en 2009, l'échantillonnage des poissons a été réalisé en 2010. En 2011, il n'y a pas eu d'échantillonnage de la végétation.

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 des populations de poissons « cibles »,
- 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,
- essai de 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),
- gestion du tableau de bord et restitution des résultats sous différentes formes.

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 (lônes),
- de réaliser une maquette de tableau de bord reposant sur des bases de données et l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG), ce tableau de bord constituant avant tout un outil de **consultation synthétique** et cartographique à la disposition des chercheurs, gestionnaires et grand public.

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).

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 : spirlin, BLN : Blageon, LOF : loche franche, CHA : chabot, OBR : ombre commun, ABL : ablette, HOT : hotu, TOX : toxostome, VAN : vandoise.

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

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

Peuplement d'invertébrés du chenal

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

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

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

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

Les taxons "intermédiaires" sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques moyennes (FST≥ 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 $10^{-1}N.m^{-2}$). Ces taxons devraient être défavorisés par les augmentations de débits dans le chenal principal et dans les lônes courantes mais devraient trouver des conditions favorables dans les lônes plus stagnantes.

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

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

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

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

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

Géomorphologie des lônes

Les deux questions posées dans le programme sont :

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

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

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

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

Végétation aquatique des lônes

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

Un *diagnostic du fonctionnement écologique* de chaque zone humide est réalisé à chaque date d'échantillonnage, à partir des données floristiques et environnementales collectées sur la zone humide. Ce diagnostic repose sur la méthode mise au point par Bornette *et al.* (1996). Pour l'établir, on procède à la mise en relation des espèces dominantes de la zone humide à une date donnée avec ses exigences écologiques (Amoros *et al.,* 2000). Les exigences considérées sont la tolérance des espèces à la charge des eaux en phosphates et ammoniaque, 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 fraiches, 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 entraine 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.

Peuplement d'invertébrés des lônes

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

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

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

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

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

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

(5) *densité totale* : nombre total d'individus au m^2

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^2 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 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.

2) Approche thématique

2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie

2.1.1 Opérations de restauration

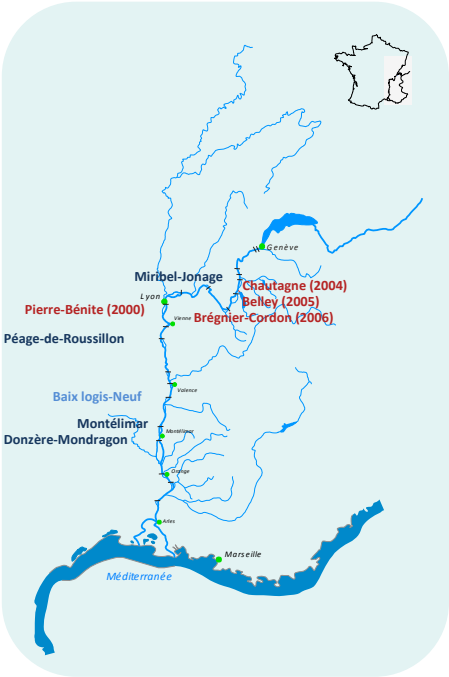


Figure 2.1.1 Carte du Rhône montant les 8 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites candidats à la restauration en bleu foncé, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné car il présente des potentialités de restauration intéressantes.

Sur les 8 sites concernés par le programme (Figure 2.1.1), quatre ont été restaurés depuis 1999.

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été le premier site restauré au cours du programme. Le débit minimum dans le vieux Rhône était de 20 m^3/s du 1er avril au 31 août et de 10 m^3/s du 1er septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à 100 m^3/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 2.1.1b) et 23 lônes ont été réhabilitées :

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

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

- passe à poissons du seuil des Molottes,
- fenêtre à poissons et castors au siphon du Séran,
- diagnostic du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage de Savières,
- diagnostic du fonctionnement de la rivière artificielle du seuil de Yenne,
- passe à poissons en rive gauche sur le Guiers à la confluence.

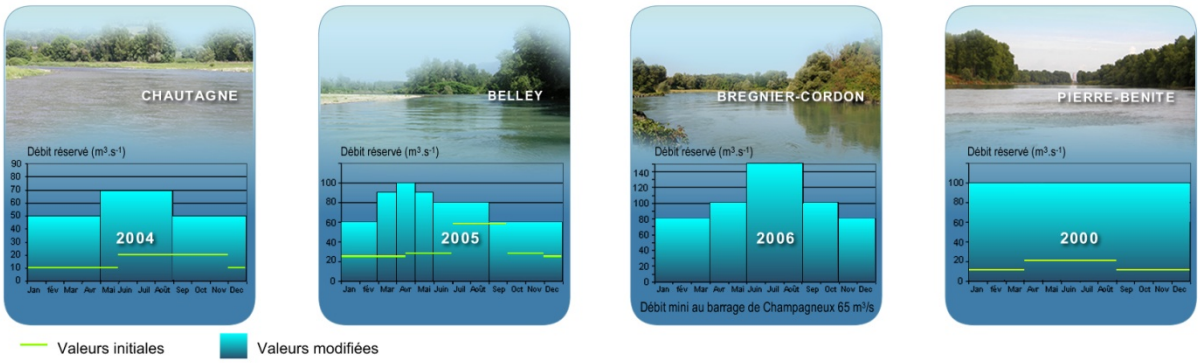


Figure 2.1.1b : valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

L'état d'avancement des dossiers des autres sites « candidats » à la restauration (Miribel-Jonage, Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère Mondragon) est variable. Le dossier concernant le site de Péage-de-Roussillon est le plus avancé et les relevés pré-restauration dans le cadre de l'établissement de l'état initial ont débuté en 2007. Les travaux de restauration sur la lône du Noyer sud ont été réalisés pendant l'hiver 2011-2012 et commenceront en automne 2012 pour la lône de la Sainte. Les opérations prévues à Montélimar, sur la lône de la Roussette, ont débuté à la fin de l'année 2011 et seront en cours d'achèvement en 2012.

2.1.2 Hydrologie

Les chroniques de débits pour l'année 2011 n'ont pas encore été fournies par la CNR, nous les intégrerons dès qu'elles seront disponibles. Cette année, le Haut-Rhône amont reste concerné par une gestion quotidienne par éclusées, qui cesse en général le week-end. Les éclusées quotidiennes se ressentent dans le RCC de Chautagne et Belley, notamment du fait des déversements fréquents de débit.

2.1.3 Hydraulique du chenal

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

1996 2002

Figure 2.1.4 : Le vieux Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

Les augmentations de débit minimum se sont traduites différemment en termes hydrauliques selon les sites. A Pierre-Bénite les vitesses au débit minimum ont été multipliées par 5 en moyenne (de 0.07 à 0.35 m/s, Figure 2.1.4), en Chautagne par 2 (de 0.38 à 0.80 m/s), moins ailleurs.

Les résultats de l'application de modèles d'habitat sur le Rhône comme ailleurs (Lamouroux & *al*. 1999, Lamouroux et 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, spirlin).

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 (barbeau, ablette, 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 $REM = QM / (\nu * LM)$ 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 ; ν est la viscosité dynamique de l'eau.

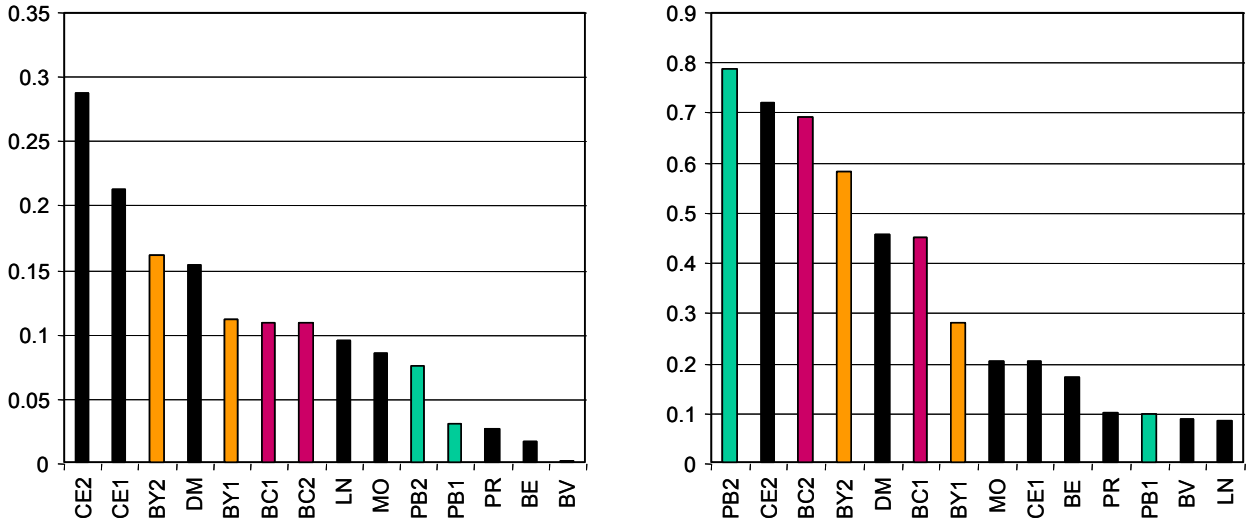


Figure 2.1.5. Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes 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 2.1.5). En revanche, l'indice lié à la morphologie est assez peu modifié par le changement de débit. A Brégnier-Cordon par exemple, il reste intermédiaire entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs actuelles de Beauchastel ou Bourg-lès-Valence.

2.2 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)

2.2.1 Objectifs et méthodologie

Le suivi des poissons du chenal a pour objectif d'observer les dynamiques du peuplement de poissons dans un contexte de diversité locale et régionale. Les observations sont comparées aux prédictions quantitatives (Lamouroux *et al.* 1999) réalisées avant restauration par des modèles couplés physique-biologie. Ces prédictions prévoient une augmentation des espèces typiques 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).

Parallèlement aux pêches réalisées dans les vieux Rhône dans le cadre de la restauration, un nombre croissant de pêches sont réalisées par l'Onema le long du fleuve, parfois dans les mêmes vieux Rhône que ceux suivis dans le cadre de ce travail (Belley (BY), Pierre-Bénite (PB), Montélimar (MO), Donzère-Mondragon (DM), Baix-le-Logis-Neuf (LN)). Les pêches de l'Onema font partie des réseaux nationaux et présentent certaines contraintes (temps, navigation, étendue de stations) qui les rendent moins adaptées à un suivi fin de la restauration. Elles avaient été largement intégrées dans le rapport 2008 afin d'une part de comparer les pêches de suivi aux pêches Onema, et d'autre part de compléter l'image de la diversité piscicole à l'échelle du fleuve. Elles ne sont plus détaillées ici.

Dans le cadre des pêches de suivi, 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 bateau. Les points de pêche sont répartis dans la partie non-influencée hydrauliquement du Vieux-Rhône, sur une ou plusieurs stations (*cf.* annexe A.1). 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, à commencer au minimum 2 ans avant restauration.

2.2.2 Echantillonnages

Les échantillonnages 2011 ont été réalisés de fin Août à mi-octobre. De 100 à 200 points de pêches par EPA ont été réalisés dans les Vieux-Rhône en fonction de leur longueur et des difficultés de navigation, à l'exception du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite où 30 ambiances ont été échantillonnées comme lors des suivis précédents.

2.2.3 Résultats

15466 poissons appartenant à 34 espèces ont été échantillonnés en 2011 (vieux-Rhône et lônes) (tableau 2.2.1).

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

Tableau 2.2.1 : liste des espèces échantillonnées en 2011 sur les 8 secteurs étudiés. La liste renferme les espèces pêchées dans les vieux-Rhône et dans les lônes. L'appartenance à la guilde de reproduction des phytophiles (P) et des litho-phytophiles (L-P) a été indiquée pour les espèces concernées.

Les effectifs sont très variables d'un site à l'autre, compris entre 570 (Chautagne) à 3126 (Miribel) (tableau 2.2.2).

Code espèce	Chautagne RCC	Belley RCC	Brégnier-Cordon RCC	Canal de Miribel	Pierre-Bénite	Péage RCC	Montélimar RCC	Donzère RCC	Total
ABL	7	202	142	143	447	234	212	390	1777
ANG			2	4	1	3	10	14	34
BAF	22	181	128	546	31	5	44	59	1016
BBG								9	9
BLE	1	6	6			1			14
BLN	1		4						5
BOU		22	12	1	13	267	8	51	374
BRB			27	17	56	47	75	68	290
BRE	1		4		2	5	2	4	18
BRO	5	12	33	1	5	11		5	72
CAG					10	20	5	11	46
CCO			1		3	2	1	8	15
CHA		18	33	10	1		2	2	66
CHE	202	450	707	231	231	245	259	438	2763
EPI	22	111	28		3	15		2	181
GAR	10	37	363	5	497	581	63	183	1739
GOU	79	152	275	30	51	68	126	172	953
GRE		1			1	5	1	1	9
HOT		15	76	487	107	25	75	382	1167
LOF	41	58	51	62	4	141	51	165	573
LOT		15							15
OBR	9	35							44
PCH			5		426	1		3	435
PER	10	10	61	12	19	71	5	9	197
PES	2		9		77	159	11	67	325
PSR			3	8	8	71	22	129	241
ROT		2	8		5	32	5	50	102
SAN					1	1			2
SIL			1	49	3	12	5	3	73
SPI	4	185	260	944			3	43	1439
TAN	1	13	31		4	4		5	58
TRF	2	14	6						22
VAI	151	53	320	574	9		1	124	1232
VAN		38	117	2	3				160
Total	**570**	**1630**	**2713**	**3126**	**2018**	**2026**	**986**	**2397**	**15466**
Nb esp.	**18**	**22**	**28**	**18**	**27**	**25**	**22**	**27**	**34**

Tableau 2.2.2 Abondance des espèces échantillonnées en 2011 sur les 8 secteurs étudiés en 2011 (vieux-Rhône et lônes).

Les effectifs et les abondances relatives des différentes espèces pêchées dans les vieux-Rhône sont consignés dans le tableau 2.2.3. Dans les sites restaurés, les proportions moyennes des espèces (moyennes des proportions de chaque campagne) ont été comparées entre la période pré-augmentation (état initial) et post-augmentation du débit minimum (Tableau 2.2.4). Les effectifs et les proportions des juvéniles de l'année pour chaque espèce figurent dans le tableau 2.2.5.

Les principaux résultats par secteurs sont les suivants.

Chautagne

Dix sept espèces ont été capturées dans le vieux-Rhône avec des effectifs relativement faibles (456 ind., tableau 2.2.3) en regard de l'effort d'échantillonnage. Le chevaine et le vairon sont largement dominants dans les échantillons (respectivement 30,7% et 27,2%), suivis par le goujon (17,3%) (tableau 2.2.3). Les barbeaux échantillonnés présentent des abondances faibles mais composées majoritairement de juvéniles de l'année (85,7%, tableau 2.2.5). L'ombre commun, espèce emblématique du Haut-Rhône, qui n'avait pas été capturé en 2010, a été échantillonné cette année, il ne représente cependant que 2% des effectifs. Les ombres capturés sont tous des juvéniles de l'année (tableau 2.2.5). Les autres espèces sont numériquement très faibles (notamment la truite) et l'on notera à l'inverse des années précédentes, l'absence de hotus et de vandoises. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 56,1%.

Belley

En raison des impératifs d'entretien de l'usine hydroélectrique de Belley et des arrêts temporaires de groupes de production, le débit réservé a varié fortement au cours des mois d'août et de septembre 2011. De ce fait, les deux journées d'échantillonnage ont du être réalisées à une semaine d'intervalle. Ces variations quotidiennes de débit engendrent une instabilité des conditions hydrauliques dont l'influence n'est pas sans conséquences sur l'occupation du milieu par les poissons.

1475 poissons appartenant à 22 espèces ont été échantillonnés en 2011. Le chevaine reste dominant (29,7%) et 69% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année. Parmi les espèces indicatrices de la qualité des habitats hydrauliques dans le vieux Rhône, l'ablette et le spirlin présentent des effectifs relativement importants (respectivement 13,7% et 12,5%), le hotu, l'ombre et la vandoise montrent, en revanche, toujours de faibles proportions même si un nombre plus important d'ombres a été échantillonné en 2011 (9 en 2010 et 35 en 2011). On note également que pour ce dernier, 63% étaient des juvéniles de l'année et que les poissons issus de la reproduction de 2010 semblent intégrer les classes d'âges supérieures en 2011 (figure 2.2.2), signe d'une **réponse favorable de cette espèce « d'eaux courantes »** à l'augmentation des débits dans ce secteur. Le barbeau (11,7% des captures) et le goujon (10,2%) sont les deux autres espèces présentant des effectifs relativement importants. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 64.1%.

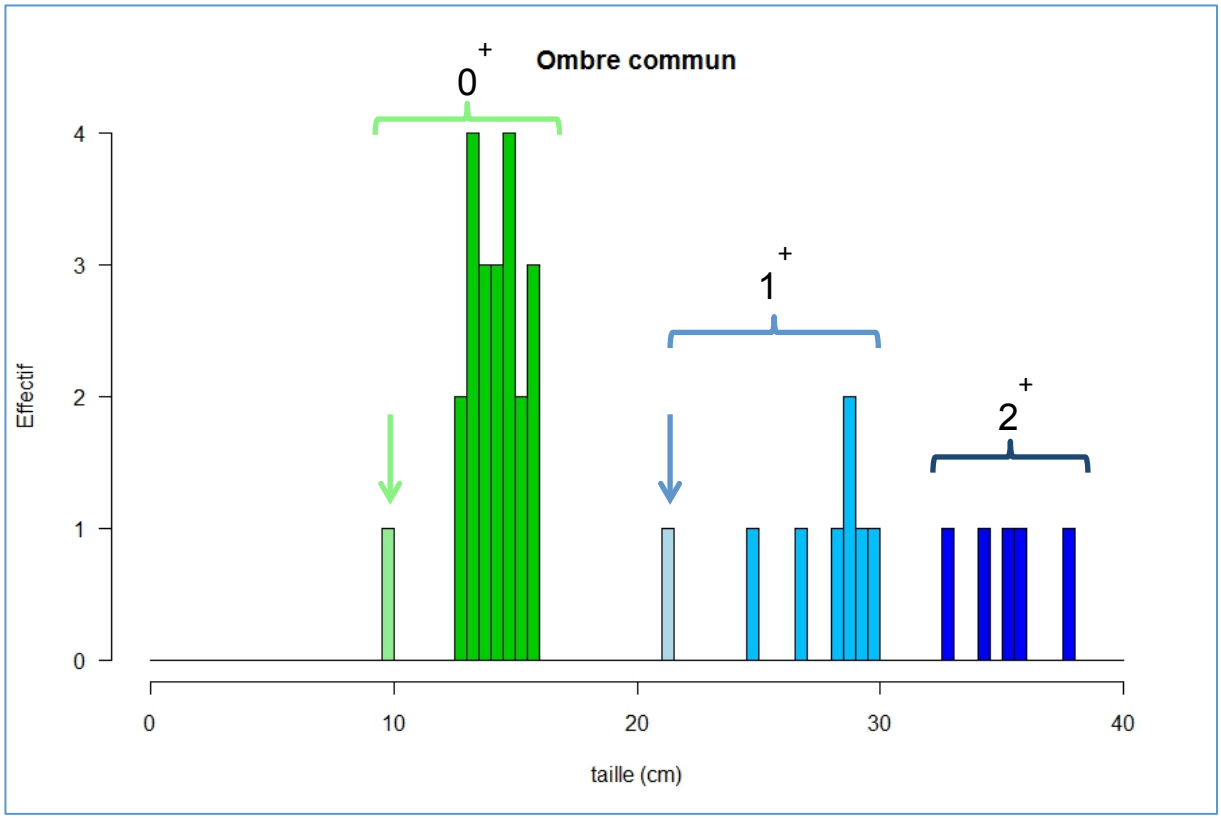


Figure 2.2.2 : Histogrammes représentant la structure en classes de tailles des ombres dans le secteur de Belley en 2011 ; la couleur verte illustre la cohorte des juvéniles de l'année (0+), le bleu clair celle des sub-adultes de 1an, et le bleu foncé celle des adultes de 2 ans et plus. Les flèches indiquent pour l'histogramme vert clair les juvéniles de l'année provenant de l'alvinage (plus petits en taille que les juvéniles sauvages représentés par les histogrammes verts foncés), et pour le bleu clair les 1+ provenant de l'alvinage de l'année précédente.

Brégnier-Cordon

Les effectifs capturés en 2011 (1367 ind.) sont nettement supérieurs à ceux de 2010 (747 ind.). Comme dans les secteurs plus en amont, le chevaine domine dans les échantillons (26,9%), le vairon (18,4%), le gardon (18,4%) et le spirlin (12,9%) sont les trois autres espèces présentant des effectifs relativement importants. Exceptée l'Ablette (6,5%), les autres espèces ont des abondances relatives inférieures à 4%. Le hotu et la vandoise sont, comme à Belley, très peu abondants dans les échantillons. A l'inverse de 2010, la proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons 2011, toutes espèces confondues, a presque triplée (29% en 2010 et 81% en 2011).

Canal de Miribel

3126 poissons appartenant à 18 espèces ont été échantillonnés en 2011. Le spirlin (30,2%) et le vairon (18,4%) dominent toujours dans les échantillons mais sont accompagnés en 2011 par deux espèces d'eaux courantes : le barbeau (17,5%) et le hotu (15,6%) (Tableau 2.2.3). Concernant le spirlin et le barbeau la majorité des poissons sont des juvéniles de l'année (respectivement 85% et 95%, Tableau 2.2.5). Cette année, l'important effectif de hotus capturés (487 en 2011 contre 118 en 2010) indique la présence d'une population bien installée dans le canal de Miribel et la forte proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons (84%) témoigne d'un bon succès de la reporoduction. Le silure reste bien implanté dans ce

secteur (23 poissons échantillonnés en 2010 et 49 en 2011 dont 65% de juvéniles de l'année). On notera la présence du chabot (10 ind.) ainsi que de la Vandoise (2 ind.) et l'absence de l'ombre commun et de la truite. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 73,4% (contre 59% en 2010).

Effectifs péchés 2011

Espèce nb points	CE	BY	BC	MI	PB	PR	LN	MO	DM	Total
CHE	140	438	368	231	57	196	98	253	392	2173
ABL	7	202	89	143	341	229	100	212	382	1705
VAI	124	45	252	574	1	0	373	1	117	1487
GAR	10	37	251	5	217	560	122	63	126	1391
SPI	4	185	177	944	0	0	1	3	17	1331
HOT	0	11	7	487	86	17	112	73	373	1166
BAF	21	172	48	546	31	5	8	44	56	931
GOU	79	150	49	30	26	53	139	122	163	811
LOF	35	48	16	62	3	133	85	48	158	588
BOU	0	16	5	1	0	251	6	8	42	329
BRB	0	0	12	17	41	20	5	75	65	235
PSR	0	0	2	8	0	65	34	22	41	172
PES	0	0	2	0	2	151	0	11	0	166
PER	10	10	35	12	12	68	2	5	5	159
SIL	0	0	1	49	3	11	2	5	3	74
VAN	0	36	28	2	3	0	0	0	0	69
EPI	7	15	0	0	0	15	6	0	1	44
OBR	9	35	0	0	0	0	0	0	0	44
CHA	0	15	5	10	1	0	1	2	2	36
BRO	4	12	8	1	1	8	1	0	0	35
ROT	0	2	0	0	0	24	0	5	0	31
ANG	0	0	1	4	1	3	1	10	9	29
CAG	0	0	0	0	3	18	3	5	0	29
TAN	1	10	1	0	0	4	1	0	0	17
TRF	2	14	1	0	0	0	0	0	0	17
LOT	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15
BLE	1	6	4	0	0	1	0	0	0	12
GRE	0	1	0	0	1	5	1	1	1	10
CCO	0	0	1	0	1	1	1	1	4	9
BRE	1	0	0	0	0	3	0	2	1	7
BLN	1	0	4	0	0	0	0	0	0	5
SAN	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
CCU	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PCH	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total	**456**	**1475**	**1367**	**3126**	**832**	**1843**	**1102**	**971**	**1959**	**13131**

Proportions des espèces (%)

Espèce nb points	CE	BY	BC	MI	PB	PR	LN	MO	DM
CHE	30.7	29.7	26.9	7.4	6.9	10.6	8.9	26.1	20.0
ABL	1.5	13.7	6.5	4.6	41.0	12.4	9.1	21.8	19.5
VAI	27.2	3.1	18.4	18.4	0.1	0.0	33.8	0.1	6.0
GAR	2.2	2.5	18.4	0.2	26.1	30.4	11.1	6.5	6.4
SPI	0.9	12.5	12.9	30.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9
HOT	0.0	0.7	0.5	15.6	10.3	0.9	10.2	7.5	19.0
BAF	4.6	11.7	3.5	17.5	3.7	0.3	0.7	4.5	2.9
GOU	17.3	10.2	3.6	1.0	3.1	2.9	12.6	12.6	8.3
LOF	7.7	3.3	1.2	2.0	0.4	7.2	7.7	4.9	8.1
BOU	0.0	1.1	0.4	0.0	0.0	13.6	0.5	0.8	2.1
BRB	0.0	0.0	0.9	0.5	4.9	1.1	0.5	7.7	3.3
PSR	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	3.5	3.1	2.3	2.1
PES	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	8.2	0.0	1.1	0.0
PER	2.2	0.7	2.6	0.4	1.4	3.7	0.2	0.5	0.3
SIL	0.0	0.0	0.1	1.6	0.4	0.6	0.2	0.5	0.2
VAN	0.0	2.4	2.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
EPI	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	0.0	0.1
OBR	2.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHA	0.0	1.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1
BRO	0.9	0.8	0.6	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0
ROT	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.5	0.0
ANG	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	1.0	0.5
CAG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	0.3	0.5	0.0
TAN	0.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
TRF	0.4	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LOT	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BLE	0.2	0.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
GRE	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
CCO	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
BRE	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1
BLN	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SAN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
CCU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
PCH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0

Tableau 2.2.3 Effectifs pêchés en 2011et proportions des espèces

	Vieux Rhône de Chautagne		Vieux Rhône de Belley		Vieux Rhône de Brégnier-Cordon		Canal de Miribel	
Espèces	Effectif	%age	Effectif	%age	Effectif	%age	Effectif	%age
ABL	6	85,7	201	99,0	85	95,0	67	46,9
ANG								
BAF	18	85,7	80	49.5	23	47,9	510	93,4
BLE								
BLN								
BOU			3	18,8	4	80,0		
BRB					8	66,7	7	41,2
BRE								
BRO	4	100,0	11	91,7	8	100,0		
CAG								
CCO								
CHA			10	66,7	4	80,0	6	60,0
CHE	114	81,4	302	71,0	254	69,0	166	71,9
EPI			8	53,3				
GAR	7	70,0	37	100,0	247	98,4	5	100,0
GOU	1	1,3	40	26,7	5	10,2		
GRE			1	100,0				
HOT			4	36,4	5	71,4	408	83,8
LOF	20	57,1	9	18,8	12	75,0	49	79,0
LOT								
OBR	9	100,0	22	62,9				
PCH								
PER	4	40,0	5	50,0	24	68,6	1	8,3
PES								
PSR					2	100,0	2	25,0
ROT			1	50,0				
SAN								
SIL					1	100,0	32	65,3
SPI	2	50,0	157	84,9	157	88,7	807	85,5
TAN			3	30,0	1	100,0		
TRF			3	21,4	1	100,0		
VAI	71	57,3	16	35,6	247	98,0	232	40,4
VAN			21	58,3	13	46,4	1	50,0
Nb esp.	17		22		24		18	

Tableau 2.2.5 : effectifs et Proportions (%) de juvéniles de l'année dans les 8 secteurs suivis. Les valeurs (pourcentages) supérieures à 50% sont surlignées.

Pierre-Bénite

En 2011, le nombre de poissons capturés (832 ind.) a nettement augmenté en regard des années précédentes (473 en 2010, 322 en 2009) mais reste toujours faible par rapport aux autres secteurs. Parmi les 20 espèces rencontrées, l'ablette est l'espèce la plus capturée numériquement (41%), suivie du gardon (26,1%), du hotu (10,3%) et dans une moindre mesure du chevaine (6,9%). L'abondance des autres espèces est inférieure à 5%. Concernant les espèces « d'eaux courantes », il faut souligner que les proportions de juvéniles de l'année dans les échantillons sont importantes pour le hotu (92%) et le barbeau (71%), mais faibles pour l'ablette (14% en 2011 contre 98% en 2010). De plus, en analysant l'information relative à la structure en âge (ou en taille) de la population d'ablettes, on observe l'intégration des différentes cohortes annuelles de juvéniles dans les classes d'âges supérieures (Figure 2.2.3), ce qui témoigne de la réponse favorable de la guilde « eaux courantes » à l'augmentation du débit réservé, en accord avec les prédictions sur ce secteur. La proportion globale des juvéniles de l'année dans les échantillons est de nouveau de 47%.

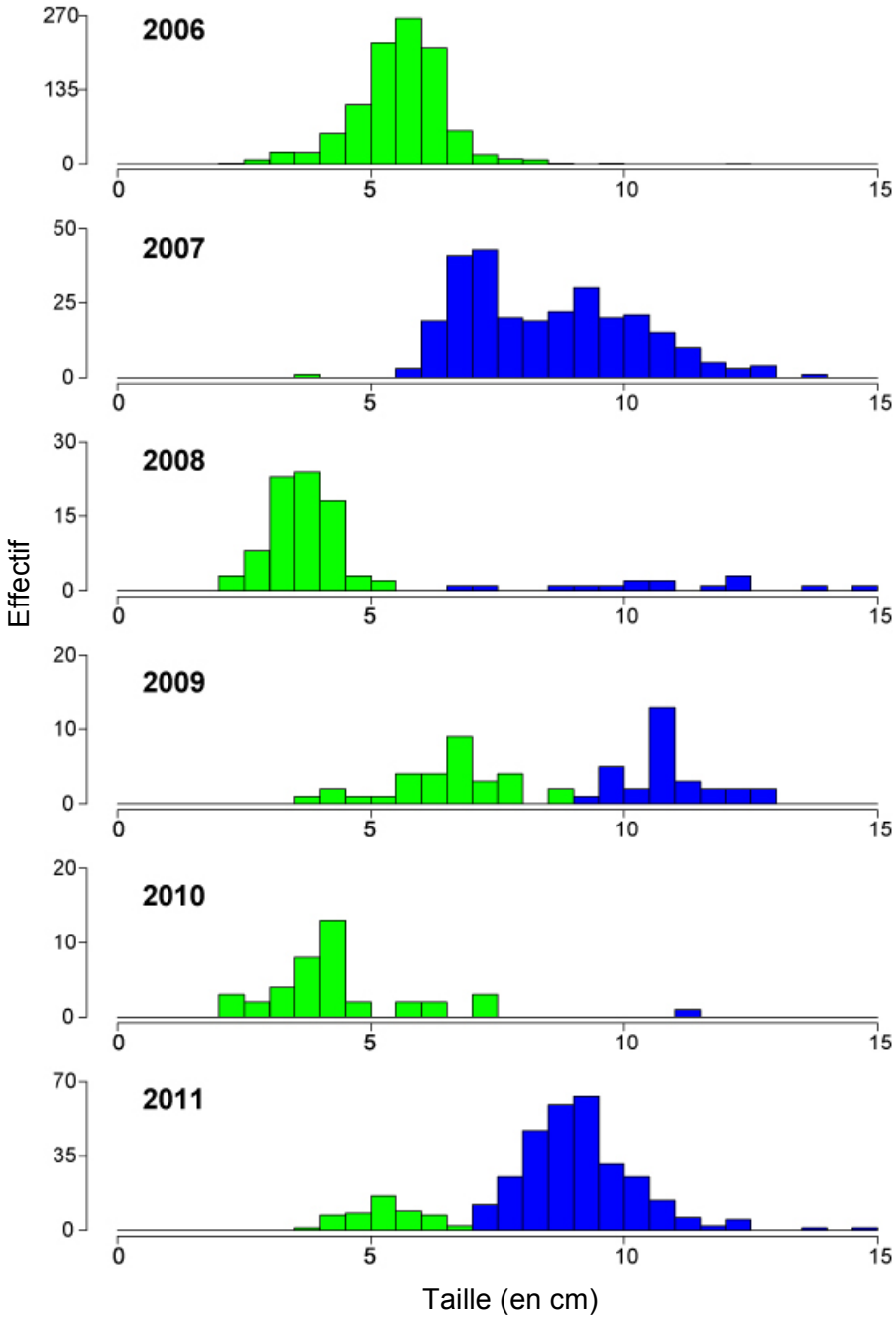


Figure 2.2.3 : Histogrammes représentant l'évolution des classes de taille des ablettes de 2006 à 2011 dans le secteur de Pierre-Bénite ; la couleur verte illustre la cohorte des juvéniles de l'année (0+) et le bleu celle des adultes ou sub-adultes (plus de 1 an).

	Vieux Rhône de Pierre-Bénite		Vieux Rhône de Péage de Roussillon		Vieux rhône de Montélimar		Vieux Rhône de Donzère	
Espèces	Effectif	%age	Effectif	%age	Effectif	%age	Effectif	%age
ABL	48	14,1	164	71,6	97	45,8	178	46,6
ANG								
BAF	22	71,0	1	20,0	6	13,6	17	30,4
BLE								
BLN								
BOU			67	26,7			7	16,7
BRB	1	2,4	3	15,0	20	26,7	52	80,0
BRE			1	33,3				
BRO	1	100,0	1	12,5				
CAG			4	22,2	1	20,0		
CCO							1	25,0
CHA					2	100,0	2	100,0
CHE	22	38,6	150	76,5	162	64,0	287	73,2
EPI			2	13,3				
GAR	205	94,5	546	97,5	30	47,6	121	96,0
GOU	1	3,8	5	9,4	18	14,8	14	8,6
GRE	1	100,0	2	40,0				
HOT	79	91,9	7	41,2	59	80,8	355	95,2
LOF	1	33,3	121	91,0	29	60,4	148	93,7
LOT								
OBR								
PCH			1	100,0				
PER	7	58,3	62	91,2			2	40,0
PES			4	2,6				
PSR			24	36,9	8	36,4	8	19,5
ROT			21	87,5				
SAN	1	100,0						
SIL	1	33,3					1	33,3
SPI					3	100,0	4	23,5
TAN			1	25,0				
TRF								
VAI	1	100,0			1	100,0	103	88,0
VAN	2	66,7						
Nb esp.	20		25		22		21	

Tableau 2.2.5 (suite) : effectifs et Proportions (%) de juvéniles de l'année dans les 8 secteurs suivis. Les valeurs (pourcentages) supérieures à 50% sont surlignées.

Péage-de-Roussillon

Les effectifs échantillonnés en 2011 (1843 ind.) sont supérieurs à ceux de l'année 2010 (1397 ind.) mais inférieurs à ceux de l'année 2009 (3025 ind), phénomène probablement lié à la variabilité inter-annuelle du succès de reproduction. Parmi les 25 espèces capturées, on note cette année la nette dominance du gardon dans les effectifs (30,4% en 2011 contre 1,5% en 2010), suivi de la bouvière (13,6%), de l'ablette (12,4%) et du chevaine (10,6%). La perche-soleil qui représentait 17% de l'abondance totale en 2010 reste néanmoins bien présente (8,2%). Comme les années précédentes, les espèces « d'eaux courantes » présentes dans ce secteur (ablettes, barbeaux et hotus) restent relativement peu abondantes (respectivement 12,4%, 0,3% et 0,9%) avec néanmoins des populations de barbeaux et de hotus qui se maintiennent dans la partie amont de ce vieux-Rhône.

La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 64,5%.

Montélimar

Parmi les 22 espèces (971 ind.), 3 espèces représentent une proportion non négligeable du peuplement échantillonné : le chevaine (26,1%), l'ablette (21,8%) et le goujon (12,6%), et dans une moindre mesure la brème bordelière (7,7%) et le hotu (7,5%). Parmi les espèces « d'eaux courantes », les effectifs du hotu ont doublé par rapport à 2010 (43 ind. en 2010 contre 73 ind. en 2011) et 81% sont des juvéniles de l'année. Le barbeau (4,5%) reste relativement peu fréquents dans les captures. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 45%.

Donzère

21 espèces (1959 ind.) ont été échantillonnées en 2011, parmi lesquelles on retrouve des abondances relativement importantes de hotu (19% en 2011 et 5,8% en 2010) (Tableau 2.2.3). La part de juvéniles de l'année de cette espèce représente 95% des effectifs capturés (Tableau 2.2.5), ce qui témoigne de la présence d'une population bien présente dans ce secteur. Le chevaine (20%) et l'ablette (19,5%) représentent les deux autres espèces les plus abondantes. Les proportions de juvéniles de l'année sont variables suivant les espèces : 47% pour l'ablette, 30% pour le barbeau, 73% pour le chevaine... La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 66,4%.

Le vieux Rhône de **Baix-le-Logis-Neuf** a été échantillonné pour la deuxième fois en 2011. Le vairon apparaît toujours comme une espèce très abondante dans ce vieux-Rhône (33,8%), suivi par le goujon (12,6%), le gardon (11,1%) et le hotu (10,2%). LA partie amont du Vieux-Rhône est la seule section courante, elle est marquée par l'arrivée en rive droite de et par l'arrivée d'un contre-canal plus fris en rive gauche.

En conclusion

Sur le Haut-Rhône les peuplements sont toujours dominés par le chevaine, le vairon le spirlin et le barbeau. Plusieurs éléments sont à noter cette année dans ce secteur, notamment l'absence du hotu en chautagne qui contraste avec sa forte présence à Miribel, et le retour des ombres communs dans les captures malgré leurs nombres relativement réduits en regard de la population totale sur les secteurs concernés. La truite et le chabot restent observés en nombres très réduits. Dans le Vieux-Rhône de Brégnier-cordon, le hotu est faiblement présent dans nos captures, mais plusieurs groupes évoluant dans des zones profondes ont été observés. A Miribel, le peuplement se distingue cette année par sa forte proportion de hotu en plus d'espèces typiques des radiers (spirlin, barbeau et loche franche).

Sur le Bas-Rhône, l'ablette et le chevaine dominent, accompagnés cette année par le gardon en très forte proportion sur Pierre-Bénite et Péage-de-Roussillon, et dans une moindre mesure sur le reste des sites échantillonnés. Mis à part à Péage-de-Roussillon, on trouve une proportion importante de hotus sur les autres secteurs, et notamment à Donzère-Mondragon.

Au vu de la proportion globale de juvéniles de l'année dans la plupart des secteurs, on notera que l'année 2011 semble être caractérisée par un succès de reproduction relativement important pour la plupart des espèces.

Espèce	CE_b	CE_c	delta
CHE	17.4	27.2	9.8
BAF	**4.5**	**12.4**	**7.9**
ABL	**1.2**	**6.5**	**5.3**
GOU	3.4	7.4	4.0
PES	0.1	1.0	0.9
SPI	**2.2**	**2.8**	**0.6**
TAN	0	0.2	0.2
PSR	0	0.2	0.2
ANG	0	0.1	0.1
BLN	**0**	**0.1**	**0.1**
BLE	0	0.03	0.0
SIL	0	0.01	0.0
PCH	0	0.01	0.0
BRB	0.1	0.1	0.0
BOU	0.1	0.0	-0.1
TRF	0.3	0.2	-0.1
OBR	**0.8**	**0.7**	**-0.1**
BRO	0.4	0.3	-0.1
GRE	1.1	0.9	-0.2
PER	1	0.7	-0.3
BRE	0.4	0.1	-0.3
VAN	**1.4**	**1.0**	**-0.4**
EPI	1.7	0.8	-0.9
HOT	**3.2**	**1.7**	**-1.5**
VAI	28.6	22.6	-6.0
LOF	**17.7**	**9.5**	**-8.2**
GAR	14.3	3.5	-10.8
EV	24.4	24.7	0.3
EC	11.1	22.3	11.2

Espèce	BY_b	BY_c	delta
CHE	15.1	27.4	12.3
BAF	**7.3**	**15.7**	**8.4**
SPI	**1.8**	**7.3**	**5.5**
GAR	2.4	6.0	3.6
VAI	3.4	5.3	1.9
LOF	**2.6**	**4.5**	**1.9**
BOU	0.6	1.7	1.1
EPI	0.5	1.4	0.9
CHA	**0.1**	**0.4**	**0.3**
OBR	**0.6**	**0.9**	**0.3**
TRF	0.9	1.1	0.2
LOT	0.1	0.3	0.2
BRO	0.3	0.5	0.2
ANG	0	0.1	0.1
BLE	0	0.1	0.1
SAN	0	0.1	0.1
PES	0.2	0.3	0.1
BLN	**0.1**	**0.2**	**0.1**
PSR	0	0.0	0.0
ROT	0	0.0	0.0
CAG	0	0.0	0.0
LPP	0	0.0	0.0
PER	1.2	0.9	-0.3
TAN	0.6	0.2	-0.4
BRE	0.6	0.1	-0.5
BRB	0.6	0.1	-0.5
GRE	2.2	0.9	-1.3
VAN	**11.9**	**6.5**	**-5.4**
GOU	18.3	10.8	-7.5
HOT	**10.3**	**2.2**	**-8.1**
ABL	**18.4**	**4.9**	**-13.5**
EV	11.9	28.0	16.1
EC	48.5	30.2	-18.3

Espèce	BC_b	BC_c	delta
VAI	2.1	8.6	6.5
ABL	**2.7**	**6.7**	**4.0**
BAF	**9.5**	**12.1**	**2.6**
LOF	**1**	**3.6**	**2.6**
PER	3.3	5.1	1.8
GAR	3.5	5.0	1.5
PES	1.2	2.0	0.8
BRO	0.2	0.6	0.4
CHA	**0.3**	**0.6**	**0.3**
TAN	0.5	0.7	0.2
PSR	0	0.1	0.1
BLN	**0.3**	**0.4**	**0.1**
BLE	0	0.05	0.0
LPP	0	0.04	0.0
SAN	0	0.03	0.0
ROT	0	0.0	0.0
CCO	0	0.01	0.0
SIL	0	0.01	0.0
OBR	**0**	**0.0**	**0.0**
PCH	0.1	0.1	0.0
GRE	0.7	0.6	-0.1
EPI	0.8	0.7	-0.1
BRE	0.3	0.2	-0.1
ANG	0.4	0.2	-0.2
TRF	1	0.3	-0.7
BOU	1.6	0.6	-1.0
SPI	**9.2**	**8.0**	**-1.2**
BRB	2.3	0.8	-1.5
VAN	**3.8**	**2.0**	**-1.8**
HOT	**5.9**	**1.7**	**-4.2**
CHE	35.3	31.0	-4.3
GOU	13.7	8.2	-5.5
EV	20.3	24.6	4.3
EC	21.9	22.5	0.6

Espèce	PB_b	PB_c	delta
ABL	**9.1**	**31.0**	**21.9**
SPI	**1.1**	**6.3**	**5.2**
HOT	**0.8**	**4.1**	**3.3**
BRB	1.9	4.6	2.7
PER	0.5	1.7	1.2
VAI	0	0.5	0.5
BAF	**5.3**	**5.8**	**0.5**
VAN	**0.2**	**0.5**	**0.3**
SIL	0.4	0.6	0.2
CAG	0	0.1	0.1
BRO	0	0.1	0.1
GRE	0.5	0.6	0.1
PCH	0.1	0.1	0.0
SAN	0.1	0.1	0.0
ANG	0.3	0.3	0.0
TOX	**0**	**0.0**	**0.0**
BLE	0.1	0.03	-0.1
CCO	0.1	0.01	-0.1
EPI	0.3	0.2	-0.1
ROT	0.4	0.2	-0.2
BOU	0.4	0.2	-0.2
TAN	0.5	0.2	-0.3
PSR	0.5	0.1	-0.4
CHA	**1.4**	**0.5**	**-0.9**
GOU	8.6	6.1	-2.5
PES	8.2	1.8	-6.4
GAR	22.4	15.9	-6.5
CHE	23.6	15.8	-7.8
LOF	**13.1**	**2.6**	**-10.5**
EV	20.9	15.1	-5.8
EC	15.4	41.5	26.1

Les résultats de 2011 confirment les tendances. La proportion des espèces « d'eaux courantes » augmente après relèvement du débit minimum à Pierre-Bénite (de 15 à 41%), en Chautagne (de 11 à 22%) et dans une moindre mesure à Brégnier-Cordon (tableau 2.2.4). Même si l'ablette tire la tendance, les espèces d'eaux courantes participent bien aux changements observés sur Pierre-Bénite (*cf.* analyses détaillées et tests des modèles prédictifs de Lamouroux *et al.* 2006). La tendance se confirme en Chautagne, essentiellement en lien avec les proportions d'ablettes et de barbeaux. Cette tendance semble inverser une tendance de diminution héritée de la construction du barrage. Ces effets restent néanmoins variables dans le temps (Figure 2.2.4) et liés à différentes espèces suivant les sites. La proportion d'ablettes, par exemple, est variable sur certains sites et influe fortement sur la proportion des espèces d'eaux courantes, notamment sur Belley. L'analyse détaillée du cas de Pierre-Bénite montre également que les changements observés sont dynamiques et différenciés suivant les classes de tailles des espèces (figure 2.2.3).

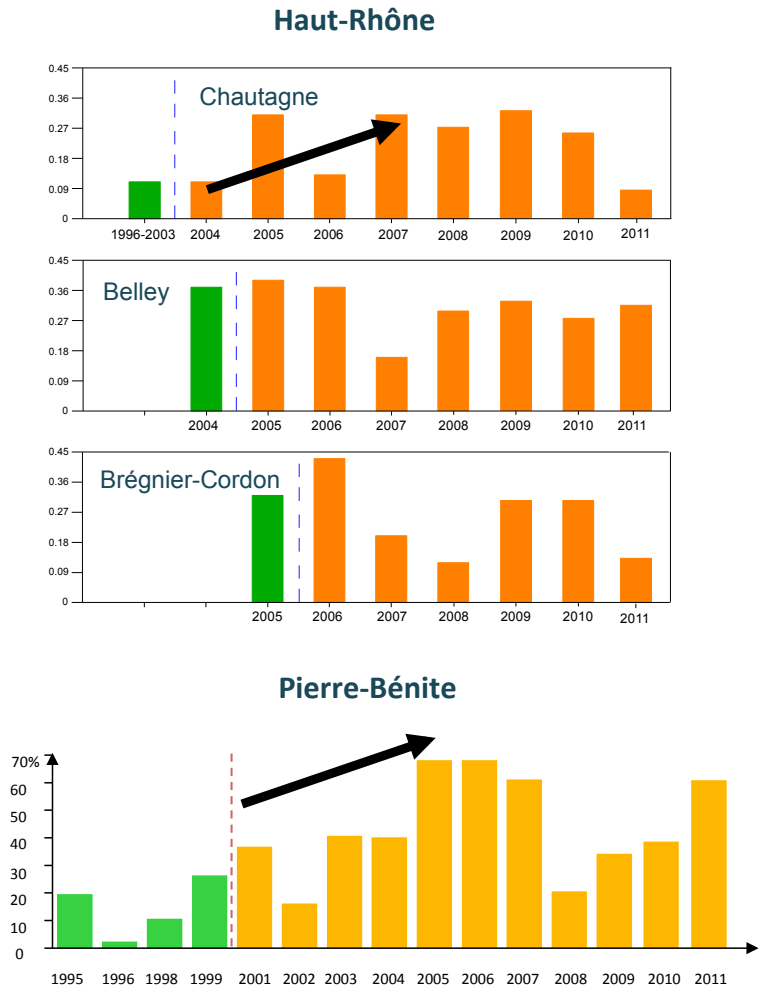


Figure 2.2.4 : Proportions d'individus d'espèces d'eaux courantes en fonction du temps dans les 4 secteurs du Haut-Rhône. La barre verticale correspond à la restauration et les flèches indiquent le sens de l'évolution de ces proportions d'espèces.

En Chautagne, l'ablette et le barbeau progressent aux détriments d'espèces d'eaux plus calmes (gardon) ou d'espèces rhéophiles pénalisées par l'augmentation de hauteur d'eau (loche franche, vairon). L'évolution du peuplement de Chautagne présente en ce sens des similitudes avec celle de Pierre-Bénite. Les tendances observées à Brégnier-Cordon (augmentation des proportions de barbeaux et d'ablettes) sont moins évidentes et ne devraient pas apparaître comme une conséquence de la modification du débit réservé, extrêmement limitée dans ce secteur.

Les différences pré- post-augmentation de débit observées à Belley sont, elles, inattendues et contraires aux prédictions (diminution de 48,5% à 30,2% de la proportion des espèces « d'eaux courantes »), avec une baisse importante des proportions de vandoises, hotus et ablettes. Ce résultat n'est pas lié au choix des stations de référence pour décrire l'état initial, car l'utilisation de pêches réalisées sur la période avant l'état initial (période –a- dans l'annexe A.1) donne le même résultat. Il est possible que cette observation soit liée à d'autres tendances de moyen et long terme comme 1) la diminution de la vandoise en lien avec l'augmentation de la température (hypothèse peu probable) (*cf.* analyse long-terme du peuplement de Bugey, Daufresne *et al.* 2003), 2) la forte variabilité des effectifs d'ablettes (Tableau 2.2.3), ou 3) la difficulté de capture accrue (après augmentation du débit) des espèces comme l'ablette évoluant préférentiellement en surface de zones profondes, en évitant les zones végétalisées. Il est également possible que la forte diversité du site (restauration de lônes, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique. **Une étude conjointe du chenal et des lônes d'un même secteur sera prochainement réalisée afin de mieux comprendre les mécanismes complexes résultant de la présence conjointe de ces milieux, en terme de cycle biologique et d'adaptation aux contraintes de l'environnement chez certaines espèces cibles de poissons.**

2.2.4 Bilan multi-sites

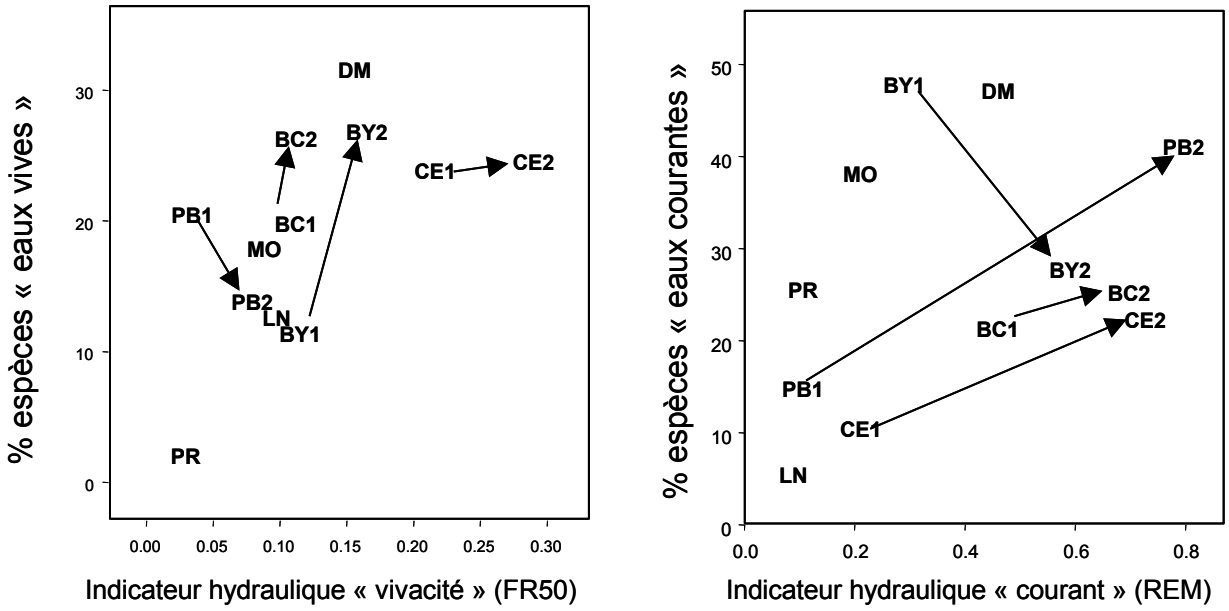


Figure 2.2.5 : Evolution des indicateurs hydrauliques et indicateurs 'poissons' associés reflétant la proportion des espèces d'eau courante (à droite) et d'eau vive (à gauche).
Codes des stations en annexe A.1

La mise en parallèle des indicateurs hydrauliques et biologiques (poissons) définis pour refléter de façon synthétique l'évolution des peuplements résume les observations (Figure 2.2.5). Les indicateurs « eaux courantes » co-évoluent dans la direction prévue à Pierre-Bénite, Chautagne et dans une bien moindre mesure à Brégnier-Cordon, tandis que les observations sur Belley diffèrent pour l'instant de celles attendues. Les indicateurs « eaux vives » évoluent peu, comme prévu (Chautagne, Brégnier-Cordon), ou évoluent dans des sens opposés (Pierre-Bénite, Belley). Ces indicateurs sont liés à la morphologie et reflètent en particulier l'originalité de Chautagne sur le Haut-Rhône et de Donzère-Mondragon sur le Bas-Rhône où de nombreux radiers sont présents. Les proportions d'espèces d'eaux vives sont élevées sur ces sites, particulièrement à Donzère.

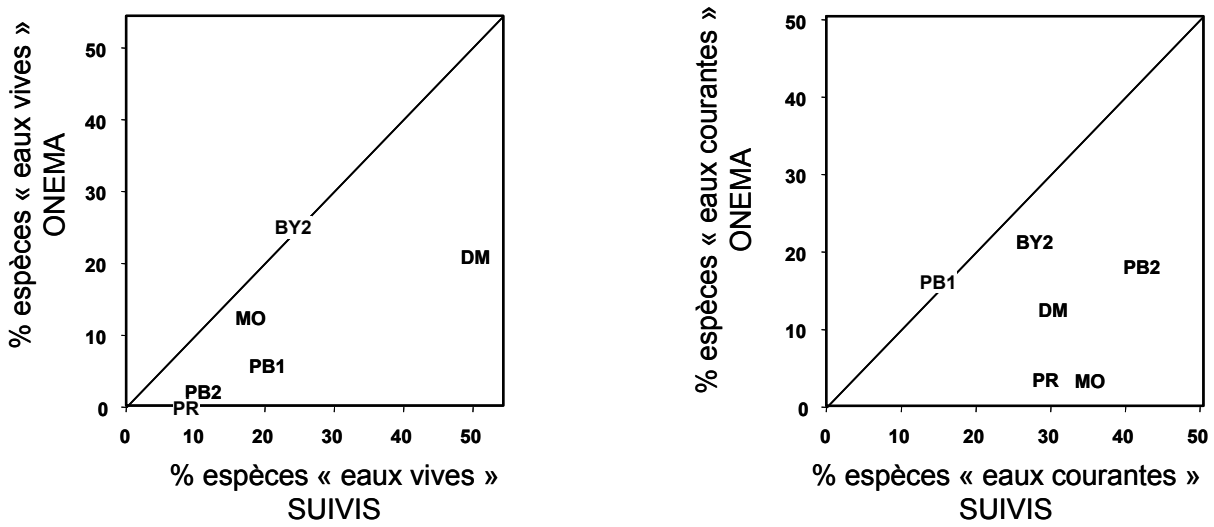


Figure 2.2.6 : Indicateurs 'poissons' comparés à ceux issus des pêches "Onema"
Codes des stations en annexe A.1

Des pêches Onema disponibles sur certains sites donnent des images différentes des peuplements et estiment des proportions d'espèces d'eaux vives et d'eaux courantes inférieures à nos suivis (Figure 2.2.6, réalisée en 2008). Sur certains sites, ceci peut être lié en partie à un choix de stations plus lentes (PB, PR). Sur les autres sites, ces différences sont probablement liées aux contraintes d'échantillonnage de l'Onema (temps de pêche, définition des zones pêchables et pêche du chenal courant en particulier). L'évolution marquée du site de Pierre-Bénite ne se retrouve pas dans les pêches de l'Onema. Ce constat montre que la difficulté d'échantillonnage des grands cours d'eau peut conduire à des images incertaines du peuplement, qui rendent particulièrement difficile l'analyse des effets de la restauration.

L'utilisation d'indicateurs simples basés sur les proportions des espèces ne doit pas masquer la complexité du système et des dynamiques de populations. La variabilité temporelle des indicateurs en est l'image (Figure 2.2.4). Des analyses multivariées plus poussées (*cf.* rapport de 2009, non répétées en 2011) permettent d'apporter un autre regard, parfois plus stable et plus complet, confirmant l'évolution des peuplements.

En 2012 nous entamons (objectif 2013) une synthèse scientifique globale des effets de la restauration. Les dynamiques annuelles des populations sur l'ensemble des sites restaurés (et quelques sites non restaurés) seront analysées en détail, en lien avec les conditions hydrauliques et thermiques. Cette synthèse est également l'occasion de tester la capacité prédictive des modèles d'habitat hydraulique à prédire les changements observés, comme cela a déjà été fait sur Pierre-Bénite pour les poissons (Lamouroux *et al.*, 2006). La Figure 2.2.7 montre les premiers essais prédictifs. Elle révèle que les changements de densités observés sur Pierre-Bénite et Chautagne correspondent bien aux prédictions réalisées à l'aide des modèles d'habitat. A Belley où les changements hydrauliques sont moindres, le lien n'est pas clair.

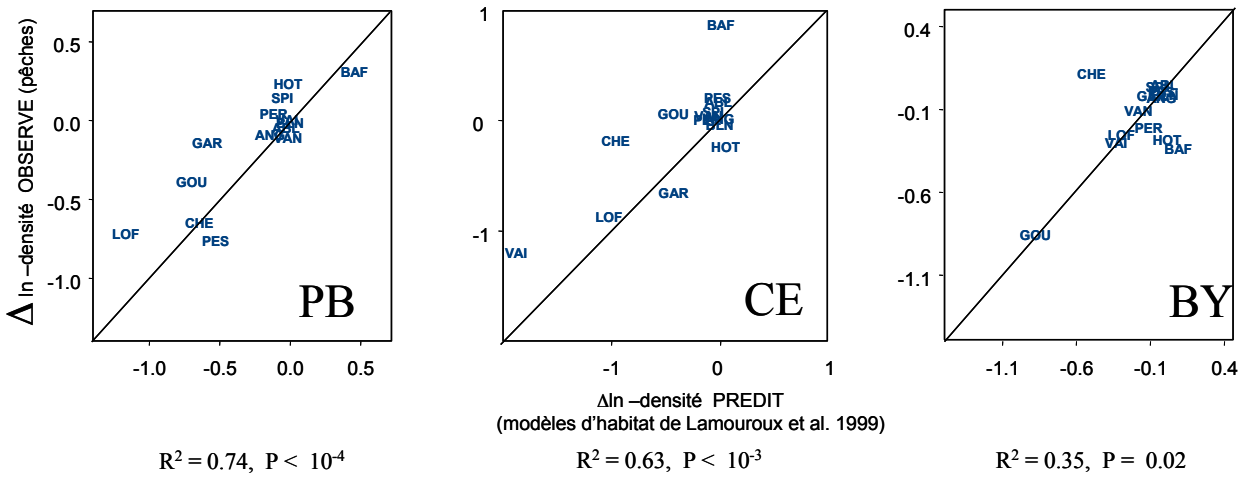


Figure 2.2.7 : Correspondance, sur 3 Vieux Rhône, entre des changements de densité (D ln-densité) prédits (par modèles d'habitat) et observés (par pêche électriques).
Les changements sont calculés pour différentes espèces sur une base "après – avant" restauration, et sur des variables log-transformés (moyenne de ln-densité par points). Ils sont prédits par les modèles d'habitat multivariés de Lamouroux et al. (1999), non détaillés ici.
Les prédictions sont très bonnes à Pierre-Bénite, bonnes en Chautagne, et peu significatives à Belley (où le goujon est seul responsable ...). Elles sont donc validées là où les changements hydrauliques sont les plus forts, et là où le recul temporel est le plus important (10 ans à PB).

2.3 Les invertébrés du chenal

2.3.1 Objectifs et méthodologie

La distribution des invertébrés benthiques dans le chenal des Vieux-Rhône dépend largement des conditions hydrauliques locales et 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 biocénotiques en fonction des changements hydrauliques associés aux augmentations de débit dans les Vieux-Rhône.

Une première partie de ce travail consiste, avant restauration, en l'acquisition de données nécessaires pour **la modélisation de la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC**. Dans un second temps, les modèles permettant d'estimer les effets potentiels de la restauration des débits dans les RCC sur les densités de divers taxons d'invertébrés benthiques sont utilisés. Ce travail repose sur l'utilisation du **modèle d'habitat statistique FSTress** adapté aux invertébrés benthiques (Olivier *et al*. 2007a, Mérigoux *et al.* 2009). Ce modèle permet de prédire des densités de taxons 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. Des études post-restauration sont mises en place dans le but d'acquérir des données qui permettent **de valider les prédictions** du modèle d'habitat statistique FSTress.

Les données obtenues avant et après restauration nous permettent aussi de valider les hypothèses posées à partir des 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'état des communautés de macroinvertébrés aquatiques et reflète leurs changements après restauration. Par exemple, la richesse en taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères et la proportion d'individus ou taxons rhéophiles sont supposées augmenter avec l'augmentation des débits.

A l'échelle locale, nous échantillonnons les invertébrés et les paramètres hydrauliques sur les mêmes points. Les invertébrés sont récoltés avec un cylindre de Hess muni d'un filet de maille de 200µm. Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05 m^2. Nous utilisons la méthode des hémisphères HFST pour mesurer les contraintes hydrauliques locales au fond de la rivière au niveau du point d'échantillonnage de la faune (Olivier *et al.* 2007a). 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.

Ainsi, 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 réalisé dans les 4 tronçons court-circuités.

Les résultats de cette phase 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 RCC du Bas-Rhône.

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

2.3.2 Echantillonnage

Afin d'améliorer la robustesse du modèle FSTress, l'effort d'échantillonnage pré-restauration des secteurs du Bas-Rhône et de Miribel a été augmenté.

En 2011, l'échantillonnage comprend les prélèvements des campagnes printemps et été post-restauration de Chautagne n+7, Belley n+6 et Brégnier-Cordon n+5 et les prélèvement des campagnes printemps et été pré-restauration de Miribel, Péage-de-Roussillon, Baix, Montélimar et Donzère-Mondragon. Dans tous ces secteurs, 20 à 30 prélèvements sont réalisés au cylindre de Hess (benthomètre) avec des mesures des paramètres physiques à l'échelle du prélèvement (Olivier *et al.* 2004a & b, 2005).

2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En cette fin d'année 2011, **54 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés** ont été réalisées dans le chenal de **8 RCC avant restauration** et de **4 RCC après restauration** (Tableaux 2.3.1 & 2.3.2).

Tableau 2.3.1 : Campagnes d'échantillonnage **pré-restauration** dans les 8 RCC pour les invertébrés du chenal. En jaune: campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours.

	pré-restauration						
RCC	printemps	été	hiver	printemps	été	printemps	été
Chautagne	05/06/02	13/09/02	24/01/03				
Belley	30/05/02	28/08/02	23/01/03				
Brégnier-Cordon	06/06/02	29/08/02	21/01/03				
Miribel	22/05/02	06/09/02	20/03/03	19/04/10	05/07/10	27/04/11	22/08/11
Péage-de-roussillon	20/05/08	04/09/07		20/04/10	12/07/10	25/04/11	04/07/11
Baix						16/05/11	05/07/11
Montélimar	21/05/08	25/08/08				28/04/11	07/07/11
Donzère-Mondragon	28/04/09	08/07/09				29/04/11	06/07/11

Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport d'état initial (Olivier *et al.* 2004a & b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC (Olivier *et al.* 2007a). Dans ce même rapport, les premiers résultats post-restauration (n+2) du secteur de Chautagne ont été présentés.

Tableau 2.3.2 : Campagnes d'échantillonnage **post-restauration** dans les 4 RCC pour les invertébrés du chenal. En jaune : campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours.

	post -restauration											
	n+2		n+3		n+4		n+5		n+6		n+7	
RCC	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été
Chautagne	08/06/06	24/09/06			22/05/08	26/08/08	21/04/09	31/08/09	25/05/10	06/10/10	20/05/11	26/08/11
Belley	23/05/08	16/09/07			24/04/09	07/09/09			26/05/11	11/09/11		
Brégnier-Cordon			30/04/09	08/09/09			17/05/11	31/08/11				

	n+10	
Pierre-Bénite	20/05/10	17/09/10

Les données pré-restauration de Donzère-Mondragon, post-restauration de Brégnier-Cordon (été n+3) et post-restauration n+5 du secteur de Chautagne ont été présentées dans le dernier rapport (Olivier *et al.*, 2010). Ces données ont été intégrées dans une analyse multi-sites qui traite toutes les données disponibles de tous les secteurs.

Le présent rapport intègre les données récoltées lors de la deuxième campagne d'échantillonnage pré-restauration de Péage-de-Roussillon, les données post-restauration n+6 de Chautagne et post-restauration n+10 de Pierre-Bénite. En 2010, le secteur de Pierre-Bénite a été échantillonné pour la première fois à l'aide d'un cylindre de Hess afin de comparer cette méthode (utilisée dans tous les autres secteurs) à celle utilisée (filet surber et drague) depuis 1998 dans ce secteur (Fruget & Dessaix, 2002).

Le tri et la détermination des campagnes pré-restauration 2010 (Miribel) et 2011 (Miribel, Péage-de-Roussillon, Baix, Montélimar et Donzère-Mondragon), post-restauration 2011 (Chautagne « n+7 », Belley « n+6 » et Brégnier-Cordon « n+5 ») sont en cours.

L'ensemble des données faunistiques récoltées dans les secteurs de Chautagne, de Péage-de-Roussillon et de Pierre-Bénite est présenté en Annexes A.3.1, A.3.2 et A.3.3 respectivement.

2.3.4 Bilan multi-sites

Dans un premier temps, le bilan multi-sites porte sur les données disponibles printemps et été des 4 secteurs du Haut-Rhône et des 4 secteurs du Bas-Rhône (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon). Dans un second temps, nous ferons une comparaison des données pré- et post-restauration (n+2, n+4, n+5 et n+6) dans le secteur de Chautagne. Dans ce secteur, les variations des densités observées avant et après restauration seront comparées à celles prédites par le modèle FSTress pour les taxons les plus abondants.

2.3.4.2 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC

Lors des premières campagnes d'échantillonnage **pré-restauration**, en moyenne **72 taxons** et **35641 individus par m²** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans les 7 RCC pour lesquels les données sont disponibles[1] (Tableau 2.3.3).

Tableau 2.3.3 : Richesse taxonomique dans les 8 RCC considérés. Avec ND : données non disponibles et ARALEP : données récoltées par filet surber et drague par l'ARALEP (Fruget & Dessaix, 2002).

	Pré		n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+10	Tot
Chautagne	**80**	ND	**66**	ND	**74**	**68**	**70**	ND	**111**
Belley	**72**	ND	**61**	ND	**81**	ND	ND	ND	**102**
Brégnier-Cordon	**86**	ND	ND	**80**	ND	ND	ND	ND	**110**
Miribel	**66**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pierre-Bénite	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	**55**	ND
Péage-de-Roussillon	**73**	**82**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	**97**
Montélimar	**53**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Donzère-Mondragon	**76**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

À l'échelle du secteur, la densité et la richesse taxonomique ne sont pas corrélées. Avec 86 taxons, le secteur de **Brégnier-Cordon** est par exemple le secteur le plus riche avant restauration malgré des densités plus faibles qu'à Chautagne et à Belley (Tableaux 2.3.3 et 2.3.4). Le secteur de **Péage-de-Roussillon**, qui présentait lors de la première campagne pré-restauration (2007/2008) une richesse taxonomique presque identique à celle de Belley (73 et 72 taxons respectivement) avec des densités presque deux fois plus faibles (22579 et 41174 indiv/m²), présente, lors de la deuxième campagne pré-restauration (2010) une richesse largement supérieure (82 taxons) et une densité qui a doublé (49767 indiv/m²). La variabilité des richesses et des densités observée entre les deux campagnes pré-restauration de Péage-de-Roussillon montre l'intérêt d'augmenter l'effort d'échantillonnage pour les secteurs candidats à la restauration. Globalement, les secteurs de **Miribel** et **Montélimar** présentent les densités et les richesses les plus faibles (66 et 53 taxons respectivement). Ces deux secteurs présentent de 20 à 29 taxons de moins que les secteurs amont les plus proches (Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon) avant restauration, révélant probablement des problèmes de qualité d'eau de ces secteurs.

Tableau 2.3.4 : Densités (nombre d'individus/m²) dans les 8 RCC considérés. Avec ND : données non disponibles et ARALEP : données récoltées par filet surber et drague par l'ARALEP (Fruget & Dessaix, 2002).

	Pré		n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+10	Tot
Chautagne	**40222**	ND	**18408**	ND	**42553**	**40543**	**51848**	ND	**38715**
Belley	**41174**	ND	**36159**	ND	**52195**	ND	ND	ND	**43176**
Brégnier-Cordon	**36719**	ND	ND	**29529**	ND	ND	ND	ND	**33124**
Miribel	**27663**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pierre-Bénite	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	ARALEP	**54726**	ND
Péage-de-Roussillon	**22579**	**49767**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	**36173**
Montélimar	**27325**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Donzère-Mondragon	**57318**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Le nombre de taxons et les densités diminuent au cours des campagnes **post-restauration** « n+2 » (Belley) et « n+3 » (Brégnier-Cordon) et chutent de manière importante notamment à Chautagne (n+2) (Tableaux 2.3.3 et 2.3.4).

Au cours des campagnes **post-restauration** dans le secteur de **Chautagne**, les tendances sont complètement inversées à partir de « n+4 ». **Les densités dépassent même les densités pré-restauration.** En effet, la plupart des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration qui avaient vu leurs effectifs à l'échelle du secteur chuter deux ans après restauration montrent des tendances inverses 6 ans après restauration. Le Gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les Insectes *Baetis* spp., Tanytarsini, Simuliidae et Orthocladiinae sont

[1] Pas de données disponible à Pierre-Bénite en pré-restauration avec la méthode du cylindre de Hess.

plus abondants en « n+4 » qu'en « n+2 » dans ce secteur (Annexes A.3.1). L'Ephémère caractéristique de grands cours d'eau *Potamanthus luteus,* dont les effectifs avaient chuté en n+4 ou stagné en n+5 ont quintuplé en n+6 dans ce secteur. La Planaire rhéophile *Dugesia tigrina* dont les effectifs avaient chutés de manière inexpliquée après restauration présente également une évolution spectaculaire en « n+6 » (densités 20 fois supérieures à « n+5 »). Au contraire, les effectifs d'*Hydoptila* spp., qui ne cessaient d'augmenter depuis la restauration des débits dans ce secteur, avec un total de 556 individus au m^2 en 2009, semblent stagner en 2010 avec un total de 454 individus au m^2. Les abondances de certains des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration continuent de diminuer 6 années après restauration en Chautagne (eg. *Esolus* spp. ou les espèces de Gammares). On notera l'apparition inexpliquée en n+6 de 78 individus de *Tipula* spp., taxons généralement inféodés à des milieux lenthiques.

Dans le secteur de Chautagne, même si on n'atteint pas les 80 taxons rencontrés avant restauration, **9 taxons de plus sont observés entre « n+4 » et « n+2 »**. De plus, **10 taxons non observés en pré-restauration sont rencontrés en « n+6 »**. Parmi ces taxons, 60 % sont limnophiles mais présentent des effectifs très faibles (généralement 1 ou 2 individus), 20 % sont rhéophiles mais présentent des effectifs importants (par exemple *Theodoxus fluviatilis* avec 454 individus/m^2 en « n+6 »). Inversement, **23 taxons observés en pré-restauration ne sont plus rencontrés en « n+6 »**. Parmi ces taxons, 35 % sont limnophiles et 13 % sont rhéophiles. Enfin, **7 taxons sont rencontrés pour la première fois dans ce secteur en « n+6 »**, traduisant un changement de la composition des communautés benthiques 6 années après restauration.

Toutes campagnes confondues 111 taxons sont rencontrés dans le secteur de Chautagne, 102 dans le secteur de Belley et 110 à Brégnier-Cordon (richesse corrigée cf. Annexe A.3.1, A.3.2 et A.3.3).

Globalement, après restauration et en accord avec nos attentes, le nombre de **taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) augmente** pour les deux secteurs de Belley et Bregnier-Cordon. En revanche, ce nombre diminue légèrement pour le secteur de Chautagne en « n+6 » (Figure 2.3.1). Cette légère diminution du nombre de taxons EPT est probablement du à l'absence dans nos échantillons, de taxons rares, qui ne sont pas systématiquement échantillonnés chaque années. Dans le cas du secteur de Chautagne, la diminution du nombre de taxons EPT est probablement due à l'absence dans nos échantillons en « n+6 » des Plécoptères *Protonemura* spp., *Isoperla* spp. et *Brachyptera* spp. récoltés en « n+4 » et « n+5 » avec des effectifs très faibles.

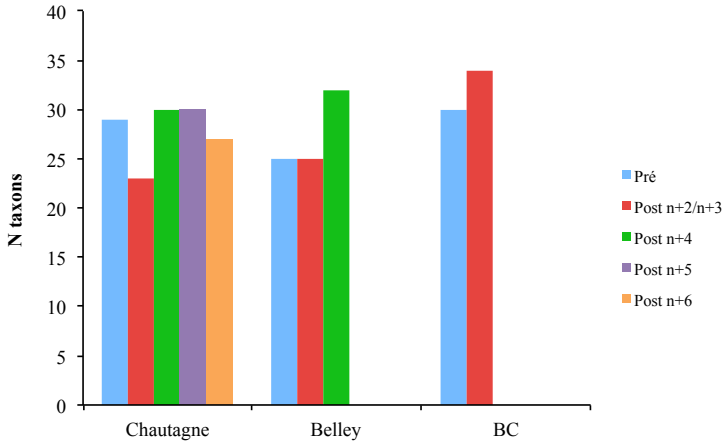


Figure 2.3.1 : Nombre de taxons EPT observés au cours des campagnes pré- et post-restauration « n+2 », « n+3 », « n+4 », « n+5 » et « n+6 » dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

Les **taxons nouvellement rencontrés** dans les campagnes d'échantillonnage printemps et été post-restauration présentent des **effectifs très faibles**. Aussi, **seules des données sur le long terme permettront de confirmer ou non leur implantation dans ces milieux** et de comprendre précisément les facteurs impliqués dans leur distribution. Une confirmation de l'augmentation du nombre de taxons EPT ne serait cependant pas surprenante après restauration, ces groupes ayant particulièrement souffert avec la réduction des débits suite à la construction des barrages hydro-electriques (Usseglio-Polatera, 1985 ; Dessaix *et al.* 1995 ; Frujet *et al*. 2003).

Disparition de taxons après restauration

Dans le secteur de Chautagne, 21 taxons étaient absents quatre années après restauration alors qu'ils faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains deux ans après restauration (Oliver *et al.* 2009). Cette tendance est confirmée en « n+6 » (17 taxons rencontrés en pré et/ou « n+2 » et non retrouvés en « n+6 », Annexe A.3.1). De même, dans le secteur de Brégnier-Cordon, 25 taxons présents avant restauration ne sont plus recensés 3 ans après restauration.

La **plupart de ces taxons sont limnophiles** (e.g. *Sialis* spp. ou *Micronecta* spp. en Chautagne; *Bithynia* sp., *Radix* spp. ou *Hydroporus* sp. à Brégnier-Cordon) **et trouvent probablement les conditions moins favorables à leur maintien dans le chenal après restauration** (cf. 2.3.4.2).

Enfin, le rapport précédent (Olivier *et al.* 2009) soulignait la disparition inexpliquée, 4 ans après restauration, des deux taxons rhéophiles *Hydropsyche modesta* et *Limnius* spp. dans le secteur de Chautagne. Cette disparition est confirmée en « n+5 » pour *Hydropsyche modesta* mais 5 individus de *Limnius* spp. ont à nouveau été collectés en 2009 et 2010. Dans le secteur de Brégnier-Cordon, *Hydropsyche modesta* est aussi absent des échantillons après restauration.

Espèces exogènes

Une synthèse multi-sites sur les espèces exogènes rencontrées de 2002 à 2008 est disponible dans le rapport Olivier *et al.* 2009. Nous ne discuterons dans cette partie que des particularités des nouvelles campagnes d'échantillonnage (« n+6 » en Chautagne, « n+10 » Pierre-Bénite et pré-restauration 2010 à Péage-de-Roussillon). Ces nouvelles campagnes ont permis de recenser **4 nouveaux taxons exogènes (*Chelicorophium sowinskyi*, *Hemimysis anomala*, *Menetus dilatatus* et *Lymnomysis benedeni*)** et le nombre total d'espèces recensées dans l'ensemble de nos échantillons est donc de **21 espèces exogènes** (Tableau 2.3.5).

Tableau 2.3.5 : Densités (nombre d'individus/m^2) d'espèces exogènes dans les 8 RCC échantillonnés. Avec HR : Haut-Rhône ; BR : Bas-Rhône ; BC : Brégnier-Cordon ; Mir : Miribel ; PB : Pierre-Bénite ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon. Sources pour les premières observations : Frujet *et al*. 2003, Besacier-Monbertrand *et al*. 2010, et données récoltées dans le cadre du suivi scientifique. Case grisé : taxon absent et "? ": Donnée manquante.

				Densités (N Indiv/m^2)															
		1ère obs HR	1ère obs BR	Chautagne					Belley			BC		Mir	PB	PR		Mont	Donz
Espèces	**Origine**			Pré	n+2	n+4	n+5	n+6	Pré	n+2	n+4	Pré	n+3	Pré	n+10	Pré(07)	Pré(10)	Pré	Pré
Atyaephyra desmarestii	Europe du sud		2000													0,5	2		2
Chelicorophium curvispinum	Ponto-caspienne		2002												23	101	50	3	
Chelicorophium sowinskyi	Ponto-caspienne		2010												10				
Corbicula fluminea	Asie	1990	1993		10	9	45	537		36	190	55	59	580	119	304	175	15	22
Crangonyx pseudogracilis	Amérique du Nord	2004	1995							0,5	0,5					1	0,5		
Dikerogammarus villosus	Ponto-caspienne	2004	1999		155	123	133	462		105	236		64		1238	388	1261	655	591
Dreissena polymorpha	Ponto-caspienne	Après 1852	?	130	96	46	31	46	48	4	8	0,5		6	2	25	6	1	0,5
Dugesia tigrina	Amérique du Nord	1968	?	674	18	30	15	304	594	52	2148	116	1111	249	78	60	11	25	1
Gammarus roeselii	Europe centrale et de l'est		Avant 1985															1	2
Gammarus tigrinus	Amérique du Nord		1995													3	1	0,5	
Gyraulus parvus	Amérique du Nord	1994	1997					10			4		0,5		0,5		1		
Hemimysis anomala	Ponto-caspienne		2010												0,5				
Hypania invalida	Ponto-caspienne	2008	2002							23	941		33		70	67	11	91	113
Jaera danubica	Danube		2008												387		158	33	134
Jaera istri	Ponto-caspienne	2009	2008			5	0,5	4							13031		372	4163	4630
Menetus dilatatus	Amérique du Nord		2010														1		
Limnomysis benedeni	Ponto-caspienne		2010														3		
Lithoglyphus naticoides	Ponto-caspienne		1995													2			
Orconectes limosus	Amérique du Nord	1976	Avant 1985									0,5							
Physella acuta	Méditerranée/Amérique du Nord	1881	?	26	0,5	48	14	25	3		3	1			1	0,5	33		187
Potamopyrgus antipodarum	Nouvelle Zélande	1978	?	37	44	194	132	376	5	48	1271	86	133	3	24	433	105	216	214
	Richesse en taxons exogènes			**4**	**6**	**7**	**7**	**8**	**4**	**7**	**9**	**6**	**6**	**4**	**13**	**12**	**16**	**11**	**11**

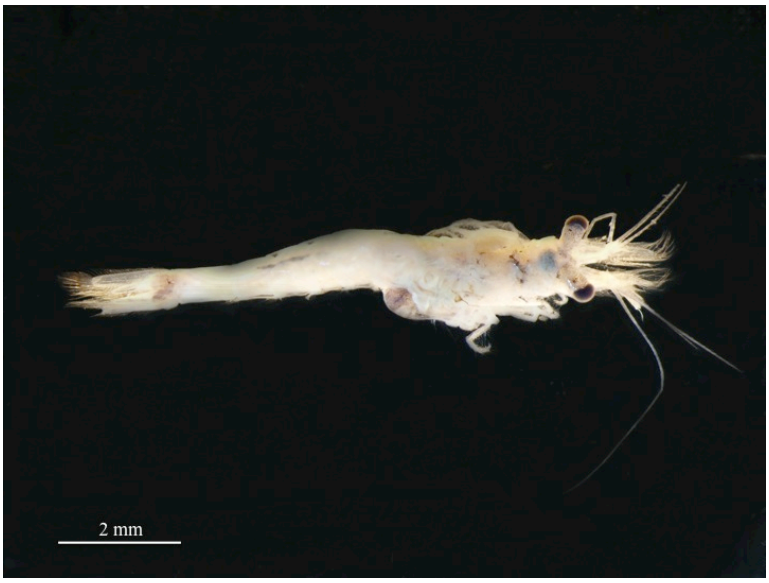
Le cortège d'espèces exogènes en **Chautagne**, 6 ans après restauration, a sensiblement évolué par rapport à « n+5 » (Tableau 2.3.5). Par exemple, les densités des Mollusques augmentent globalement de manière importante. Le Planorbidae *Gyraulus parvus* est recensé pour la première fois dans ce secteur mais présente des densités encore assez faibles (10 indiv/m^2).

Gyraulus parvus

Les densités de *Dreissena polymorpha*, qui avaient fortement chuté après restauration semblent stagner en 2006 (46 indiv/m^2). En revanche, l'Hydrobiidae *Potamopyrgus antipodarum* qui avait vu ses effectifs largement augmenter après restauration, présente en n+6 des densités trois fois plus importantes qu'en « n+5 » (376 indiv/m^2). Le Bivalve, *Corbicula fluminea*, observé dans ce secteur pour la première fois en « n+2 », a vu sa densité multiplier par 12 en « n+6 » par rapport à « n+5 ». Le Crustacé Amphipode *Dikerogammarus villosus* observé pour la première fois dans ce secteur en « n+2 », présente en « n+6 » des

densités trois fois plus importantes par rapport à « n+5 » (462 contre 133 indiv/m^2). Les densités de l'Isopode *Jaera istri*, recensé pour la première fois dans ce secteur en n+4, semble stagner en « n+6 » (4 indiv/m^2). On notera tous de même que la densité de *J.istri* observée à Chautagne est la plus faible de tous les secteurs suivis du Rhône. Cette espèce n'est d'ailleurs trouvée que dans ce secteur sur le Haut-Rhône alors qu'elle a colonisé le Bas-Rhône de manière massive. Cette colonisation atypique est probablement d'origine anthropique (contamination par transport humain), et son maintien dans le secteur de Chautagne ainsi que sa propagation dans les autres secteurs du Haut-Rhône est à surveiller. On remarquera également l'augmentation spectaculaire des densités de la Planaire rhéophile *Dugesia tigrina*. En effet, même si les densités observées sont toujours largement inférieures à celle observées en pré-restauration (674 indiv/m^2), elles ont été multipliées par 20 entre n+5 et « n+6 » (304 indiv/m^2).

Avec 16 taxons exogènes observés en 2010, le secteur de **Péage-de-Roussillon** est celui qui abrite le plus de taxons invasifs de tous les secteurs suivis du Rhône. Lors de la deuxième campagne d'échantillonnage pré-restauration en 2010, **5 taxons exogènes** sont recensés pour la première fois dans ce secteur, dont 2 (*Menetus dilatatus*, *Limnomysis benedeni*) qui ne sont retrouvés que dans ce secteur mais avec des densités faibles (respectivement 3 indiv/m^2 et 1 indiv/m^2).



Limnomysis benedeni

Globalement dans ce secteur, les densités de ces taxons exogènes diminuent. Les seules exceptions sont le Crustacé *Dikerogammarus villosus* qui voit sa densité tripler en 2010 (1261 indiv/m^2) par rapport à 2007 (388 indiv/m^2) et le Mollusque *Physella acuta* avec une densité 60 fois supérieures en 2010 (33 indiv/m^2) par rapport à 2007 (0.5 indiv/m^2). Les diminutions de densités les plus notables en 2010 concernent le Polychète *Hypania invalida* (11 indiv/m^2), la Planaire *Dugesia tigrina* (11 indiv/m2), les Mollusques *Dreissena polymorpha* (6 indiv/m^2) et *Potamopyrgus antipodarum* (105 indiv/m^2). On notera également l'absence du Mollusque *Lithoglyphus naticoides*, qui n'est plus observé dans les secteurs échantillonnés en 2010. Les Crustacés Isopodes *Jaera istri* et *Jaera danubica* sont recensés pour la première fois dans ce secteur mais avec des densités plus faibles (respectivement 372 indiv/m^2 et 158 indiv/m^2) que dans les autres secteurs du Bas-Rhône.

Jaera istri

Le Crustacé *Chelicorophium sowinskyi* est observé pour la première fois dans les hydrosystèmes français dans le secteur de **Pierre-Bénite** (Forcellini, Crustaceana 2012) avec des densités relativement faibles (10 indiv/m^2). Pierre-Bénite et Péage-de- Roussillon sont les secteurs où le Crustacé *Dikerogammarus villosus* est le plus représenté avec respectivement 1238 indiv/m^2 et 1261 indiv/m^2. De même, c'est dans le secteur de Pierre-Bénite que sont retrouvées les plus grandes densités de *Jaera istri* et *danubica* avec respectivement 13031 indiv/m^2 et 387 indiv/m^2. Enfin, c'est à Pierre-Bénite que le Crustacé *Hemimysis anomala* (0.5 indiv/m^2) a été observé pour la première fois sur le Rhône en 2010.

Chelicorophium sowinskyi

2.3.4.2 Préférences hydrauliques des peuplements dans l'ensemble des RCC

Les campagnes pré-restauration dans les secteurs du Haut-Rhône dans le chenal et dans les lônes (Olivier *et al.* 2007a; 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 2.3.6 et Annexe A.3.4).

- Les taxons **limnophiles** de la catégorie 1 sont inféodés à des milieux lentiques 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 2.3.6). Ils sont représentés par exemple, par les Diptères Dasyheleinae ou Dolichopodidae.
- Les espèces de la famille des Hydroptilidae ou des Asellidae préfèrent les conditions hydrauliques **intermédiaires** (catégorie 3).
- Les taxons **rhéophiles** sont soit inféodés à des contraintes hydrauliques fortes; e.g. *Hydropsyche modesta*, *Potamanthus luteus* ou les Diptères Orthocladiinae (catégorie 4); soit très fortes (catégorie 5) comme par exemple *Theodoxus fluviatilis, Ancylus fluviatilis, Baetis vardarensis, Elmis* spp. ou *Hydropsyche siltalai.*
- Les taxons **ubiquistes** ne présentent pas de préférences hydrauliques (catégorie 6) comme par exemple *Dendrocoelum lacteum*, *Athripsodes albifrons* et *Gammarus fossarum*.
- Enfin la catégorie 7 (**indéterminés**) regroupe tous les taxons pour lesquels aucune information n'est disponible.

Tableau 2.3.6 : Caractéristiques hydrauliques exprimées par les contraintes au fond du cours d'eau (HFST) et par la vitesse moyenne (40% de la hauteur d'eau) pour les différentes catégories de rhéophilie.

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

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** (Olivier *et al.* 2007a).

Préférences hydrauliques globales des peuplements avant restauration

Les pourcentages de taxons des différentes catégories de préférences hydrauliques montrent un patron assez homogène pour les 8 secteurs échantillonnés avant restauration (Figure 2.3.2). On observe essentiellement des taxons rhéophiles (de 23% à Péage-de-Roussillon à 36% au maximum à Miribel) ou ubiquistes (entre 28 à 38% à Péage-de-Roussillon et à Montélimar). Ces **taxons rhéophiles devraient être favorisés** par les opérations de restauration des débits. Les taxons **ubiquistes devraient être indifférents** à ces augmentations de débit. De plus un cortège non négligeable de taxons limnophiles (de 11% à Montélimar à 29% à Péage-de-Roussillon) ou intermédiaires (entre 9 et 13% à Péage-de-Roussillon et à Miribel) est observé. Ces taxons **devraient être défavorisés par les nouvelles conditions hydrauliques dans le chenal après restauration**.

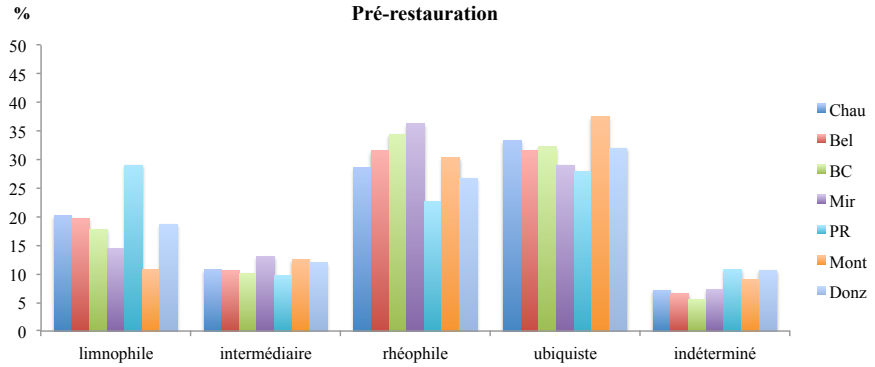


Figure 2.3.2 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 7 RCC avant restauration. Avec Chau : Chautagne ; Bel : Belley ; BC : Brégnier-Cordon ; Mir : Miribel ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon.

Les pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques montrent une image différente. Dans les 8 secteurs échantillonnés, les individus de taxons rhéophiles ou ubiquistes dominent aux dépens des limnophiles et des intermédiaires (Figure 2.3.3). Ces résultats soulignent l'implantation fragile des taxons limnophiles dans le chenal avant restauration.

Dans les secteurs de Chautagne, de Péage-de-Roussillon et de Donzère respectivement **70, 61 et 67% des individus sont rhéophiles** contre seulement 27, 23 et 25% d'ubiquistes. Dans les secteurs de Brégnier-Cordon, Belley et Miribel, c'est le contraire avec plus d'individus ubiquistes (72%, 62% et 61% respectivement) que de rhéophiles (26%, 37% et 33%). Dans le secteur de Montélimar, le nombre d'individus rhéophiles (47%) est sensiblement identique à celui des ubiquistes (45%).

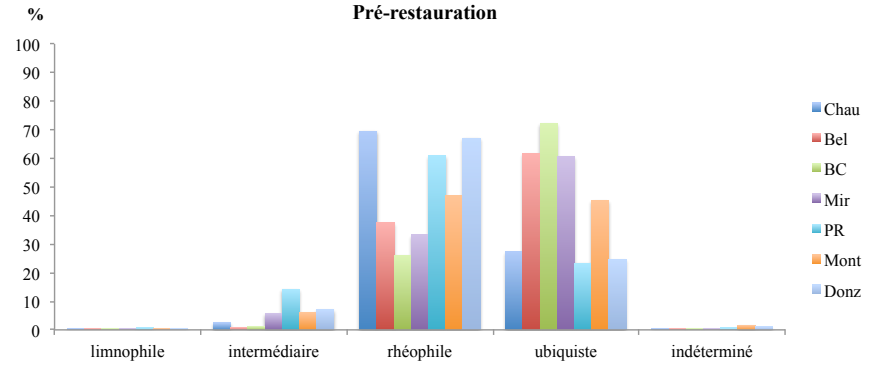


Figure 2.3.3 : Pourcentages d'individus dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 7 RCC avant restauration. Avec Chau : Chautagne ; Bel : Belley ; BC : Brégnier-Cordon ; Mir : Miribel ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon.

Ces différences ne sont pas en relation avec des différences de conditions hydrauliques puisque, dans les 3 secteurs du Haut-Rhône et dans le secteur de Péage-de-Roussillon, la gamme des conditions échantillonnées est sensiblement la même (HFST de 0 à 15) (Figure 2.3.4). Les conditions hydrauliques échantillonnées dans les secteurs de Miribel, Montélimar et Donzère-Mondragon sont par contre plus faibles que dans les autres secteurs (HFST toujours inférieurs à 13).

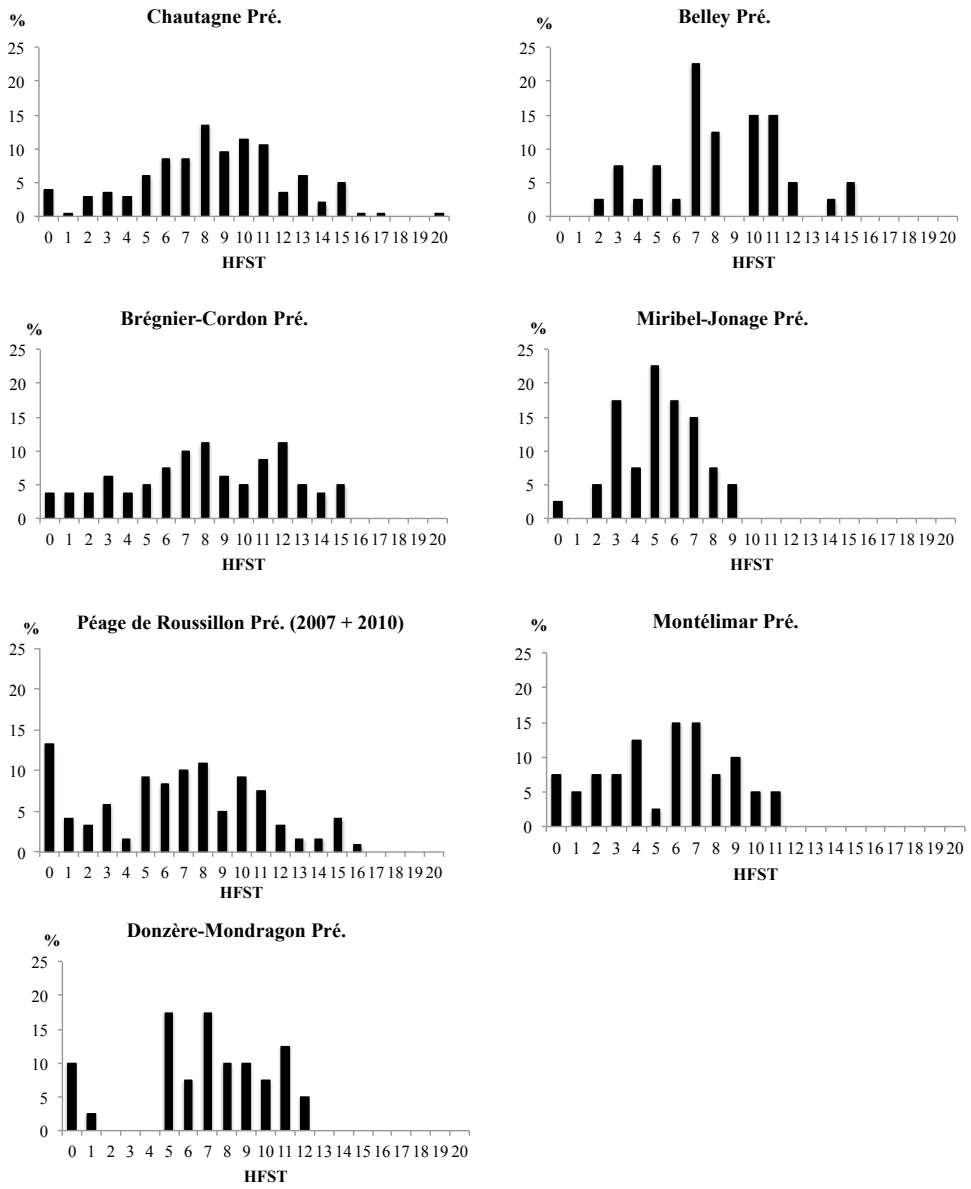


Figure 2.3.4 : Contraintes hydrauliques dans les 7 RCC avant restauration avec HFST : numéro d'hémisphère (cf. Olivier et al. 2004a & b).

Préférences hydrauliques globales des peuplements avant et après restauration

L'augmentation de la proportion des taxons rhéophiles observée 5 années après restauration en Chautagne ne se confirme pas en « n+6 » (34%) même si cette proportion est toujours supérieure à celle observée en pré-restauration (28%) (Figure 2.3.5). Les pourcentages de taxons rhéophiles stagnent après restauration dans le secteur de Belley. A Brégnier-Cordon au contraire, 3 années après restauration, on observe une baisse sensible du nombre de taxons rhéophiles.

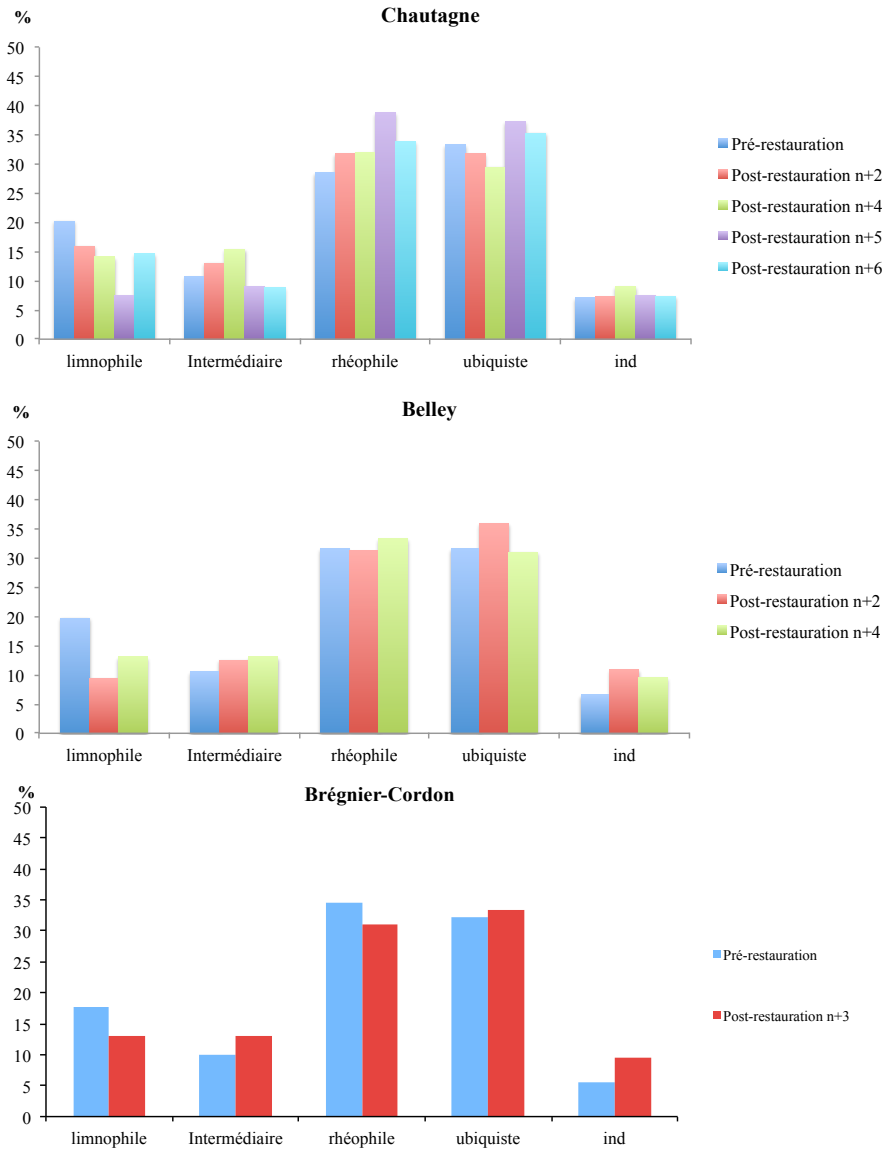


Figure 2.3.5 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3 RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

Les taxons ubiquistes stagnent autour de 30% dans les 3 secteurs et ne montrent pas de différences nettes entre les campagnes pré- et post-restauration**. Globalement dans les 3 secteurs, les pourcentages de taxons limnophiles diminuent après restauration**, même si en Chautagne, ce pourcentage augmente en « n+6 » par rapport à « n+5 », mais reste inférieur au pourcentage d'avant restauration. **Les pourcentages d'individus rhéophiles augmentent dans les 3 secteurs après restauration** (Fig. 2.3.6). A Belley et Brégnier-Cordon, cette augmentation est plus marquée qu'en Chautagne, le nombre d'individus de taxons rhéophiles étant proportionnellement plus important avant restauration dans ce dernier secteur.

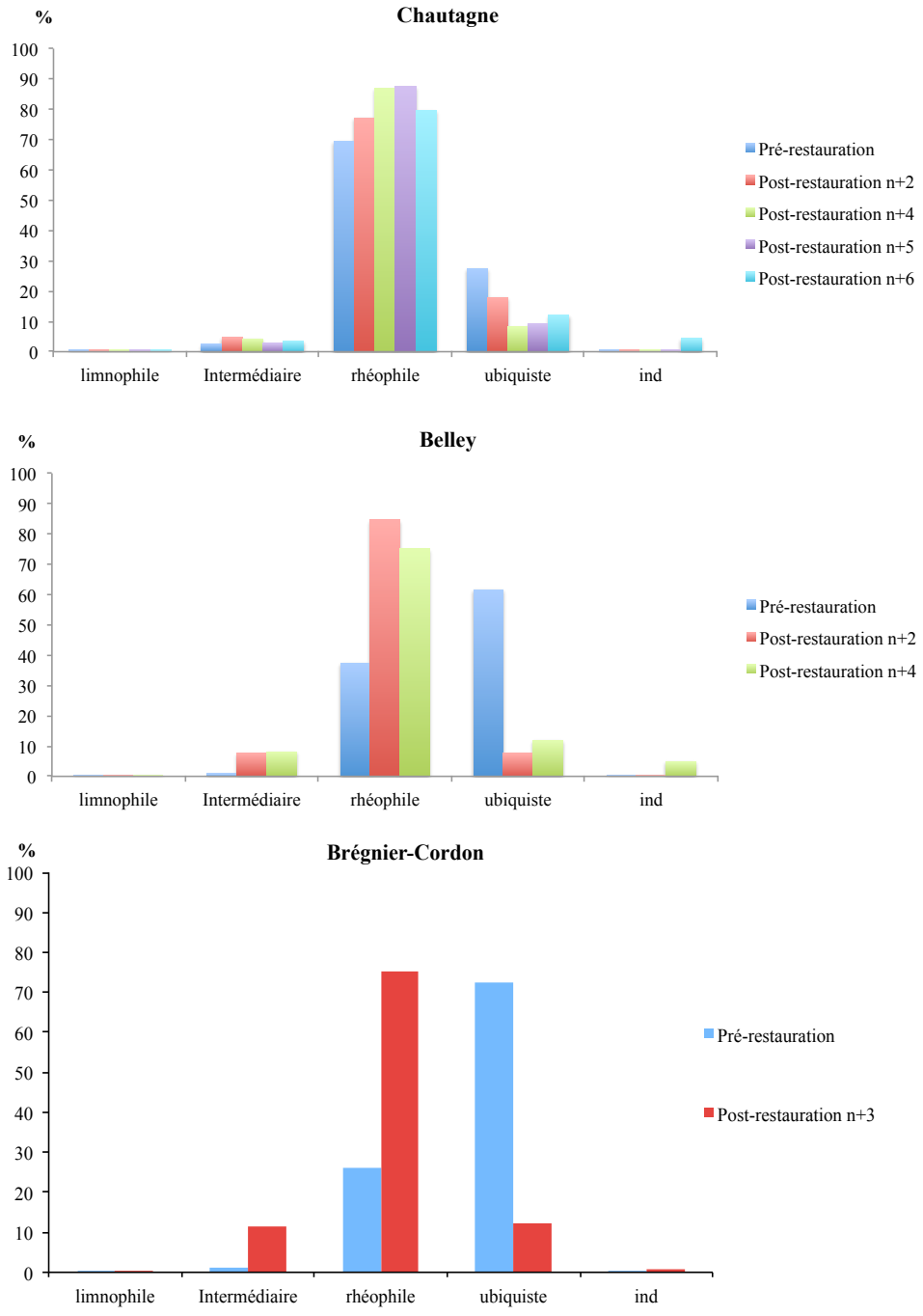


Figure 2.3.6 : Pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3 RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

De plus, à Brégnier-Cordon, cette augmentation relative du nombre d'individus rhéophiles s'explique en partie par la baisse très importante du nombre d'individus de Gammares (ubiquistes quant aux conditions hydrauliques). A Belley, l'augmentation relative du nombre d'individus rhéophiles au cours des campagnes post-restauration repose également sur la chute des effectifs de Gammares mais aussi sur une très forte augmentation des effectifs de certains taxons comme par exemple *Potamanthus luteus* (densités triplées en « n+2 » et doublées en « n+4 »), d'Orthocladiinae (densités doublées en « n+2 » et triplées en « n+4 ») ou des *Ancylus fluviatilis* (densités presque doublées en « n+4 ») (cf. Annexe A.3.2 dans Olivier *et al*., 2011).

→ Les changements observés entre les campagnes pré- et post-restauration reposaient deux ans après restauration sur quelques taxons dont les effectifs avaient brutalement chuté ou au contraire brutalement augmenté mais **reposent sur un plus grand nombre de taxons 5 ou 6 ans après restauration.**

→ Les changements observés pour les rhéophiles entre les campagnes pré- et post-restauration sont plus lisibles en considérant les pourcentages d'individus que les pourcentages de taxons. Les taxons rhéophiles bien implantés dans le chenal sont, en effet en général, plus abondants. **L'augmentation du nombre d'individus rhéophiles qui devait être interprétée avec prudence en « n+2 », se confirme donc bien en « n+5 » et « n+6 ».**

→ De plus, nos résultats mettent en évidence une diminution après restauration des taxons limnophiles, déjà peu abondants avant restauration.

→ Enfin, tous ces changements sont à mettre en relation avec **les changements des conditions hydrauliques observés à l'échelle du tronçon** (Olivier *et al*. 2007) et non pas avec les conditions hydrauliques locales échantillonnées qui restent sensiblement les mêmes entre les différentes campagnes (Figure 2.3.7).

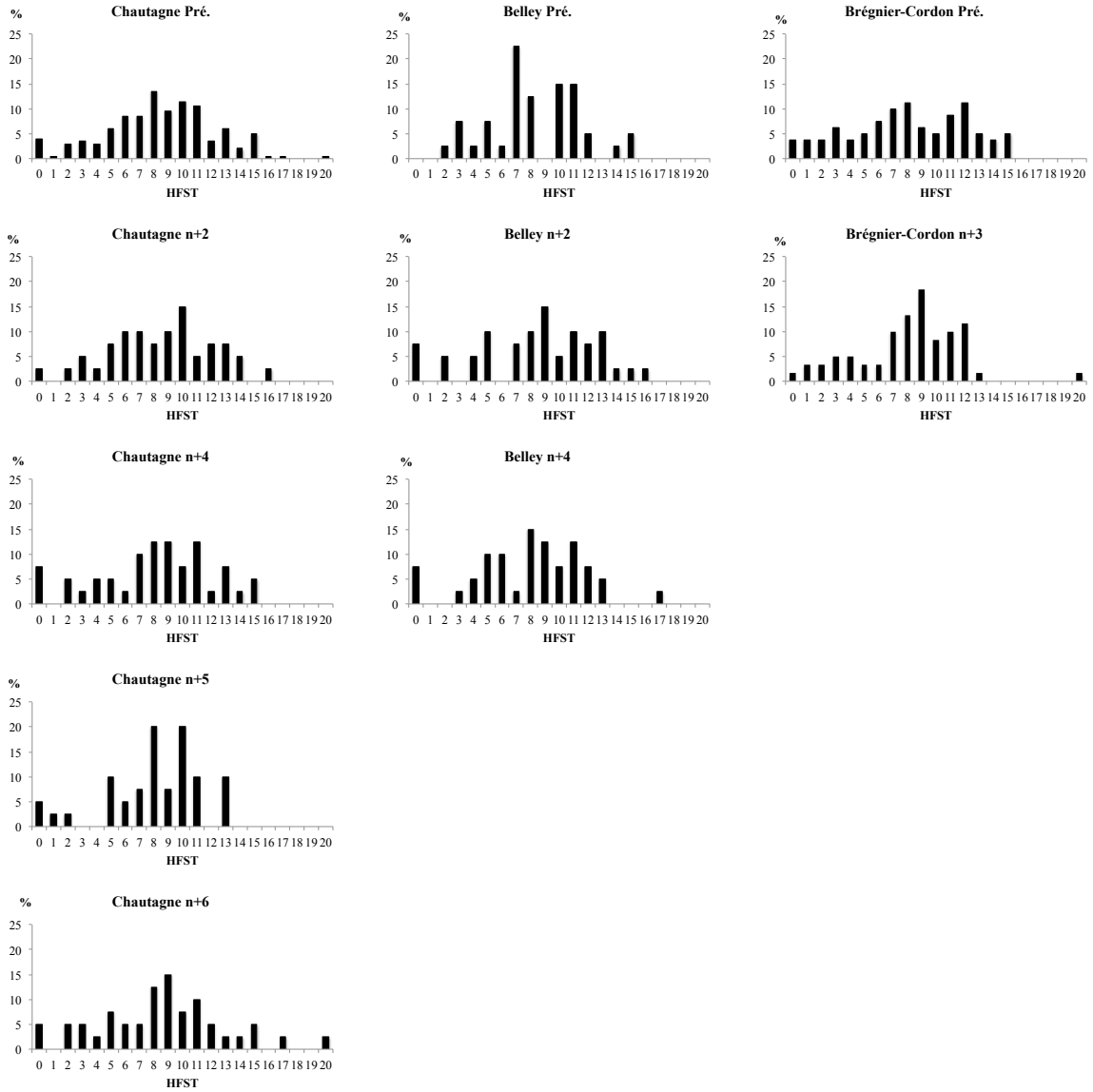


Figure 2.3.7 : Contraintes hydrauliques dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré- et post-restauration. Avec HFST : numéro d'hémisphère.

2.3.4.3 Validations des prédictions de FSTress dans les RCC de Chautagne

Il a été montré dans le dernier rapport (Olivier *et al*., 2011) qu'il n'existe **pas de corrélation** nette entre les variations de valeurs d'habitat prédites et les variations des densités observées sur le terrain avant et après restauration dans le secteur de **Chautagne** lorsqu'on analyse le jeu de données **avec une seule année d'échantillonnage en pré-restauration**. Il a alors été montré que si l'on ajoutait des données "invertébrés" collectées dans un autre cadre en 1997, 1999 et en 2000 (Rapport CNR, 2001) aux données de 2002 (2 ans avant restauration), les prédictions expliquent alors **27%** des changements observés **5 ans après restauration**. L'ajout des données issues de l'échantillonnage de Chautagne en 2010 montre que les prédictions expliquent désormais **33%** des changements observés **6 ans après restauration** (Figure 2.3.8 & Tableau 2.3.7).

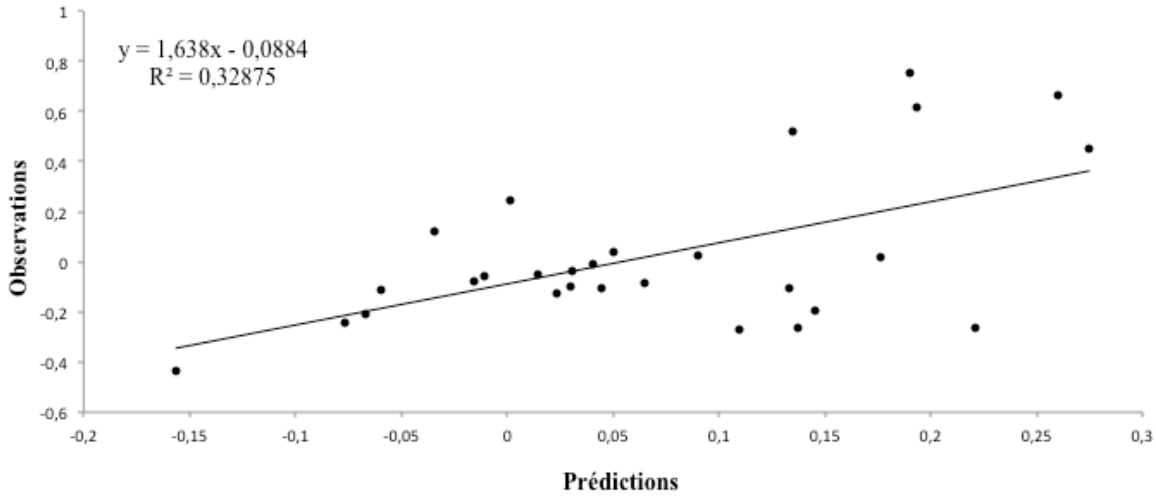


Figure 2.3.8 : Relation entre les valeurs d'habitat prédites et les densités observées (données avant restauration = 1997-2002 et données après restauration = 2002-2010) dans le secteur de Chautagne, pour divers taxons d'invertébrés (cf. Tableau 2.3.7).

→ L'acquisition de données long terme <u>avant</u> et **<u>après</u> restauration se révèle indispensable pour la validation du modèle FSTress**.

Tableau 2.3.7 : Prédictions et observations dans le secteur de **Chautagne** des densités des taxons présentant des préférences hydrauliques marquées (R^2tax ≥ 0,15, Olivier *et al*. 2007, Dolédec *et al*. 2007, Mérigoux *et al.* 2009). Avec Abond : abondances observées dans l'ensemble des campagnes ; Densités : densités moyennes des relevés pré- (1997-2002) et post-restauration n+2, n+4, n+5 et n+6 ; ΔHV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress pour les débits réservés d'hiver pré- et post-restauration (10 et 50 m^3) ; Δobs : variations des densités moyennes des relevés (n.indiv/dm^2 transformées en ln abondance +1) entre les campagnes pré- et post-restauration.

		Densités							Pred	Δ obs post-pré				
Taxons	**Abond**	**pré**	**n+2**	**n+4**	**n+5**	**n+6**	**post tot**	**R^2 tax**	**ΔHV**	**(n+2)-pré**	**(n+4)-pré**	**(n+5)-pré**	**(n+6)-pré**	**post tot-pré**
Ancylus fluviatilis	8548	0,64	0,18	1,65	1,28	2,46	1,39	0,42	0,19	-0,46	1,01	0,64	1,82	0,75
Asellidae	58	0,06	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,20	-0,01	-0,06	-0,05	-0,06	-0,06	-0,06
Baetis rhodani	65	0,16	0,00	0,02	0,18	0,00	0,05	0,18	0,04	-0,16	-0,14	0,02	-0,15	-0,11
Baetis vardarensis	1840	0,70	0,27	0,45	0,72	0,29	0,43	0,51	0,22	-0,42	-0,25	0,02	-0,41	-0,26
Baetis spp.	23376	1,70	1,70	2,70	2,51	2,37	2,32	0,20	0,19	-0,01	1,00	0,80	0,67	0,62
Caenis luctuosa	709	0,29	0,58	0,07	0,06	0,01	0,18	0,42	-0,06	0,29	-0,22	-0,24	-0,28	-0,11
Caenis spp.	2459	0,42	1,05	0,54	0,22	0,36	0,54	0,18	-0,03	0,63	0,11	-0,21	-0,06	0,12
Chironomini	2554	0,91	0,14	0,88	0,39	0,49	0,47	0,38	-0,16	-0,76	-0,03	-0,52	-0,42	-0,43
Dreissena polymorpha	693	0,52	0,50	0,28	0,23	0,32	0,33	0,25	0,15	-0,03	-0,25	-0,29	-0,20	-0,19
Dugesia tigrina	2078	0,39	0,10	0,19	0,11	0,82	0,31	0,15	0,06	-0,29	-0,21	-0,28	0,43	-0,09
Elmis spp.	82	0,10	0,02	0,06	0,15	0,03	0,06	0,49	0,03	-0,08	-0,04	0,05	-0,07	-0,03
Esolus spp.	733	0,25	0,27	0,23	0,35	0,32	0,29	0,32	0,05	0,02	-0,02	0,09	0,07	0,04
Heptagenia sulphurea	4013	0,85	0,64	0,89	0,77	1,17	0,87	0,24	0,18	-0,20	0,04	-0,08	0,32	0,02
Hydropsyche contubernalis	4549	0,70	1,13	1,62	1,32	0,82	1,22	0,36	0,13	0,42	0,91	0,61	0,12	0,52
Hydropsyche exocellata	2499	0,76	0,90	0,58	0,47	0,64	0,65	0,24	0,13	0,15	-0,18	-0,29	-0,12	-0,11
Hydropsyche incognita	778	0,42	0,35	0,36	0,57	0,50	0,44	0,21	0,09	-0,07	-0,06	0,15	0,08	0,03
Hydropsyche modesta	143	0,15	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,02	-0,05	-0,15	-0,15	-0,15	-0,12
Hydropsyche siltalai	625	0,35	0,03	0,03	0,12	0,13	0,08	0,32	0,11	-0,32	-0,32	-0,23	-0,22	-0,27
Hydropsyche spp.	30306	1,79	2,21	2,65	2,21	1,91	2,24	0,21	0,27	0,42	0,85	0,42	0,12	0,45
Leuctra spp.	289	0,14	0,08	0,17	0,05	0,22	0,13	0,41	0,04	-0,06	0,03	-0,09	0,08	-0,01
Limnius spp.	64	0,06	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,19	0,01	-0,06	-0,06	-0,04	-0,04	-0,05
Pisidium spp.	51	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	-0,02	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
Polycentropodidae	223	0,26	0,00	0,01	0,00	0,08	0,02	0,43	-0,08	-0,26	-0,25	-0,26	-0,19	-0,24
Polycentropus flavomaculatus	121	0,23	0,00	0,01	0,00	0,07	0,02	0,30	-0,07	-0,22	-0,22	-0,23	-0,16	-0,21
Rhithrogena spp.	50	0,11	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,22	0,03	-0,11	-0,11	-0,09	-0,11	-0,10
Rhyacophila s. stricto spp.	1157	0,59	0,12	0,36	0,24	0,61	0,33	0,30	0,14	-0,47	-0,23	-0,36	0,01	-0,26
Simuliidae	20855	0,86	1,01	1,45	1,38	2,26	1,52	0,48	0,26	0,15	0,59	0,52	1,40	0,66
Theodoxus fluviatilis	537	0,01	0,01	0,04	0,24	0,70	0,25	0,42	0,00	0,00	0,04	0,24	0,69	0,24

Les résultats obtenus en analysant les campagnes post-restauration séparément confirment que la validation des prédictions ne se fera précisément que sur du long terme (Olivier *et al.* 2008 & 2009). En effet, il n'existe **pas de corrélation entre les variations des valeurs d'habitat prédites et les densités observées deux ans seulement après restauration** (Figure 2.3.9).

Au contraire, **les prédictions expliquent 28% et 36% des changements de densités observés 4 et 5 ans respectivement après restauration**. On remarque que 6 ans après restauration, les prédictions expliquent 24 % des changements de densités observés (Figure 2.3.9). Ces résultats peuvent aussi s'expliquer par l'impact de la gestion des barrages sur les invertébrés. Outre cette variabilité inter-annuelle, cette diminution de corrélation peut également s'expliquer par les densités observées des deux taxons rhéophiles *Ancylus fluviatilis* (AFLU) et Simuliidae (SIMU), largement supérieures à celles attendues par le modèle.

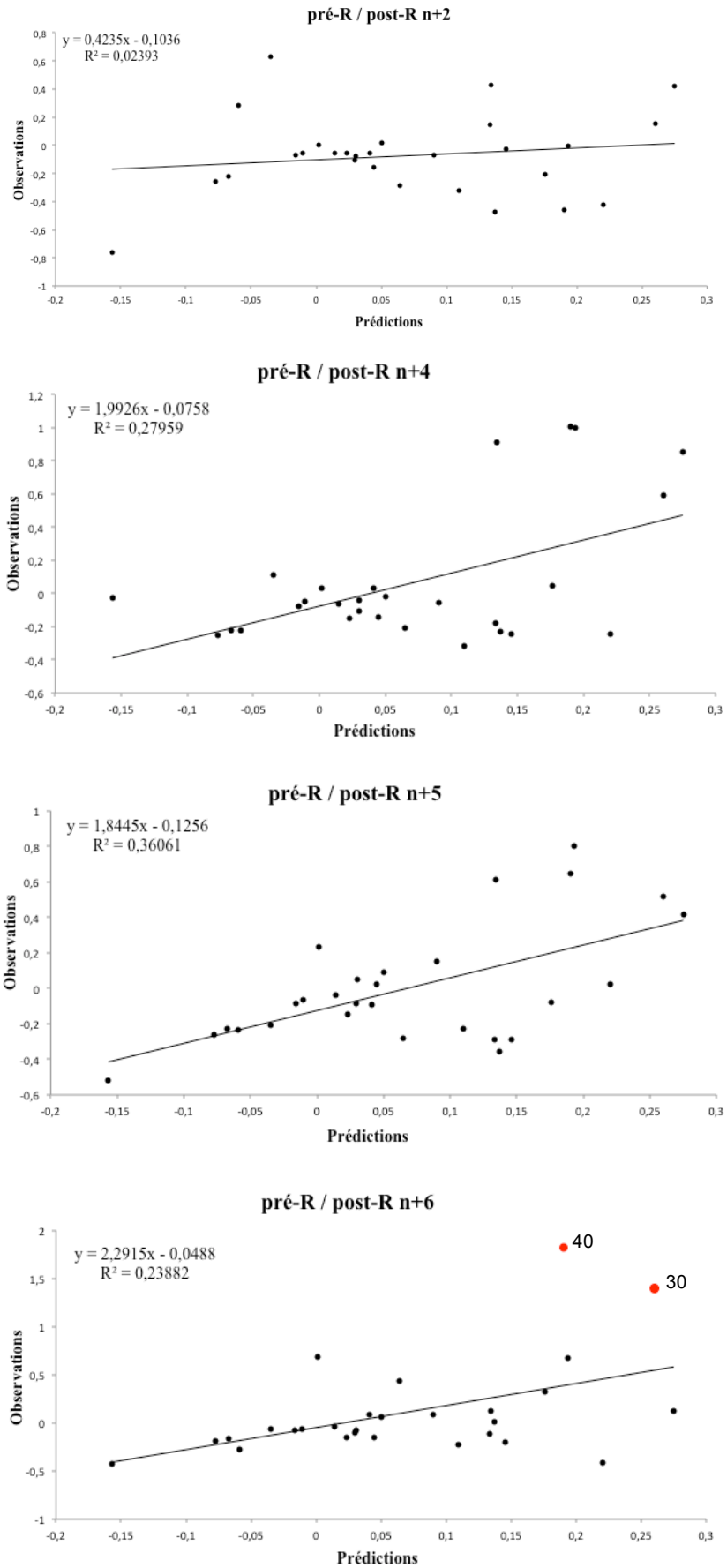


Figure 2.3.9 : Relation entre les valeurs d'habitat prédites et les densités observées (données avant restauration = 1997-2002 et données après restauration = 2002-2010) dans le secteur de Chautagne, pour divers taxons d'invertébrés (cf. Tableau 2.3.7). Avec pré-R : pré-restauration ; post-R : post-restauration.

2.3.5 Conclusions et perspectives

Dans les trois secteurs du Haut-Rhône Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, **les densités des macroinvertébrés** et la **richesse taxonomique** notamment des Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, augmentent après restauration en accord avec les attentes. De même, dans ces secteurs, le **nombre de taxons** et **d'individus rhéophiles** est globalement **plus important après restauration alors que le nombre de taxons limnophiles diminue**.

Dans le secteur de Chautagne, lorsque des **données "long terme" avant restauration** (1997-2002) sont utilisées, les prédictions expliquent alors 33% des changements observés 6 ans après restauration. Ces résultats nous ont incité à **modifier le protocole d'échantillonnage** dans les secteurs dans lesquels la restauration des débits n'est pas encore effective. Aussi, afin d'obtenir un maximum de données avant restauration, **tous les secteurs du Bas-Rhône ainsi que le secteur de Miribel ont à nouveau été échantillonnés en 2011 et le seront en 2012**.

De même, les prédictions sont meilleures lorsqu'on considère les observations sur du plus long terme après restauration. Cependant, les données récoltées six années après restauration ne suffisent pas encore pour valider parfaitement nos prédictions et plusieurs paramètres indépendants de la restauration viennent troubler ces résultats.

Les portions court-circuitées du Rhône sont soumises à des paramètres hydro-climatiques ou des contraintes plus ponctuelles de gestion de barrages dont la variabilité inter-annuelle a des répercussions sur les peuplements aquatiques. Ces paramètres ou contraintes peuvent donc induire des variabilités inter-annuelles naturelles (paramètres hydroclimatiques) ou non (gestion des barrages) de densités des espèces. Ainsi, la variabilité inter-annuelle de l'intensité et de la fréquence des crues peut avoir des répercussions sur les peuplements d'invertébrés et ceci indépendamment des opérations de restauration des débits dans les RCC. De même, les variations des débits journaliers liées à la gestion des barrages observées les semaines précédant l'échantillonnage des campagnes d'été 2006 en Chautagne et 2008 à Brégnier-Cordon ont probablement eu des effets sur les peuplements faunistiques en place. **Seules des études sur du long terme nous permettront de comprendre l'origine de ces variations inter-annuelles des densités des espèces.**

De plus, l'implantation d'espèces exogènes invasives telles que *Dikerogammarus villosus* pendant les travaux de restauration du Haut-Rhône (cf. détails dans Olivier *et al*. 2007) suivi, en 2006 par de la colonisation des Corbicules dans les secteurs de Chautagne et de Belley et depuis 2008, du Polychète *Hypania invalida* dans les secteurs de Brégnier-Cordon et de Belley soulèvent de réels problèmes. Il est en effet **difficile de séparer la part relative des effets de ces espèces sur les invertébrés en place de celle des opérations de restauration**. Cette connaissance s'avère pourtant indispensable pour pouvoir quantifier précisément les effets des augmentations de débits sur les peuplements d'invertébrés du Haut-Rhône.

Les métriques liées aux modifications de débits utilisées dans le cadre du suivi de l'augmentation des débits réservés du Rhône doivent donc être interprétées dans le cadre d'un suivi comprenant plusieurs campagnes d'échantillonnage pré et post-restauration et en intégrant l'ensemble des facteurs susceptibles d'avoir une influence sur la dynamique des espèces dans les Vieux-Rhône (modification de l'hydrologie en fonction des contraintes d'exploitation et d'entretien des usines par la CNR, facteurs hydro-climatiques, arrivée de nouvelles espèces exogènes…). La validation du modèle FSTress ne se fera donc que sur du moyen ou du long terme et il n'est pas étonnant que les résultats des premières campagnes post-restauration ne soient pas immédiatement conformes aux attentes.

D'un point de vue méthodologique, des améliorations seront apportées pour augmenter notre pouvoir prédictif. De nouveaux modèles biologiques seront développés pour les espèces apparues après restauration (e.g. espèces exogènes). Certaines de ces espèces prennent une place essentielle après restauration (e.g. *Dikerogammarus villosus* ou *Hypania invalida*) et il devient donc important de connaitre leurs exigences vis-à-vis des conditions hydrauliques et de prédire les effets des augmentations de débits sur leurs densités. De plus, nous disposons actuellement d'un jeu de données suffisant pour définir les préférences hydrauliques des taxons tels que *Dryops* spp. ou *Bithynia tentaculata* (présents mais peu abondants avant restauration sur le Haut-Rhône). Enfin, certains modèles biologiques définis avec les données pré-restauration ne sont pas significatifs (Olivier *et al*. 2007; Mérigoux *et al*. 2009). Cela signifie soit que le taxon ne présente pas de préférences hydrauliques marquées (taxons abondants ubiquistes), soit que ses effectifs n'étaient pas suffisants pour obtenir un modèle précis. Pour ce dernier cas, il est donc envisagé d'affiner les modèles biologiques. Nous profiterons de cette nouvelle phase de modélisation pour définir les modèles biologiques pour les espèces du Bas-Rhône qui ne sont pas présentes sur le Haut-Rhône.

Chelicorophium curvispinum

2.4 Hydromorphologie des lônes

2.4.1 Objectifs et méthodologie

En matière de sédimentation des lônes, le programme de restauration du Rhône aborde deux questions majeures :

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

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

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

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

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

Ce rapport d'étape contient :

- une synthèse des données acquises depuis 2003 ;
- un état d'avancement de l'exploitation des chroniques piézométriques ;
- les résultats de la campagne de 2011 présentés de manière comparative avec ceux des campagnes antérieures (mise à jour des analyses graphiques présentées dans le rapport d'étape de 2009)
- les perspectives pour 2012-2013.

2.4.2 Récapitulatif des données acquises depuis le début du projet

Les tableaux 2.4.1et 2.4.2 résument l'ensemble des données collectées depuis le début du projet, relatives aux sondages de hauteur d'eau et d'épaisseur sédimentaire ainsi que le suivi de la granulométrie des dépôts superficiels (Tab. 2.4.1), puis des enregistrements piézométriques (Tab. 2.4.2).

	Abréviation	2003	2004	2005	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011
Chautagne									
Malourdie	MAL		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Brotalet	BRO		Apr T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Belley									
Luisettes	LUI		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Moiroud	MOI		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Fournier	FOU		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Béard	BEA		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Lucey	LUC		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Anse de Yenne	YEN		Avt T		Apr T	Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Brégnier-Cordon									
Chantemerle	CHA		Apr T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Granges	GRA		Avt T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Vachon	VAC		Avt T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Cerisier	CER		Avt T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Mathan	MAT		Avt T			Apr T	ø	Apr T	Apr T
Mollotes	MOL		Avt T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Ponton	PON		Avt T			Apr T	Apr T	Apr T	Apr T
Pierre-Bénite									
Ciselande	CIS	Apr T	Apr T				Apr T	Apr T	Apr T
Jaricot	JAR	Apr T					Apr T	Apr T	Apr T
Table-Ronde	TAB	Apr T			Apr T		Apr T	Apr T	Apr T
Péage-de-Roussillon									
Sainte	SAI						Avt T		Avt T
Ilon	ILO						Avt T		
Noyer Nord	NOYN								Apr T
Noyer Sud	NOYS						Avt T		Avt T
Casier d'Arcoules	ARC						Avt T		
Platière amont	PLA						Avt T		Avt T
Boussarde	BOU							Avt T	Avt T
Montélimar									
Roussettes	ROU							Avt T	Avt T
Donzère-Mondragon									
Bayard	BAYA							Avt T	Avt T
Caderousse	CADE							Avt T	Avt T
Malaubert	MALU							Avt T	Avt T
Grange écrasée	GREC							Avt T	Avt T
Malatras	MALA							Apr T	Apr T
Joncs	JONC							Avt T	Avt T
Carré	CARR							Avt T	Avt T
République	REPU							Avt T	

Tableau 2.4.1 : Synthèse des campagnes de relevés des épaisseurs sédimentaires et des hauteurs d'eau (avant ou après travaux) et des prélèvements granulométriques (fond jaune) réalisées depuis le début du projet.

Au cours de la campagne de 2011, 31 sites ont fait l'objet de relevés, 1 nouveau site a été intégré (lône du Noyer Nord, secteur de Péage-de-Roussillon) et 3 sites n'ont pas pu être sondés à cause d'un développement trop important de la végétation terrestre (lône de l'Ilon et Casiers d'Arcoules sur le secteur du Péage-de-Roussillon, lône de la République sur le secteur

de Donzère-Mondragon). Le suivi de ces sites sera réalisé en avril 2012. D'autre part, la lône du Noyer Sud (secteur de Péage-de-Roussillon) venant tout juste d'être restaurée, celle-ci fera également l'objet d'une campagne en avril 2012 afin de caractériser l'état "zéro".

	abrév.	E. Castella Univ. Genève	Observation chronique	Chronique exploitable (UMR 5600)
Chautagne				
Malourdie	MAL		RAS	11/01/2007 - 2012
Brotalet	BRO		RAS	06/12/2006 - 2012
Belley				
Luisettes	LUI	X	RAS	06/12/2006 - 2012
Moiroud	MOI	X	RAS	06/12/2006 - 2012
Fournier	FOU	X	"Douteuse" - utilisation chronique LEBA	06/12/2006 - 2012
Béard	BEA	X	RAS	27/09/2005
Lucey	LUC	X	ø	ø
Brégnier-Cordon				
Chantemerle	CHA	XX	Arrêté le 27/03/2007	06/12/2006 - 27/03/2007
Granges	GRA	X	Plaf. 5m. /remplacée	08/12/2006 - 2012
Vachon	VAC	X		ø
Mollotes	MOL	X	Plaf. 5m. / remplacée ; arrêtée le 23/07/2009 - relancée le 01/03/2010	06/12/2006 - 23/07/2009 ; 01/03/2010 -2012
Ponton	PON	X	Arrêtée le 22/12/2009 ; relancé le 08/04/2010	28/03/2007 - 22/12/2009 ; 08/04/2010 - 2012
Péage-de-Roussillon				
Platière amont	PLA		RAS	27/01/2011
Noyer Sud	NOYS		Avant restauration - arrêtée	27/01/2011 - 19/11/2011
Ilon	ILO		RAS	27/01/2011 - 2012
Boussarde	BOU		RAS	20/01/2011 - 2012
Sainte	SAI		Avant restauration - arrêtée	22/01/2011 - 26/11/2011
Donzère-Mondragon				
Bayard	BAYA		RAS	27/07/2011 - 2012
Malaubert	MALU		RAS	24/01/2010 - 2012
Grange écrasée	GREC		RAS	19/07/2011 - 2012
Joncs	JONC		RAS	24/01/2010 - 2012
Malatras	MALA		RAS	27/07/2011 - 2012
République	REPU		RAS	22/07/2011 - 2012

Tableau 2.4.2 : Synthèse des enregistrements piézométriques acquis sur les lônes du Haut-Rhône, de Péage-de-Roussillon et de Donzère-Mondragon.

Les sites suivis dans les secteurs du Péage-de-Roussillon et de Donzère-Mondragon et pressentis pour une future restauration sont à présent équipés de sondes piézométriques (*c.f.* Tab. 2.4.2)

2.4.3 Rappel des conclusions et des perspectives du rapport 2010

Le travail mené cette année constitue une base solide pour les analyses à venir. Plus de 200 documents (images aériennes et documents d'archive) ont été géoréférencés et sont en cours d'analyse. La méthode semi-automatique élaborée pour le développement d'un modèle hydraulique 1D est en place. De nouvelles lignes d'eau ont été demandées aux services compétents de la CNR (reçues début mars 2012) afin de couvrir l'ensemble des secteurs d'intérêts et d'affiner la précision des plans déjà créés.

Une grosse campagne de relevés sédimentaires débutera en juillet 2011, sur un linéaire cumulé d'environ 35 km. Ces nouvelles données vont permettre :

- de renforcer l'état initial des bras destinés à être restaurés sur les secteurs du Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon.
- de consolider les trajectoires observées depuis le début des mesures, en termes de patrons granulométriques et sédimentaires des systèmes restaurés.
- de disposer d'un recul nécessaire à l'élaboration d'un modèle prédictif de la durée de vie qui soit robuste.

L'ensemble des perspectives évoquées dans le rapport d'étape de 2009 (*c.f.* §2.4.6 - p.86 du rapport d'étape 2009) sont en cours de réalisation. Un modèle permettant de prédire la durée de vie des zones restaurées sera également réalisé sur les lônes pour lesquelles le recul est suffisant.

2.4.4 Etat d'avancement de la caractérisation du fonctionnement hydrologique de bras restaurés

L'exploitation des chroniques piézométriques doit permettre de caractériser la connectivité hydrologique latérale des bras possédant un bouchon alluvial amont. Toutes les sondes ont été déchargées en 2011 (*c.f.* Tab. 2.4.2). Les hauteurs d'eau ainsi obtenues ont été mises en relation avec un débit de référence du Rhône propre à chaque site, après avoir identifié le décalage horaire moyen entre les enregistrements des sondes et les enregistrements aux stations hydrométriques de référence. Des courbes de tarages ont été élaborées pour l'ensemble des sites instrumentés. Les courbes de tarage fournies par la CNR ont été utilisées pour les bras possédant une connexion amont-aval permanente, dans lesquels la hauteur d'eau est calée sur celle du chenal principal du Rhône. Les résultats obtenus ont été comparés avec les sondes du LEBA implantées à la fois sur des bras morts et des bras vifs. Des différences d'ordre centimétrique ont été observées, ce qui permet ici de valider à la fois la robustesse de la méthode et des données.
Nous avons opté pour l'utilisation de Régression Linéaire Segmenté (RLS) pour modéliser la relation hauteur/débit dans les lônes, suite aux travaux de S. Mermod (LEBA). La méthode permet d'identifier des points de rupture dans la relation H/Q et d'obtenir une succession de modèles linéaires pour différentes gammes de débit (*c.f.* Fig. 2.4.1).

La méthode a du être adaptée sur deux sites présentant un fonctionnement hydrologique plus complexe :
- la lône du Béard (Belley), pour laquelle le piézomètre est implanté dans la zone en eau isolée la plus en amont, à proximité immédiate du Séran et où la digue du Piolley vient également complexifier les variations de hauteur d'eau observées. De plus, on observe à partir des hydrogrammes de ce site, une hystérésis entre la courbe de crue et la courbe de décrue (les lignes d'eau en décrue sont plus élevées que lors de la montée de crue).
- la lône des Molottes (Brégnier-Cordon), où les lignes d'eau sont influencées par le débit sortant du canal de fuite et l'aménagement de Sault-Brénaz.

Pour ces deux sites, des Régressions Linéaires Multiples (RLM) ont été réalisées à partir des gammes de débit préalablement obtenues à partir des RLS (plus une différenciation des débits ascendant et descendant en période de crue sur BEA). Pour BEA, le débit du Séran et le débit du Rhône à la Balme (avec élimination de l'effet du Séran) ont été utilisés pour expliquer les variations de hauteurs d'eau dans la lône. Pour MOL, l'utilisation combinée du débit du Vieux Rhône au pont de Cordon et du débit-usine ont également permis d'améliorer sensiblement la capacité prédictive du modèle.

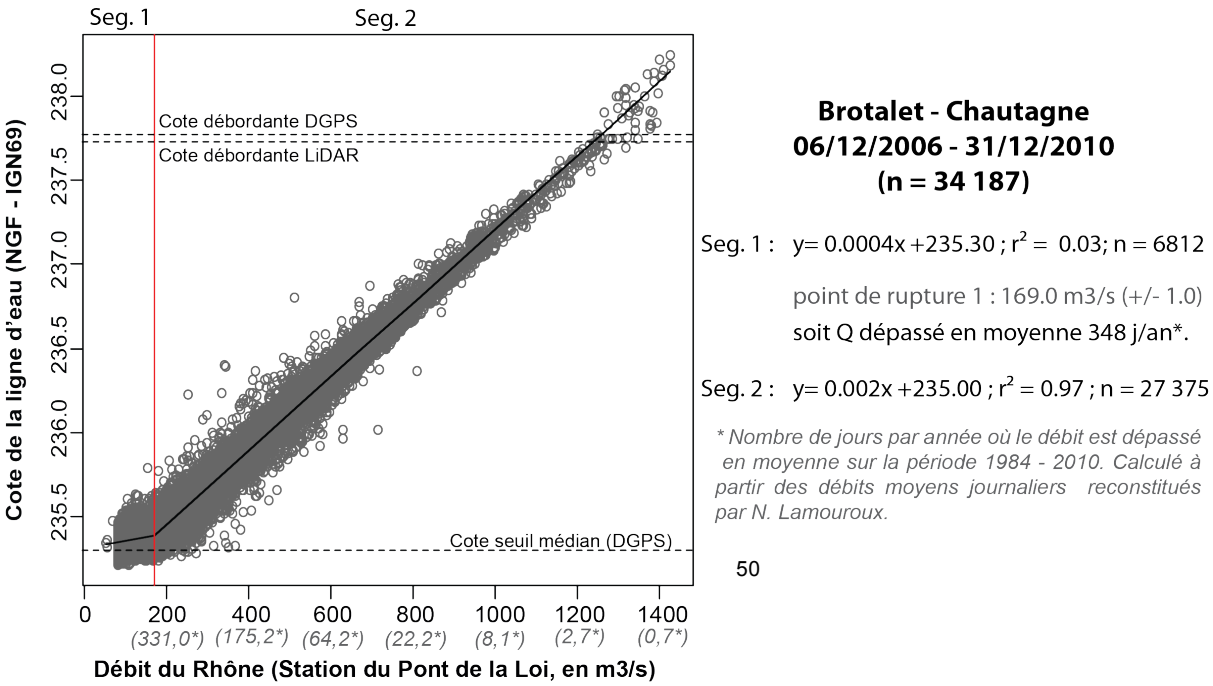


Figure 2.4.1 : Exemple de courbe de tarage finalisée sur Chautagne (Lône de Brotalet) - ces analyses seront disponibles prochainement pour l'ensemble des sites instrumentés du Haut-Rhône.

D'autre part, il s'avère que les relevés DGPS effectués entre 2006 et 2008 sont erronés. Les systèmes de références verticales "NGF-IGN orthométrique" (ou "système Lallemand") et "NGF-IGN 69" ont été introduits sans distinction, ni conversion au cours de l'acquisition et du traitement des relevés topographiques. C'est pourquoi, nous ne disposons pas encore de la valeur altimétrique NGF de l'ensemble des piézomètres et qu'une nouvelle campagne de relevés doit-être menée. Cette démarche est d'ores et déjà finalisée pour le secteur de Chautagne (*c.f.* Fig. 2.4.1) et sera réalisée au cours du mois de mars 2012 pour les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon. Une fois toutes les données introduites dans le même système altimétrique, il sera possible d'interpréter les ruptures observées dans les courbes hauteur-débit en lien avec la géométrie du corridor fluvial.

Ces modèles permettront alors de finaliser l'élaboration des indicateurs hydrologiques et hydrauliques (fréquences de connexion et calcul des forces tractrices pour différents débits d'intérêts). Ceci devrait être disponible dès mai 2012. Ces données seront par la suite introduites dans la typologie fonctionnelle des bras restaurés qui, combinées avec les indicateurs de variabilité des conditions granulométriques, permettront de rendre compte de la diversité des habitats et de leur évolution au cours du temps.

2.4.5 Résultats de la campagne de l'été 2011 (sites restaurés des tronçons de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et de Pierre-Bénite)

Au cours de l'été 2011, dix-huit lônes restaurées ont été échantillonnées sur les vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre Bénite. Un deuxième état avant-restauration a été observé sur plusieurs lônes du Rhône moyen (*c.f.* Tab. 2.4.1). Nous ne traiterons ici que des sites restaurés. Les analyses granulométriques en laboratoire des sites restaurés ont toutes été effectuées mais n'ont pas encore été exploitées et celles des sites du Rhône moyen seront réalisées cet été.

Deux principales thématiques ont été privilégiées cette année :

- une analyse des trajectoires observées sur les sites du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite.
- une première analyse comparative de l'évolution temporelle des lames d'eau mesurées.

2.4.5.1 Analyse des valeurs et des tendances au comblement sédimentaire des lônes restaurées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite

Les analyses présentées ici sont interprétées sur la base de la typologie des réponses morpho-sédimentaires des bras restaurés présentée dans les rapports d'étape de 2009 et de 2010, dans lesquels trois principaux groupes fonctionnels avaient été mis en évidence de manière empirique.

Rythmes interannuels de sédimentation

Le calcul des taux de sédimentation annuels avant restauration a été revu à partir de l'exploitation des photographies aériennes géoréférencées disponibles pour dater la déconnexion amont des sites suivis (*c.f.* rapport d'étape 2010). Les valeurs post-travaux ont été affinées en prenant en compte les périodes globales de fin de travaux de génie civil fournis par la C.N.R. (C. Moiroud). L'évolution des taux de sédimentation annuels intra-lônes calculés pour les lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite est présentée en annexe 4.4.1.

- *Evolution temporelle des vitesses de comblement*

L'analyse des taux annuels de sédimentation post-travaux souligne différentes tendances morpho-sédimentaires (Tab. 2.4.3 et A.4.4.1).

1) Concernant les bras présentant fréquemment ou continuellement des écoulements vifs (FOU, LUC, YEN, MAT, VAC), les relevés de 2011 viennent confirmer que ces sites se caractérisent par une absence de sédimentation significative. Pour FOU, VAC et MAT (connexion amont-aval permanente), les taux annuels de sédimentation restent nuls. YEN (connexion amont-aval permanente) et LUC (connexion amont-aval permanente via deux buses d'1 m de diamètre) présentent une sédimentation plus forte en 2011.

2) Pour les lônes présentant des fonds graveleux périodiquement décapés (BRO, LUI, MOI, BEA, GRA, JAR, auxquelles s'ajoutent les cas particuliers de CER (connexion amont semi-permanente) et CIS (connectée amont-aval), on observe que globalement les taux de sédimentation tendent à décroître avec le temps. Certains sites présentent des fluctuations internes d'amplitudes variées (BRO, BEA, LUC, GRA, JAR et CER (section non-restaurée)). LUI et CIS sont les seuls sites de ce groupe à présenter une baisse continue depuis le début du suivi.

Comparativement aux valeurs observées en 2011 BRO, CER (sections non-restaurées) et JAR présentent une légère hausse du taux de sédimentation annuel. MOI, BEA, GRA et CER (section restaurée) enregistrent quant à eux des taux stables. On constate également que la section restaurée de CER (c.f. notes du tableau 2.4.3) présente depuis la fin des travaux des taux annuels de sédimentation qui augmentent avec le temps.

3) Les systèmes possédant une forte propension à l'accumulation de matériaux fins (MAL, MOL, PON, TAB) résultant d'un écoulement lent, de la présence d'un bouchon alluvial amont et d'une alimentation dominante par retours d'eau depuis l'aval enregistrent toujours des valeurs de sédimentation élevées (MAL, MOL, PON, TAB) comparativement aux autres sites. Les taux enregistrés en 2011 sur les "décanteurs" sont stables par rapport à ceux de 2009 pour MAL et TAB (respectivement à T+7,5 et à T+12,1). Ces deux sites possèdent une évolution très proche étant donné qu'à T+7, TAB présentait un taux annuel de sédimentation de 7,3 cm/an. MOL et PON se distinguent par des valeurs annuelles de sédimentation plus élevées (respectivement 12,8 et 11,6 cm /an à T+5,4), ce qui représente environ le double des

valeurs de MAL (2009 à T+5,6) pour un laps de temps écoulé depuis la fin des travaux comparable. Ce constat reste cependant à nuancer pour MOL étant donné que les excavations n'ont pas toujours permis d'atteindre le toit de galet à cause d'une trop forte instabilité des berges.

	Taux de sédimentation annuel moyen, en cm/an (+/- écart-type)						
Chautagne	2003	2005 (T+1)	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011
MAL	ø	32,0 (9,9)	12,6 (6,2)	14 (6,6)	8,9 (4,6)	8,6 (4,7)	7,4 (4,3)
BRO	ø	16,6 (15,9)	4,2 (5,8)	4,8 (5,2)	5,6 (6,2)	4,0 (3,4)	4,7 (3,8)
Belley	2003	2004 (T-1)	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011
LUI	ø	0 (0)	14 (14,9)	4,8 (6,6)	2,8 (4,8)	2,7 (3,6)	1,3 (1,9)
MOI	ø	0,5 (0,4)	7,5 (9,3)	6,8 (8,7)	3,0 (3,8)	2,7 (2,7)	2,7 (2,2)
FOU	ø	0 (0)	1,0 (3,6)	0,2 (1,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
BEA	ø	0,7 (0,9)	2,3 (4,9)	3,3 (5,4)	1,0 (3,0)	1,7 (2,6)	1,8 (3,1)
LUC	ø	0,2 (0,6)	0,4 (3,7)	1,6 (3,3)	0,2 (1)	0,1 (0,5)	1,1 (2,0)
YEN	ø	0 (0)	1, (4,0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,4 (0,9)
Brégnier-Cordon	2003	2004 (T-2)	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011
GRA	ø	0 (0)	ø	4,1 (12,3)	0,6 (2,7)	1,4 (2,9)	1,4 (2.7)
VAC	ø	0 (0)	ø	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
CER NR*	ø	0,6 (1,0)	ø	0,4 (1,0)	0,2 (0,5)	0,4 (0,8)	0,8 (1,3)
CER R*		-	ø	7,7 (16,1)	10,5 (10,6)	12,7 (8,1)	12,5 (6,3)
MAT	ø	0,7 (0,8)	ø	4,5 (13,8)	ø	0,1 (1,2)	0 (0)
MOL	ø	2,2 (1,0)	ø	47,4 (26,2)	17,0 (8,4)	15,2 (3,3)	12,8 (2,2)
PON	ø	1,9 (0,9)	ø	52,8 (29,4)	16,7(9,0)	15,1 (4,6)	11,6 (3,5)
Pierre-Bénite	2003	2004 (T+5)	2006		2007	2009	2011
CIS	0,2 (0,2)	3,6 (1,6)	Ø		1,3 (2,4)	1 (2,2)	0,9 (1,7)
JAR	4,1 (2,8)	Ø	Ø		2,3 (1,9)	1,3 (1,6)	1,9 (2,0)
TAB**	8,0 (4,5)	Ø	7,3 (2,8)		4,6 (2,8)	4,1 (2,6)	4,3 (2,1)

* la lône n'a subi qu'un curage ponctuel (environ 100 m. de linéaire) au niveau de la confluence du bras avec la Bièvre. Pour le calcul des valeurs de sédimentation après travaux, le linéaire prospecté est dissocié en deux sous ensembles : les taux de sédimentation présentés pour CER1 correspondent aux sections non restaurées (calculés à partir de la date de déconnexion amont du bras) et ceux de CER 2 sont calculés pour les points du linéaire restauré (calculés à partir de la date de fin des travaux de génie civil).

** Les points de sondage ne présentant pas de dépôts de sédiments fins en 2009 ne sont pas pris en compte dans le calcul pour l'année en question).

Tableau 2.4.3 : Taux annuels moyens de sédimentation des lônes restaurées (Les valeurs initiales sont calculées en tenant compte du nombre d'années séparant la date de déconnexion du bras de l'année du relevé à T-x ; elles se basent sur l'année de restauration pour T+x. Le nombre d'échantillons considéré pour le calcul est indiqué sur les graphiques de l'annexe A.4.4.1 pour chaque lône et chaque campagne).

Ces taux annuels de sédimentation, calculés avec pour référence temporelle la fin des travaux de génie civil, vont nous permettre de recaler les modèles de prédiction de la durée de vie du compartiment aquatique des bras. Nous prévoyons à présent de calculer des taux de sédimentation "partiels" entre les différentes campagnes de relevés (en prenant en compte les stockages et déstockages de sédiments fins accumulés sur le fond des bras). Cette méthode permettra de quantifier des vitesses de sédimentation effectives entre les différents observés disponibles. La démarche offrira également de nouveaux éléments d'interprétation quant à l'explication des rythmes interannuels de sédimentation, et à la compréhension de la temporalité des processus de décapage et d'érosion des sédiments (*c.f.* figure n° 2.4.2). L'exemple fournit par la figure 2.4.2 montre l'intérêt de cette démarche.

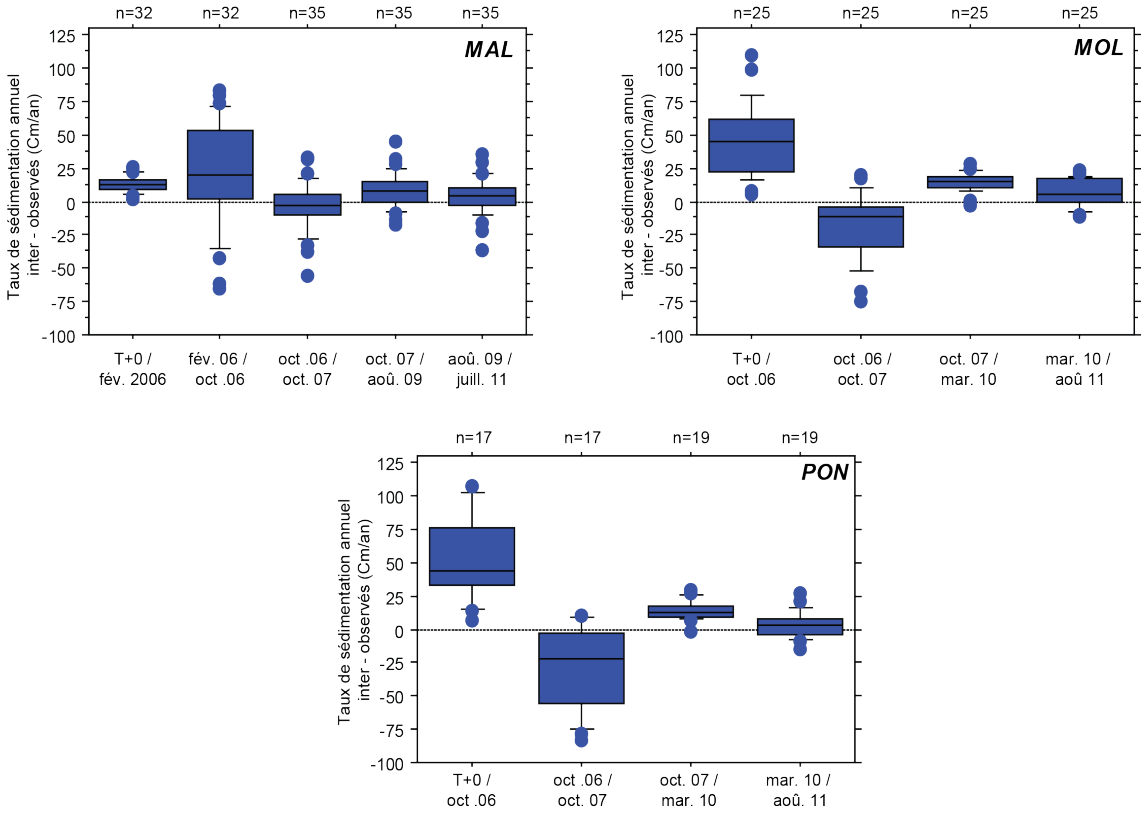


Figure 2.4.2 : Evolution temporelle du taux annuel de sédimentation inter-observés pour 3 sites tests : MAL, MOL et PON.

La figure 2.4.2 permet de mettre en évidence que les "décanteurs" enregistrent des processus érosifs entre les campagnes de relevés d'octobre 2006 et d'octobre 2007 (*c.f.* § suivant). Sur cette période, on observe des taux annuels moyens de sédimentation entre deux observations de -4,6 cm/an pour MAL, puis de -19,2 et de -28,7 cm/an pour MOL et PON. Il est à présent nécessaire de quantifier le biais inter-observateurs pour être en mesure de fournir des intervalles de confiance, qui permettront d'interpréter finement les différences enregistrées.

Evolution temporelle de la variabilité longitudinale de la sédimentation fine

L'analyse des rythmes interannuels de sédimentation est complétée par des analyses graphiques permettant d'apprécier les trajectoires suivies par les sites en terme de recouvrement du fond des lônes par les sédiments fins (Fig. 2.4.3) et d'autres mettant en relation la part relative du linéaire de chaque lône et la fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée sur chaque point de mesure (annexe, A 4.4.2.).

- Evolution temporelle du taux de recouvrement du fond des bras par les sédiments fins

La figure 2.4.3 montre qu'entre 2009 et 2011 la tendance générale traduit à nouveau un contexte de sédimentation dominante sur l'ensemble des linéaires prospectés. LUI et BEA sont les seuls sites où le taux de recouvrement est resté stable sur cette période de temps. Seul MAT présente une tendance à la baisse. La "tâche" de dépôt sableux observée lors des sondages réalisés en avril 2010 a été entièrement évacuée. JAR et CIS situées sur le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite présentent entre octobre 2007 et septembre 2009 une phase où les processus érosifs ont prédominés. Ces deux sites, et plus particulièrement JAR, suivent une

tendance similaire à celle observée sur les lônes du Haut-Rhône sur la période septembre 2009 - juillet 2011. CIS reste globalement stable sur cette période.

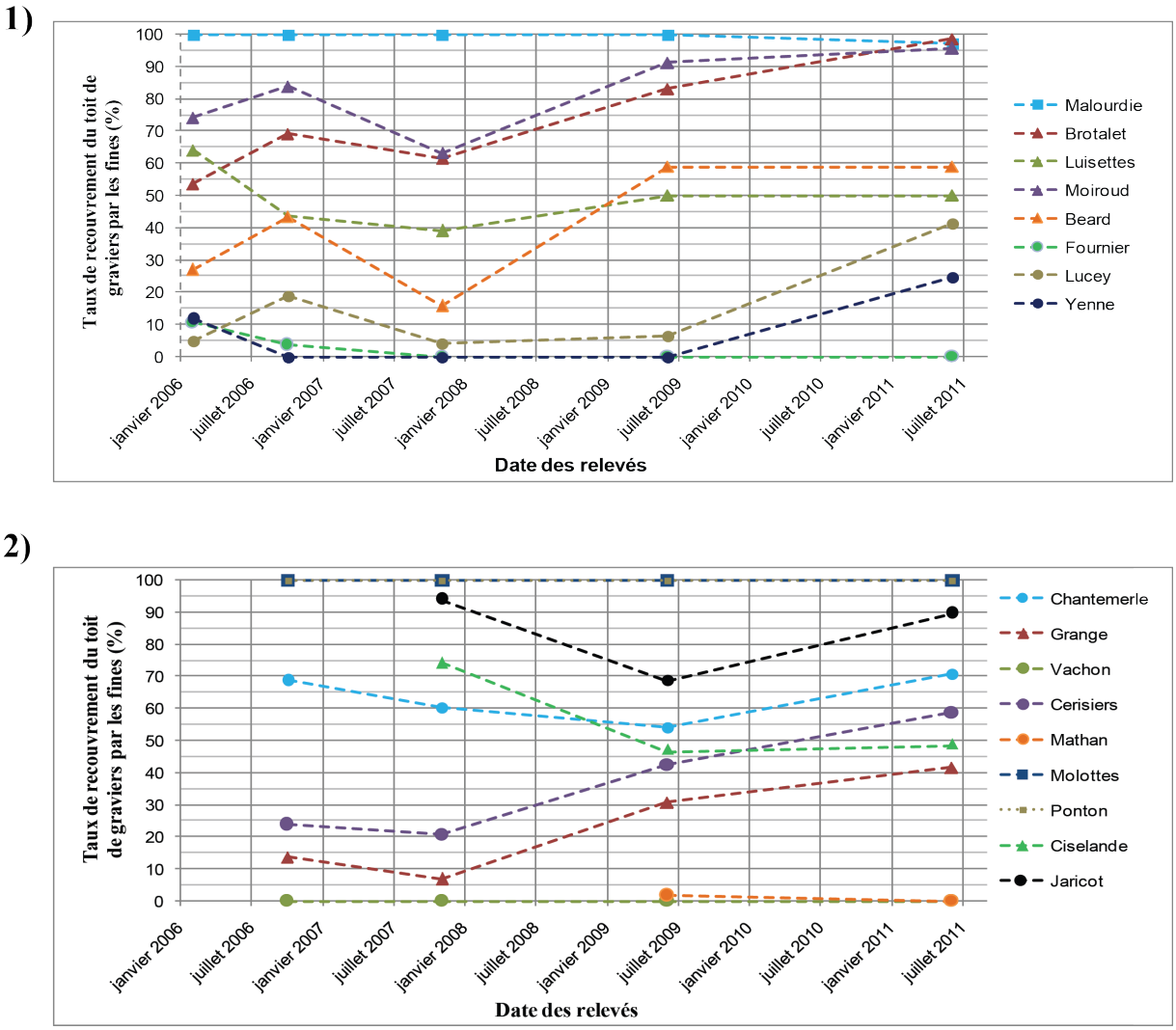


Figure 2.4.3 : Evolution temporelle du taux de recouvrement par les sédiments fins du fond des lônes restaurées des secteurs (1) de Chautagne et de Belley (5 observés - entre février 2006 et août 2011), puis (2) de Brégnier-Cordon (4 observés - entre février 2006 et août 2011) et de Pierre Bénite (3 observés - entre octobre 2007 et juillet 2011 - le nombre de points de sondage pour les relevés effectués avant 2007 étant insuffisant sur le secteur de Pierre-Bénite, ces relevés ne sont pas intégrés à l'analyse).

N.B. : Les carrés correspondent aux "décanteurs", les cercles aux bras présentant des fonds graveleux périodiquement décapés et les triangles aux bras vifs permanents ou semi-permanents.

L'amplitude maximale de variation entre les campagnes de 2009 et de 2011 est observée sur les bras vifs de LUC et YEN, puis CHA et CER (respectivement +34,6 % et +24,6 %, puis +16,6 % et +16,3%). Ces sites présentent des fréquences de connexion amont élevées. Le fait que ces bras soient plus affectés que les autres par le contexte hydrosédimentaire 2009-2011, confirme que la connectivité hydrologique amont peut avoir des effets antagonistes sur les patrons de sédimentation observés.

BEA, MOI et LUC sont les plus sensibles à l'unique phase de décapage généralisée à l'ensemble des sites du Haut-Rhône (octobre 2006 - octobre 2007) que nous avons pu observer depuis le début du suivi (respectivement -27,6%; -20,6% et -14,8%).

Sur l'ensemble de la période suivie (2006-2011), les plus fortes amplitudes de variation sont observées sur Cerisiers et Brotalet (respectivement +58,7% et +44,9%). Le premier bras pouvant être considéré dans une certaine mesure comme un site témoin, on peut penser que la trajectoire hydrosédimentaire enregistrée sur la période 2006-2011 soit en faveur d'une prédominance des processus d'accrétion sur les phénomènes érosifs.

- *Evolution temporelle de la variabilité longitudinale de l'épaisseur sédimentaire*

Les analyses graphiques présentées en annexe A 4.4.2 confirment et précisent l'étendue spatiale des zones de sédimentation préférentielle (sections longitudinales dont la géométrie induit un effet de freins hydrauliques) et des zones décapées (sections longitudinales dont la géométrie permet des écoulements suffisamment courants pour initier des processus érosifs dans un contexte hydrosédimentaire donné).

1) Pour les bras présentant fréquemment ou continuellement des écoulements vifs (FOU, LUC, YEN, MAT, VAC), on observe que la structure en paliers successifs, typique des bras secondaires courants, révèle bien la répartition spatiale des tâches de sédimentation et leur contribution dominante à la sédimentation observée. Ces dépôts d'alluvions fines s'expliquent par une modification locale de la géométrie. Aucune trace de sédiments fins n'a été observée en 2011 sur FOU, VAC et MAT. De nouveaux dépôts ont été observés sur YEN et LUC en 2011. Pour YEN les accumulations sont très localisées, alors que pour LUC la répartition des sédiments est plus homogène (80% de l'épaisseur sédimentaire observée se trouve en amont du passage à gué bétonné submersible et busé en fond de lône).
Ces accumulations restent peu significatives, mais il est important de surveiller qu'elles n'entraînent pas la mise en place à terme d'un bouchon alluvial "intermédiaire".

2) Pour les lônes présentant des fonds graveleux périodiquement décapés (BRO, LUI, MOI, BEA, GRA, JAR, auxquelles nous incluons CER et CIS), deux groupes distincts avaient été identifiés dans le rapport d'étape de 2009 :

i) les lônes présentant une sédimentation discontinue (LUI, BEA, GRA, CER, CIS) au sein desquelles la succession de paliers montre que la sédimentation se réalise longitudinalement dans des zones préférentielles plus ou moins étendues. On observe deux sous-types après la campagne de 2011 pour les lônes de ce groupe:

> a - LUI, BEA et GRA, présentent des segments homogènes plus longs, mais qui ne concernent pas l'ensemble du linéaire. Le premier tiers amont de la zone en eau de ces sites est très peu enclin au dépôt des alluvions fines en transit, signalant ainsi que les forces tractrices sont suffisantes lors de la connexion amont pour décaper, et que les retours d'eau par l'aval observés avant débordement sont peu intenses.
>
> b - CER et CIS, où les zones sans sédimentation et les zones de dépôts préférentielles localisées sont stables au cours de la période.

ii) les lônes où la sédimentation est plus régulière avec des segments homogènes plus longs (BRO, MOI, JAR). Même si certains tronçons contribuent toujours un peu plus à la sédimentation totale observée, on observe que depuis le début des mesures, BRO et MOI enregistrent une tendance très nette à l'homogénéisation progressive de la répartition des dépôts d'alluvions fines sur l'ensemble de leur linéaire.

3) Pour les décanteurs (MAL, MOL, PON, TAB), les graphiques mettent en évidence l'uniformité de la sédimentation sur ces sites. On observe sur MAL que la contribution des 100 derniers mètres à l'aval se renforce au cours du temps. Les dépôts continuent de

s'homogénéiser sur MOL et PON ce qui signifie que les irrégularités microtopographiques du fond de ces bras sont progressivement gommées par les accumulations de fines. En ce qui concerne TAB, la sédimentation reste plus forte à l'aval. D'autre part, les relevés de 2011 viennent confirmer que les sondages de 2009 sont biaisés pour certains points. Le fond de la lône n'est dans les faits pas entièrement recouverte pas les sédiments. Ces surfaces avaient été sondées en 2009.

2.4.5.2 Analyse de l'évolution temporelle des hauteurs d'eau observées des lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite dans leur état post-réhabilitation

Les hauteurs d'eau mesurées au moment des relevés ont été corrigées à partir des courbes de tarage et des modèles statistiques associés (*c.f.* §2.4.4 du présent rapport). Pour l'ensemble des sites, les hauteurs d'eau mesurées ont toutes été ramenées à un débit de référence. Nous avons opté pour le débit horaire moyen annuel (calculé sur la période janvier 2006 - janvier 2010). Ainsi normalisée, nous pouvons comparer l'évolution temporelle de ces hauteurs d'eau à l'intérieur d'un même site et entre les sites.

L'information hauteur d'eau est susceptible de rendre compte de deux phénomènes : i) une évolution du remplissage sédimentaire et ii) une évolution du niveau d'eau lui-même généralement fonction du niveau du Rhône. Le niveau d'eau est donc d'une part lié à la valeur du débit au moment de l'observation mais aussi à l'évolution interannuelle de la géométrie du lit mineur du Rhône qui contrôle les niveaux de base. L'évolution de la géométrie des bras vifs (FOU, LUC, YEN, MAT, VAC) constitue également une hypothèse à considérer. La combinaison des processus de comblement sédimentaire et de l'abaissement des niveaux d'eau rendent compte du phénomène d'atterrissement d'un bras.

Le tableau 2.4.4 et les figures de l'annexe A.4.4.3 présentent l'évolution temporelle des hauteurs d'eau corrigées pour les sites sur lesquels nous disposons de l'ensemble des données nécessaires. Nous ne possédons pas pour le moment les données débits pour la période 2010-2011. Par conséquent, les hauteurs d'eau observées lors de la campagne de relevés 2011 ne sont pas encore intégrées.

1) Les bras présentant fréquemment ou continuellement des écoulements vifs comme FOU, LUC, YEN, VAC enregistrent une diminution de la hauteur d'eau sur la période 2006 - 2009 (respectivement -31,8 cm ; -28,7 cm ; -28,3 cm). Pour FOU cette baisse se réalise principalement sur la période "printemps à octobre 2006". Cette trajectoire peut-être interprétée comme un ajustement de la nouvelle géométrie à un évènement hydrologique potentiellement morphogène (Avril 2006, Qmax = 1086 m3/s). Pour YEN, elle se répartit de manière homogène sur l'ensemble des relevés (-10 cm à chaque relevé observé), ce qui indiquerait que la géométrie du bras n'est toujours pas ajustée. Sur VAC, l'essentiel de la différence observée est comprise entre l'automne 2006 et l'automne 2007, période où là aussi on retrouve deux évènements hydrologiques potentiellement morphogènes (Mars 2007 Q max 1 = 996 m^3/s ; Juillet 2007, Qmax 2 = 768 m^3/s). Ces résultats seront à confirmer à partir de la mesure du biais observateur. Néanmoins, les différences enregistrées sont significatives et semblent bien indiquer que ces bras s'exhaussent. Sur LUC les hauteurs d'eau mesurées sont stables dans le temps, ce qui montre que ce bras se trouve actuellement en équilibre dynamique.

Qmh annuel*		Hauteur d'eau moyenne corrigée, en cm (+/- écart-type)				
Chautagne		Printemps 2006	Automne 2006	2007	2009	2011
MAL	89 (VR**)	140,0 (39,0)	117,9 (40,9)	117,2 (42,0)	88,2 (36,4)	ø
BRO	387 (RT***)	145,5 (48,4)	153,3 (48,4)	141,8 (51,6)	130,9 (46,6)	ø
Belley		Printemps 2006	Automne 2006	2007	2009	2011
LUI	85 (VR)	62,4 (45,7)	90,4 (53,8)	83,8 (48,1)	68,9 (44,6)	ø
MOI	85 (VR)	100,2 (36,7)	88,8 (33,0)	88,9 (30,4)	84,5 (32)	ø
FOU	85 (VR)	109,6 (39,0)	83,8 (39,1)	79,3 (33,4)	77,2 (34,5)	ø
BEA	85/5 (VR+Q*séran*)	88,4 (32,8)	71,0 (43,0)	63,6 (40,2)	53,5 (36,8)	ø
LUC	85 (VR)	115,7 (36,0)	105,9 (33,2)	109,5 (37,8)	107,4 (32,8)	ø
YEN	85 (VR)	139,0 (33,6)	130,2 (40,8)	120,7 (45,9)	110,3 (42,5)	ø
CHA	412,3 (RT)	Ø	En cours	En cours	En cours	ø
Brégnier-Cordon		Printemps 2006	Automne 2006	2007	2009	2011
GRA	130 (VR)		118,7	120,5	114,05	ø
VAC	130 (VR)	Ø	129,8 (34,7)	94,0 (36,2)	101,5 (33,4)	ø
CER	130 (VR)	Ø	76,4 (38,3)	78,4 (37,4)	66,5 (32,9)	ø
MAT	130 (VR)	Ø	ø	Ø	En cours	ø
MOL	(VR + Q*usine*)	Ø	En cours	En cours	En cours	ø
PON	(RT)	Ø	En cours	En cours	En cours	ø
Pierre-Bénite		2006		2007	2009	2011
CIS	278 (VR)	ø		100,2 (24,6)	117,2 (26,0)	ø
JAR	278 (VR)	ø		122,0 (24,1)	127,6 (26,7)	ø
TAB	278 (VR)	En cours		En cours	En cours	ø

* Débit horaire annuel moyen calculé sur la période janvier 2006 - janvier2010
** Vieux-Rhône
*** Rhône Total
N.B : L'information hauteur d'eau étant sensible, les hauteurs d'eau moyennes ont été calculées sur la base d'un linéaire commun strict. Sur de nombreux sites du Haut-Rhône, les campagnes de février 2006 pour les secteurs de Chautagne et Belley, puis d'octobre 2006 sur Brégnier-Cordon, correspondent au plus court linéaire suivi . Ils constituent le linéaire de référence pour cette analyse.

Tableau 2.4.4 : Evolution temporelle des hauteurs d'eau corrigées et débits de références considérés pour la correction.

2) Pour les lônes présentant des fonds graveleux périodiquement décapés (BRO, LUI, MOI, BEA, GRA, JAR, auxquelles s'ajoutent les cas particuliers de CER (connexion amont semi-permanente) et CIS (connectée amont-aval), certaines trajectoires surprenantes restent à valider. Cela concerne les hauteurs d'eau observées lors du printemps 2006 sur les sites de LUI et BEA.
Pour BRO, MOI, GRA, CER "ensemble", CER "sections non-restaurées" (*c.f.* A.4.4.3) et JAR, les hauteurs d'eau observées sont relativement stables dans le temps. LUI, BEA, CER "section restaurée", et CIS présentent toutes une tendance nette à l'abaissement des niveaux d'eau.

3) Concernant les décanteurs, seules les hauteurs d'eau de MAL ont été corrigées pour l'instant. Entre le printemps 2006 et l'été 2009, la hauteur d'eau moyenne a diminué d'environ 37 %, ce qui correspond à une vitesse d'atterrissement moyenne sur cette même période de 15 cm/an.

La correction des hauteurs d'eau sera finalisée, dès que nous recevrons les chroniques manquantes à ce jour.

2.4.6 Conclusions et perspectives de recherche pour 2012

La campagne de relevés sédimentaires de 2011 a permis de consolider les trajectoires observées depuis le début des mesures en termes de patrons sédimentaires des sites restaurés. La tendance générale rend compte à nouveau d'un contexte de sédimentation dominante sur la période 2009-2011 pour l'ensemble des linéaires prospectés des lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite mais les contrastes locaux sont toujours aussi significatifs. Il y a bien une grande variabilité des dynamiques hydromorphologiques. L'analyse de l'évolution temporelle des taux annuels de sédimentation inter-observés indique qu'à l'instar des autres bras morts, les décanteurs (MAL, MOL et PON) enregistrent des processus érosifs entre les campagnes de relevés d'octobre 2006 et d'octobre 2007. D'autre part, une première analyse comparative de l'évolution temporelle des lames d'eau mesurées a montré que la géométrie des bras présentant fréquemment ou continuellement des écoulements n'est pas toujours fixe, ce qui souligne que ces bras enregistrent aussi des évolutions pouvant résulter de changements morphologiques affectant aussi le chenal principal. Dans ce cadre, l'évolution récente de la lône de Ciselande est tout à fait illustrative.

Les données acquises depuis le début du projet sont à présent validées ou en voie de l'être. Il est maintenat nécessaire de :

1 - finaliser l'élaboration des indicateurs hydrauliques et hydrologiques (fréquences de connexion et calcul des forces tractrices pour différents débits d'intérêts), à partir des courbes de tarage et des modèles statistiques associés issus de l'exploitation des enregistrements piézométriques.

2 - réaliser une typologie fonctionnelle des bras restaurés combinant les indicateurs hydrauliques, hydrologiques et granulométriques, qui permettra de rendre compte de la diversité des habitats et de leur évolution au cours du temps.

Les résultats ainsi obtenus (1 et 2) permettront de proposer différents modèles prédictifs du comblement des lônes et d'apporter des éléments de réponses quant aux effets de la complexité morpho-hydraulique interne sur les patrons de sédimentation observés.
L'étude historique de l'évolution des bras avant restauration sera conduite en parallèle.

2.5 Végétation dans les lônes

2.5.1 Rappel des objectifs

Les données floristiques sont analysées, lorsque c'est possible, de manière diachronique, en comparant les différentes situations de restauration, et au travers d'une analyse de l'évolution de la diversité ainsi que du contenu floristique de la zone humide. L'évolution du fonctionnement de ces milieux est établie à l'aide d'un diagnostic fonctionnel réalisé sur la base des exigences écologiques des espèces végétales. Ce diagnostic repose sur la méthode mise au point par Bornette *et al.* (1996) et consiste à mettre en relation les espèces dominantes de la zone humide avec leurs exigences écologiques (Amoros *et al.,* 2000) à un instant donné. Les critères d'exigence sont la ***tolérance des espèces à la charge des eaux en phosphates et ammoniaque, 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.***

2.5.2 Stratégie d'échantillonnage

Protocole et méthodologie

Les relevés de végétation sont effectués à la fin de la saison de végétation au début de l'automne (août-septembre), sur des transects de 2 m de large s'étendant d'une rive à l'autre, perpendiculairement à l'axe d'écoulement longitudinal de la lône. Sur chaque lône, ces transects sont régulièrement espacés de l'aval vers l'amont sur toute l'étendue du chenal en eau. Sur chaque transect, l'abondance (% de recouvrement) et la sociabilité de chaque espèce sont estimées visuellement à l'aide du double indice de BRAUN-BLANQUET. Sont également mesurées la largeur en eau, la profondeur au centre du transect et la granulométrie du substrat exprimée par le pourcentage de recouvrement (mêmes classes que pour la végétation) de chaque classe granulométrique (galets et graviers, sables, limons, vases, sédiments tourbeux) estimée visuellement sur la surface du transect.

Les étapes de la mise en œuvre du diagnostic floristique sont les suivantes :

- Les espèces dominantes de chacune des zones floristiques des lônes sont recherchées dans les tables des exigences écologiques des espèces (Bornette *et al.* 1996, Amoros *et al.* 2000).
- Ces critères d'exigences, utilisés comme métriques, permettent de définir les types fonctionnels et d'estimer la durée de vie des chenaux ainsi que leurs potentialités de restauration.
- L'évolution de l'abondance relative des hélophytes dans le peuplement (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) contribue également à évaluer le degré de permanence des eaux (élément pris en compte dans l'estimation de la durée de vie).

La dynamique des zones humides est analysée pour les différentes situations de restauration par des analyses multivariées classiques.

Des informations complémentaires sont également nécessaires pour l'établissement d'un diagnostic pertinent (hauteur d'eau, nature du substrat…). Le substrat dominant dans la partie la plus profonde des transects informe sur les vitesses atteintes en temps de crue dans le milieu, les substrats grossiers témoignent de vitesses élevées capables d'éliminer les sédiments fins.

L'échantillonnage a lieu généralement tous les deux ans. En **2011 aucune lône n'a été échantillonnée. La prochaine campagne de relevés est prévue en 2012.**

2.6 Les communautés de macroinvertébrés des 18 lônes suivies à Belley et Brégnier-Cordon quatre ans après restauration.

2.6.1 Introduction

Dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration du Rhône, les macroinvertébrés aquatiques des annexes fluviales (lônes) sont pris en compte afin de suivre les conséquences des travaux de restauration sur la 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, des habitats présents dans les lônes et de leur environnement immédiat (ripisylve par exemple), les travaux de restauration réalisés sur le Rhône entraînent potentiellement 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 rapport a pour objectif de proposer une synthèse sur l'état des communautés quatre ans après restauration, dans les deux secteurs du Haut-Rhône où les milieux aquatiques alluviaux ont été suivis : Belley et Brégnier-Cordon. Cette synthèse porte sur 18 lônes, 7 à Belley, 11 à Brégnier-Cordon. Elle incorpore, parmi ces 18 lônes, des sites non restaurés dans les deux secteurs considérés comme témoins. L'accent est mis sur la présentation pour chaque lône, de l'évolution des métriques décrivant la richesse des communautés d'invertébrés et la contribution des espèces exogènes. Des synthèses sont présentées par secteur et pour l'ensemble des lônes.

2.6.2 Echantillonnage.

2.6.2.1 Localisation des sites.

Les 18 lônes étudiées et leurs dates d'échantillonnage figurent au Tableau 1. Le protocole d'étude des sites après restauration à deux ans (t+2) et quatre ans (t+4) après restauration est identique à celui utilisé avant restauration. La localisation géographique des sites étudiés est identique aux deux périodes, même lorsque des modifications ont été causées par les travaux de restauration. Deux sites d'échantillonnage sont sélectionnés à l'intérieur de chaque lône. Ces sites sont des zones géomorphologiquement homogènes et présentant généralement une unité du point de vue de la végétation aquatique. Ils représentent généralement les deux ″pôles″ caractéristiques de ces anciens chenaux de type parapotamique: un site amont (abrégé – am) représentant les secteurs les moins profonds (voire temporaires), déconnectés du Rhône en débit moyen, un site aval (abrégé – av), représentant les secteurs les plus profonds et généralement connectés au Rhône. Certains sites « nouveaux » (n) ont été introduits pour suivre l'évolution de plans d'eau nouvellement créés par la restauration dans des tronçons asséchés. A l'intérieur de chaque site, un tronçon de 30

mètres (selon l'axe amont-aval de la lône) a été choisi pour la réalisation des protocoles de description de l'habitat et d'échantillonnage de la macrofaune aquatique.

2.6.2.2 Description de l'habitat

A l'intérieur de chaque tronçon de 30 m, 4 points de prélèvement sont tirés au hasard à l'aide d'une table permettant le tirage d'une coordonnée longitudinale parallèlement au chenal (position au mètre sur 30m) et d'une coordonnée transversale perpendiculairement au chenal (parmi 5 possibilités : rive droite, moitié droite, centre, moitié gauche, rive gauche). En chacun des 4 points une description de la structure de l'habitat (profondeur, courant, sédiment, végétation aquatique, ombrage) est effectuée selon un protocole standard à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50cm.

2.6.2.3. Echantillonnage de la macrofaune

A l'intérieur de chacun des 4 points tirés au hasard (quadrat 50 x 50cm), 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 0.5 mm. La limite de profondeur est d'environ 190 cm (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 sur une cuvette blanche, avec l'aide éventuelle d'une loupe de couturière. 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 sont exclus des analyses.

Les échantillonnages pré- et post-restauration ont été répétés à deux saisons: au début du printemps (mars - avril) et en été (juillet - août). Des conditions hydrologiques particulières ont pu contraindre à la réalisation de l'échantillonnage d'été en août ou septembre, voir au report de l'échantillonnage l'année suivante (cas unique de VACHON à t+4, tableau 1). Les analyses qui suivent sont basées sur l'exploitation de 3 à 4 échantillons par site et par campagne de prélèvement. Des travaux réalisés hors du programme de suivi, mais en synergie avec lui, ont permis de faire figurer dans ce rapport des données complémentaires, concernant les lônes d'En l'Ile et Béard à t+1 (Monbertrand 2006, Besacier-Monbertrand sous-presse) et le suivi à t+4 des sites de la Vieille Lône aval et du Creux de Bleu amont (Hug Peter, 2011), deux lônes qui avaient été retirées du suivi officiel.

Tableau 1 - Dates d'échantillonnage faunistique des 18 lônes. [1] : lônes « témoins », non influencées directement par la restauration.

		Pré-restauration, Printemps	**Pré-restauration, Eté**	**Post-restauration, Printemps T+2**	**Post-restauration, Eté T+2**	**Post-restauration, Printemps T+4 ([2] : T+5)**	**Post-restauration, Eté T+4 ([2] : T+5)**
Belley							
Béard	BEAR	01.04.2004	22.07.2003	06.04.2007	20.07.2007	06.04.2009	22.07.2009
Chantemerle[1]	CHAN	29.03.2004	20.07.2004	28.03&05.04.2007	20.07&23.08.2007	31.03.2009	22&2307.2009
Fournier	FOUR	01.04.2004	22.07.2003	05.04.2007	23.08.2007	06.04.2009	24.07.2009
Luisettes	LUIS	01.04.2004	22.07.2003	05&06.04.2007	20&24.07.2007	06&07.04.2009	24.07.2009
Moiroud	MOIR	01.04.2004	22.07.2003	06.04.2007	19,20&24.07.2007	07.04.2009	22&24.07.2009
En l'île	ENIL	29.03.2004	21.07.2003	28.03.2007	20.07.2007	31.03.2009	23.07.2009
Lucey	LUCE	29.03.2004	21.07.2003	28.03.2007	20.07&23.08.2007	31.03.2009	23&24.07.2009
Brégnier-Cordon							
Granges	GRAN	13.04.2005	20.07.2004	03.04.2008	16.07.2008	12.04.2010	06.07.2010
Molottes	MOLO	12.04.2005	18&20.07.2004	18&25.04.2008	17&18.07.2008	14&15.04.2010	08.07.2010
Plaine	PLAI	13.04.2005	17&19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008	13.04.2010	07.07.2010
Ponton	PONT	13.04.2005	19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008	13.04.2010	07.07.2010
Mathan	MATH	02.04.2004	23.07.2003	25.04.2008	18.07.2008	13&14.04.2010	8&9.07.2010
Vachon	VACH	02.04.2004	23.07.2003	06.05.2008	03.09.2008	30.03.2011[2]	11.09.2011[2]
Tonkin[1]	TONK	25.04.2006	18.07.2006	18&25.04.2008	17&18.07.2008	12&14.04.2010	08.07.2010
Rossillon[1]	ROSS	15.04.2003	02.07.2003	03&23.04.2008	14.07.2008	15.04.2010	06.07.2010
Mortier[1]	MORT	15.04.2003	01.07.2003	23.04.2008	14.07.2008	13&14.04.2010	07&09.07.2010
Vieille Lône[1]	VILO	07.04.2005	14.07.2005	03.04.2008	15&16.07.2008	15.04.2010	14.06.2010
Creux de Bleu[1]	CRBL	14.04.2003	02.07.2003	18.04.2008	17.07.2008	12.04.2010	14.06.2010

2.6.3.4 Analyse des données et calcul des métriques

Plusieurs métriques ont été retenues pour décrire la richesse des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes et ses changements.

- (1) la richesse taxonomique totale. Elle est obtenue sur les données brutes déterminées tel qu'indiqué plus haut et donc sur des niveaux taxonomiques hétérogènes
- (2) la richesse EPT. C'est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, groupes pour lesquels un niveau de détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.
- (3) la richesse en mollusques gastéropodes. C'est le nombre d'espèces appartenant à ce groupe. Il diminue avec la permanence et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.

Ces richesses brutes seront utilisées dans ce rapport pour décrire les changements temporels se déroulant dans les sites de chaque lône. Ce choix a été fait en cohérence avec l'affichage réalisé sur le site web de la restauration du Rhône : http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr. Dans ces descriptions graphiques, la médiane (Q50) et l'intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration ont été utilisés comme référence pour l'interprétation des changements post-restauration.

Du fait de l'hétérogénéité des nombres d'invertébrés récoltés dans chaque prélèvement et du lien entre l'abondance et la richesse taxonomique, des estimations de richesse taxonomique mesurée sur des échantillons égaux du point de vue de l'abondance ont été calculées 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. Elles 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" (Oksanen et al. 2012) 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). Ces valeurs de richesse « raréfiée » ont été utilisées dans la phase de synthèse pour comparer les résultats de différents groupes de sites sur les deux secteurs considérés conjointement.

Trois métriques ont été consacrées à singulariser parmi les taxons échantillonnés, les espèces pouvant être considérées comme exogènes au bassin du Rhône. Ces espèces appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes), des mollusques, bivalves ou gastéropodes et des annélides polychètes.

- (4) le pourcentage d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien a été calculé par rapport à l'abondance totale dans les relevés.
- (5) la densité moyenne (en nombre d'individus / m^2) des espèces exogènes par site
- (6) le nombre d'espèces exogènes par site

Des tests non-paramétriques (Wilcoxon) ont été utilisés pour comparer des lots de valeurs entre sites ou entre situations (pré- vs. post-restauration). Des analyses factorielles des correspondances ont été utilisées pour décrire les similarités faunistiques entre sites, décrire les changements temporels de la composition des communautés et mesurer la diversité faunistique inter-sites. Ces calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le

logiciel R (Ihaka & Gentleman, 1996) et le jeu de fonctions ade4 sous R (Chessel et al., 2004).

2.6.3 Résultats du suivi par lônes

2.6.3.1 Lônes de Belley

Sept lônes (regroupant 18 stations d'étude) ont été suivies dans le secteur de Belley. A l'exception de la lône de Chantemerle située à l'aval de la restitution, elles sont toutes concernées par une ou plusieurs modalités de restauration : augmentation des débits réservés dans le Rhône court-circuit, creusement ou reconnexion avec le fleuve. Trois stations localisées dans des mouilles nouvellement créées dans des thalwegs asséchés permettent de suivre la colonisation de ces milieux « neufs ». Les lônes de Béard et En l'île ont bénéficié d'un suivi dès t+1, mené hors projet, permettant de documenter les premières étapes de la colonisation post-restauration (Monbertrand 2006, Besacier-Monbertrand sous-presse).

2.6.3.1.1 Lône Béard (BEAR) [Figure 1] :

Les trois stations étudiées sur la lône Béard représentent trois situations contrastées : une mouille préexistante recreusée (BEARam), une mouille nouvellement créée dans le thalweg atterri (BEARavn), la portion terminale de la lône, ouverte sur le Rhône et non recreusée (BEARav).

Dans la mouille amont, les richesses (totale, en gastéropodes et EPT) indiquent un maintien des valeurs pré-restauration. Dans la partie nouvellement créée, la richesse totale est élevée (>Q75 pré-restauration). Le milieu évolue rapidement vers un atterrissement et une forte colonisation par la végétation aquatique, ce que traduisent l'augmentation de la richesse en gastéropodes et la baisse concomitante de la richesse en insectes EPT après restauration. Le site aval (BEARav) est remarquable à l'échelle du secteur entier. Des valeurs très élevées des richesses taxonomiques y sont observées après restauration. Ces valeurs se situent bien au dessus des valeurs « standards » pour le secteur de Belley. Ces valeurs élevées concernent à la fois la richesse totale, les mollusques gastéropodes et les insectes EPT, indiquant la diversité des conditions d'habitat qui combinent un renouvellement de l'eau par drainage de nappe en provenance de l'amont et l'influence des crues qui maintiennent une mosaïque d'herbiers de plantes aquatiques et de substrat minéral nu et hétérogène (limon, sable, graviers). Pour plusieurs groupes taxonomiques, les valeurs mesurées à la station BEARav après-restauration sont proches des valeurs maximales de richesse enregistrées en une station à une date donnée, sur l'ensemble des lônes de Belley et Brégnier-Cordon : Coléoptères (18 taxons), Ephéméroptères (7 taxons), Gastéropodes (12 taxons), Hétéroptères (7 taxons), Hirudinés (5 taxons), Odonates (7 taxons), Trichoptères (15 taxons).

L'augmentation du nombre d'espèces exogènes est claire dans les trois stations, notamment en BEARam où elles étaient absentes avant restauration. Toutefois, si des densités et des proportions élevées d'exogènes ont pu être mesurées immédiatement après restauration (t+1), ces métriques semblent chuter à t+2 et t+4, particulièrement à BEARavn et BEARav, pour revenir à des niveaux proches de ceux observés avant restauration.

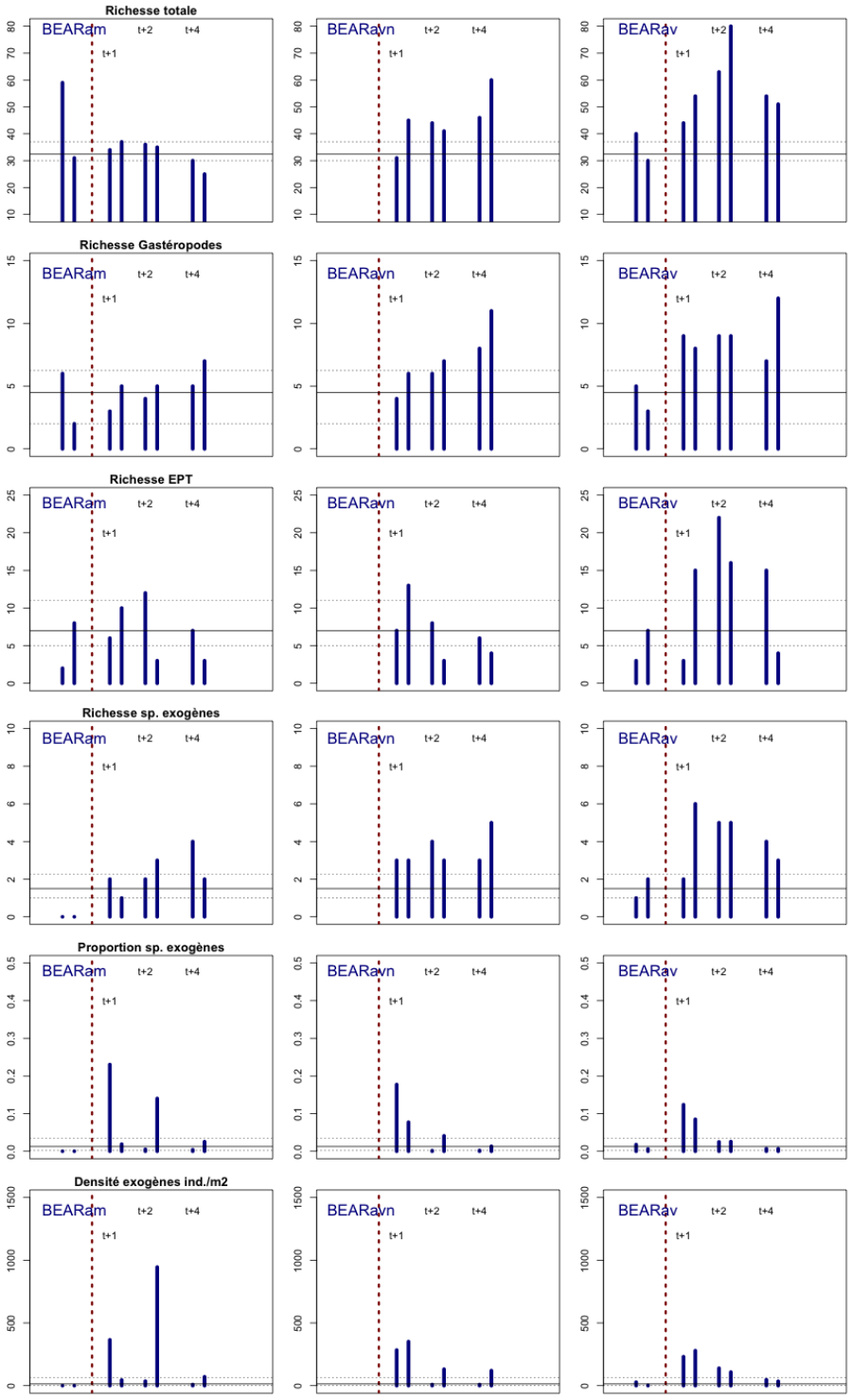


Figure 1 - Lône BEARD - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t+1 VII-2005 & IV-2006; t +2 : IV & VII-2007 ; t+4 : IV & VII-2009

2.6.3.1.2 Lône Fournier (FOUR) [Figure 2] :

La station amont étudiée sur la lône (FOURam) a été légèrement recreusée lors de la restauration et sa fréquence de connexion avec le Rhône a augmentée. L'aspect de la station s'est peu modifié au cours du suivi, en particulier, les macrophytes aquatiques demeurent très largement absentes et l'atterrissement peu marqué. La station aval (FOURav) n'a pas été recreusée, elle n'est donc en théorie affectée que par l'augmentation des débits réservés dans le Rhône court-circuité.

Les richesses taxonomiques totales apparaissent peu modifiées par rapport aux valeurs pré-restauration. La station aval qui était considérée avant restauration comme un « hot spot » de richesse pour les insectes Trichoptères (19 espèces inventoriées en 2003-04) conserve ce caractère malgré une tendance à la baisse (17 espèces en 2007, 14 en 2009). La station demeure, après restauration, parmi les plus riches du secteur de Belley pour l'ensemble des insectes EPT.

Dans les deux stations, le nombre d'espèces exogènes augmente, dépassant largement l'intervalle interquartile des valeurs pré-restauration. Contrairement à la situation observée dans la lône Béard, cette augmentation s'accompagne d'une augmentation des densités de ces espèces et de leur proportion dans la communauté. En particulier, des fortes densités de *Corbicula fluminea* et *Potamopyrgus antipodarum* sont observées à FOURav en été 2009.

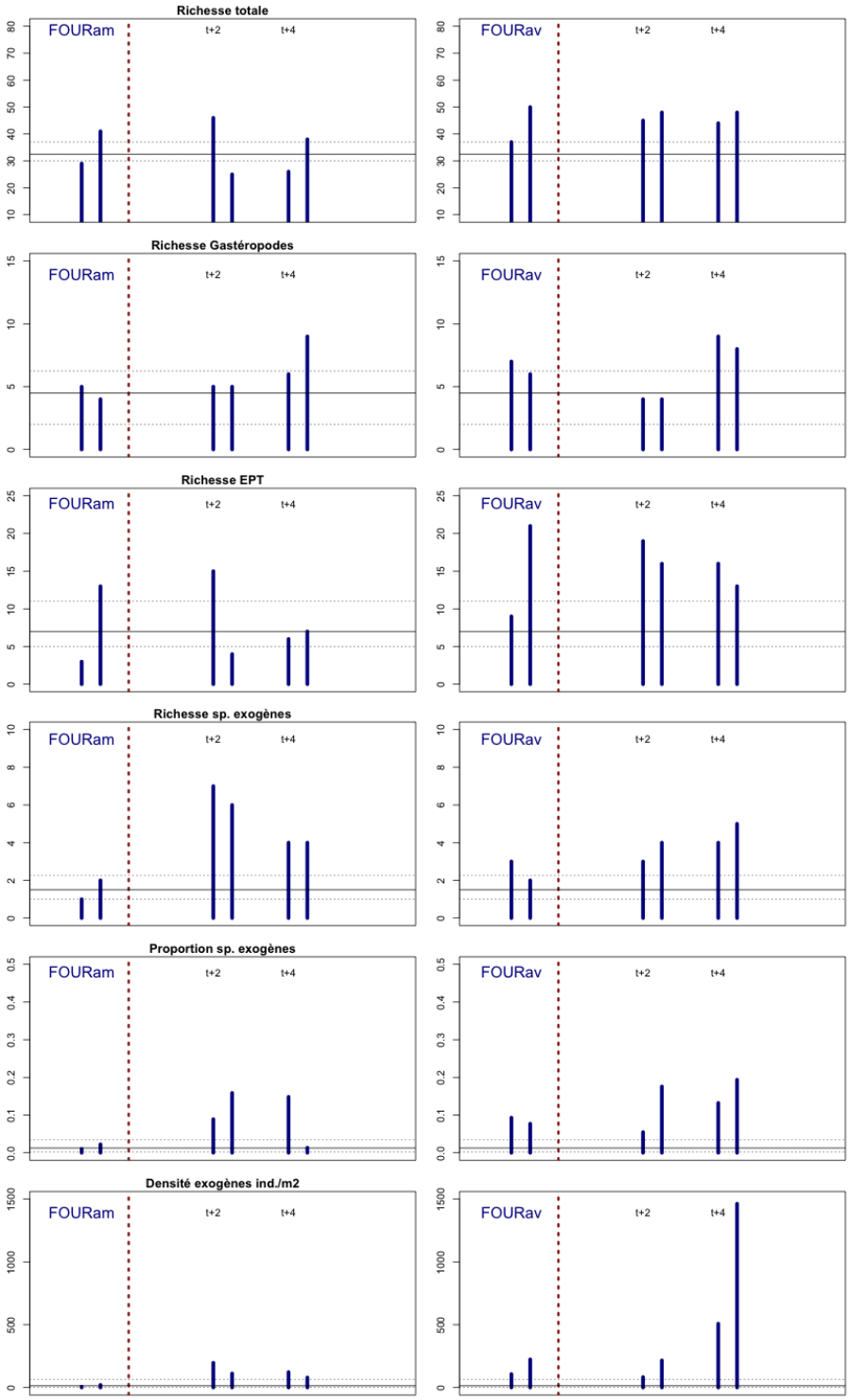


Figure 2 - Lône FOURNIER - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t +2 : IV & VIII-2007 ; t+4 : IV & VII-2009

2.6.3.1.3 Lône de Lucey (LUCE) [Figure 3] :

La lône de Lucey n'a pas subi de modifications morphologiques lors de la restauration. Il s'agit donc d'un cas permettant de mesurer les effets de l'augmentation de l'hydraulicité consécutive à l'augmentation des débits réservés sans curage des sédiments. La station amont (LUCEam) est très proche de la connexion amont avec le Rhône court-circuité. La station aval (LUCEav) est située dans une zone plus large et profonde à l'aval d'un seuil avec buses.

L'évolution temporelle des métriques de richesse montre soit une stabilité (richesse totale et gastéropodes à LUCEam, EPT à LUCEav), soit une tendance à l'augmentation progressive (richesse totale et gastéropodes à LUCEav, EPT à LUCEam). Les richesses en insectes EPT atteignent ou dépassent ainsi après restauration le Q75 des valeurs pré-restauration à LUCEam.

Les richesses en espèces exogènes augmentent pour dépasser le Q75 des valeurs pré-restauration. Cet accroissement concerne également les valeurs de densité et de proportion relative des espèces exogènes au sein de la communauté.

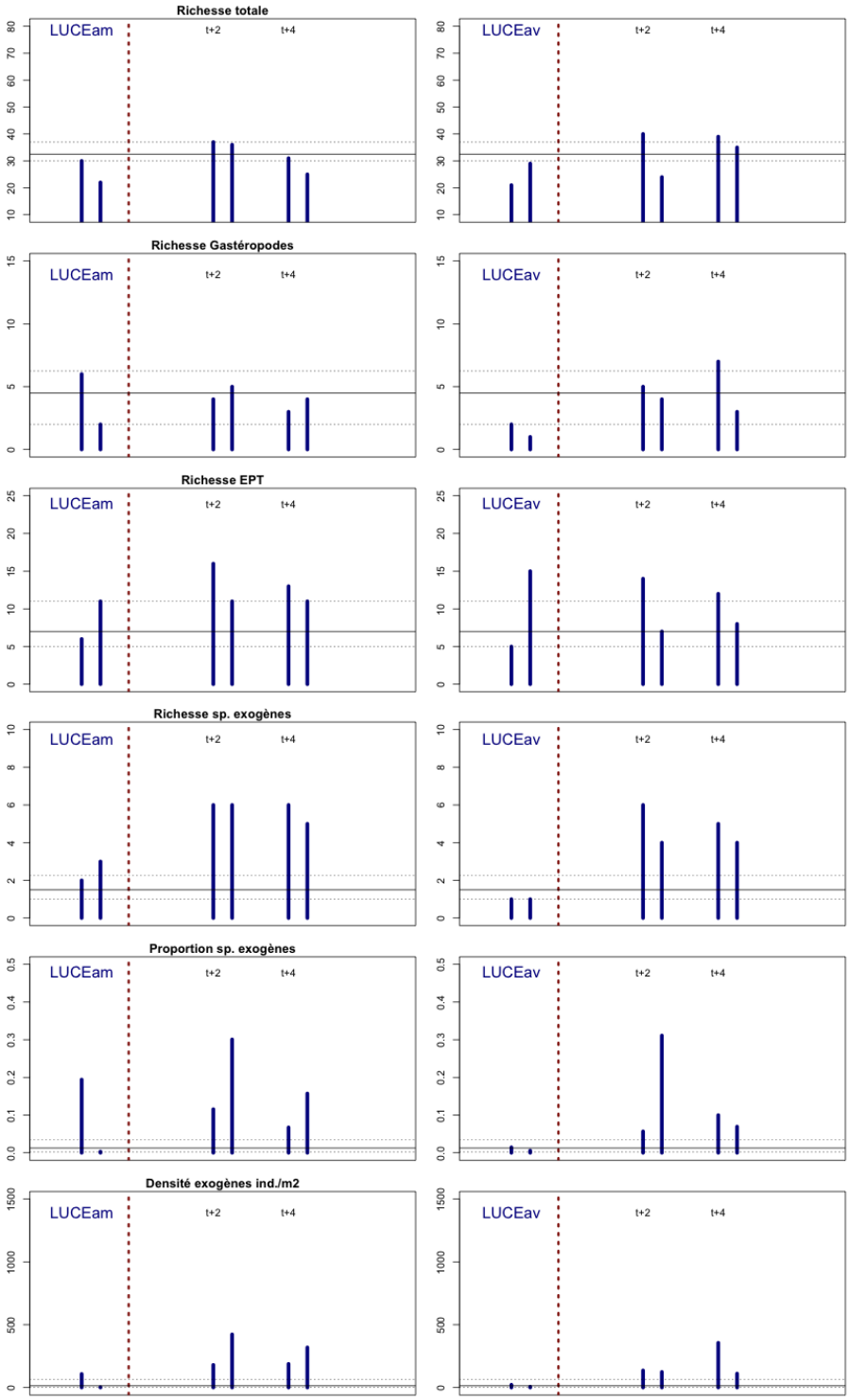


Figure 3 - Lône de LUCEY - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & III-2004 ; t +2 : III & VII/VIII-2007 ; t+4 : III & VII-2009

2.6.3.1.4 Lône d'En l'Ile (ENIL) [Figure 4]:

La lône d'En l'Ile est le seul exemple étudié dans le secteur de Belley, d'un recreusement de thalweg asséché avec reconnexion complète de la lône à l'amont et à l'aval. La station amont (ENILam) était le dernier point en eau permanente de la lône avant restauration. La station ENILavn se situe à proximité de la connexion aval avec le Rhône, rétablie après restauration. La station ENILav correspond à « l'anse de Yenne », ouverte à l'aval sur le Rhône qui s'est trouvée remise également en connexion par l'amont après la crue du printemps 2006.

Dans les stations ENILam et ENILavn, le changement radical de conditions s'accompagne d'une augmentation de la richesse totale, avec des valeurs élevées lors des mesures de printemps (2006, 2007, 2009) associées à de fortes richesses en insectes EPT. Il s'agit là du signe de l'établissement rapide et du maintien de communautés lotiques indiquant le succès de la création d'un chenal latéral à courant permanent. Comme c'est le cas dans de telles circonstances, des valeurs élevées de richesse en EPT pouvaient être observées avant restauration dans la mouille amont (ANILam) du fait du « piégeage » d'espèces lotiques après les crues (printemps 2004). Dans l'anse de Yenne (ENILav), la richesse totale et la richesse en gastéropodes enregistrent une chute à t+2 suite à la reconnexion à l'amont en 2006.

Les richesses, densités et proportions d'espèces exogènes, très faibles avant restauration, augmentent ensuite. Les richesses en espèces exogènes sont largement supérieures au Q75 des valeurs pré-restauration.

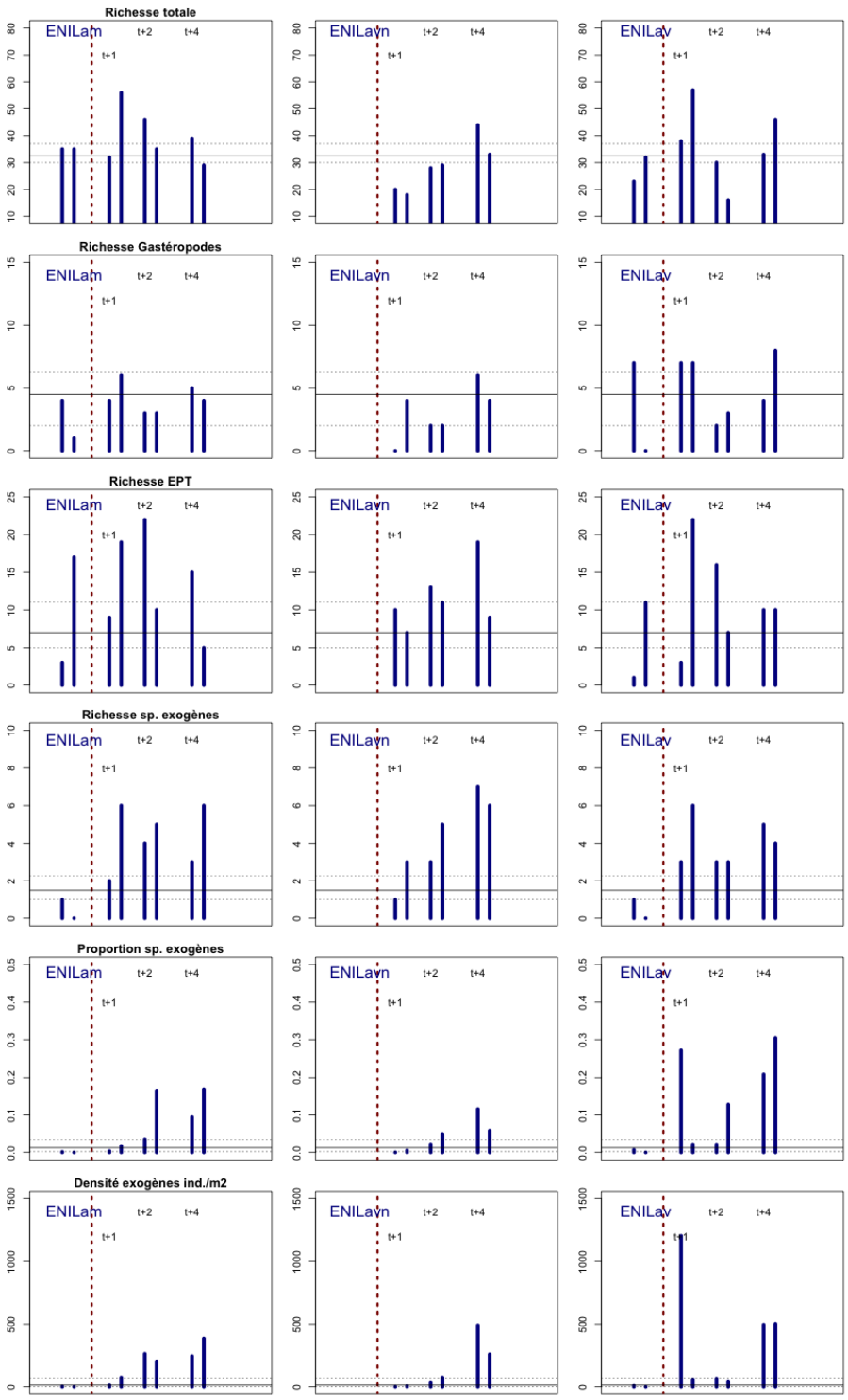


Figure 4 - Lône d'EN L'ILE - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & III-2004 ; t+1 : VII-2005 & IV-2006; t +2 : III & VII-2007 ; t+4 : III & VII-2009

2.6.3.1.5 Lône des Luisettes (LUIS) [Figure 5] :

Dans sa partie amont, la lône des Luisettes a été curée, entrainant l'approfondissement de mouilles existantes et la création de nouvelles mouilles dans le thalweg asséché. L'action des crues post-restauration et l'augmentation de l'hydraulicité consécutive à l'accroissement du débit réservé dans le Rhône court-circuité ont rapidement entrainé l'interconnexion de ces mouilles restaurées qui étaient initialement disjointes. La station amont (LUISam) située dans une mouille préexistante à la restauration et la station LUISamn, située initialement dans une mouille nouvellement creusée, se trouvent ainsi en connexion dès le printemps 2007. LUISamn est par ailleurs le site d'un intense drainage du sous-écoulement (nombreuses résurgences visibles). La station aval (LUISav) n'a pas été recreusée, elle se situe au début de la partie terminale rectiligne de la lône, avant sa confluence avec la lône Moiroud. La colonisation par la végétation aquatique demeure faible au cours de la période suivie, probablement en raison de la fréquence des crues décapantes.

Les métriques de richesses taxonomiques indiquent majoritairement une stabilité par rapport aux valeurs pré-restauration. La richesse en gastéropodes augmente dans la station nouvellement créée (LUISamn), ainsi que la richesse en insectes EPT dans la station aval.

De même, les métriques décrivant les espèces exogènes ne traduisent pas de changements très nets après restauration : les richesses en espèces exogènes à LUISam et LUISamn sont comparables à celles observées pré-restauration en juillet 2003 (LUISam). A LUISav, après une augmentation à t+2, les valeurs mesurées à t+4 sont comparables au niveau pré-restauration. Les densités et proportions d'espèces exogènes demeurent faibles.

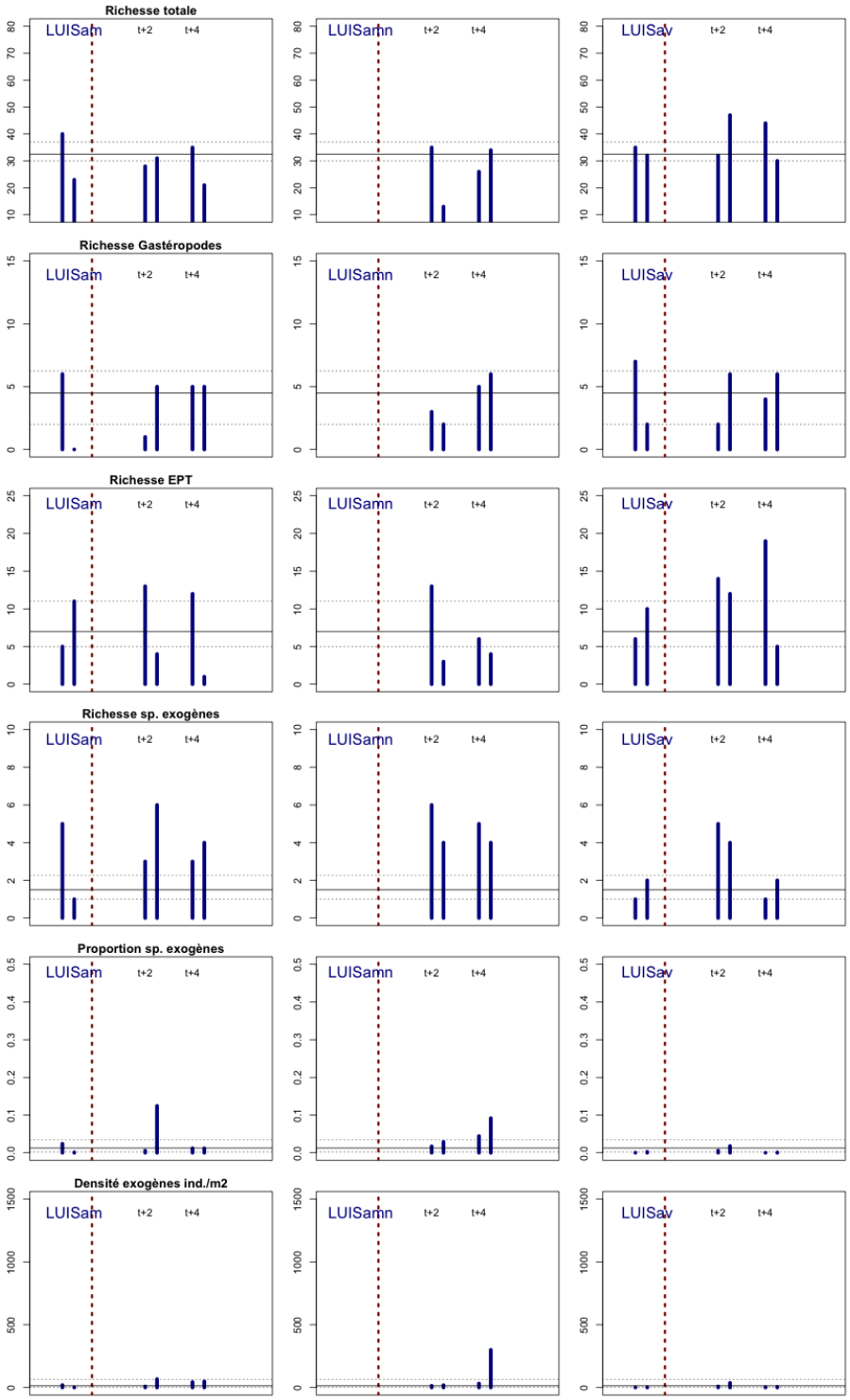


Figure 5 - Lône des LUISETTES - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t +2 : IV & VII-2007 ; t+4 : IV & VII-2009

2.6.3.1.6 Lône Moiroud (MOIR) [Figure 6] :

Les trois stations suivies sur la lône Moiroud illustrent trois types de restauration. La mouille amont (MOIRam) n'a pas été recreusée, elle est seulement influencée par l'augmentation du débit réservé. MOIRamn a été nouvellement creusée dans le thalweg asséché. Sa colonisation par la végétation aquatique a été rapide après creusement. C'est également le site d'un intense drainage du sous-écoulement (nombreuses résurgences visibles). La station aval (MOIRav) a été restaurée par décapage du sédiment superficiel.

Les tendances enregistrées pour les richesses taxonomiques sont proches de ce qui a été observé pour la lône des Luisettes : la tendance principale est celle d'une stabilité. Comme en LUISamn et BEARavn, la station nouvellement creusée (MOIRamn) montre une tendance à l'augmentation de la richesse en mollusques gastéropodes et à la chute de la richesse en insectes EPT. Cette tendance peut, là aussi, être interprétée comme l'indication d'un atterrissement relativement rapide.

Concernant les espèces exogènes, leur richesse augmente clairement dans la station la moins modifiée (MOIRam). Dans les autres sites, on observe un pic consécutif à la restauration (t+2) suivi d'un retour aux conditions pré-restauration à t+4. Ce pic est notable pour les trois métriques (richesse, proportion et densité des espèces exogènes).

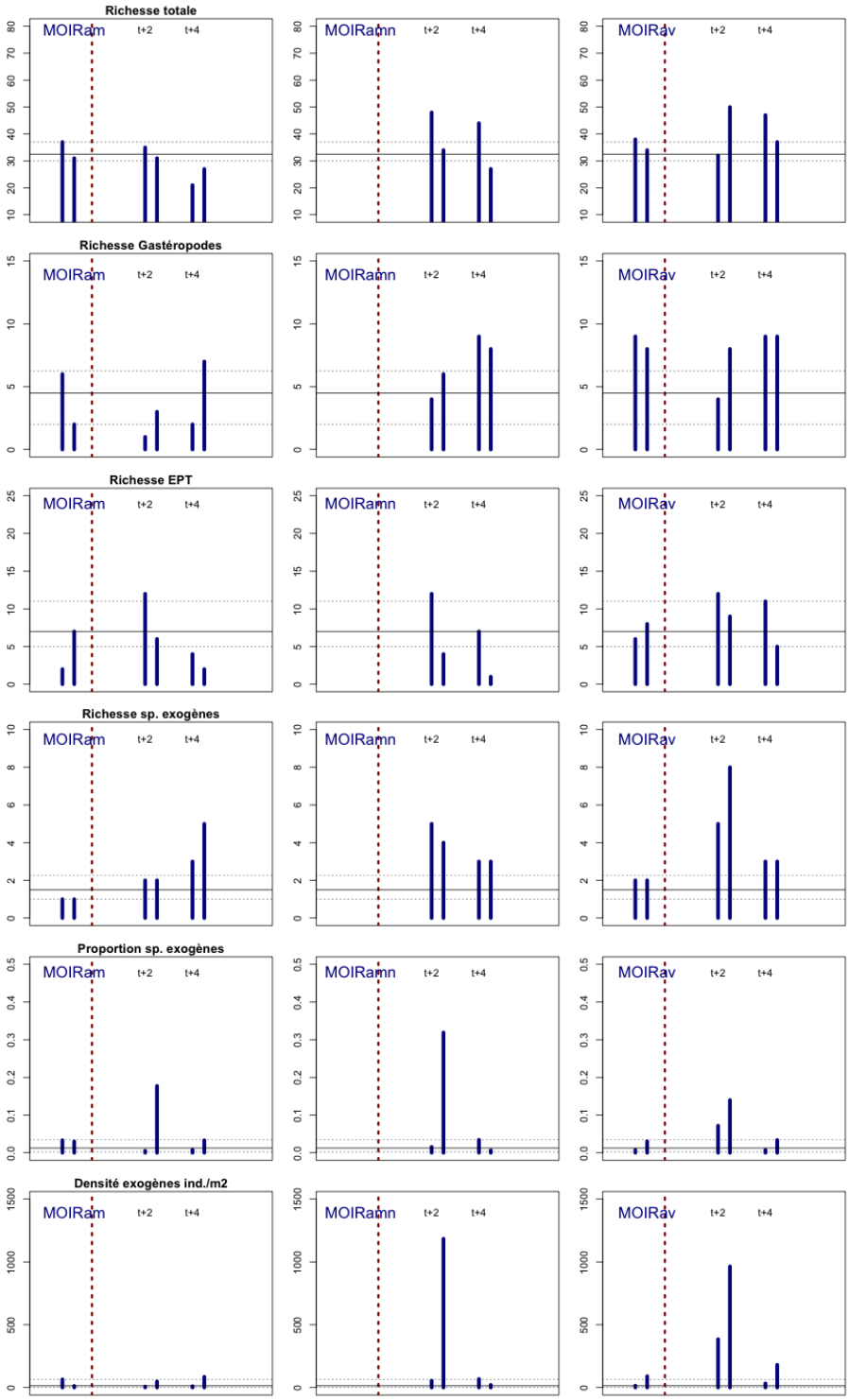


Figure 6 - Lône MOIROUD - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t +2 : IV & VII-2007 ; t+4 : IV & VII-2009

2.6.3.1.7 Lône de Chantemerle (CHAN) [Figure 7] :

Située à l'aval de la restitution de l'aménagement de Belley et non modifiée lors de la restauration, la lône de Chantemerle constitue un « témoin » permettant de suivre les fluctuations temporelles des communautés d'invertébrés dans un chenal latéral très connecté au Rhône. Si la station amont CHANam présente des phases de déconnexion, la station aval CHANav est connectée en permanence au Rhône par l'amont (ouvertures latérales de la lône en rive gauche) et par l'aval.

Les valeurs de richesses taxonomiques montrent une forte stabilité globale sur la période étudiée. Deux types de fluctuations sont notables : d'une part la fluctuation saisonnière de la richesse en insectes EPT (CHANam), maximale en mars-avril, qui est également visible dans d'autres lônes; d'autre part une augmentation de la richesse en insectes EPT à t+2 (2007), cette augmentation se répercutant sur la valeur de richesse totale. De fortes valeurs de richesse en insectes EPT étaient également notables à cette date dans les stations MOIRam, ENILam, BEARav et, dans une moindre mesure, à LUCEam. Il pourrait donc s'agir d'une fluctuation interannuelle indépendante des effets de la restauration.

Avant la restauration du secteur de Belley, la lône de Chantemerle présentait des valeurs élevées pour les métriques concernant les espèces invasives. Elles étaient supérieures à l'intervalle interquartile des mesures pré-restauration du secteur de Belley. La richesse en espèces exogènes augmente en 2007 et 2009 dans les deux stations, ainsi que leurs densités et proportions dans la station aval, où elles atteignent des valeurs très supérieures à l'intervalle interquartile des mesures pré-restauration du secteur.

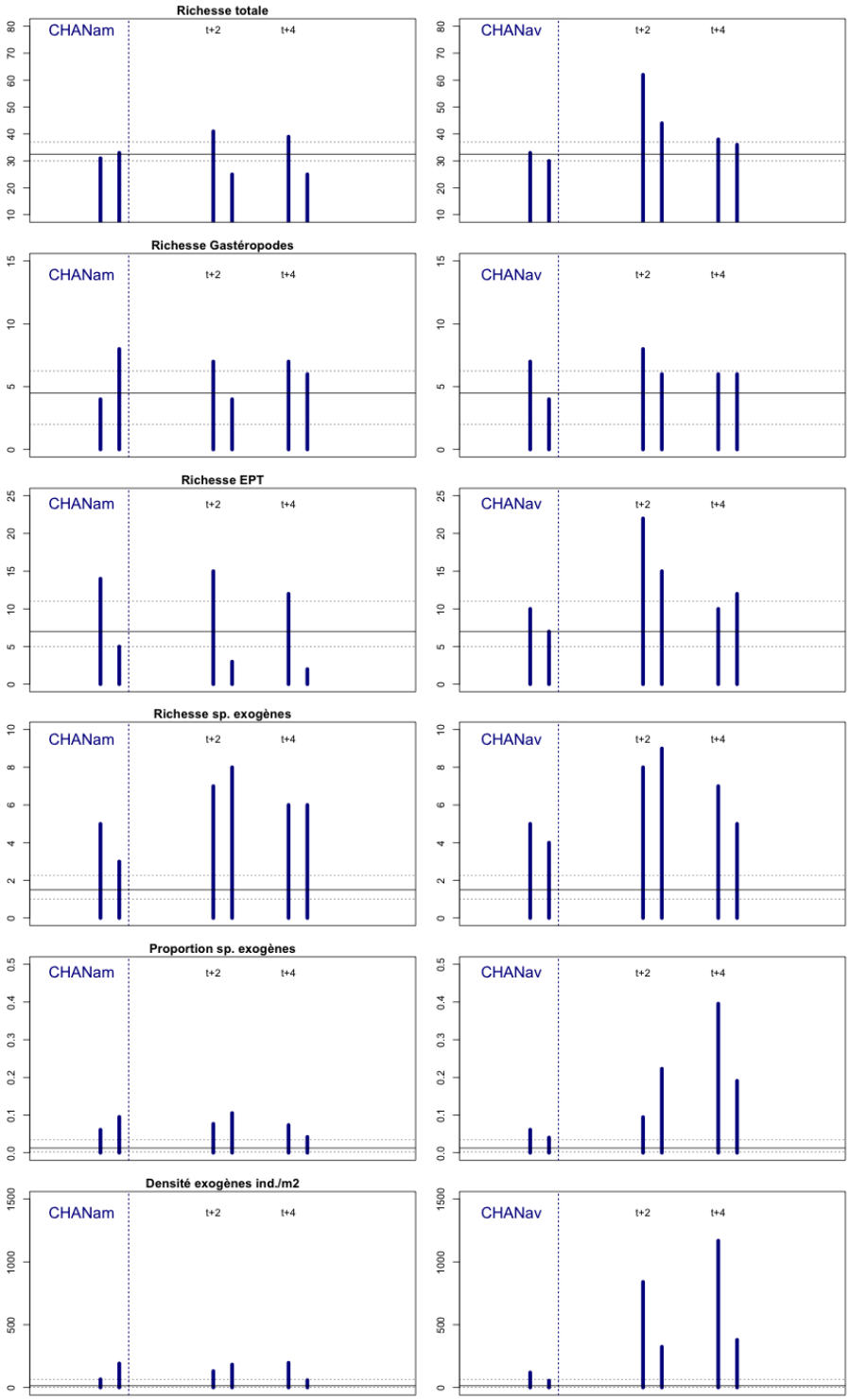


Figure 7 - Lône de CHANTEMERLE - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Belley (la lône de Chantemerle n'est pas restaurée). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Belley.

Pré-restauration : III &VII-2004 ; t +2 : III/IV & VII/VIII-2007 ; t+4 : III & VII-2009

2.6.3.2 Bilan pour le secteur de Belley : changements de composition faunistique post-restauration.

L'analyse des variations de composition faunistique des stations au cours du temps à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Belley a été réalisée avec une méthode d'ordination (AFC) qui positionne les stations à une date donnée en fonction de la ressemblance de leurs compositions (Figure 8). L'analyse montre d'abord le maintien d'une structure spatiale forte qui différencie les lônes au-delà de leurs changements temporels. Elles s'ordonnent le long d'un gradient croissant de relation avec le fleuve selon la séquence : BEARD / MOIR / LUIS / FOUR / LUCE / CHAN / ENIL. Les sites BEARam et ENILavn représentent les extrémités de ce gradient.

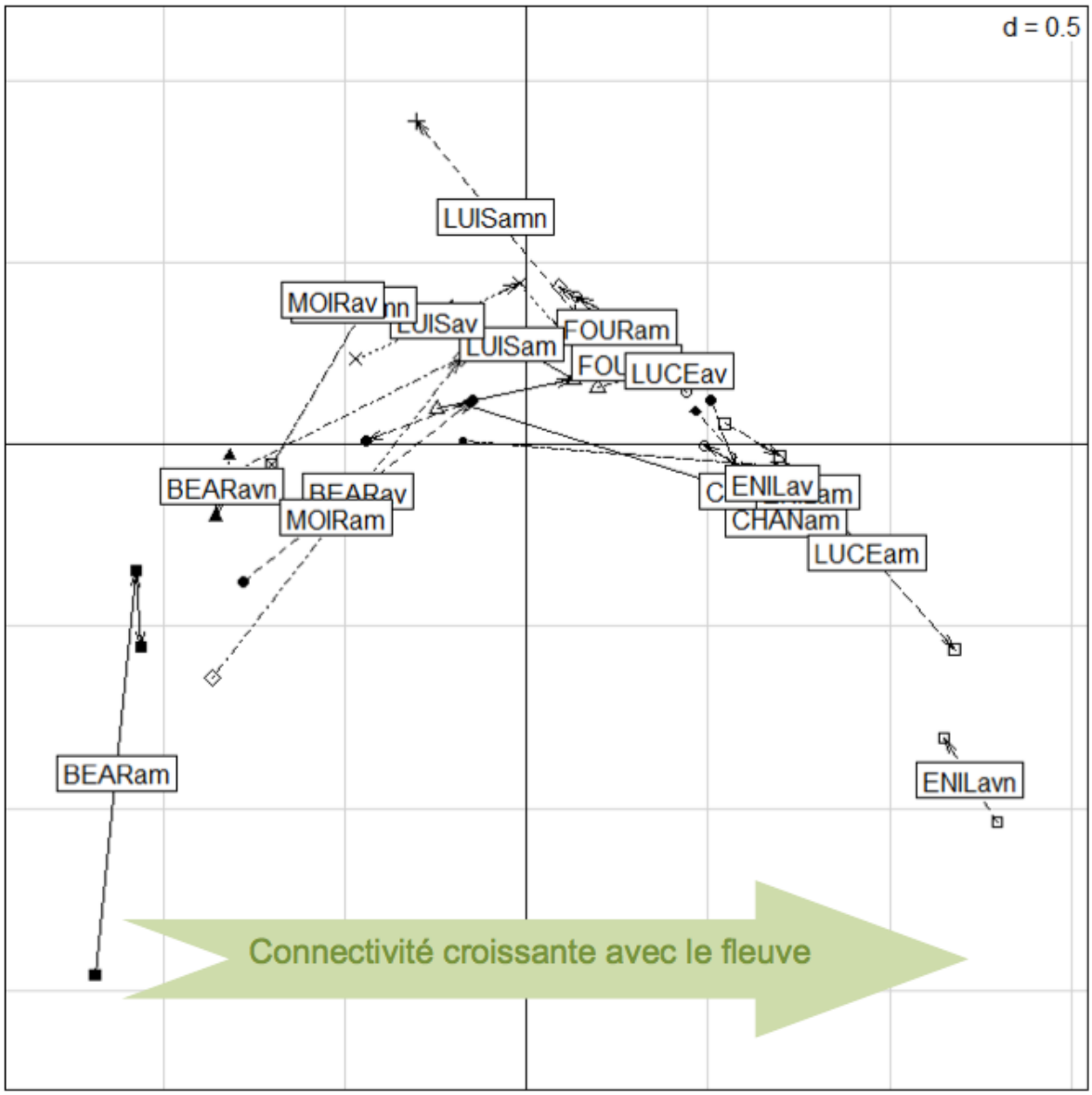


Figure 8 – Ordination des 18 sites des 7 lônes du secteur de Belley avec leur trajectoire temporelle entre les trois périodes d'étude (pré-restauration, t+2, t+4). Les sites « nouveaux – n » n'ont que t+2 et t+4. Cette image est subdivisée par lône à la Figure 9. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées.

La dérive temporelle de chaque site considéré individuellement (Figure 9) montre les tendances suivantes :

- les changements post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord majoritairement dans le sens d'une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;
- des changements importants ont lieu dans des sites très modifiés par recreusent ou reconnexion : BEARam et av, ENILam et av, mais également dans certains sites non modifiés du point de vue sédimentaire (MOIRam, LUCEam) ;
- dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : BEARam et av, MOIRam et av, LUISam, FOURam et av, ENILav. Le « retour » à t+4 vers un état proche de la situation pré-restauration est particulièrement notable dans les mouilles amont de MOIRam et LUISam. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour LUISav, LUCE et ENILam.
- Les lônes de Chantemerle et Lucey sont, comparativement, les plus stables du point de vue faunistique au cours de la période d'étude.

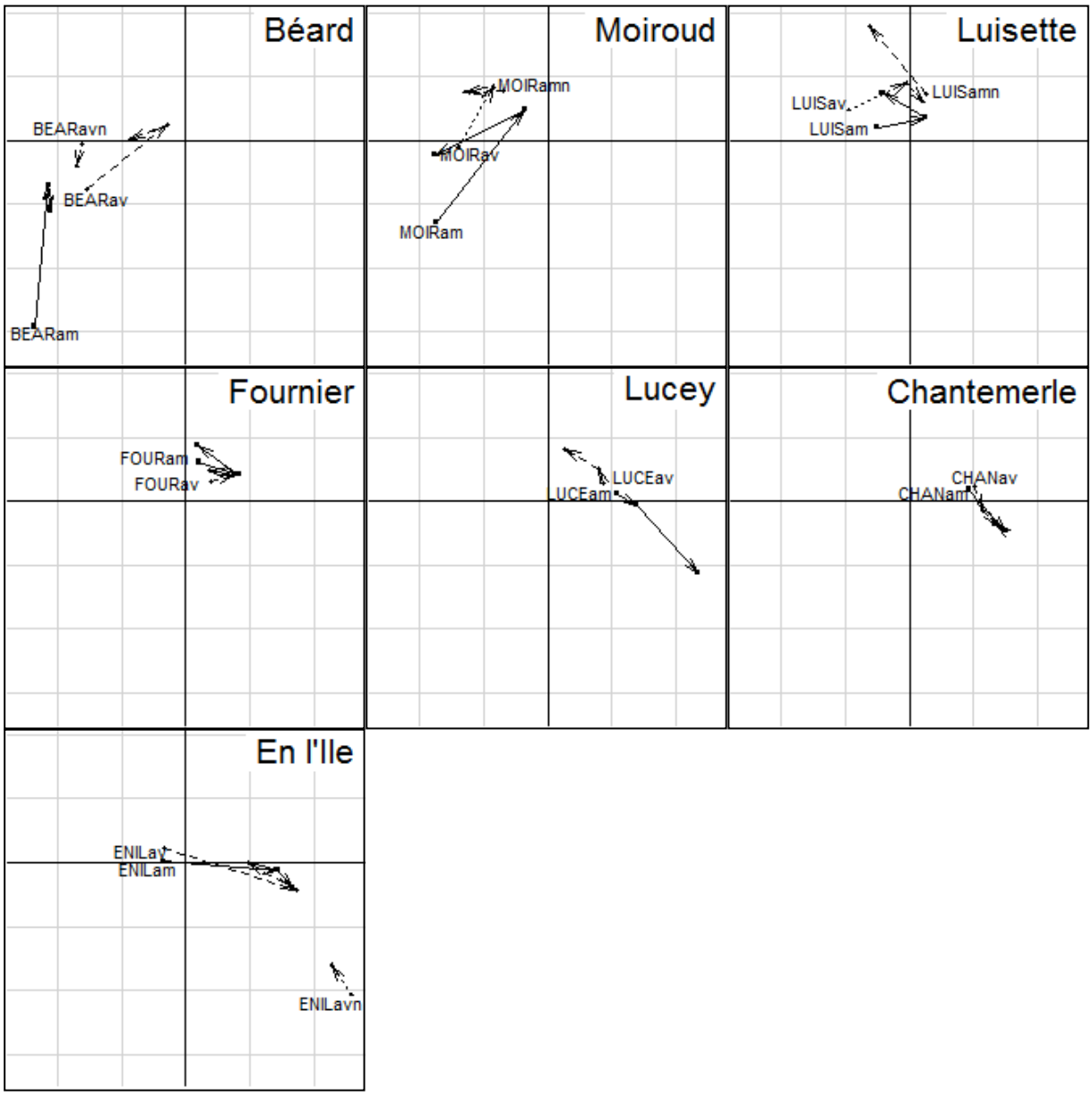


Figure 9 – Ordination des 18 sites des 7 lônes restaurées du secteur de Belley avec leur trajectoire temporelle entre les trois périodes d'étude : pré-restauration, t+2, t+4. Les sites « nouveaux – n » n'apparaissent qu'à t+2 et t+4. Cette figure résulet de la subdivision par lône de la figure 8. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées.

2.6.3.3 Lônes de Brégnier-Cordon.

Onze lônes (regroupant 22 stations d'étude) ont été suivies dans le secteur de Brégnier-Cordon. La grande diversité des lônes du secteur et l'accroissement limité des débits réservés, ont conduit au suivi de plusieurs lônes, ou stations, « témoins » permettant d'évaluer les changements temporels des communautés d'invertébrés non directement liés aux actions de restauration. Ces témoins comprennent autant des stations lotiques connectées au Rhône (lône du Tonkin), que des stades aquatiques terminaux de la succession des chenaux de tressage vers l'atterrissement (lône de Rossillon, du Mortier, Vieille Lône, Creux de Bleu). L'ajout au suivi de la restauration de certaines de ces stations témoins a été rendu possible grâce à des travaux menés hors projet (Terrier, 2005 ; Hug Peter, 2011).

2.6.3.3.1 Lône des Granges (GRAN) [Figure 10] :

La lône des Granges, située à l'extrémité amont du court-circuit de Brégnier-Cordon, bénéficie de l'augmentation du débit réservé dans ce tronçon. Elle a par ailleurs été largement approfondie par recreusement sur l'ensemble de son cours, permettant l'augmentation de l'alimentation phréatique dans la partie amont (station GRANam) et la création d'un tronçon aval en eau permanente très rapidement mis en connexion avec le Rhône. La station GRANav était avant restauration une mouille isolée dans le thalweg asséché.

Les métriques de richesse taxonomique indiquent soit un maintien des niveaux pré-restauration (richesses totales et en gastéropodes à GRANam), soit un accroissement. En particulier, dans la station GRANav, les trois métriques qui étaient inférieures à l'intervalle interquartile pré-restauration dépassent ces valeurs de référence dans la plupart des cas post-restauration. On observe ainsi un doublement de la richesse totale à GRANav, dès t+2.

La richesse en espèces exogènes progresse de façon limitée. Les densités et proportions de ces espèces demeurent faibles et ne présentent pas de tendances nettes après restauration.

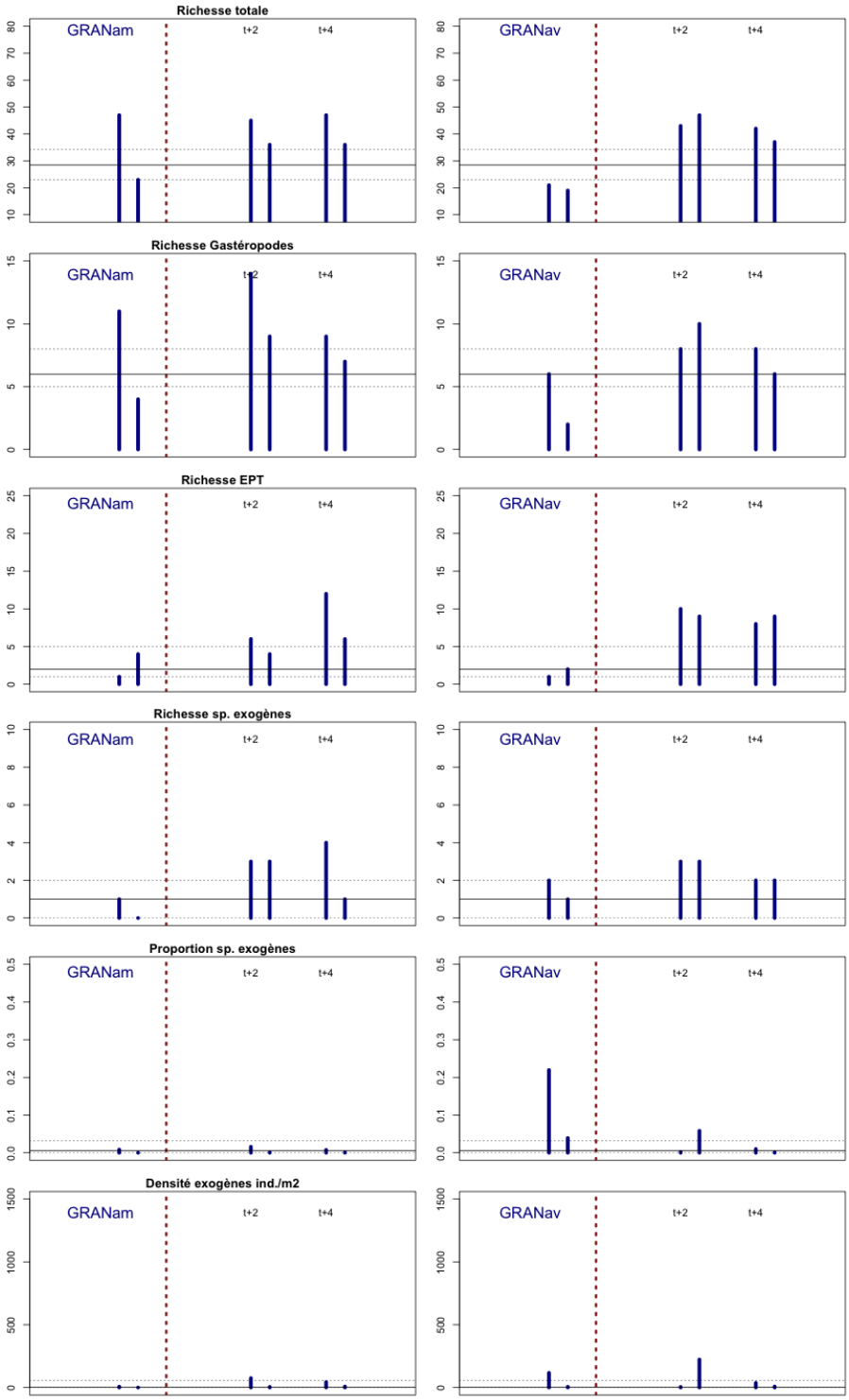


Figure 10 - Lône des GRANGES - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : IV & VII-2004 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

2.6.3.3.2 Lône Vachon (VACH) [Figure 11] :

La lône Vachon bénéficie comme la lône des Granges de l'augmentation du débit réservé dans ce tronçon. Elle a par ailleurs été recreusée et reconnectée à l'amont avec le Rhône court-circuité. La station amont (VACHam) qui était avant restauration une mouille peu profonde, fortement influencée par le Rhône lors des crues, correspond après restauration à un tronçon en permanence courant. La station aval (VACHav) n'a pas subit de modification morphologique lors de la restauration, elle bénéficie de l'augmentation d'hydraulicité créée par la mise en connexion amont de la lône avec le Rhône.

Les valeurs de richesses taxonomiques ne montrent pas d'évolution notable après restauration. La richesse totale demeure à l'intérieur, ou au dessous de l'intervalle interquartile des valeurs pré-restauration du secteur. Contrairement à ce qui est observable pour la lône d'En l'île à Belley, qui a connu une restauration comparable, on n'observe pas d'augmentation de la richesse en insectes EPT, ce qui pouvait être attendu compte tenu de l'augmentation d'hydraulicité.

Les métriques associées aux espèces exogènes augmentent après restauration, incluant les densités et proportions au sein de la communauté, conduisant à des valeurs élevées (entre 20 et 30% des effectifs appartiennent à des espèces exogènes en été 2011).

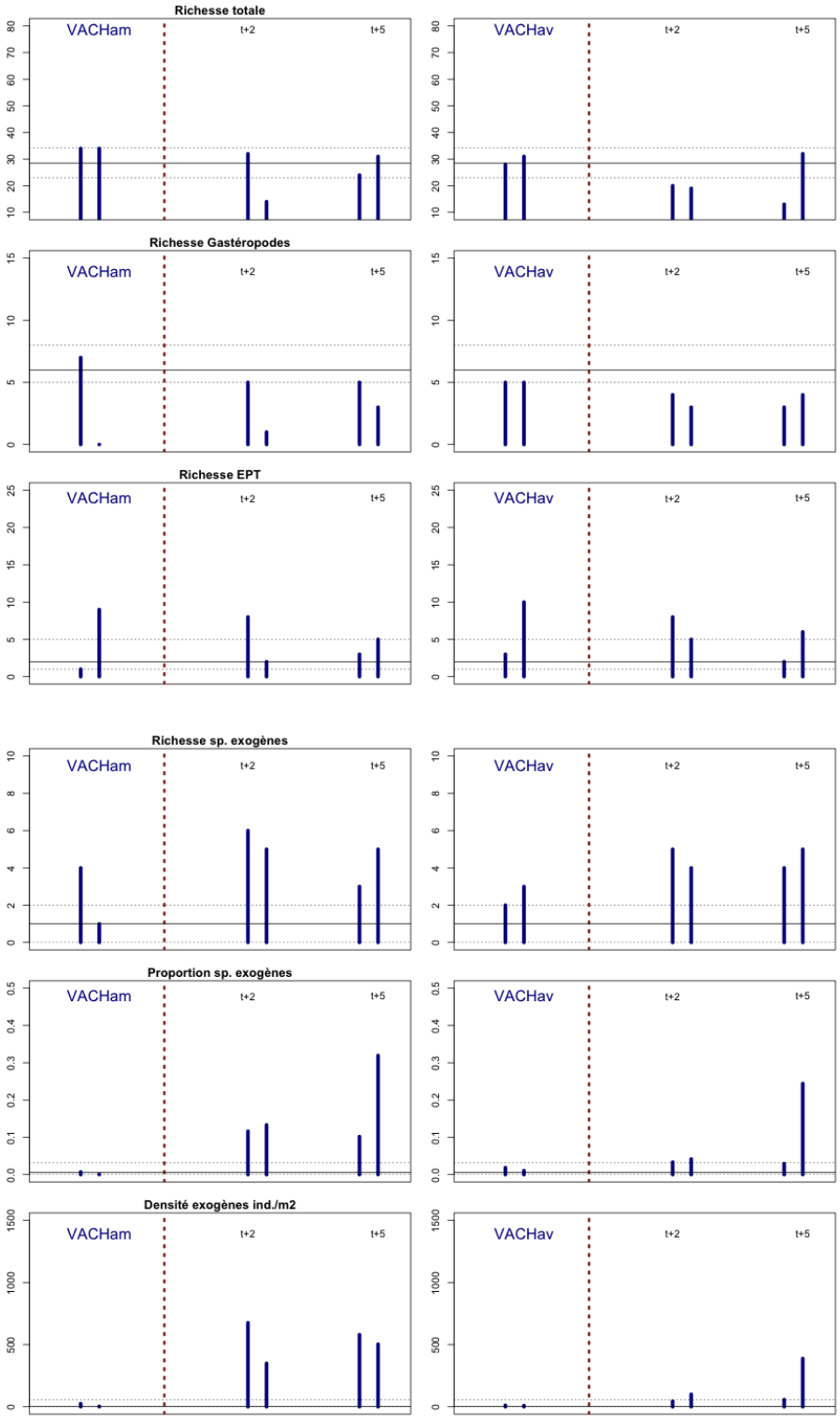


Figure 11 - Lône VACHON - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t +2 : V & IX-2008 ; t+5 : III & IX-2011

2.6.3.3.3. Lône des Molottes (MOLO) [Figure 12] :

Les deux stations suivies sur la lône des Molottes traduisent deux situations très contrastées. A l'amont, la station MOLOam constitue une station « témoin ». Elle est en effet située dans la partie amont, non recreusée, du thalweg. Il s'agit d'une mouille de très petite taille et de faible profondeur en transition vers un stade semi-aquatique. La station aval (MOLOav) est située dans la partie recreusée, fortement approfondie et reconnectée par l'aval avec le complexe lotique de l'aval de la lône du Tonkin et des Graviers Grand-Jean. Avant restauration, cette station était une mouille temporaire dans le thalweg asséché de la lône.

Les métriques de richesse ne montrent aucun changement dans la station amont pendant la période suivie. A l'aval par contre, les valeurs pré-restauration qui étaient très basses du fait du caractère temporaire du milieu, augmentent pour atteindre ou dépasser la référence de l'intervalle interquartile des valeurs pré-restauration. La richesse totale est ainsi multipliée par 3 à t+4 par rapport à la situation pré-restauration.

Les espèces exogènes ne montrent aucune tendance notable dans la station amont. Par contre en MOLOav, l'augmentation post-restauration est très sensible pour les trois métriques : richesse, proportion et densité des individus appartenant aux espèces exogènes. A t+4, les 6 à 7 espèces exogènes constituent près de 20% de l'abondance de la communauté de ce site restauré.

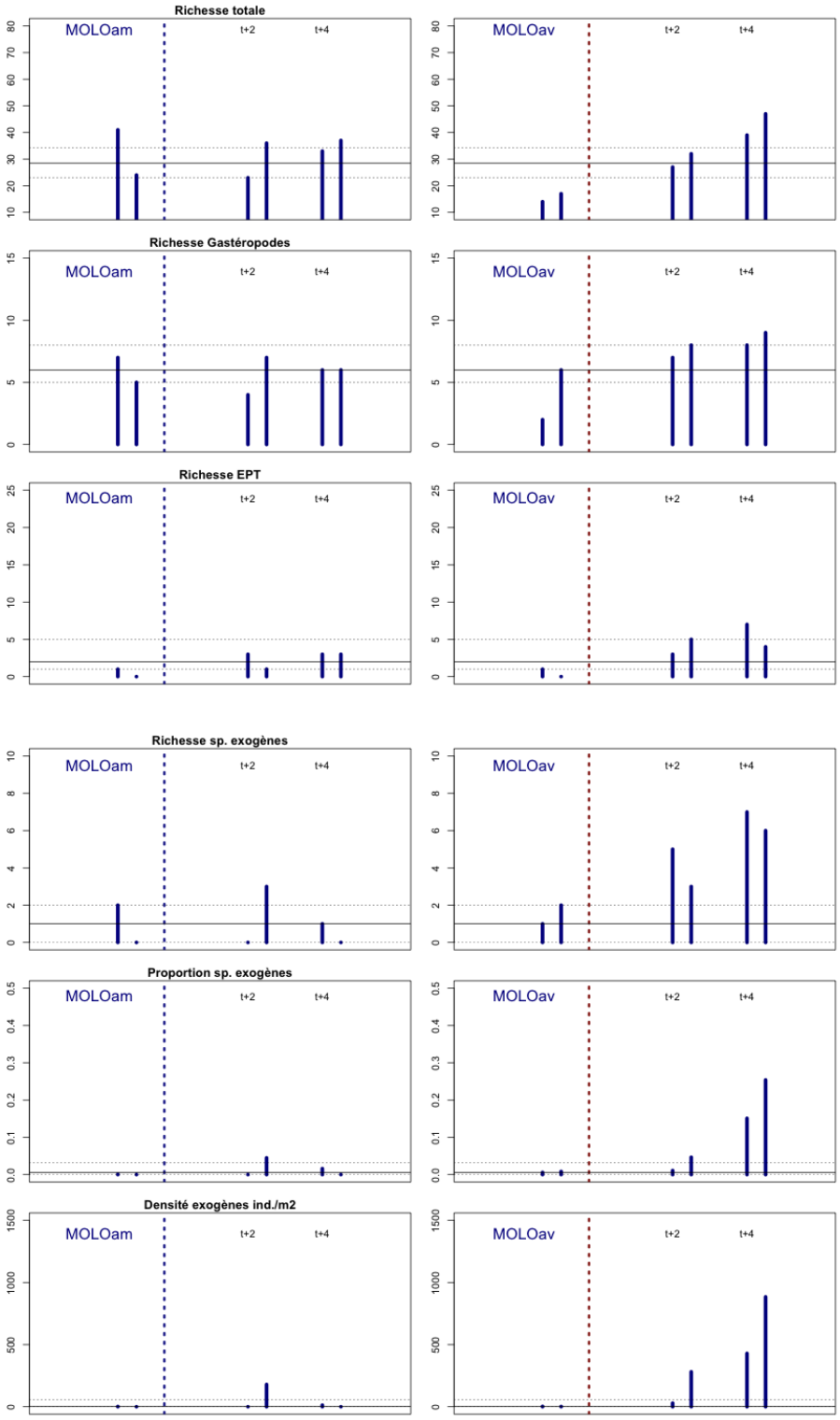


Figure 12 - Lône des MOLOTTES - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : VII-2004 & IV-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

2.6.3.3.4 Lône Mathan (MATH) [Figure 13] :

La lône Mathan n'était avant restauration qu'un thalweg largement asséché où demeuraient quelques mouilles temporaires. Les stations MATHam et MATHav étaient situées dans de telles mouilles avant restauration. Par la reconnexion complète de la lône Mathan à des bras courants (lône des Graviers Grand-Jean à l'amont et lône du Tonkin à l'aval) et le recreusement de l'ensemble de son cours, la restauration a entrainé le changement radical des conditions hydrologiques de cet ancien lit. Après restauration, les stations MATHam et MATHav sont deux sites à courant permanent.

Les métriques de richesse ne reflètent pas le changement radical de composition faunistique se produisant dans les stations d'étude. Dans la station amont (MATHam), les niveaux de richesse peuvent être considérés comme proches de ceux observés avant restauration. La comparaison avec la situation pré-restauration est rendue difficile par le caractère très fluctuant des mouilles déconnectées en voie d'atterrissement. Leur communauté peut ainsi s'enrichir fortement après l'apport et le « piégeage » d'espèces lotiques après les crues (cas observé au printemps 2004). Ce phénomène était visible également dans la lône d'En l'Ile à Belley. Après restauration, les richesses en insectes EPT sont supérieures à la référence pré-restauration. A l'aval (MATHav), on assiste à l'augmentation progressive de la richesse totale et à l'action attendue de la transformation en milieu courant : chute de la richesse des gastéropodes et augmentation de celle des insectes EPT.

Dans les deux stations, les trois métriques associées aux espèces exogènes augmentent de façon parallèle au cours du temps pour dépasser à t+4 la limite supérieure de l'intervalle interquartile des valeurs pré-restauration.

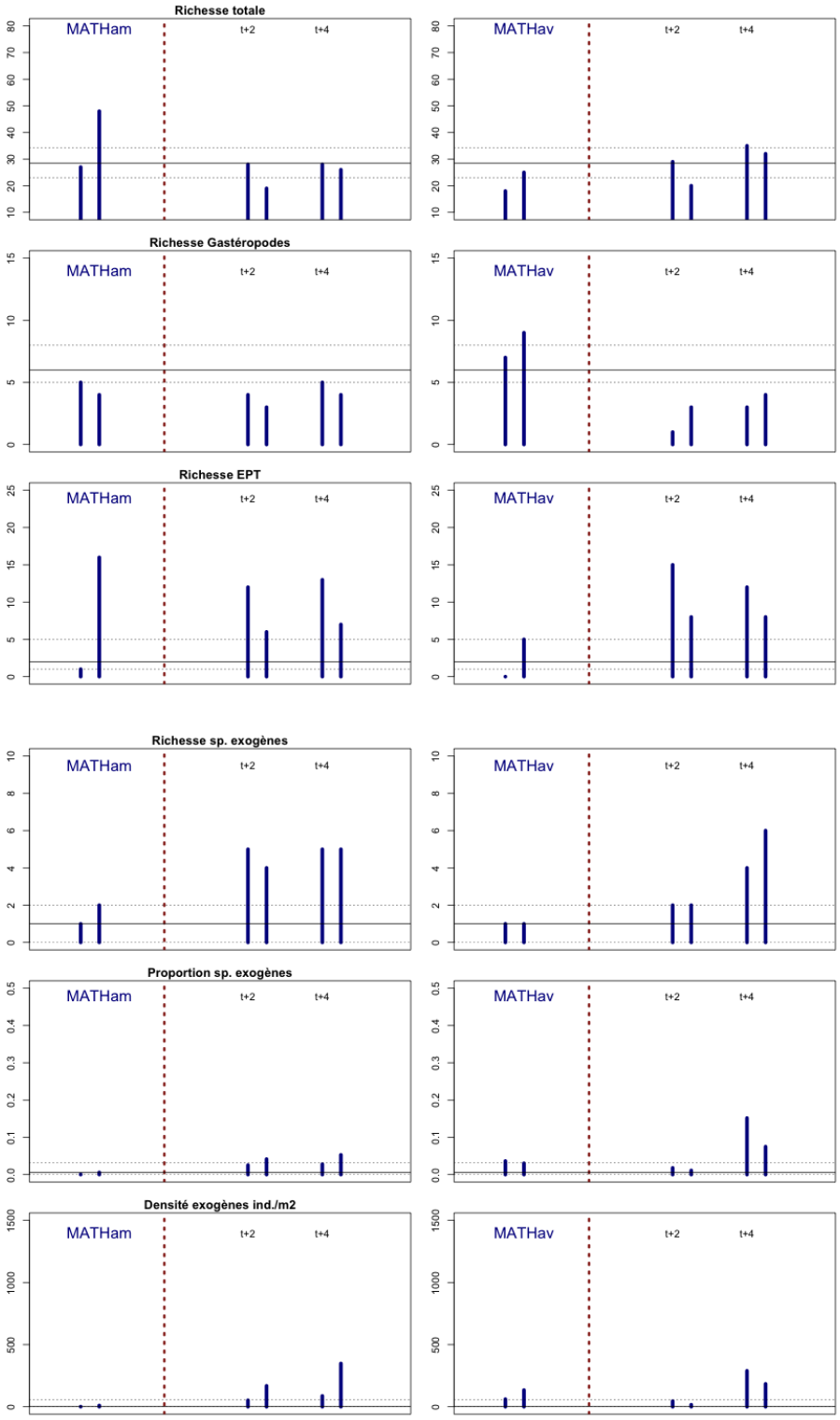


Figure 13 - Lône MATHAN - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : VII-2003 & IV-2004 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

2.6.3.3.5 Lône Ponton (PONT) [Figure 14] :

La station amont de la lône du Ponton (PONTam) est une mouille isolée du Rhône et du reste de la lône en dehors des crues et non modifiée par la restauration. La station aval (PONTav) est située dans la zone recreusée et reconnectée au Rhône par l'aval.

A l'amont, dans la mouille non restaurée, les trois métriques de richesse montrent un déclin global au cours de période d'étude. La station aval montre une augmentation de la richesse totale après restauration, celle-ci dépassant l'intervalle interquartile de référence à t+4. La richesse des insectes EPT augmente mais reste à l'intérieur de l'intervalle interquartile de référence à t+4.

Les métriques décrivant les espèces exogènes ne présentent pas de modifications notables à l'amont au cours de la période d'étude. La station PONTam peut être considérée comme un site de référence encore peu affectée par ces espèces. A l'aval (PONTav), la richesse en espèces exogènes augmente à partir de t +2. La densité et la proportion des espèces exogènes sont relativement élevées avant restauration et montrent des fluctuations erratiques.

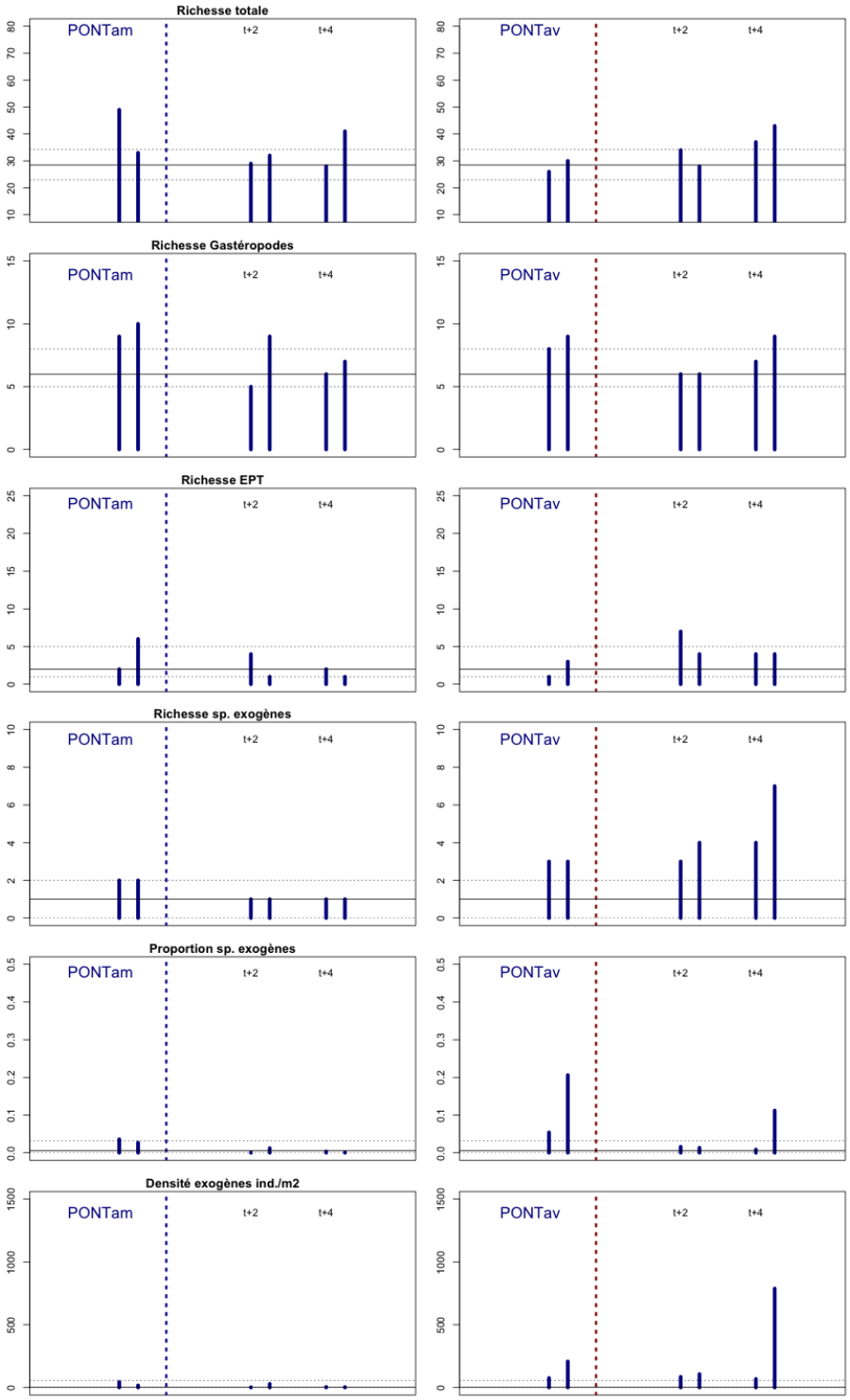


Figure 14 - Lône PONTON - De haut en bas : richesses totale, en mollusques gastéropodes, en insectes EPT, en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration. Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : VII-2004 & IV-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

2.6.3.3.6 Lônes « témoins » du secteur de Brégnier-Cordon : lône de la Plaine (PLAI), du Mortier (MORT), de Rossillon (ROSS), du Tonkin (TONK), le Creux de Bleu (CRBL) et la Vieille Lône (VILO) [Figures 15 à 22] :

Si les lônes témoins de Brégnier-Cordon n'ont pas subi d'effet direct de la restauration du fleuve, certaines d'entre elles ont connu un déboisement important de leur environnement immédiat au cours de la période d'étude. C'est le cas du Creux de Bleu (été 2006) et de la lône de la Plaine dans sa partie amont (automne-hiver 2008-09).

La lône du Tonkin (TONK) est un chenal courant connecté en permanence à l'amont et à l'aval au Rhône court-circuité. Les lônes du Mortier (MORT) et de Rossillon (ROSS) sont des exemples très évolués de milieux parapotamiques (au sens d'Amoros et al., 1982). Elles demeurent connectées à l'aval avec un milieu lotique : le Gland (puis le Rhône) pour MORT, le contre-canal pour ROSS. Leur tracé, en voie d'atterrissement prononcé, est constitué d'une chaine de mouilles de faible profondeur, déconnectées les unes des autres en débit moyen. La lône de la Plaine (PLAI), le Creux de Bleu (CRBL) et la Vieille Lône (VILO) sont des anciens chenaux déconnectés du Rhône en débit moyen, mais pouvant encore être parcourus par les crues. MORT, ROSS, PLAI, CRBL et VILO peuvent être considérés comme des écosystèmes « relictuels », en évolution relativement rapide vers des stades semi-aquatiques. Ils abritent souvent des communautés végétales riches en espèces mais de densité moyenne (sauf à CRBL) et comprenant des espèces peu fréquentes par ailleurs dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon comme *Hottonia palustris* (MORT), *Hydrocharis morsus-ranae* (PLAI), *Riccia fluitans* (ROSS, PLAI, VILO), les characeae (VILO, ROSS, CRBL), les utriculaires (PLAI). ROSS, PLAI, CRBL et VILO hébergent également le mollusque gastéropode *Anisus vorticulus* listé en annexe de la Directive Habitats (Castella et al. 2005, 2010). Ces lônes représentent donc des références pour évaluer les changements se produisant dans les milieux restaurés.

Métriques de richesses [Figures 15 à 18] :

La lône du Tonkin montre une forte stabilité des valeurs de richesse au cours de la période d'étude. Comme attendu dans un milieu lotique permanent, la richesse des gastéropodes est faible (inférieure à l'intervalle interquartile de référence), alors que c'est l'inverse pour la richesse en insectes EPT. Cette dernière est fortement influencée par le cycle saisonnier des espèces, avec des maxima au printemps et des valeurs plus faibles en été.

Dans les deux milieux parapotamiques (ROSS et MORT), la richesse en insectes EPT montre également une forte stabilité en demeurant, à deux exceptions près, à l'intérieur de l'intervalle interquartile de référence. Les richesses totales et en gastéropodes montrent localement des augmentations au cours du suivi (MORTce et ROSSam pour les gastéropodes, ROSSam et ROSSav pour la richesse totale).

Dans les sites les plus isolés (CRBL, PLAI, VILO), la stabilité des richesses en EPT est également grande, de même que celle de la richesse totale (une valeur élevée de richesse totale est à souligner à PLAIam , en juillet à t+4).Les richesses en gastéropodes présentent des changements plus marqués à la hausse (VILOav, ou à la baisse (CRBLam, VILOam).

Concernant l'espèce patrimoniale *Anisus vorticulus*, à t+4, elle est toujours présente dans les quatre lônes concernées par l'étude qui l'abritaient avant la restauration du secteur (Tableau 2). En 2010 (t+4), elle n'a pas été retrouvée à l'aval de la lône de la Plaine, mais les densités dans ce site ont toujours été très faibles. Au Creux de Bleu, les densités mesurées en 2010 sont du même ordre que celles mesurées avant le déboisement du site. En 2010

également, des densités exceptionnelles de l'espèce ont été mesurées dans la station amont de la lône de la Plaine (plus de 2'000 individus au mètre carré en Juillet). Ce résultat est d'autant plus frappant, que le site qui présentait un couvert arborescent très important a été profondément modifié lors d'un déboisement en automne-hiver 2008-09. Dans le Creux de Bleu qui avait subi un déboisement comparable, c'est une chute des effectifs de l'espèce qui avait été enregistré en 2008.

Tableau 2 – Densités moyennes (individus/m^2) de l'espèce *Anisus vorticulus* (Mollusque Gastéropode) dans les 4 lônes du secteur de Brégnier-Cordon qui hébergent l'espèce et qui sont suivies dans le cadre de l'étude. IV, VI & VII : avril, juin et juillet. - : pas d'échantillonnage.

	IV 2003	VII 2003	VII 2004	IV 2005	VII 2005	IV 2008	VII 2008	IV 2010	VI/VII 2010
ROSSam	0	2	-	-	-	2	0	13	7
ROSSav	3	4	-	-	-	7	0	12	3
PLAIam	-	-	0	11	-	1	7	513	2084
PLAIav	-	-	0	1	-	1	4	0	0
VILOam	-	-	-	149	55	71	16	-	--
VILOav	-	-	-	234	1261	500	776	65	84
CRBLam	15	73	-	-	-	0	7	81	13
CRBLav	7	8	-	-	-	0	0	-	-

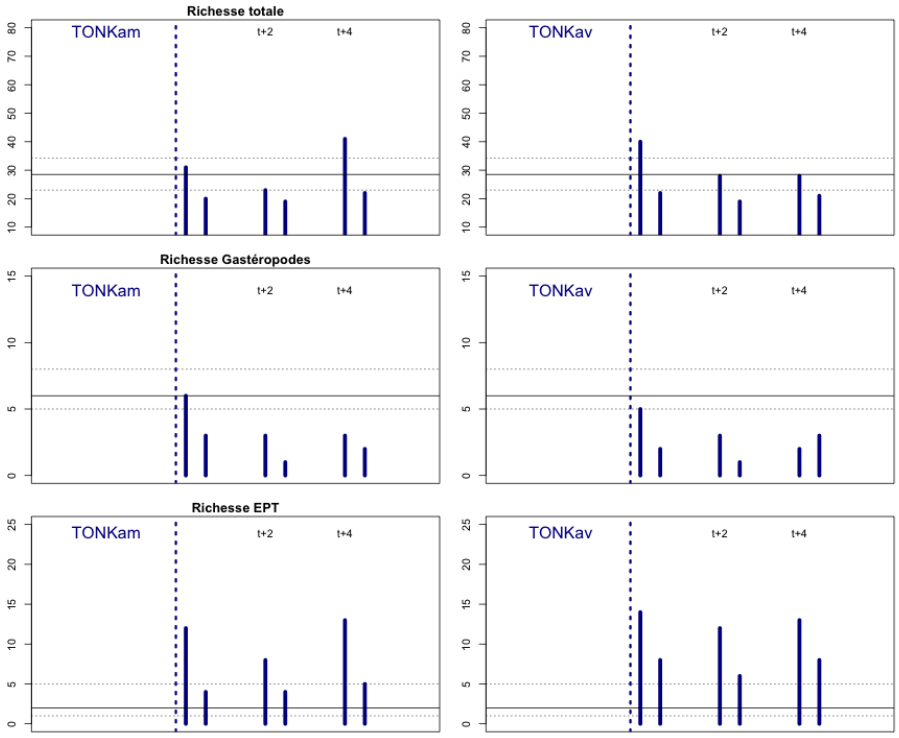


Figure 15 - Lône DU TONKIN - Richesses totale, en mollusques gastéropodes & en insectes EPT. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (la lône n'est pas restaurée). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Dates d'échantillonnage : IV & VII-2006 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

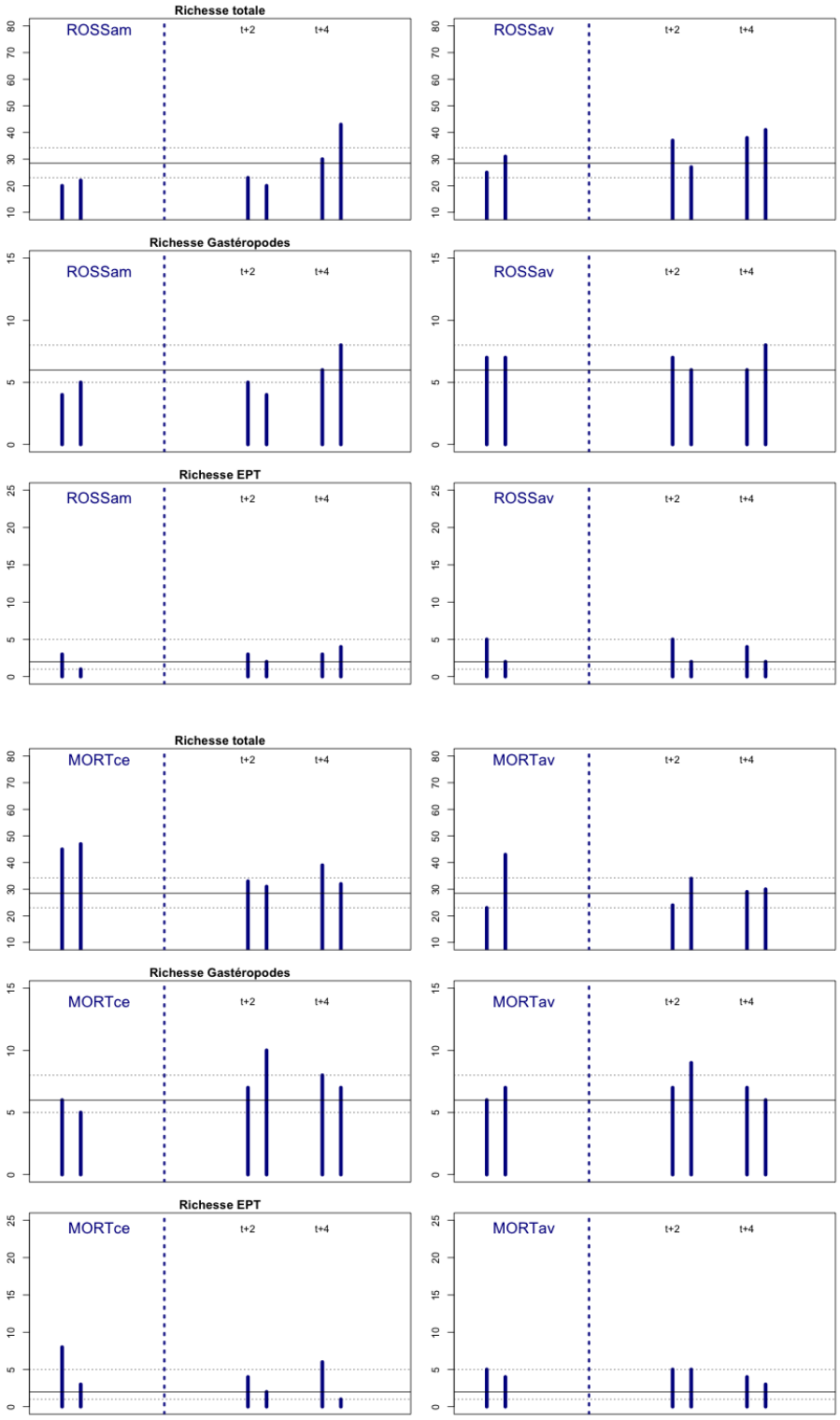


Figure 16 - Lônes DE ROSSILLON et DU MORTIER - Richesses totale, en mollusques gastéropodes & en insectes EPT. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (les deux lônes ne sont pas restaurées). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
ROSS : Pré-restauration : IV & VII-2003 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010
MORT : Pré-restauration : IV & VII-2003 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

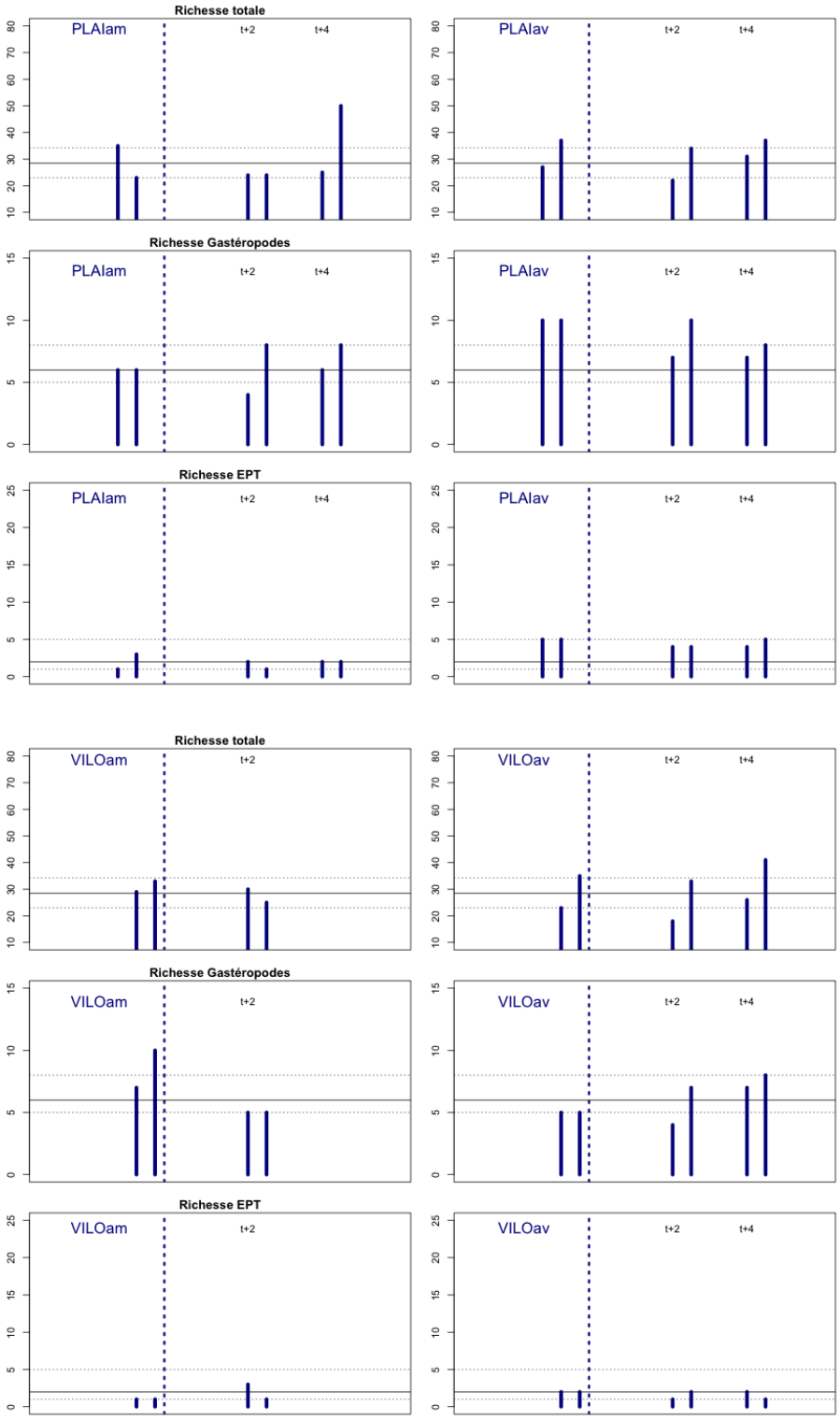


Figure 17 - Lône DE LA PLAINE et VIEILLE LONE - Richesses totale, en mollusques gastéropodes & en insectes EPT. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (les deux lônes ne sont pas restaurées). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
PLAI : Pré-restauration : VII-2004 & IV-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010
VILO : Pré-restauration : IV & VII-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VI-2010

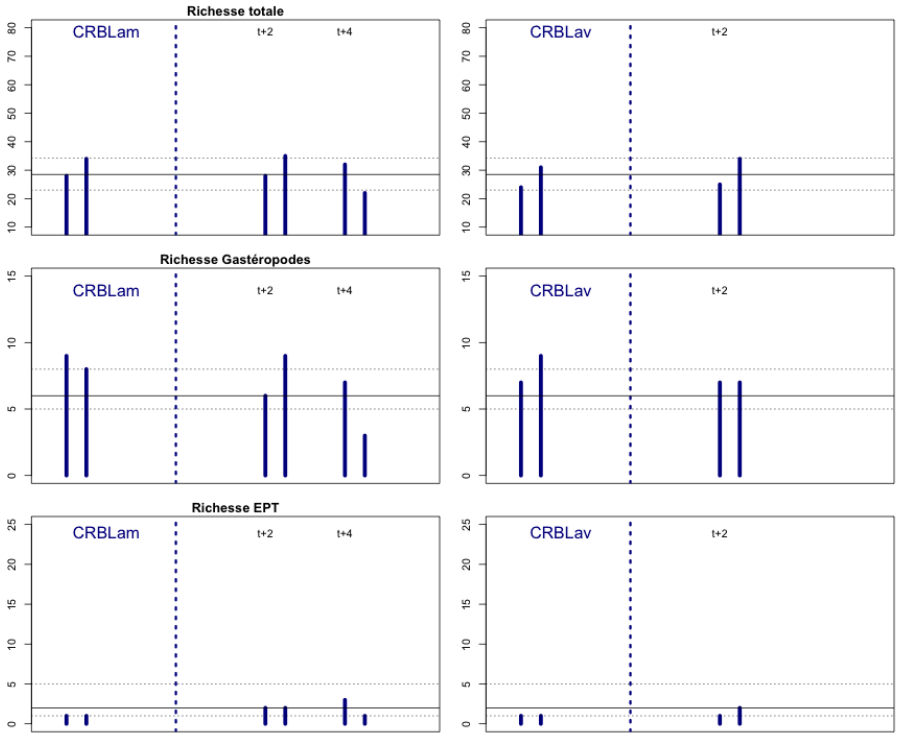


Figure 18 - CREUX DE BLEU - Richesses totale, en mollusques gastéropodes & en insectes EPT. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (la lône n'est pas restaurée). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Pré-restauration : IV & VII-2003 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VI-2010

Espèces exogènes [Figures 19 à 22] :

Compte tenu de leurs situations différentes concernant la connexion avec le fleuve, les lônes de référence montrent également des tendances contrastées concernant les espèces exogènes.

Dans le Tonkin (TONK), les richesses en espèces exogènes sont élevées pour les trois années de suivi et ne montrent pas d'augmentation sensible au cours du temps. Les densités et proportions demeurent faibles à l'aval, mais atteignent localement des valeurs élevées à l'amont.

Dans les deux milieux parapotamiques, les métriques demeurent à des niveaux extrêmement bas : une, exceptionnellement deux espèces sont enregistrées à des niveaux d'abondance très faibles. C'est le gastéropode *Gyraulus parvus* qui est détecté en 2008 (MORT), et en 2010 (ROSS). Il est à noter que cette espèce avait déjà été trouvée à Rossillon en 1994-95, après le curage de la lône en 1993 (Rosset 2006).

Les trois milieux les plus isolés du fleuve présentent également des situations contrastées. La Vieille Lône (VILO) est certainement la lône où les espèces exogènes sont les moins représentées. La seule espèce présente (le gastéropode*Physella acuta*) est établie dans le Haut-Rhône depuis la fin de XIXème siècle (Besacier Monbertrand, 2010). Les abondances demeurent très faibles, même si une augmentation est notable en juillet 2010. Dans le Creux de Bleu (CRBL), les richesses sont légèrement plus élevées du fait de l'apparition dans les échantillons de *Gyraulus parvus* et *Ferrissia clessiniana*. Les effectifs de *G. parvus* augmentent au cours du temps à CRBLam pour représenter environ 20% de la communauté d'invertébrés en juillet 2010. Dans la lône de la Plaine (PLAI), les métriques demeurent faibles à l'amont, indiquant une situation comparable à VILOav. A l'aval par contre, trois

espèces exogènes sont présentes dès 2004 (*G. parvus, P. acuta*, *F. clessiniana*) avec des abondances élevées à certaines dates. Il n'y a pas de tendance temporelle claire. L'apparition du Crustacé *Crangonyx pseudogracilis* est à noter dans les échantillons de la station PLAIam en 2010.

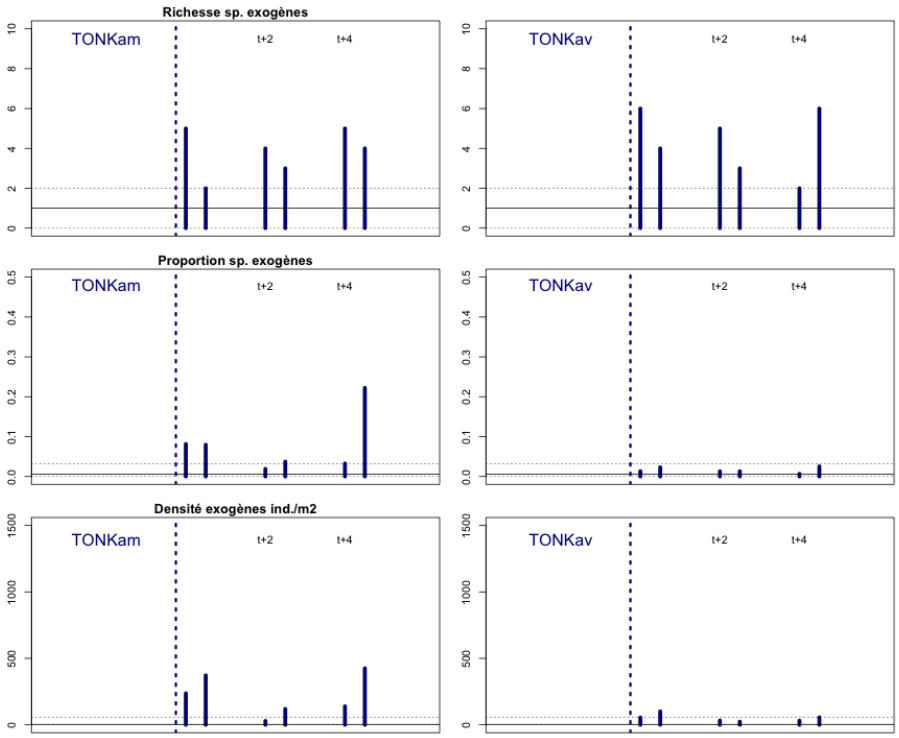


Figure 19 - Lône DU TONKIN - Richesse en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (la lône n'est pas restaurée). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
Dates d'échantillonnage : IV & VII-2006 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

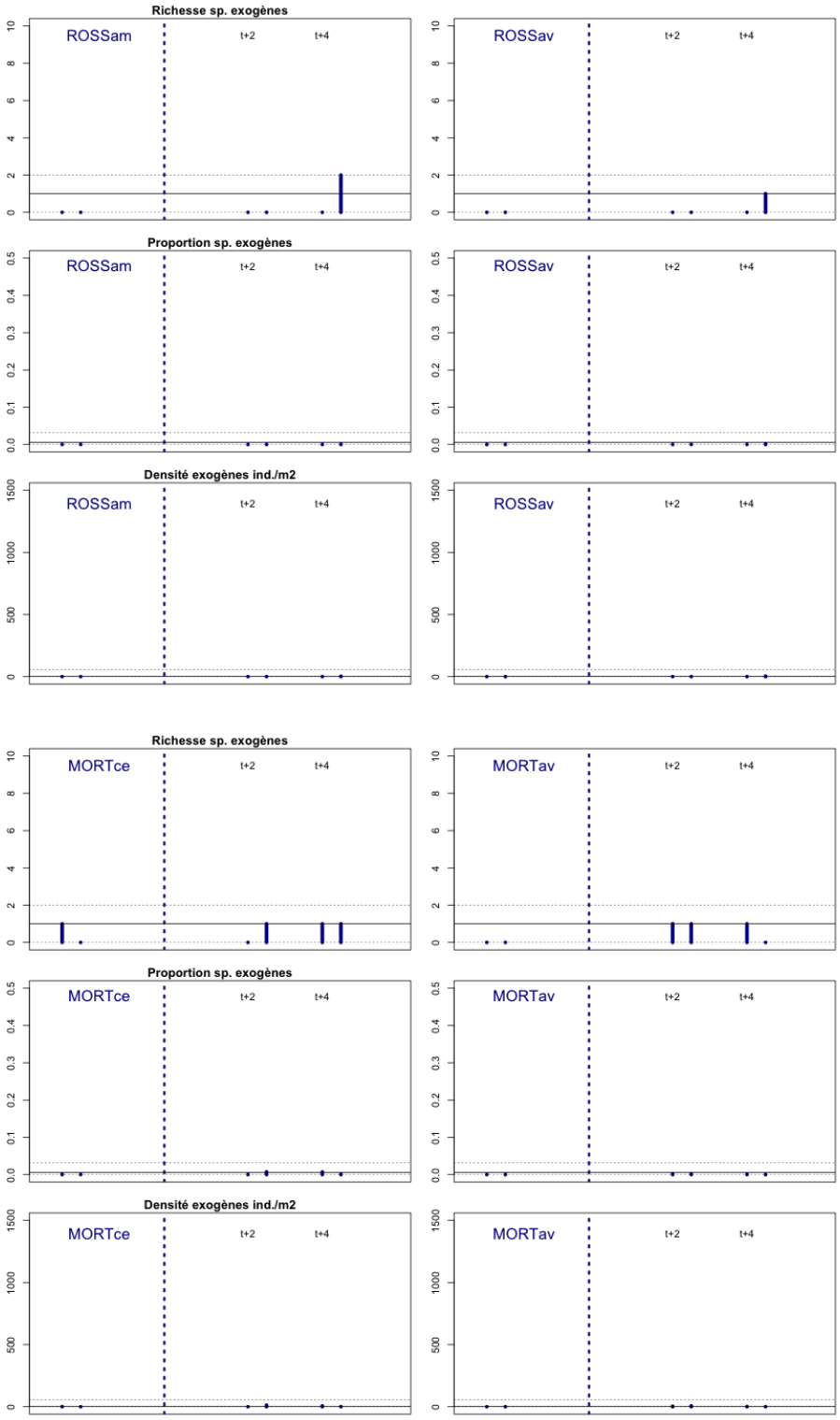


Figure 20 - Lônes DE ROSSILLON et DU MORTIER - Richesse en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (les deux lônes ne sont pas restaurées). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.

ROSS et MORT : Pré-restauration : IV & VII-2003 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

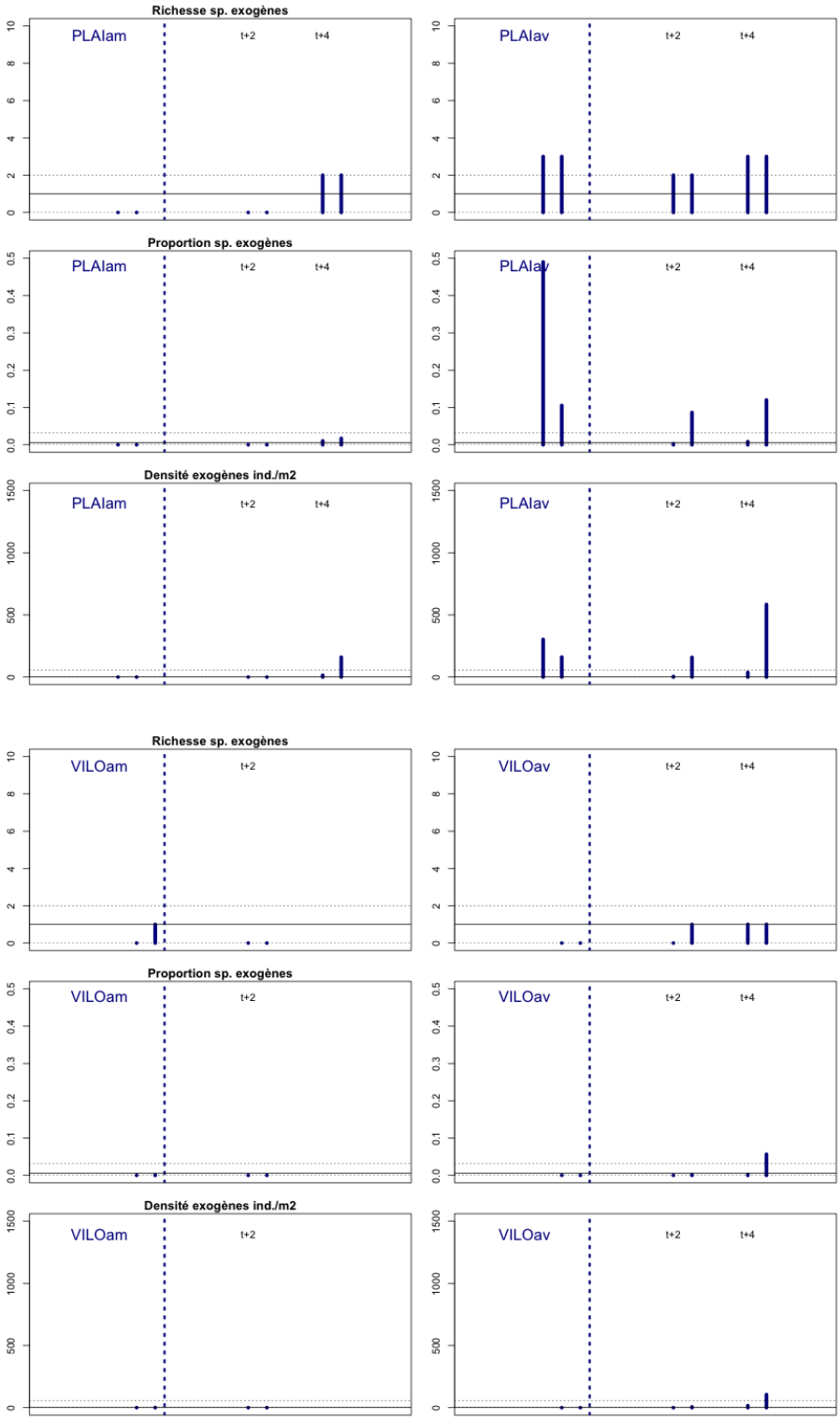


Figure 21 - Lône DE LA PLAINE & VIEILLE LONE - Richesse en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (les deux lônes ne sont pas restaurées). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.

PLAI : Pré-restauration : VII-2004 & IV-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VII-2010

VILO : Pré-restauration : IV & VII-2005 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VI-2010

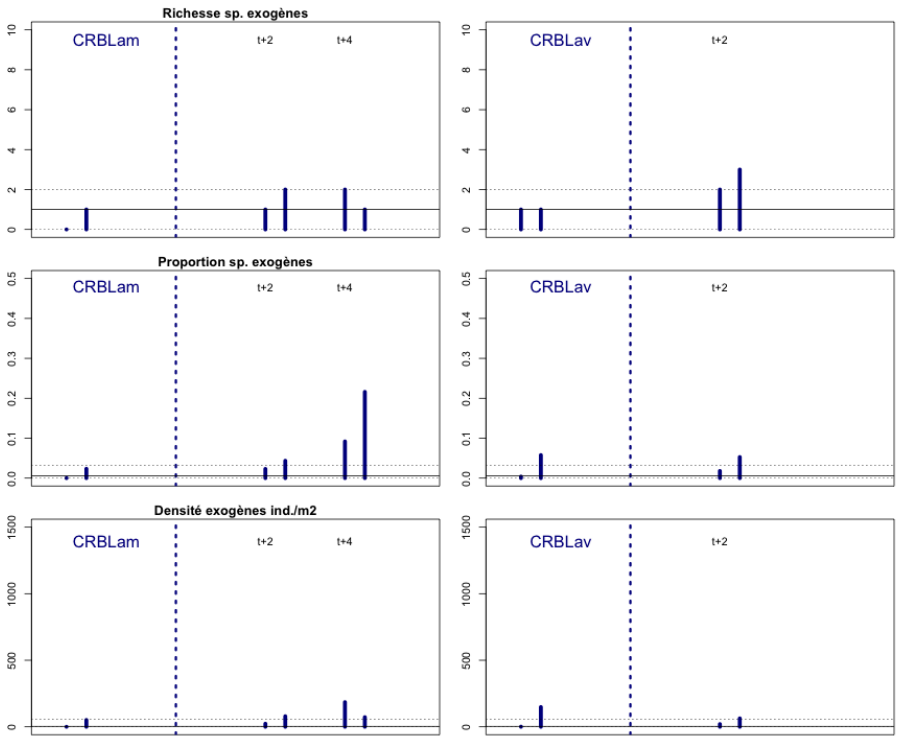


Figure 22 - CREUX DE BLEU - Richesse en espèces exogènes ; proportion d'individus appartenant à des espèces exogènes et densité des espèces exogènes. Droite verticale pointillée: restauration du secteur de Brégnier-Cordon (la lône n'est pas restaurée). Droites horizontales : médiane et intervalle interquartile (Q25-Q75) des valeurs pré-restauration pour les lônes du secteur de Brégnier-Cordon.
CRBL : Pré-restauration : IV & VII-2003 ; t +2 : IV & VII-2008 ; t+4 : IV & VI-2010

2.6.3.4 Bilan pour le secteur de Brégnier-Cordon : changements de composition faunistique post-restauration

Comme pour les données du secteur de Belley, l'analyse des variations de composition faunistique des stations au cours du temps à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Brégnier-Cordon a été réalisée avec une méthode d'ordination (AFC) qui positionne les stations à une date donnée en fonction de la ressemblance de leurs compositions (Figure 23). A Brégnier-Cordon, le suivi de plusieurs lônes « de référence » très isolées du fleuve, ainsi que les changements très radicaux ayant été entrainés par la restauration dans les lônes de Vachon et Mathan, conduisent à la distinction de deux groupes de sites, sans le gradient de cas intermédiaires évident à Belley.

Figure 23 – Ordination des 20 sites de 11 lônes du secteur de Brégnier-Cordon avec leur trajectoire temporelle entre les trois périodes d'étude : pré-restauration, t+2, t+4 (t+5 pour VACH). Cette image est subdivisée par lône à la Figure 24 et 25. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées.

La dérive temporelle individuelle de chaque site restauré (Figure 24) ou non restauré (Figure 25) montre les tendances suivantes :

- comme à Belley, les changements faunistiques post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord dans un sens indiquant une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;
- des changements radicaux ont lieu à Vachon, reconnectée par l'amont au Rhône, et à Mathan, où le thalweg asséché, parsemé de quelques mouilles, a été transformé en un chenal à courant permanent. La composition faunistique de ces deux lônes converge dès t+2 vers celle de la lône du Tonkin, référence lotique du secteur. Des changements importants caractérisent aussi l'aval des Molottes (MOLOav), où une mouille temporaire à été très approfondie et connectée par l'aval au Rhône ;
- également, comme à Belley, dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : GRANav, MOLOav, PONTav, VACH. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour GRANam et MATH. Dans tous les cas, les changements entre t+2 et t+4 (ou t+5 pour VACH) pour les sites restaurés, sont d'un ordre de grandeur très inférieur à celui observé entre la situation pré-restauration et t+2;
- les changements faunistiques mesurés dans les sites non restaurés témoignent d'une stabilité supérieure à celle des sites restaurés. Des « oscillations » sont observables, souvent dans des milieux de petite taille (MOLOam, PONTam, PLAINam) comme c'était le cas à MOIRam du secteur de Belley.

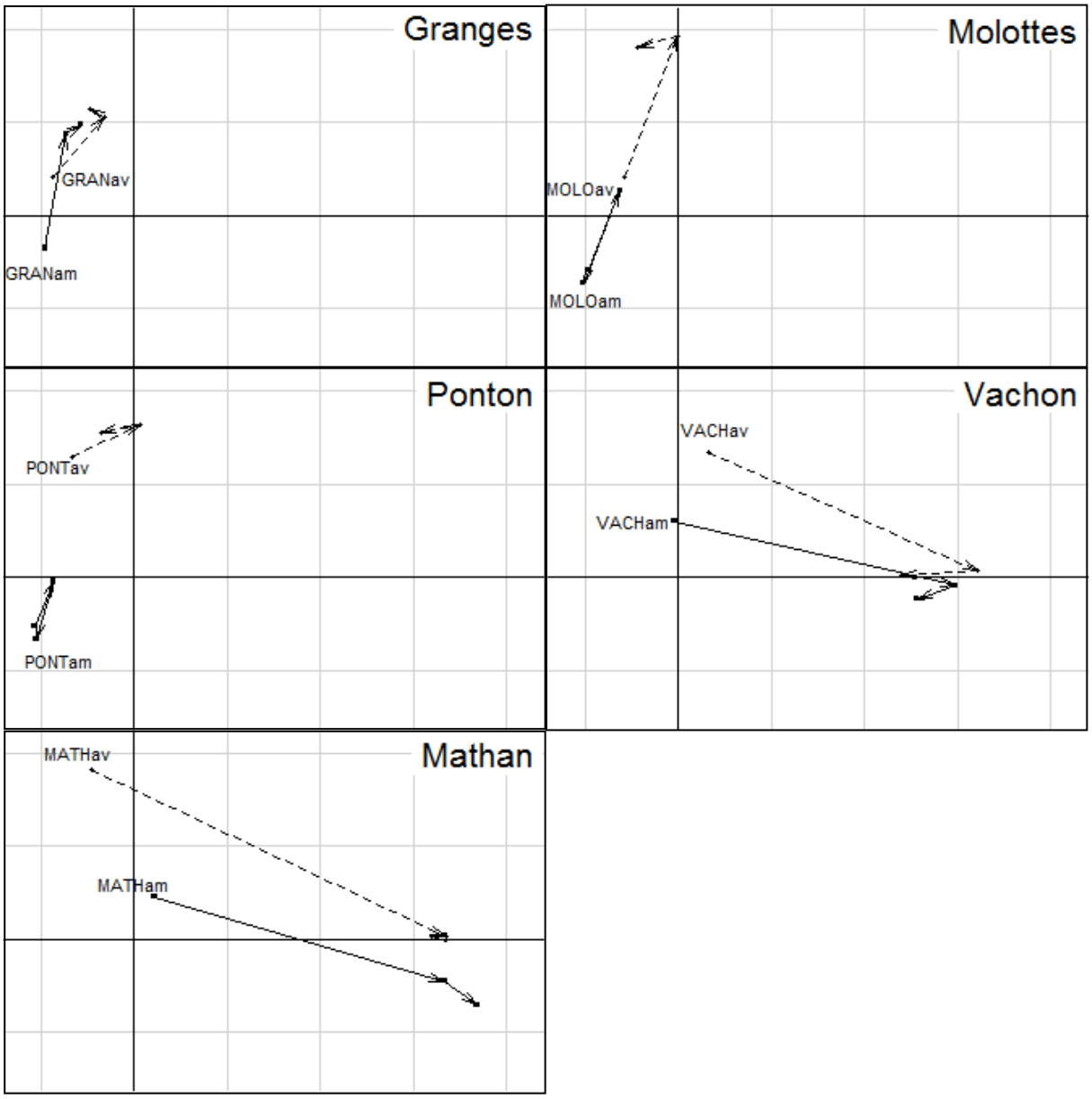


Figure 24 – Ordination des 10 sites de 5 lônes restaurées du secteur de Brégnier-Cordon avec leur trajectoire temporelle entre les trois périodes d'étude : pré-restauration, t+2, t+4 (t+5 pour VACH). Cette Figure résulte de la subdivision par lône de la Figure 23. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées

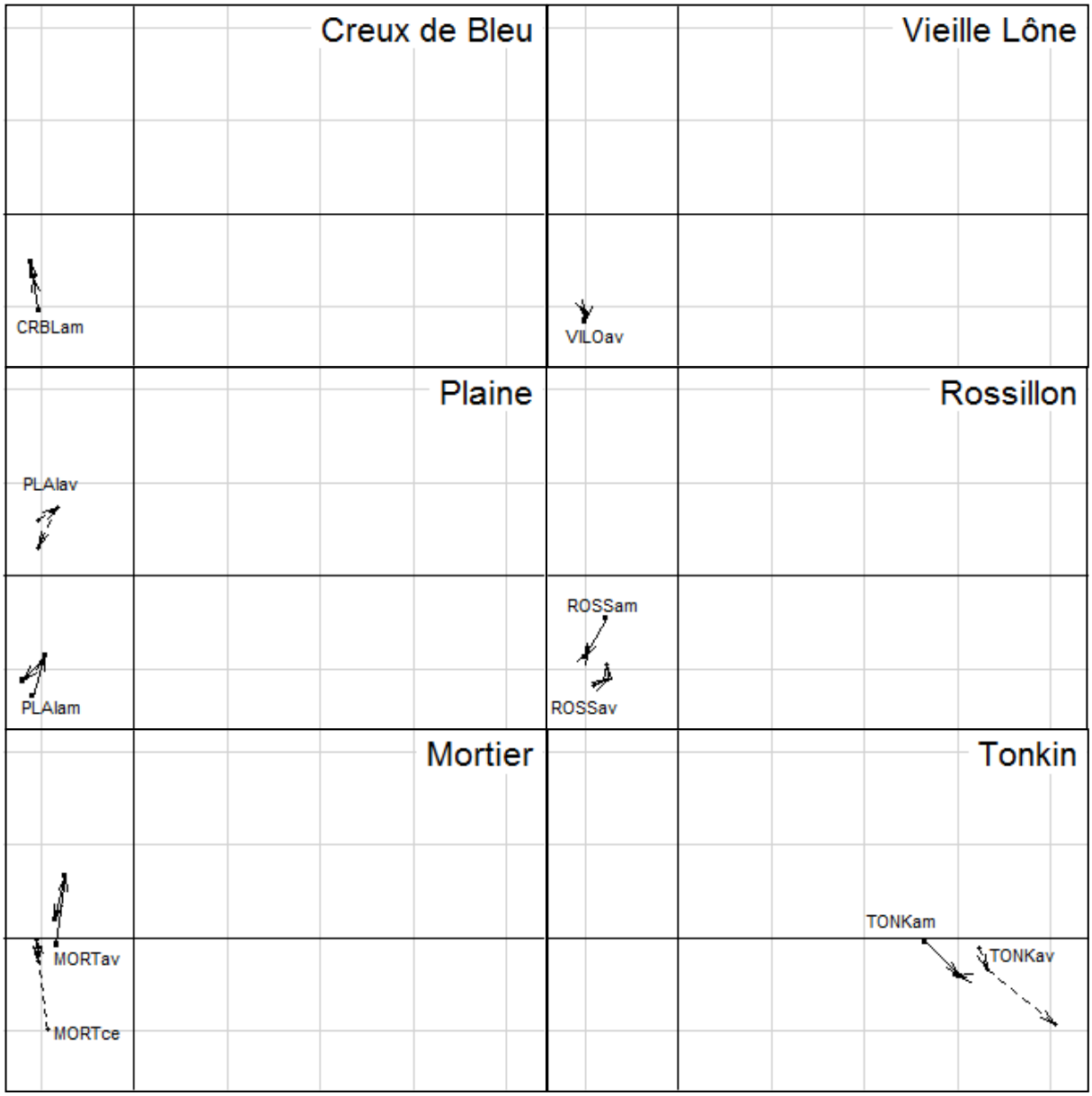


Figure 25 – Ordination des 10 sites de 6 lônes non restaurées du secteur de Brégnier-Cordon avec leur trajectoire temporelle entre les trois périodes d'étude : pré-restauration, t+2, t+4. Cette Figure résulte de la subdivision par lône de la Figure 23. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées

2.6.4 Analyses globales sur les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon.

Trois outils ont été utilisés pour apporter un point de vue global sur l'effet de la restauration à t+4 dans les deux secteurs considérés conjointement.

La richesse raréfiée permet de comparer la richesse taxonomique de collections faunistiques comportant des nombres variables d'individus. Elle peut être vue comme une mesure de diversité. Elle permet ici de mesurer l'effet de la restauration sur des ensembles de sites considérés collectivement du point de vue de deux groupes taxonomiques, les gastéropodes et les insectes EPT, sensés réagir de façon opposée à l'augmentation de connectivité avec le fleuve.

La mesure de la diversité des assemblages faunistiques entre sites restaurés. Il s'agit de la diversité des communautés à l'échelle de l'ensemble de la zone alluviale (diversité dite « beta »). Quelle a été l'effet de la restauration à l'échelle du paysage ?

Les espèces exogènes (« invasives ») dont le suivi dans les milieux restaurés est un enjeu compte tenu du flux contemporain de ces espèces dans les hydrosystèmes européens et de la création de milieux neufs par les actions de restauration.

2.6.4.1 Impact de la restauration sur la richesse des communautés d'invertébrés

La richesse des mollusques gastéropodes (Figure 26) représente un indicateur de qualité des milieux stagnants à faiblement courants. Elle augmente avec la complexité structurale de l'habitat (types et diversité des herbiers aquatiques, qualité du périphyton). Les témoins stagnants (TEMs : 16.2 ± 1 espèces pour 1'000 individus) sont ainsi très différenciés des témoins courants (TEMc : 9.8 ± 1 espèces).

A Belley, la restauration entraine à t+2 une chute significative de la richesse en gastéropodes (de 16.5 ± 0.6 à 12.8 ± 1.1 espèces pour 1'000 individus). Quatre ans après restauration, la situation est revenue à l'état initial (15.6 ± 1.3). Les quatre sites « nouveaux » de Belley suivent exactement la même tendance avec un fort enrichissement entre t+2 et t+4.

A Brégnier-Cordon, il n'y a pas de changement à t +2 (16.7 ± 0.8 puis 17.4 ± 0.7 espèces pour 1'000 individus), mais une chute significative à t+4 (13.8 ± 0.7). Cette différence de comportement entre les deux secteurs n'est pas complètement explicable dans l'état actuel du suivi. Il est certain que les lônes restaurées suivies à Brégnier-Cordon ont globalement subi une augmentation de connectivité plus forte qu'à Belley (4 lônes sur 5 reconnectées au fleuve), ce qui tend à entrainer une évolution de la richesse en gastéropodes vers le niveau des témoins courants. A Belley, les sites restaurés sont en plus grand nombre des sites recreusés mais non reconnectés directement, où les herbiers aquatiques se reconstituent progressivement entre la restauration et t+4, entrainant donc des conditions de plus en plus favorables aux gastéropodes.

La richesse des insectes EPT (Figure 26) est un indicateur de qualité des milieux faiblement courants à courants Elle augmente avec l'hydraulicité et la diversification des types de substrats. On observe ainsi également une claire distinction des témoins, opposée à celle des mollusques gastéropodes (TEMs : 8.6 ± 1.4 taxons ; TEMc : 27.7 ± 2.2 taxons pour 500 individus).

A Belley, la restauration entraine une augmentation significative de cette richesse à t+2 (de 18.4 ± 2 à 23 ± 2 taxons) et son maintien à t+4 (22.4 ± 1.7 taxons pour 500 individus). Les sites « nouveaux » ont un niveau relativement faible et déclinant (16.8 ± 2, puis 14 ± 1.6).

A Brégnier-Cordon, l'augmentation de la richesse raréfiée en insectes EPT est majeure, conduisant les sites restaurés du niveau des témoins stagnants (10.4 ± 1.6 taxons pour 500 individus) à celui des témoins courants (27 ± 1.2). Comme dans le cas des mollusques

gastéropodes, cette richesse décline légèrement, mais de façon significative à t+4 (22.9 ± 1.7 taxons).

Dans les deux cas (Belley et Brégnier-Cordon), la restauration entraine donc logiquement une augmentation de la richesse en insectes EPT, indicateurs de l'augmentation d'hydraulicité. Qu'ils soient stables (Belley), ou déclinant (Brégnier) à t+4, les niveaux de richesses demeurent supérieurs à leur état pré-restauration.

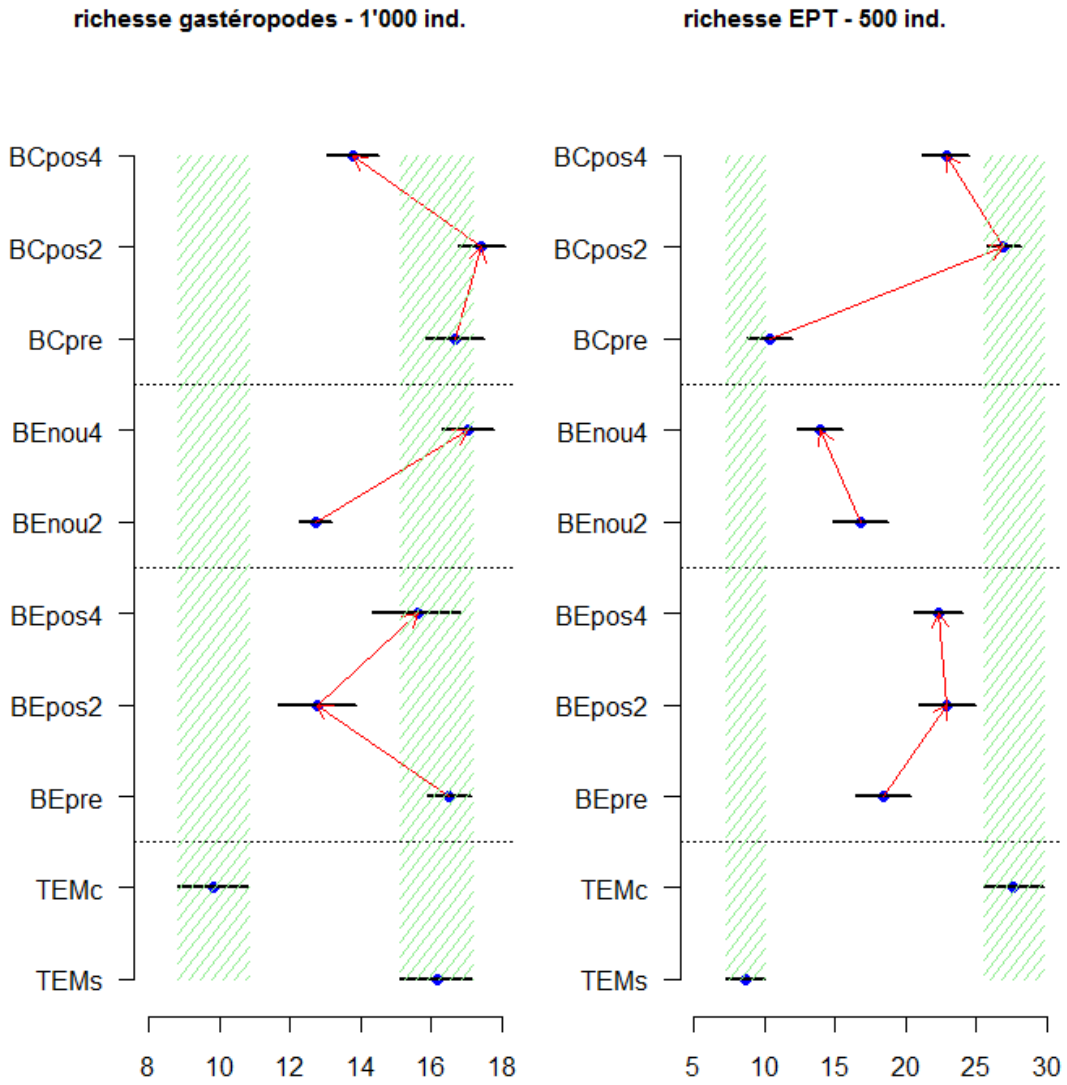


Figure 26 – Changements de la richesse taxonomique raréfiée (nombre moyen de taxons pour 1'000 individus de gastéropodes et 500 individus d'insectes EPT, ± 1 erreur standard) pour différents groupes de sites des secteurs de Belley et Brégnier-Cordon.

TEMs : témoins stagnants (ROSS, MORT, CRBLam, VILOav, PLAI, PONTam, MOLOam) aux trois périodes d'échantillonnage.
TEMc : témoins courants (CHAN, TONK) aux trois périodes d'échantillonnage.
BE : sites restaurés de Belley (BEARam et av, ENILam et av, FOUR, LUCE, LUISam et av, MOIRam et av) pré-restauration (pre), à t+2 (pos2) et t+4 (pos4).
BEnou : sites « nouveaux » créés par la restauration à Belley (MOIRamn, LUISamn, BEARavn, ENILavn) à t+2 (nou2) et t+4 (nou4).
BC : sites restaurés de Brégnier-Cordon (GRAN, MATH, MOLOav, PONTav, VACH) pré-restauration (pre), à t+2 (pos2) et t+4 (pos4) (t+5 pour VACH).
Les valeurs des témoins courants et stagnants servent de référence (bandes hachurées vertes).

2.6.4.2 Impact de la restauration sur la diversité des communautés d'invertébrés entre sites restaurés

L'analyse de la diversité des communautés d'invertébrés entre stations (Figures 27 et 28) confirme les résultats obtenus à t+2. Dans le référentiel constitué par les témoins stagnants (TEMs) et courants (TEMc), deux tendances sont observables :

1) la composition « moyenne » des communautés des lônes restaurées se déplace à t+2 dans le sens d'une augmentation de la connectivité avec le fleuve (déplacement PRE – POS2). Un léger retour en sens opposé est visible de t+2 à t+4 (POS4). Ce retour avait été noté pour certaines stations dans les analyses individuelles qui précèdent. Il est ici décelable collectivement à l'échelle de l'ensemble des lônes restaurées.

2) la diversité inter-stations des communautés d'invertébrés augmente à t+2 par rapport à la situation pré-restauration. Cette tendance se manifeste par l'augmentation de la surface de l'ellipse qui résume la distribution des sites restaurés de PRE à POS2. Le niveau de diversité atteint à t+2 se maintien à t+4. Cet effet est statistiquement significatif.

La Figure 27 compare, entre les trois périodes (PRE, POS2, POS4), la distribution des distances des stations au centre du groupe auquel elles appartiennent. En d'autres termes, il s'agit des longueurs des « rayons » dans les ellipses PRE, POS2 et POS4 de la Figure 28. La médiane de ces distances (Figure 27) est une mesure de la diversité faunistique d'un groupe de sites. Les valeurs obtenues sont les suivantes : PRE – 0.42, POS2 – 0.68 (+ 62%), POS4 – 0.73 (+ 74% par rapport à pré-restauration). La diversité inter-stations augmente donc après restauration. L'accroissement entre PRE et POS2 est significatif (anova, F=7.42, 1 ddl, p=0.0097), de même que la différence entre PRE et POS4 (anova, F=10.45, 1 ddl, p=0.0025). La différence entre POS2 et POS4 n'est par contre pas significative (anova, F=0.20, 1 ddl, p=0.66).

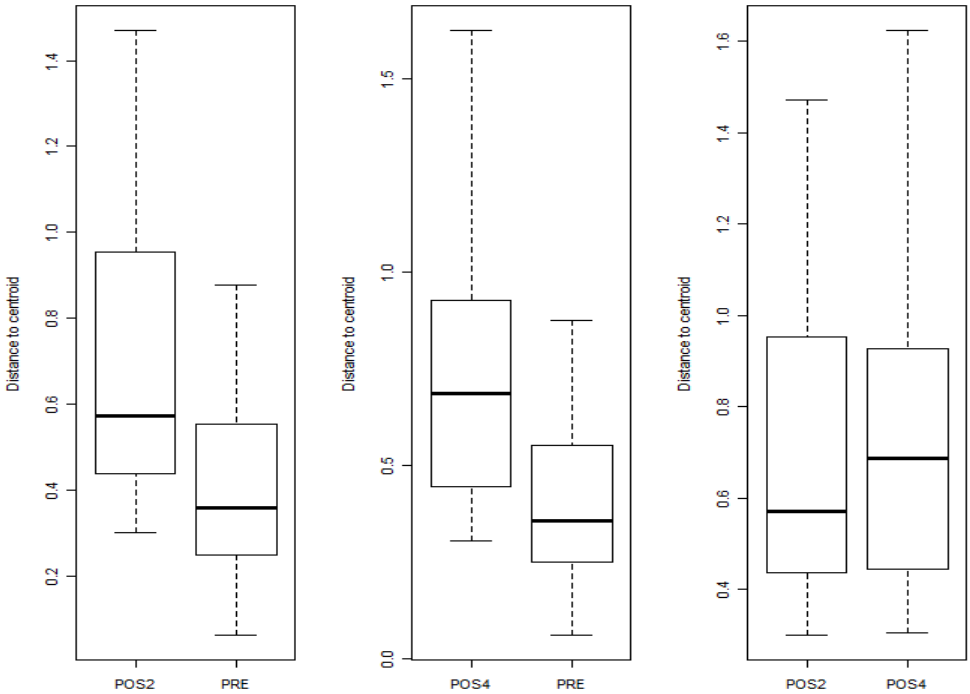


Figure 27 – Distribution des distances entre chaque station et le centre du groupe auquel il appartient. Ces distances constituent des mesures de la diversité faunistique entre stations. La dispersion représentée par chaque boite est analogue à la surface des ellipses correspondantes de la Figure 28.
PRE : sites restaurés avant restauration, POS2 : sites restaurés à t+2, POS2 : sites restaurés à t+4

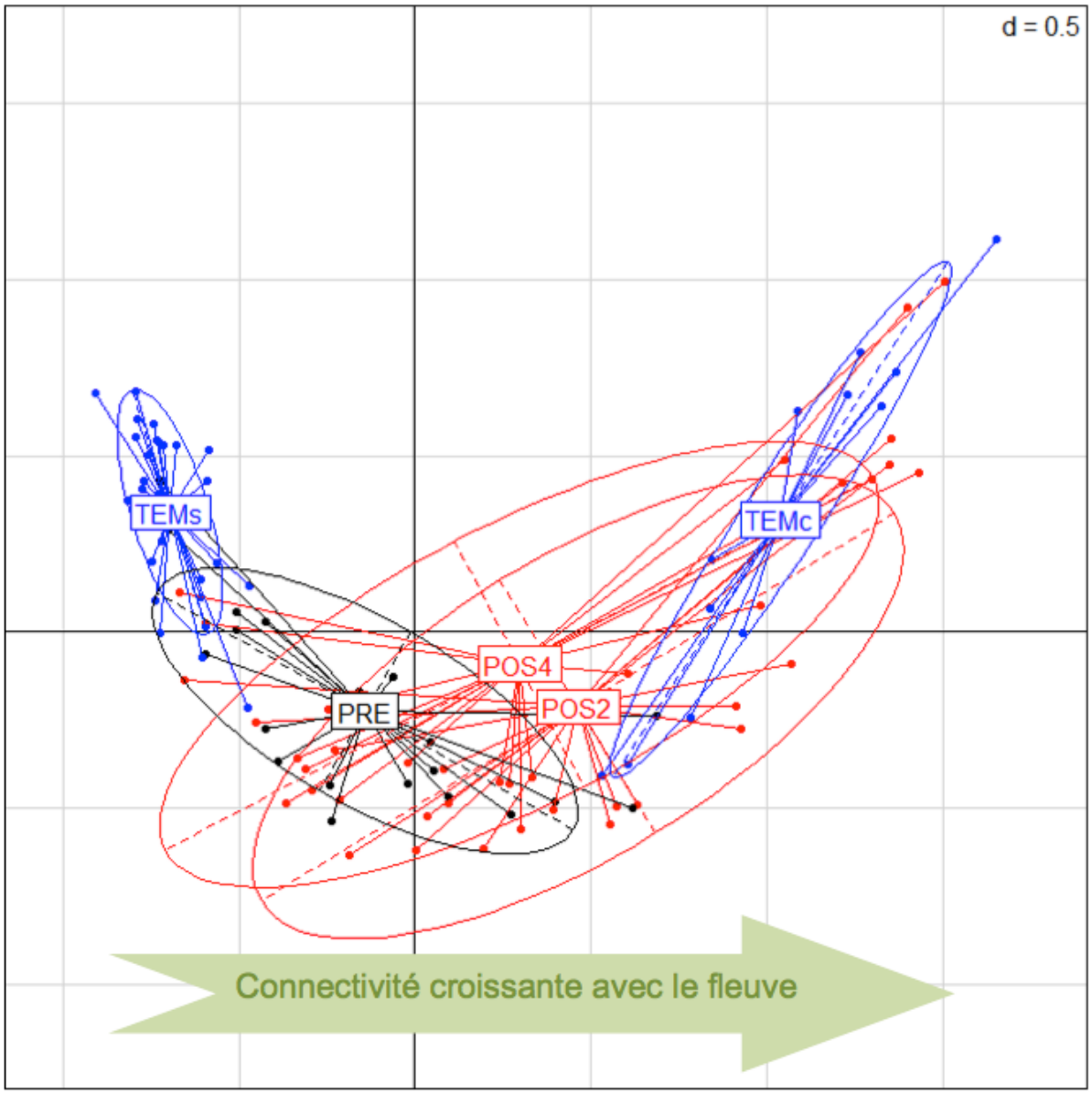


Figure 28 – Diversité faunistique inter-station mesurée à l'aide d'une Analyse Factorielle des Correspondances des données d'abondance des taxons $\log_e$-transformées. Chaque point correspond à un site à une période d'étude (les deux saisons d'une même période sont fusionnées). La taille d'une ellipse exprime la diversité faunistique du groupe de stations correspondant.

TEMs : témoins stagnants (ROSS, MORT, CRBLam, VILOav, PLAI, PONTam, MOLOam) aux trois périodes d'échantillonnage.
TEMc : témoins courants (CHAN, TONK) aux trois périodes d'échantillonnage.
PRE : sites restaurés de Belley (BEARam et av, ENILam et av, FOUR, LUCE, LUISam et av, MOIRam et av) et de Brégnier-Cordon (GRAN, MATH, MOLOav, PONTav, VACH) pré-restauration.
POS2 : les mêmes sites que PRE à t+2.
POS4 : les mêmes sites que PRE et POS2 à t+4 (t+5 pour VACH).

2.6.4.3 Bilan concernant les espèces exogènes.

Quatorze espèces exogènes ont été répertoriées dans les échantillons prélevés entre 2003 et 2010 (2011 pour la lône Vachon) (Tableau 3). Pour six d'entre elles, il s'agit de la première mention dans les lônes du Haut-Rhône français : *Crangonyx pseudogracilis*, *Dikerogammarus villosus*, *Hemimysis anomala*, *Mysis gr. relicta* (Crustacés), *Menetus dilatatus* (Gastéropode) et *Hypania invalida* (Annélide). Quatre espèces ont été échantillonnées pour la première fois après la restauration du secteur correspondant : *Hypania invalida* pour la première fois à Belley (t+2), *Hemimysis anomala*, *Mysis gr. relicta* et *Menetus dilatatus* pour la première fois à Belley (t+4).

Certaines espèces exogènes « récentes » (arrivées dans le dernier quart du vingtième siècle) atteignent des fréquences élevées dans le système étudié. Ainsi l'Annélide *Hypania invalida* et les mollusques *Corbicula fluminea* et *Gyraulus parvus* peuvent atteindre ou dépasser des fréquences de 75% dans certains types de stations (Tableau 3). A t+4, les 14 espèces exogènes sont présentes dans les lônes restaurées considérées collectivement (POS4, Tableau 3).

Tableau 3 – Fréquence des 14 espèces exogènes répertoriées dans les stations suivies de 2003 à 2010 pour les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon. Les unités utilisées pour le calcul des fréquences sont les stations à une date d'échantillonnage donné (les saisons sont séparées).

TEMs : témoins stagnants (ROSS, MORT, CRBLam, VILOav, PLAI, PONTam, MOLOam) aux trois périodes d'échantillonnage. (_PRE, _POS2, _POS4)

TEMc : témoins courants (CHAN, TONK) aux trois périodes d'échantillonnage. (_PRE, _POS2, _POS4)

PRE : sites restaurés de Belley (BEARam et av, ENILam et av, FOUR, LUCE, LUISam et av, MOIRam et av) et de Brégnier-Cordon (GRAN, MATH, MOLOav, PONTav, VACH) pré-restauration.

POS2 : les mêmes sites que PRE à t+2.

POS4 : les mêmes sites que PRE et POS2 à t+4 (t+5 pour VACH).

NOU : sites « nouveaux » créés par la restauration à Belley (MOIRamn, LUISamn, BEARavn, ENILavn) à t+2 (NOU2) et t+4 (NOU4).

		TEMs_PRE	TEMs_POS2	TEMs_POS4	TEMc_PRE	TEMc_POS2	TEMc_POS4	PRE	POS2	POS4	NOU2	NOU4
Turbellaria	*Dugesia tigrina*	0	0	0	0.88	0.88	1	0.05	0.55	0.35	0.5	0.38
Polychaeta	*Hypania invalida*	0	0	0	0	0.63	0.75	0	0.13	0.35	0.13	0.38
Amphipoda	*Crangonyx pseudogracilis*	0.05	0.05	0.25	0	0.25	0	0.03	0.28	0.28	0.38	0.25
Amphipoda	*Dikerogammarus villosus*	0	0	0	0.25	0.75	0.38	0	0.45	0.1	0.25	0.13
Decapoda	*Orconectes limosus*	0	0	0	0	0.13	0	0.05	0.03	0.08	0	0
Mysida	*Hemimysis anomala*	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0
Mysida	*Mysis gr. relicta*	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0
Bivalvia	*Corbicula fluminea*	0	0	0	0.88	1	1	0.2	0.7	0.63	0.88	0.5
Bivalvia	*Dreissena polymorpha*	0	0.05	0	0.5	0.63	0.63	0.05	0.35	0.23	0.13	0.25
Gasteropoda	*Potamopyrgus antipodarum*	0.05	0	0	0.88	0.75	0.75	0.38	0.8	0.9	0.75	0.88
Gasteropoda	*Physella gr. acuta*	0.3	0.4	0.5	0.75	0.5	0.38	0.5	0.55	0.53	0.63	0.88
Gasteropoda	*Ferrissia clessiniana*	0.1	0	0.1	0	0	0	0.03	0.03	0.08	0	0.13
Gasteropoda	*Gyraulus parvus*	0.2	0.3	0.35	0.13	0.38	0.25	0.3	0.33	0.48	0.63	0.75
Gasteropoda	*Menetus dilatatus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0
	nombre de sites / dates	20	20	20	8	8	8	40	40	40	8	8

D'une manière générale, les richesses en espèces exogènes par site augmentent au cours de la période d'étude (Tableau 3, Figure 29).

Chez les témoins stagnants (TEMs), les niveaux de richesse exogènes restent bas (inférieurs à deux espèces par station et par saison en valeur médiane), mais augmentent significativement à t+4 par rapport à l'état pré-restauration (test de Wilcoxon unilatéral apparié, p=0.02).

Chez les témoins courants, les niveaux de richesse sont plus haut dès le début de l'étude (plus de quatre espèces par station et par saison en valeur médiane). Il n'y a pas de changement significatif entre les trois périodes.

Dans les sites restaurés, le niveau de richesse pré-restauration est comparable à celui des témoins stagnants. Une augmentation significative a lieu à t+2 (test de Wilcoxon unilatéral apparié, p=<0.001) pour atteindre un niveau de quatre espèces par station et par saison en valeur médiane. Ce niveau se maintien à t+4 sans différence significative entre t+2 et t+4. Les sites nouvellement créés sont comparables aux sites restaurés.

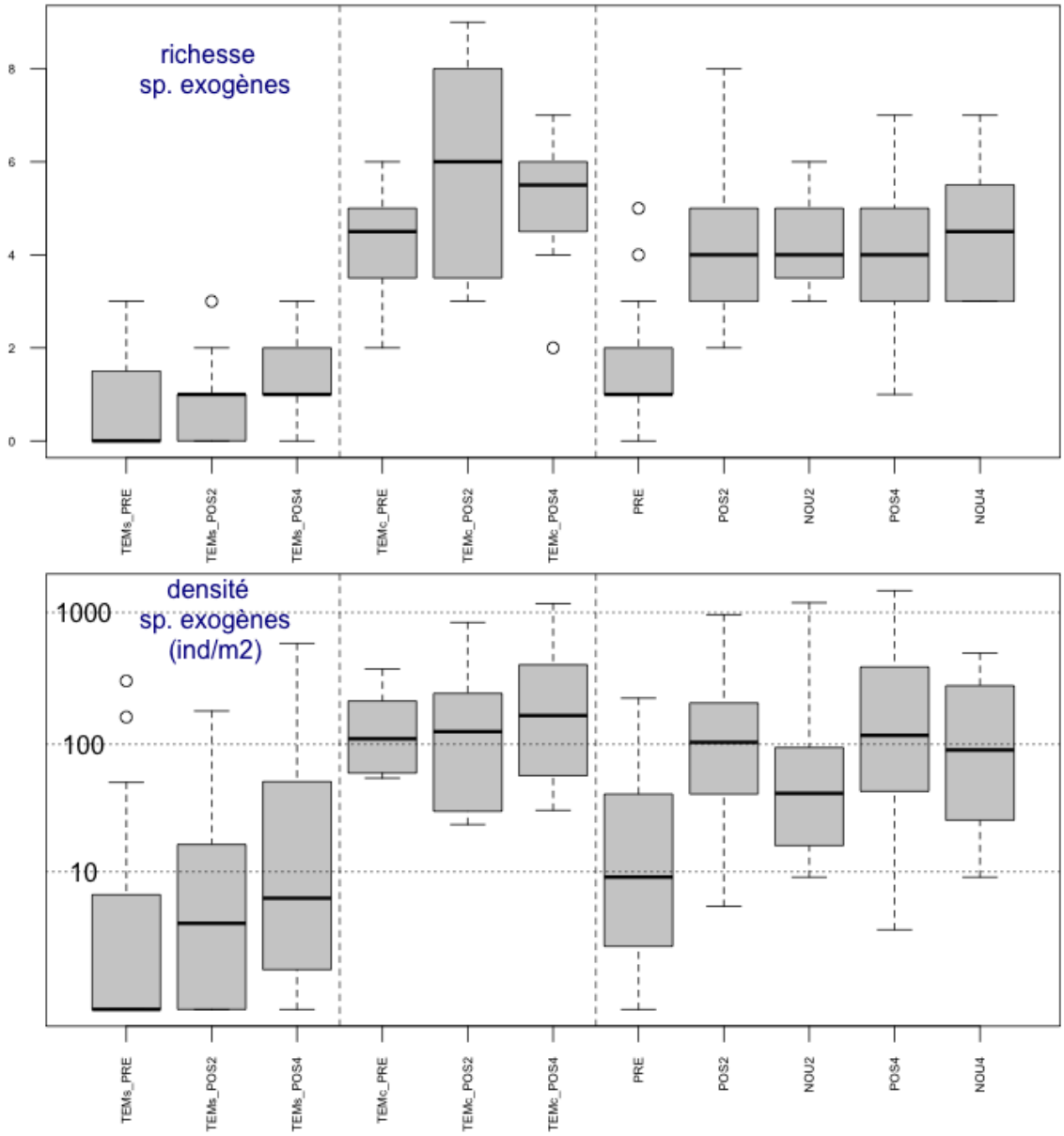


Figure 29 – En haut : Nombre d'espèces exogènes par station et date d'échantillonnage. **En bas : Densités des individus appartenant aux espèces exogènes** pour les stations suivies de 2003 à 2010 dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon. Les densités sont exprimées en nombres d'individus par mètre carré et représentées selon une échelle logarithmique. Les groupes sont définis dans la légende du tableau 3.

Les densités d'individus appartenant à des espèces exogènes montrent des tendances similaires à celles des richesses (Figure 29).

Dans les témoins stagnants, les densités augmentent au fil des trois périodes d'étude, la différence entre le niveau pré-restauration et t+4 est significative (test de Wilcoxon unilatéral apparié, p=0.037). Même si des densités très élevées sont enregistrées à t+4 (plus de 500

individus/m^2 à PLAIav), la médiane de ce groupe de sites demeure inférieure à 10 individus/m^2 à t+2 et t+4.

Dans les témoins courants, les densités sont en valeur médiane supérieures à 100 individus/m^2 dès le début de l'étude. La tendance à l'accroissement au fil des trois périodes (Figure 29) n'est pas significative.

Dans les sites restaurés, comme pour les richesses, un accroissement significatif (test de Wilcoxon unilatéral apparié, $p<0.001$) a lieu entre le niveau pré-restauration (médiane 9 individus/m^2, intervalle interquartile 2-36) et t+2 (médiane 103 individus/m^2, intervalle interquartile 43-202). Le niveau mesuré à t+4 (médiane 117 individus/m^2, intervalle interquartile 44-386) n'est pas significativement différent de celui de t+2. De très fortes densités sont mesurées localement à t+4 dans les sites restaurés (plus de 1'000 individus/m^2 à FOURav, essentiellement constitué du gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*).

A t+2, les sites nouvellement créés ont un niveau de densité (médiane 43 individus/m^2, intervalle interquartile 18-84 individus/m^2) significativement supérieur à celui des sites pré-restauration (test de Wilcoxon unilatéral, $p=0.016$). Pour ces sites « nouveaux », l'augmentation de la densité n'est également pas significative à t+4 (médiane 94 individus/m^2, intervalle interquartile 29-269 individus/m^2).

Parmi les 14 espèces exogènes, une attention particulière peut être portée au Crustacé Amphipode *Dikerogammarus villosus* compte tenu des risques potentiels qu'il fait peser sur les communautés hôtes (Bollache et al, 2003). Les résultats obtenus jusqu'ici dans les deux secteurs montrent que l'espèce est présente dans 8 lônes connectées au Rhône. Sa fréquence augmente à t+2 dans les sites restaurés, mais aussi dans les témoins courants. Elle baisse de t+2 à t+4. Cette baisse de fréquence est également constatée dans les sites « nouveaux » (Tableau 3). Les densités mesurées pour cette espèce suivent la même tendance (Figure 30). Les densités les plus fortes ont été mesurées dans la lône de Chantemerle, un témoin courant (65 individus/m^2, CHANav, t+4), et dans les lônes de Lucey et En l'Ile à Belley. Les tendances à une baisse des densités entre 2007 et 2009 (Belley), ou entre 2008 et 2010-11 (Brégnier-Cordon) (Figure 30) ne sont significatives que dans le cas de la lône Vachon (test de Wilcoxon unilatéral apparié, $p=0.05$).

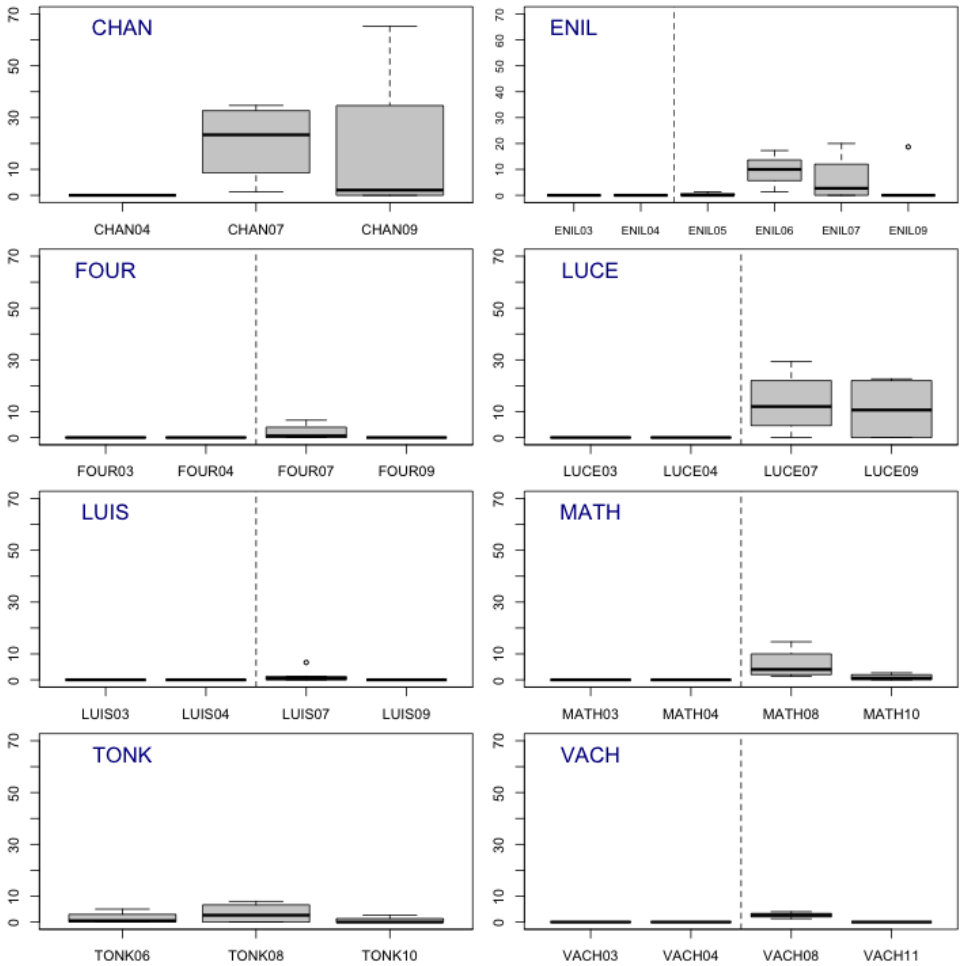


Figure 30 – Densité (nombre d'individus / m^2) du Crustacé exogène *Dikerogammarus villosus* dans les 8 lônes où il a été trouvé. Chaque box-plot correspond à une année d'échantillonnage (de 03 : 2003 à 11 : 2011). La ligne verticale pointillée indique la période de restauration pour les lônes concernées.

2.6.5 Bilan synthétique.

2.6.5.1 Résumé par lônes restaurées.

Secteur de Belley

Lône Béard – Une lône exceptionnelle à l'échelle du secteur par sa richesse taxonomique indiquant des conditions d'habitat très diversifiées. Cette richesse a été accentuée par la restauration. L'atterrissement rapide pose la question de la pérennité - à l'échelle du secteur - de tels stades transitoires particulièrement diversifiés.

Lône Fournier – La lône demeure très riche en espèces d'insectes. Toutefois, une tendance à la baisse de cette richesse et à la croissance concomitante des densités d'espèces invasives doit être suivie.

Lône de Lucey – La lône est un exemple d'augmentation modérée de la richesse consécutive à la restauration, accompagnée d'une croissance de la richesse des espèces exogènes et de leur densité.

Lône d'En l'Ile – Les indicateurs faunistiques traduisent le succès de la création d'un chenal courant permanent. Avec Fournier et Béard, une troisième lône particulièrement riche en espèces d'insectes après restauration dans le secteur de Belley. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Luisettes – La faune benthique ne traduit pas d'évolution notable post-restauration. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Lône Moiroud - Comme dans la lône des Luisettes, la faune benthique traduit un maintien des conditions pré-restauration en termes de richesse. Comme à Béard, l'atterrissement local doit être suivi à l'amont de la lône et son impact sur les communautés évalué. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Secteur de Brégnier-Cordon

Lône des Granges - La lône est un exemple d'augmentation des richesses en insectes EPT dans un contexte de recreusement sans reconnexion complète. Les espèces exogènes demeurent à faible niveau.

Lône Vachon - La composition des communautés d'invertébrés change profondément en réponse à la reconnexion amont-aval, mais les richesses taxonomiques sont peu modifiées. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Molottes - La portion restaurée de la lône connait une claire augmentation des richesses taxonomiques, mais également une progression marquée et constante au fil des trois dates, des richesses et densités d'exogènes.

Lône Mathan - Comme dans la lône des Molottes, la composition de la communauté est transformée par la restauration. Les richesses réagissent plus fortement du fait du caractère très temporaire de la lône avant restauration. L'augmentation des espèces exogènes est marquée, leurs densités demeurent basses.

Lône Ponton - La restauration de la zone aval entraine une progression de la richesse de la communauté. La richesse en espèces exogènes augmente également, sans qu'il y ait de tendances nettes au niveau de leurs densités.

2.6.5.2 Tendances générales.

Des communautés plus rhéophiles témoignant de lônes « plus vives ».

L'évolution post-restauration de la richesse taxonomique des insectes appartenant aux ordres des Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT), ainsi que les changements de composition des communautés d'invertébrés indiquent à t+4 le succès d'une restauration vers des milieux aquatiques alluviaux à plus forte connectivité avec le fleuve.

A l'échelle des secteurs, cette tendance ne s'effectue cependant pas au détriment des indicateurs de milieux plus stagnants diversifiés, puisque la richesse des mollusques gastéropodes augmente ou demeure élevée.

Ces tendances doivent être suivies au-delà de quatre années après restauration car les tendances décrites jusqu'ici montrent des fluctuations entre secteurs (Belley vs Brégnier-Cordon) et souvent des inflexions entre t+2 et t+4. Deux années d'échantillonnage après restauration demeurent clairement insuffisantes pour séparer tendances successionnelles et fluctuations à plus court terme.

Une diversification des habitats aquatiques alluviaux par la restauration.

Une information extrêmement positive que confirment les résultats obtenus à t+4 est l'augmentation - après restauration - de la diversité faunistique entre les lônes à l'échelle des secteurs. Sur le groupe de 20 stations restaurées suivies, cette diversification significative peut être estimée à environ 60% de l'état pré-restauration à t+2 et à environ 70% de l'état pré-restauration à t+4. Il s'agit là d'une expression de la diversité des communautés - et donc des conditions d'habitat - entre lônes restaurées. La restauration n'a donc pas « homogénéisé » les lônes du point de vue des macroinvertébrés aquatiques.

Une progression des espèces exogènes.

D'une manière générale, les espèces exogènes progressent en nombre et en densité dans l'ensemble des sites, même non concernés par la restauration. Cette progression est particulièrement marquée dans les lônes connectées au fleuve. Elle s'effectue cependant avec une grande diversité de tendances et d'amplitudes selon les lônes. Des baisses sont ainsi observées dans certains sites ou pour certaines espèces à t+4. Certaines lônes « témoins » non restaurées et assez isolées par rapport aux flux du cours actif du fleuve (lônes de Rossillon et du Mortier, Vieille Lône) constituent des témoins dont le suivi demeure précieux car la prévalence des espèces exogènes y demeure extrêmement faible.

2.6.5.3 Perspectives.

Une compréhension des processus fonctionnels en jeu.

Au-delà des tendances générales résumées ci-dessus, l'hétérogénéité des trajectoires individuelles décrites pour des lônes ayant subi des restaurations très similaires, pose la question de la compréhension de processus non pris en compte jusqu'ici dans une approche très descriptive. Il serait ainsi pertinent d'étudier les phénomènes de production primaire et d'importation de nutriments ou de matière organique dans certains sites restaurés à « comportements » contrastés. De même, des différences de transfert trophique ou d'interactions avec les prédateurs (poissons) seraient à appréhender pour comprendre la divergence des communautés dans des sites ayant des fonctionnements hydrologiques proches.

Une meilleure qualification des sites à succession rapide à l'échelle des secteurs restaurés.

Si l'accent a jusqu'ici été mis sur le succès de la restauration des chenaux les plus actifs de la zone alluviale, la question se pose également des stades successionnels les plus déconnectés du fleuve, qui représentent une composante primordiale de la biodiversité des invertébrés aquatiques de la zone alluviale. Les secteurs de Belley et Brégnier comportent ainsi à la date de ce rapport 1) des « mouilles » restaurées dont certaines fonctionnent comme décanteurs sédimentaires et paraissent évoluer rapidement vers des stades peu profonds, voire semi-aquatiques ; 2) des parties amont non restaurées qui évoluent également rapidement vers des stades terrestres (lônes de Rossillon et du Mortier par exemple). Une meilleure prise en compte de ces milieux, de leur régime thermique et de leurs communautés, notamment dans le contexte du réchauffement, semble importante dans la perspective de « l'entretien » ou de la création de ces mouilles dont la pérennité à moyen terme n'est pas assurée.

Une attention portée aux espèces « invasives » récentes.

Le suivi des sites rhodaniens restaurés constitue également un observatoire de l'introduction de nouvelles espèces exogènes. Le suivi des plus récentes d'entre elles qui peuvent atteindre des effectifs élevés (*Corbicula fluminea*, *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida*) ou présenter des modes de dispersion non clairement élucidés (*Gyraulus parvus*, *Crangonyx pseudogracilis*), représente un enjeu dans le contexte de la restauration, afin de comprendre les dynamiques temporelles et leurs interactions avec les communautés en place.

2.7 Peuplements de poissons des lônes.

L'objectif principal de la restauration 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 actif. Dans le cas des poissons, les caractéristiques de l'habitat physique (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 différentes de celles du chenal principal. L'analyse de la composition faunistique, de la structure en taille 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) permet de donner une vision synthétique des fonctions remplies par ces annexes.

2.7.1 Objectifs et méthodologie

L'objectif est de mesurer la fréquence des différentes espèces et guildes de reproduction au cours du temps afin d'apprécier si les lônes jouent un rôle de nurserie et de refuge pour les poissons.

Une campagne d'échantillonnage était initialement prévue en automne tous les deux ans, mais elle est effectuée annuellement. Une campagne correspond à une pêche électrique de 25 points EPA réalisée en bateau ou à pied selon les modalités d'accès à la lône. Les points de pêche sont répartis dans la lône.

2.7.2 Échantillonnages

Parmi les Vingt sept lônes échantillonnées en 2011, trois ont été ajoutées pour le suivi piscicole dans le secteur de Pierre-Bénite (tableau 2.7.1).

L'échantillonnage des lônes des secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite est réalisé dans le cadre du suivi post-restauration. Celui effectué à Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère est réalisé dans le cadre de la définition de l'état initial pré-restauration. Les lônes du secteur de Donzère ont été échantillonnées pour la première fois en 2010.

Date	Secteur	Station	Nombre de points
08/09/11	Chautagne	Lône de la Malourdie	25
23/08/11		Lône du Brotalet	25
07/09/11	Belley	Lône des Luisettes	25
07/09/11		Lône Moiroud	25
07/09/11		Lône Béard	25
08/09/11		Lône Fournier	25
08/09/11		Anse de Yenne	25
23/08/11	Brégnier-Cordon	Lône de Chantemerle	25
17/10/11		Lône des Granges	25
17/10/11		Lône Vachon	25
17/10/11		Lône des Cerisiers	25
18/10/11		Lône Mattant	25
18/10/11		Lône des Molottes	25

24/08/11		Lône du Ponton	25
19/10/11	Pierre-Bénite	Lône de Table Ronde	25
19/10/11		Lône de Ciselande	25
27/10/11		Lône de Jaricot	25
14/09/11	Péage de Roussillon	Lône Platière	30
14/09/11		Lône Noyé nord	15
14/09/11		Lône de l'Ilon	
10/10/11	Montélimar	Lône de la Roussette	25
10/10/11	Donzère	Lône du Bayard	25
10/10/11		Lône de Caderousse	25
14/10/11		Lône Malaubert	25
12/10/11		Lône de Grange écrasée	25
12/10/11		Lône des Joncs	25
12/10/11		Lône du Carré	25

Tableau 2.7.1 : plan d échantillonnage des peuplements piscicoles des lônes en 2011.

2.7.3 Résultats

Les résultats bruts des pêches réalisées en 2011 dans les lônes sont présentés dans l'annexe A.2.7.1.

Secteur de Chautagne

Les deux annexes (Malourdie et Brotalet) ont des modalités de fonctionnement et d'alimentation en eau très différentes (Olivier *et al.*, 2006).

La lône de la Malourdie est une annexe fluviale alimentée par la nappe phréatique et les eaux en provenance du contre-canal de rive gauche du canal d'amenée. Elle possède des eaux très claires et froides. La végétation aquatique immergée offre néanmoins quelques abris utilisés par les poissons. La température de l'eau relativement basse ne constitue pas un facteur attractif pour la majorité des espèces et en particulier pour les juvéniles dont le développement et la croissance sont favorisés par des eaux plus chaudes. L'aval de la lône a été perturbé par les travaux de construction de l'écluse de Chautagne. Les effectifs capturés sont généralement faibles et deux espèces dominent habituellement: l'épinoche et la loche franche qui est rencontrée essentiellement dans la partie amont et courante de la lône.

Comme en 2009 et 2010, les effectifs capturés restent relativement faibles en 2011 (50 poissons et seulement 5 espèces : barbeau, brochet, épinoche, loche franche et vairon). On note cette année une diminution importante des juvéniles dans les effectifs pêchés (33% contre 79% en 2010).

La **lône du Brotalet** est un milieu principalement alimenté par les eaux superficielles du Rhône (communication par l'aval de la lône). La partie amont, plus profonde est partiellement alimentée par le sous-écoulement et la turbidité y est plus faible que dans la zone aval très influencée par le remous de l'aménagement hydro-électrique. L'évolution progressive de cette lône après restauration se traduit par un phénomène de comblement et le développement d'une végétation aquatique abondante, surtout dans sa partie amont. Cette caractéristique, associée à une profondeur relativement importante (souvent supérieur à 1 m), confère à ce milieu une capacité d'accueil importante pour la faune piscicole.

Comme en 2010, le nombre de poissons capturés a été relativement faible (64 ind.), et la richesse spécifique a fortement diminué, passant de 9 espèces en 2010 à 2 espèces en 2011. Le chevaine (97% des effectifs) est la seule espèce dominante, la perche soleil ne représente que 3% des effectifs, et 100% des poissons capturés sont des juvéniles de l'année. On notera l'absence de la tanche cette année (alors que 26 tanches avaient été capturées en 2010). Depuis sa restauration, cette lône acquiert au cours du temps les caractéristiques d'habitat lui conférant des capacités d'accueil intéressantes pour les juvéniles de poissons et les espèces lénitophiles (tanche, rotengle, bouvière). Néanmoins, elle montre des signes de comblement et de colonisation importante par des algues filamenteuses. Il apparaît donc nécessaire de bien caractériser l'évolution de ces deux facteurs au cours des années à venir.

Le tableau de bord du suivi scientifique prévoit d'identifier des espèces cibles pour les lônes du Rhône. Ces espèces sont les taxons typiques des lônes du Rhône et leur présence est particulièrement recherchée dans les milieux stagnants (lônes fermées à l'amont) et riches en végétation aquatique. Les espèces cibles des lônes sont le **rotengle**, la **tanche**, la **bouvière** et le **brochet**.

Les abondances brutes de ces espèces en 2011 sont très faibles en comparaison des effectifs de 2010:

Lônes	Rotengle	Tanche	Bouvière	Brochet
Lône de la Malourdie	0	0	0	1
Lône du Brotalet	0	0	0	0

L'abondance relative des espèces **phytophiles** et **litho-phytophiles** (guildes de reproduction définies par Balon (1975)) a été choisie comme métrique pour le suivi piscicole des lônes.

Les abondances relatives des espèces phytophiles et litho-phytophiles sont :

Lônes	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Lône de la Malourdie	0%	2.8%	8.3%	1%	9.6%	0%	2%	2%
Lône du Brotalet	7%	26.2%	16.7%	12.2%	30.6%	28%	40.2%	0%

Le pourcentage calculé de ces espèces reste très faible dans la lône de la Malourdie. La lône du Brotalet renfermait, les années précédentes, un mélange d'espèces caractéristiques des annexes fluviales (espèces cibles) et un nombre relativement important d'espèces phytophiles (brochet, tanche), ce qui n'est pas le cas cette année où elle en est totalement dépourvues.

Secteur de Belley

L'échantillonnage de la faune piscicole a été réalisé dans 5 lônes restaurées du secteur de Belley entre 2005 et 2011.

Les effectifs capturés en 2011 ont triplé par rapport à 2010 (155 ind. en 2011 et 56 ind. en 2010), mais restent relativement faibles en regard des autres secteurs du Haut-Rhône. La richesse spécifique suit également ce phénomène de diminution observé depuis 2009 (maximum 8 espèces dans l'Anse de Yenne, tableau 2.7.2).

	BAF	BOU	CHA	CHE	EPI	GOU	HOT	LOF	TAN	VAI	VAN	Total	Nb sp.
Anse de Yenne	6		3	11	8	1		3		8	2	42	8
Lône des Luisettes		5		1	19			6	2			33	5
Lône Moiroud		1			61							62	2
Lône Fournier	3				8	1	4	1				17	5
Lône Béard									1			1	1
Total	9	6	3	12	96	2	4	10	3	8	2	155	11

Tableau 2.7.2 : effectifs capturés par espèce des lônes de Belley en 2011.

La **lône des Luisettes** a été curée dans sa partie amont qui reçoit une alimentation phréatique (sous-écoulement), la partie aval, constituée par un plan d'eau de grande dimension qui reçoit la lône Moiroud n'a pas été modifiée. Le contraste entre ces deux parties est important. Cette lône possède une richesse importante en habitats stagnants et abrite habituellement la plupart des espèces lénitophiles (tanche, rotengle, bouvière, épinoche). Les effectifs échantillonnés sont généralement assez faibles et le nombre d'espèces capturées moyen (16 espèces depuis la restauration).

La **lône Moiroud** a été également curée, elle ne communique pas avec le chenal principal, la partie la plus amont est très peu profonde, le lit est constitué de sédiments fins. La sédimentation et la colonisation par la végétation aquatique sont relativement importantes mais l'évolution du contenu piscicole est peu marquée après restauration. On observe en 2011 deux espèces, représentées par une bouvière et le reste par une population d'épinoche à l'amont de la lône.

La **lône Béard** a été recreusée sur la quasi-totalité de son parcours, la profondeur est relativement faible et les sédiments fins accumulés sur le fond sont généralement anoxiques, la végétation aquatique est très abondante dans cette lône. La partie aval communique avec le vieux-Rhône par un étroit chenal. Depuis 2006, cette lône abrite très peu de poissons, sans doute en raison de la densité de végétation (colonisation très rapide après restauration) et des variations nycthémérales de concentration en oxygène dissous.

La **lône Fournier** comporte deux parties très distinctes. La zone amont est alimentée par percolation à travers un banc de galets, les sédiments du fond sont majoritairement grossiers, les eaux sont donc très claires et relativement froides par rapport au Vieux-Rhône. La fréquentation par les poissons est limitée et quelques bois morts offrent des abris. La partie aval, entièrement recreusée lors de sa restauration, s'est assez vite comblée au fil des crues : les sédiments grossiers à l'amont réduisent considérablement la largeur et la profondeur du chenal entre la zone amont et la zone aval (communication de plus en plus ténue) ; les sédiments fins (limons) prédominent dans la zone aval, en amont de la communication avec le Vieux-Rhône. L'utilisation de cette lône par les poissons est assez limitée.

L'**Anse de Yenne** a été curée début 2005 et constituait alors un chenal courant alimenté en amont par les eaux du Vieux-Rhône. Rapidement (dès 2006), des sédiments grossiers se sont accumulés à l'entrée du bras, les berges en pente forte ont été fortement érodées et le chenal s'est transformé en une annexe lentique, toujours ouverte à l'amont. De plus, un chenal courant ouvert en rive droite en 2005, a été rapidement comblé et bouché par les sédiments en 2006 et 2007. La lône comporte des bois morts immergés et des excavations sous berge (érosion) qui constituent d'excellents abris pour les poissons de grandes tailles (chevaines et vandoises sub-adultes ou adultes). Depuis sa réhabilitation, cette lône, initialement très courante (présence de truites), s'est rapidement exhaussée dans sa partie amont, puis érodée latéralement, et évolue maintenant vers un milieu plus riche en abris pour les poissons mais présentant néanmoins des capacités d'accueil (volumes disponibles pour les poissons) probablement assez réduites.

A l'inverse de 2009 et 2010, les effectifs capturés en 2011 sont plus importants (42 en 2011 contre 18 en 2010), avec 8 espèces représentées (contre 3 en 2010). Ce changement s'explique, en partie, par la présence d'espèces plus lotiques sur la zone de radier, à l'aval de la lône (présence de barbeaux de l'année et de chabots).

Les abondances brutes des espèces cibles en 2011 sont :

Lônes	Rotengle	Tanche	Bouvière	Brochet
Anse de Yenne	0	0	0	0
Lône des Luisettes	0	2	5	0
Lône Moiroud	0	0	1	0
Lône Fournier	0	0	0	0
Lône Béard	0	1	0	0

Comme en 2009 et 2010 les espèces cibles n'ont quasiment pas été échantillonnées en 2011 dans les annexes fluviales de Belley, à l'exception de la lône des Luisettes où 21% des effectifs sont représentés par ces dernières (2 espèces cibles : 5 bouvières et 2 tanches).

Les abondances relatives des espèces phytophiles et litho-phytophiles sont :

Lônes	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Lône des Luisettes	53.4%	37.8%	50%	14.6%	10.5%	12.5%	6%
Lône Moiroud	50%	33.8%	25%	1.7%	0%	38.5%	0%
Lône Béard	6.7%	30.8%	50%	0%	37.5%	100%	100%
Lône Fournier	4.9%	4.3%	20.2%	8.7%	0%	25%	0%
Anse de Yenne	8.7%	20.4%	2.2%	1.3%	0%	0%	0%

L'interprétation de ces pourcentages n'est pas envisageable pour la lône Béard et Fournier en raison des faibles effectifs capturés (respectivement 1 ind. et 18 ind.). Mis à part sur la lône des Luisettes (6% des effectifs représentés par 2 tanches) et la lône Béard (1 tanche), aucune espèce phytophile et litho-phytophile n'a été échantillonnée en 2011.

Secteur de Brégnier-Cordon

Les lônes suivies sur ce secteur ont des caractéristiques morphologiques et hydrauliques différentes.

La **lône de Chantemerle** n'a pas été modifiée par le programme de restauration. Alimentée par l'amont (débit faible), elle présente sur la majeure partie de son cours un faciès lentique avec des berges limoneuses, et une colonisation irrégulière de végétaux aquatiques. Avant sa réouverture par l'amont, elle était réputée pour sa richesse piscicole et très fréquentée par les pêcheurs. La création d'une entrée d'eau permanente à l'amont a probablement changé en profondeur ses caractéristiques écologiques et depuis, elle n'abrite plus de densités importantes de poissons.

La **lône Vachon et la lône Mattant** ont été ouvertes à l'amont et à l'aval et sont plus ou moins courantes (en fonction du débit réservé) sur tout leur linéaire. Les faibles effectifs échantillonnés les années précédentes et la faible richesse spécifique dans la lône Vachon sont difficilement attribuables à une cause particulière. Cependant, cette année 2011 semble différente avec des effectifs plus importants ainsi qu'une richesse spécifique plus élevée (tableau 2.7.3). Les espèces rencontrées après restauration dans la lône Mattant attestent du caractère **courant de ce bras secondaire** du Rhône : truite fario, spirlin, hotu, barbeau fluviatile et chabot.

La **lône des Granges** est un chenal de crue à fond de galets, comportant une partie aval profonde et stagnante. Les eaux sont limpides et la végétation aquatique localement abondante. La partie la plus amont est constituée de mouilles peu profondes reliées ou non entre elles par des connexions très peu profondes (quelques cm). La fréquentation de la lône par les poissons semble assez restreinte.

La **lône des Cerisiers** a été modifiée dans sa partie amont et a conservé ses caractéristiques initiales sur la majeure partie de son cours. Son évolution post-restauration se caractérise par un taux de comblement important dans sa partie médiane et une augmentation de l'encombrement par des arbres couchés. Elle reçoit les eaux de la Bièvre dont la conductivité est particulièrement élevée (≈ 600µS/cm) par rapport aux eaux du Rhône (≈ 300µS/cm). La partie amont de la lône, légèrement courante abrite principalement des poissons de petites tailles (loche franche, goujons, juvéniles de chevaines et de vandoises). La partie aval lentique abrite des poissons de plus grandes tailles (chevaines, gardons, brochets, vandoises) qui trouvent dans cette zone des abris ligneux importants. La partie médiane rassemble des poissons de différentes tailles (hotus, vandoises, chevaines, ablettes).

La **lône du Ponton** et la **lône des Molottes** ont des configurations similaires : chenal en forme de U, parfois profond, substrat limoneux, fermé à l'amont et ouvert à l'aval, milieux strictement stagnants en dehors des crues, colonisés par de la végétation aquatique avec une production primaire importante en été, et de nombreux abris en rive (phragmites, bois mort). Ces deux lônes constituent des milieux propices à la reproduction et à la croissance des juvéniles de nombreuses espèces.

Les résultats obtenus en 2011 (tableau 2.7.3) sont très différents des années précédentes en termes d'effectifs et de richesse spécifique. En effet, les lônes ayant régulièrement de forts effectifs échantillonnés et un nombre important d'espèces (Molottes et Ponton, cf rapport d'étape 2010) possèdent, cette année, un nombre réduit de poissons capturés et une diversité amoindrie (180 ind. sur les Molottes et 222 ind. sur Ponton en 2010 contre **35 ind. sur les Molottes** et **14 ind. sur Ponton en 2011**, tableau 2.7.3). Bien que les effectifs sur le secteur de Belley aient augmenté, ils restent toutefois supérieurs dans les lônes de Brégnier-Cordon.

	Lône de Chantemerle	Lône des Granges	Lône Vachon	Lône des Cerisiers	Lône Mattant	Lône des Molottes	Lône du Ponton	Total
ABL				28	25			**53**
ANG			1					**1**
BAF			15	2	63			**80**
BLE			2					**2**
BOU		4			1	2		**7**
BRB				12	2		1	**15**
BRE				4				**4**
BRO		4	6	6	1	7	1	**25**
CHA			6		22			**28**
CHE	1		99	36	203			**339**
EPI		20		8				**28**
GAR			4	79	29			**112**
GOU				15	211			**226**
HOT				63	6			**69**
LOF		1	16	12	6			**35**
PCH						5		**5**
PER	1	2	19	3	1			**26**
PES		1		2		3	1	**7**
PSR						1		**1**
ROT		2				3	3	**8**
SPI					83			**83**
TAN		7	1			14	8	**30**
TRF				1	4			**5**
VAI			1	52	15			**68**
VAN	1		15	62	11			**89**
Total	**3**	**41**	**185**	**385**	**683**	**35**	**14**	**1346**
Nb sp	**3**	**8**	**12**	**16**	**16**	**7**	**5**	**25**

Tableau 2.7.3 : effectifs capturés par espèce des lônes de Brégnier-Cordon en 2011.

Le nombre d'espèces échantillonnées en 2011 varie entre 3 (lône de Chantemerle) et 16 (lône de Mattant et des Cerisiers) et les effectifs sont très variables d'une lône à l'autre.

Comme les années précédentes les abondances dans les lônes des Granges et de Chantemerle restent les plus faibles, avec un minimum de poissons jamais atteint sur cette dernière (3 ind., tableau 2.7.3). Depuis le début du suivi post-restauration, les effectifs échantillonnés, ainsi que le nombre d'espèces n'ont jamais été élevés dans ces deux lônes. On notera toutefois la présence des 4 espèces cibles sur la lône des Granges.

A l'inverse des années précédentes, en 2011, la lône des Molottes et la lône du Ponton ont des effectifs très faibles (35 ind. Contre 180 ind. en 2010 pour les Molottes, et 14 ind. contre 222 ind. pour Ponton en 2010). Elles semblent toutefois jouer leur rôle de nurserie, puisque respectivement 48.5% et 71.4% du peuplement échantillonné est composé de juvéniles de l'année (Annexe A.2.7.1). Plusieurs espèces inféodées à ce type de milieu sont également capturées (74.3% d'espèces cibles pour Molottes et 85,7% pour Ponton, ainsi que d'espèces phytophyles et litho-phytophiles). Les faibles effectifs constatés peuvent être considérés comme un phénomène exceptionnel au regard des années précédentes, de plus, les caractéristiques d'habitats semblent préservées comme en témoigne la population piscicole essentiellement lénitophile (rotengle, brochet, tanche, pseudorasbora…).

Contrairement à 2010, les résultats obtenus lors des pêches réalisées dans les **lônes des Cerisiers** et de **Mattant** sont nettement plus en adéquation avec leur capacité d'acceuil. La

présence de différents faciès (lentiques, radiers, zones profondes, embâcles…) offrent des habitats pour un grand nombre d'espèces et différentes classes d'âges. Ainsi, les effectifs capturés et la diversité de poissons rencontrée en 2011 sont les plus forts de tout le secteur de Brégnier-Cordon (683 ind. avec 16 espèces sur Mattant contre 53 ind. avec 10 espèces en 2010, et 385 ind. avec 16 espèces pour les Cerisiers contre 68 ind. avec 9 espèces en 2010).
Les deux lônes, relativement courantes, abritent des espèces rhéophiles telles que le barbeau, le hotu, la truite fario, la vandoise, la loche franche, le vairon , avec sur Mattant le spirlin et le chabot en plus, ce qui témoigne de son caractère plus lotique (plus forte proportion d'habitats courants). On retrouve également plusieurs espèces lénitophiles telles que le gardon, le brochet, la brème bordelière et d'autres avec des proportions plus importantes dans la lône des Cerisiers, ce qui témoigne de son caractère moins lotique (plus forte proportion d'habitats lentiques). La proportion de juvéniles de l'année dans cette lône, plus faible que les années pécédentes (autour de 50%), est de 37,1%, ce qui s'explique par des proportions plus importantes de sub-adultes et d'adultes de hotus ainsi que de vandoises cette année (61 hotus sur les 63 sont des sub-adultes et 54 vandoises sur 62 sont des sub-adultes et adultes). En ce qui concerne la lône Mattant, la proportion de juvéniles de l'année est de 47,6%.

Comme sur les lônes précédentes, les effectifs échantillonnés ainsi que le nombre d'espèces sur la **lône Vachon** ont fortement augmenté (12 espèces et 185 ind. en 2011 contre 8 espèces et 67 ind. en 2010). Les espèces dominantes attestent du caractère lotique de la zone (chevaines, barbeaux, et vandoises) avec des poissons pour la majorité adultes ou sub-adultes (que 17,3% de juvéniles de l'année).

Les résultats sont encourageants pour les lônes Cerisiers, Mattant et vachon suite aux résultats relativement pauvres des années précédentes. Cerisiers et Mattant semblent utilisées comme zones de croissance et de refuge pour les populations piscicoles présentes dans le Rhône court-circuité. L'année 2011 semble avoir été favorable à la reproduction globalement. Le phénomène observé de diminution importante des effectifs de juvéniles de l'année ainsi que du nombre d'espèces dans les lônes des Molottes et du Ponton est à surveiller, et peut être mis en relation avec la présence d'une végétation aquatique très dense (entraine des variations d'oxygène de forte amplitude qui peuvent constituer un premier élément de réponse), constatée lors des pêches. De faibles débits pendant cette période (constatés) pourraient également constituer un élement de réponse mais nous ne possédons pas encore la chronique des débits sur ce secteur pour 2011.

Les abondances brutes des espèces cibles en 2011 sont :

Lônes	Rotengle	Tanche	Bouvière	Brochet
Lône de Chantemerle				
Lône des Granges	2	7	4	4
Lône Vachon		1		6
Lône des Cerisiers				6
Lône Mattant			1	1
Lône des Molottes	3	14	2	7
Lône du Ponton	3	8		1

La présence des espèces caractéristiques de ces milieux annexes met en évidence les différences entre les lônes fermées à l'amont, relativement profondes (Molottes et Ponton) et les autres. On note cependant : l'absence de bouvière sur la lône du Ponton, une forte diminution de leur effectif sur les Molottes (110 bouvières en 2010 contre 2 en 2011), et la présence du brochet (dont la majorité sont des juvéniles, voir annexe 2.7.1) sur toute les lônes sauf Chantemerle.

Les abondances relatives des espèces phytophiles et litho-phytophiles sont :

Lônes	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Lône de Chantemerle	15.5%	25%	80%	68.2%	96.3%	33.3%
Lône des granges	44.6%	19.5%	20%	37.5%	11.4%	36.6%
Lône Vachon	18.8%	11.8%	0%	11%	16.4%	16.2%
Lône des cerisiers	5.2%	20.2%	13.6%	6.1%	5.9%	34.3%
Lône Mattant	15.8%	2.8%	3.2%	11.9%	13.2%	8.5%
Lône des Molottes	54.4%	42.9%	11.2%	30.9%	16.7%	71.4%
Lône du Ponton	61.4%	23.5%	63.9%	86.3%	42.3%	92.9%

Ces pourcentages sont variables d'une année à l'autre et n'ont jamais été aussi élevé dans la lône des Cerisiers. Les fortes proportions enregistrées sur les Molottes et Ponton (respectivement 71.4% et 92.9%) sont difficilement interprétables du fait des faibles effectifs capturés cette année (34 ind. et 14 ind.). L'oxygénation de l'eau étant limité de surcroît, seules les espèces résistantes aux fortes variations de ces taux ont été capturées (tanches, rotengles, brochets…). Il en est de même pour Chantemerle où l'effectif, trop faible (3 ind.), ne permet pas l'analyse pertinente de ces proportions dans l'évolution post-restauration.

Secteur de Pierre-Bénite

Trois lônes (Table Ronde, Ciselande et Jaricot), ont été restaurées en 1999 dans le cadre du programme global de réhabilitation du Vieux Rhône. Ces restaurations avaient une vocation expérimentale, et reposaient sur 3 scénarios de réponse différents. La restauration a été réalisée durant l'été 1999 par un creusement du fond des lits sur une épaisseur de 2 à 4 m, et des hélophytes ont été plantés en 2000 (phragmites, Carex, phalaris) pour stabiliser les berges et accélérer la dynamique végétale (diversification des formations et contrôle de l'installation des espèces invasives). Les macrophytes et la sédimentation constituaient jusqu'à aujourd'hui les deux seuls thématiques de suivi des effets de la restauration. Suite à une demande des collectivités locales, l'échantillonnage a été réalisé en 2012 et sera reconduit chaque année dans le cadre du suivi, l'objectif étant d'améliorer les connaissances sur les caractéristiques piscicoles du secteur et de suivre l'évolution de ces populations. N'ayant pas d'état initial pré-restauration, ni de premières campagnes juste après restauration, l'analyse scientifique sera restreinte principalement à l'évaluation des fonctionalités complémentaires jouées par ces lônes en termes de capacités d'accueil différentes de celles du chenal (zone refuge pour les poissons plus lénitophiles, zone de reproduction et de croissance pour des juvéniles).

Les 3 lônes suivies ont des caractéristiques morphologiques et hydrauliques différentes.

La lône de la Table Ronde est une annexe fluviale qui, totalement exondée avant restauration, a été reconnectée au Rhône par son extrémité aval. Elle est alimentée en eau uniquement par les reflux du Rhône. Il s'agit d'une lône plutôt large, composée de plusieurs petites îles, fortement exposées à l'ensoleillement et avec un écoulement quasiment nul.

La lône de Ciselande est longue d'un peu plus de 1 km, elle présente des secteurs à écoulement rapide et d'autres à écoulement plus faible, voire nul dans les plans d'eau ponctués d'îles. Ces plans d'eau, isolés auparavant, ont été reliés les uns aux autres par curage et connectés au Rhône à l'amont et à l'aval lors des travaux de restauration en 1999.

La lône de Jaricot est un bras mort d'environ 800 m de long, étroit et ombragé avec un écoulement lent. Elle a été curée avec pour objectif de la reconnecter à la nappe de versant. Elle a également été reconnectée au Rhône via le bassin de vernaison situé à l'aval.

Espèces	Lône de la Table Ronde		Lône de Jaricot		Lône de Ciselande	
	Effectif	%age	Effectif	%age	Effectif	%age
ABL	10	1.8%	9	6%	87	17.7%
BOU	7	1.3%			6	1.2%
BRB	1	0.2%	1	0.7%	13	2.6%
BRE	1	0.2%			1	0.2%
BRO			4	2.7%		
CAG	5	0.9%			2	0.4%
CCO					2	0.4%
CHE	7	1.3%			167	33.9%
EPI					3	0.6%
GAR	18	3.3%	123	82%	139	28.3%
GOU					25	5.1%
HOT			1	0.7%	20	4.1%
LOF					1	0.2%
PCH	426	78.3%				
PER	2	0.4%	4	2.7%	1	0.2%
PES	56	10.3%	5	3.3%	14	2.8%
PSR	7	1.3%			1	0.2%
ROT	1	0.2%	1	0.7%	3	0.6%
TAN	3	0.6%	1	0.7%		
VAI			1	0.7%	7	1.4%
Total	**544**		**150**		**492**	
Nb espèces	**13**		**10**		**17**	

Tableau 2.7.4 : effectifs capturés et proportions par espèce des lônes de Pierre-Bénite en 2011.

Le nombre d'espèces échantillonnées en 2011 varie entre 10 (lône de Jaricot) et 17 (lône de Ciselande), pour un total de 20 espèces sur ce secteur.

Les effectifs sont plus importants dans deux lônes : la **lône de Table ronde** et la lône de Ciselande (tableau 2.7.4). La très forte proportion de poisson-chat dans la lône de table Ronde est une de ses caractéristiques (426 ind .), et constitue un évènement exceptionnel car la totalité a été péchée sur un seul point EPA. Il est accompagné par d'autres espèces lénitophiles comme la bouvière, la brème, le rotengle, la tanche, la perche soleil… 9 espèces sur 13 sont litho-phytophiles et phytophiles (Annexe 2.7.1) mais ne représente que 9% de la population échantillonnée du fait des forts effectifs de poisson-chats.

Dans la **lône de Ciselande**, le chevaine (33.9%), le gardon (28.3%) et l'ablette (17.7%) sont les espèces dominantes. On note la présence de poissons réophiles, comme le hotu (4.1%) et le vairon (1.4%), ce qui témoigne de la présence d'habitats plus lotiques que les deux autres lônes et de ses connexions avec le rhône à l'amont et à l'aval (hors étiage). Les espèces lénitophiles sont également présentes dans les parties plus lentiques de la lône (à l'aval) comme le rotengle, la perche soleil, la carpe commune et d'autres. On note qu'une portion du chenal mesurant approximativement 100 à 200 m était exondée lors de la pêche (partie médiane de la lône), cette zone semble être relativement courante en période de forts débits vu la présence de gros galets et du faible recouvrement par la végétation.

Les captures sur la **lône de Jaricot** sont plus faibles et ne sont pas homogènes sur toute sa longueur. Seul le gardon domine cette année (123 ind, soit 82% de la population échantillonnée) et malgré les faibles quantités de brochets pêchés, un nombre important a été observé dans la lône.

La proportion de juvéniles de l'année est très importante dans les 3 lônes (86% des effectifs pour Table Ronde, 77% pour Ciselande et 96% pour Jaricot). Cependant, les effectifs

de la lône de Jaricot semblent relativement pauvre en regard de sa capacité réelle d'accueil. Les 4 espèces cibles de poissons des lônes sont toutefois présents dans le secteur, même si leurs abondances restent relativement faibles :

Lônes	Rotengle	Tanche	Bouvière	Brochet
Lône de Table Ronde	1	3	7	
Lône de Jaricot	1	1		4
Lône de Ciselande	3		6	

Secteur de Péage-de-Roussillon

Depuis 2007 des pêches sont réalisées dans le cadre de la définition de l'état initial avant restauration des lônes de Péage-de-Roussillon.

Le système « Platière » constitué de la lône de la Platière, de la lône du Noyé Nord et de la lône de l'Ilon a été échantillonné en octobre 2007, 2008, 2009, 2010 et 2011 (à l'exception de l'Ilon non échantillonnable en 2009). L'effort d'échantillonnage a été calibré en fonction de la superficie des différentes lônes. Dix sept espèces ont été échantillonnées en 2011, les effectifs totaux capturés sont très voisins de ceux de 2009.

Les données brutes sont présentées dans l'annexe A.2.7.1.

La **lône de la Platière** constitue un milieu faiblement courant, dont les fonds sont très souvent couverts de végétation. Elle est très riche en habitats favorables pour les poissons. 17 espèces ont été échantillonnées, le chevaine, le gardon, la brème bordelière et le goujon sont les 4 espèces les plus abondantes, les autres représentent moins de 6%. Le brochet a été capturé cette année, mais le sandre n'apparaît plus dans les pêches depuis 2010. On notera l'absence de l'anguille (mais vu lors des pêches) et de la tanche, et parmi les espèces capturées, la présence de la bouvière, du silure et du rotengle. Les mouilles profondes sont très riches en bancs de poissons (vus mais non-échantillonnés).

Les effectifs capturés dans la **lône du Noyé Nord** sont, comme en 2009 et 2010 relativement faibles et l'espèce la plus abondante est le chevaine.

Espèces	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
ABL	5,3%	7,6%	2,2%	23,1%	2,7%
ANG	0,8%	0,3%		0,3%	
BAF	2,0%	0,2%	0,6%	0,3%	
BOU	0,4%	26,6%	1,7%	3,7%	8,7%
BRB		0,2%	7,3%	4,3%	14,8%
BRE	1,6%	0,2%	4,5%	7,1%	1,1%
BRO	0,8%	0,3%	1,1%		1,6%
CAG		0,3%	0,6%	0,3%	1,1%
CAS		0,2%			
CCO					0,5%
CHA		0,2%			
CHE	4,0%	8,3%	24,0%	13,2%	26,8%
GAR	58,3%	30,0%	42,5%	24,3%	11,5%
GOU	6,9%	15,1%	1,7%	3,1%	8,2%
GRE		0,3%			
HOT	14,6%	0,7%		0,9%	4,4%
LOF	0,8%	2,0%	8,4%	1,2%	4,4%
PCH	0,8%	0,2%		0,9%	
PER	2,0%	0,5%	1,7%	4,6%	1,6%
PES	0,4%	0,2%	0,6%	1,8%	4,4%
PSR		5,1%	0,6%	6,5%	3,3%
ROT		1,2%	0,6%	1,2%	4,4%
SAN		0,2%			
SIL		0,2%	1,7%	0,6%	0,5%
TAN			0,6%	2,2%	
VAI				0,3%	
VAN	1,2%				
Eff Total	**112**	**268**	**81**	**148**	**83**
Nb sp.	**15**	**23**	**17**	**20**	**17**

Tableau 2.7.5 : abondances relatives des différentes espèces échantillonnées dans le système « Platière » entre 2007 et 2011, les effectifs totaux sont des valeurs ramenées à un effort d'échantillonnage de 25 E.P.A

La **lône de l'Ilon**, asséchée sur une grande partie (amont) possède une surface en eau relativement faible. La densité de végétation aquatique y était particulièrement importante en 2009 et 2010 et continue d'être importante en 2011 (beaucoup de *Lemna sp.* et d'algues filamenteuses). Compte-tenu du peu d'espace pêchable, seulement 10 E.P.A. sont réalisés dans cette lône. Malgré ce faible effort d'échantillonnage, les effectifs capturés ont été importants en 2008 et 2010, mais très faibles en 2011 (24 ind.). Six espèces ont été échantillonnées dont la moitié appartient à la guilde des phytophiles ou à celle des litho-phytophiles. A l'inverse des deux autres lônes et comme l'année précédente, la plupart des poissons capturés sont des juvéniles de l'année (84% en 2010 et 75% en 2011).

Secteur de Montélimar

La lône de la Roussette a été échantillonnée pour la première fois en automne 2009, en automne 2010, puis en automne 2011 dans le cadre de l'établissement de l'état initial. La dimension de la lône est relativement importante mais la profondeur souvent faible. Les zones amont et médiane étaient presque totalement sèches cette année, seul l'aval pouvait être pêché. En raison de ces contraintes, seulement 18 EPA ont été réalisés dans les parties encore en eaux, les résultats de la pêche sont très pauvres : 6 chevaines, 4 goujons, 3 loches franches et 2 hotus.

Secteur de Donzère

Six lônes ont été sélectionnées parmi les lônes présentes sur le secteur de Donzère. L'échantillonnage a débuté en 2010 et continue en 2011 dans le cadre de l'établissement de l'état initial ; les résultats bruts des pêches sont consignés dans le tableau 2.7.6.

	Lône Grange écrasée	Lône du carré	Lône Malaubert	Lône du Bayard	Lône de Caderousse	Lône des Joncs
ABL	1	6	1			
ANG			3	2		
BAF			3			
BBG	4			2		3
BOU	2	4		1		2
BRB	1	2				
BRE	2	1				
BRO	1	1	2	1		
CAG		8				3
CCO	1					2
CHE	2	18	15	6		5
EPI			1			
GAR	30	5	13	3	4	2
GOU		5	3		1	
HOT			9			
LOF			6	1		
PCH		1			2	
PER			2	2		
PES	17	14		25		11
PSR		71				17
ROT	7				40	3
SPI			26			
TAN		2		1	2	
VAI			7			
Total	**68**	**138**	**91**	**44**	**49**	**48**
Nb espèces	**11**	**13**	**13**	**10**	**5**	**9**

Tableau 2.7.6 : abondance des différentes espèces échantillonnées dans les lônes du secteur de Donzère en 2011 (25 E.P.A.).

En 2011, vingt quatre espèces ont été capturées (contre 21 en 2010) sur l'ensemble des lônes de Donzère-Mondragon mais l'effectif total est relativement faible par rapport à celui de 2010 (438 ind. en 2011 contre 827 ind. en 2010). Cinq espèces ont une abondance relative supérieure à 10% cette année (pseudorasbora, perche soleil, gardon, rotengle et chevaine, Figure 2.7.1)

Les effectifs sont relativement faibles dans toutes les lônes en 2011, la **lône du Carré** et la **lône de Caderousse** restent à des niveaux semblables à l'année précédente, avec une espèce en plus capturée sur la première (le brochet, soit 13 espèces sur la lône du carré).

Une légère augmentation des effectifs ainsi que du nombre d'espèces est observée dans les **lônes de Grange écrasée** et de **Malaubert** (4 espèces et 37 ind. en 2010 contre 11 espèces et 68 ind. en 2011 sur Grange écrasée, et 10 espèces et 58 ind. en 2010 contre 13 espèces et 91 ind. sur Malaubert en 2011). De nombreuses espèces ont été aperçus (nombreux brochets et carpes) dans la lône de Grange-écrasée, néanmoins la profondeur de plusieurs mouilles diminue l'efficacité de pêche et augmente la difficulté d'échantillonner tous les poissons. La lône semble posséder des effectifs plus important à l'exception de l'amont influencé par des eaux d'infiltration et isolé par des passages busés. On note également la présence de Black-bass qui sont tous des juvéniles de l'année. La lône Malaubert, qui possède des sections

courantes, abrite des espèces rhéophiles comme le vairon, le spirlin, la loche franche, le barbeau fluviatile ainsi que le hotu.

La forte chute des effectifs échantillonnés sur la **lône du bayard** résulte de l'absence du rotengle dans les captures alors qu'il constituait la majeure partie de la population avec la bouvière en 2010 (126 rotengles et 54 bouvières en 2010 et seulement 1 bouvières en 2011).

Le secteur prospecté en 2010 sur la **lône des Joncs** n'était pas le même qu'en 2011 en termes d'habitats et de fonctionnement, ce qui explique la diminution importante du nombre de poissons échantillonnés. Principalement lentique, cette lône est très riche en poissons lenitophiles comme le rotengle, le pseudorasbora, la carpe, la perche soleil et le black-bass (dont un nombre important a été vu dans des mouilles profondes).

On note la présence de l'Anguille qui a été capturée à plusieurs reprises sur différentes lônes.

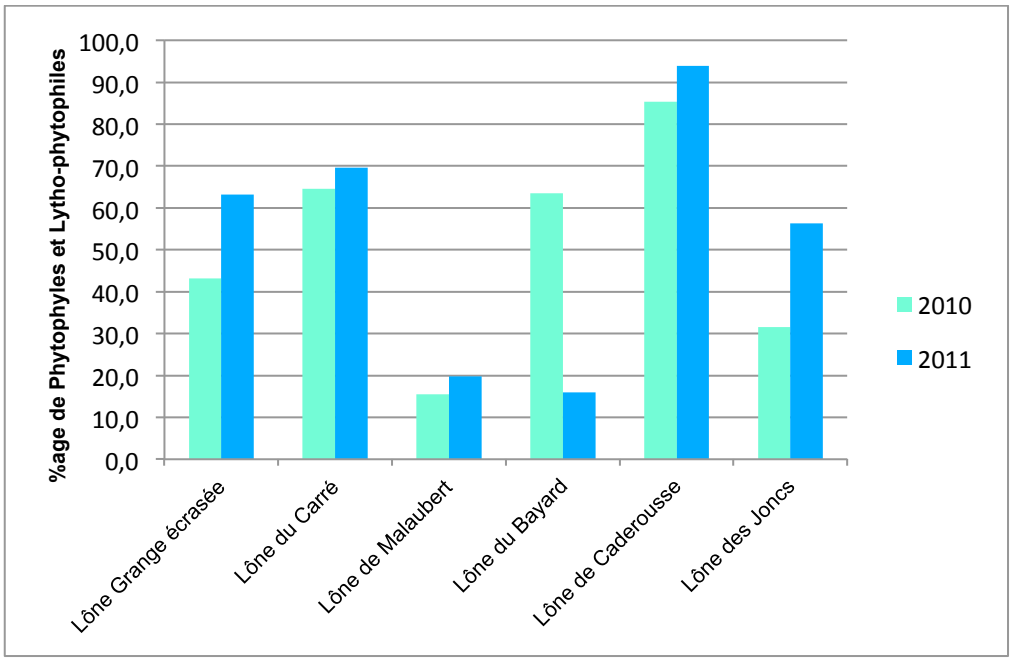


Figure 2.7.1bis : Abondance relative des espèces phytophiles et lytho-phytophiles dans les lônes de Donzère en 2010 et 2011.

La figure 2.7.1 bis met en évidence les lônes dans lesquelles les caractéristiques d'habitat, en particulier la présence de macrophytes et de bois morts sont favorables aux espèces phytophiles et litho-phytophiles (Grange-écrasée, Carré, Caderousse et Joncs). La forte chute de la proportion de ces espèces sur la lône bayard semble lié à l'absence de rotengle dans les pêches cette année. La lône de Malaubert reste en dessous des 20% d'espèces phytophiles et litho-phytophiles, ce qui s'explique par des conditions d'habitat favorisant les poissons réophiles (tableau 2.7.6) et la difficulté d'échantillonner les zones plus lentes constituées par des mouilles très profondes.

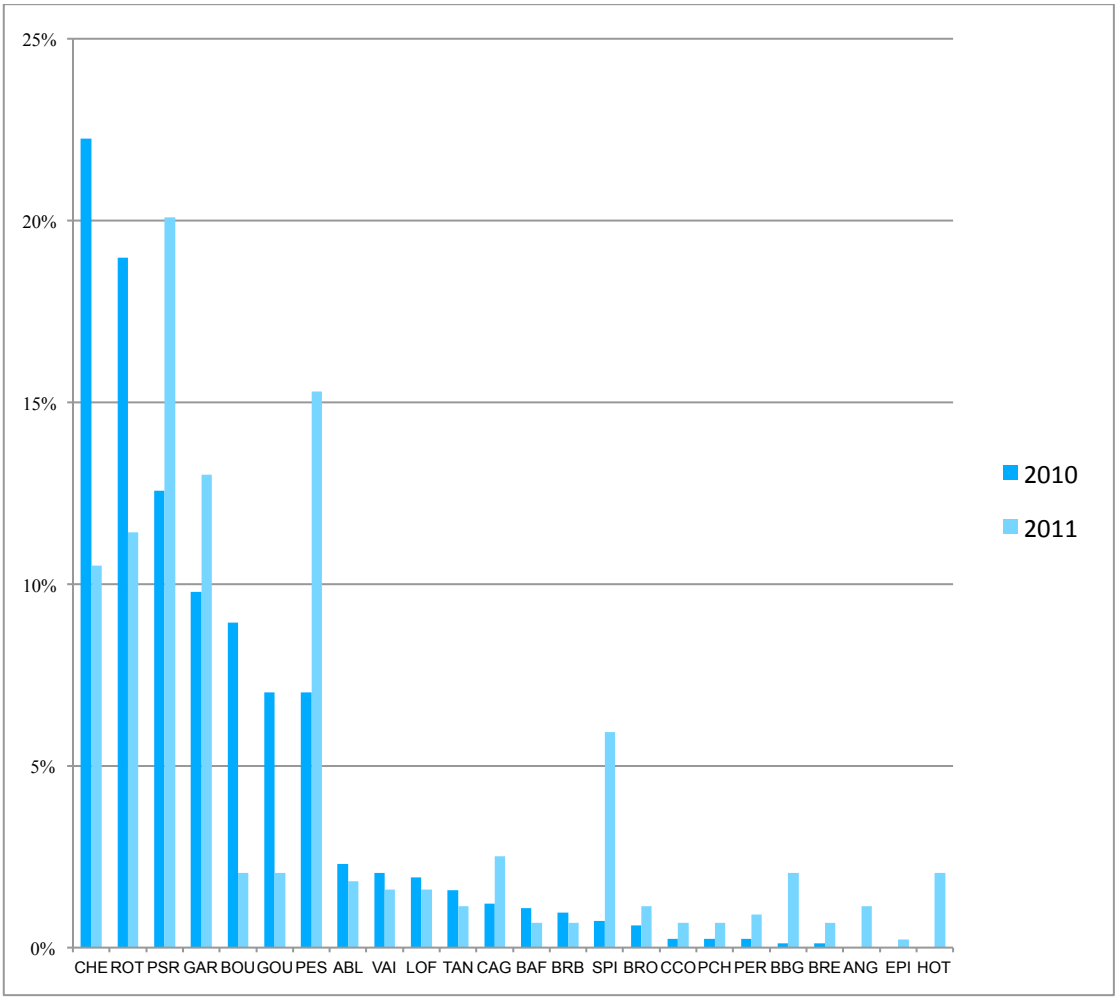


Figure 2.7.1 : Abondance relative des 24 espèces échantillonnées dans les lônes de Donzère en 2010 et 2011.

2.7.4 Bilan multi-sites

Les annexes fluviales et les bras secondaires offrent des habitats complémentaires de ceux des chenaux principaux pour la plupart des espèces de poissons des fleuves. Malgré l'aménagement fluvial, lorsque ces milieux subsistent, ils peuvent abriter des espèces et des stades de développement variés en fonction de leurs modalités de fonctionnement et en particulier de leur régime thermique et de leur niveau trophique.

Parmi les milieux périfluviaux suivis au sein de ce programme, il faut évidemment distinguer les sites restaurés du Haut-Rhône et les lônes non-restaurées du Bas Rhône.

Parmi les sites non-restaurés, le système « Platière » actuellement en eau constitue une annexe fluviale particulièrement importante dans le secteur de Péage de Roussillon, hébergeant un grand nombre d'espèces et offrant des conditions de reproduction et de grossissement de qualité pour de nombreuses espèces. Ces conditions sont importantes notamment pour les jeunes hotus (1+ et 2+ = 1 an et 2 ans) que l'on retrouve principalement dans ce type de milieu pendant leur phase de grossissement (Figure 2.7.2). Ainsi le chenal et ses annexes ont un rôle complémentaire permettant à de telles espèces de réaliser leur cycle biologique. La diversité des habitats, depuis des zones courantes jusqu'à des secteurs complètement stagnants et riches en végétation aquatique permet le maintien d'une diversité faunistique importante.

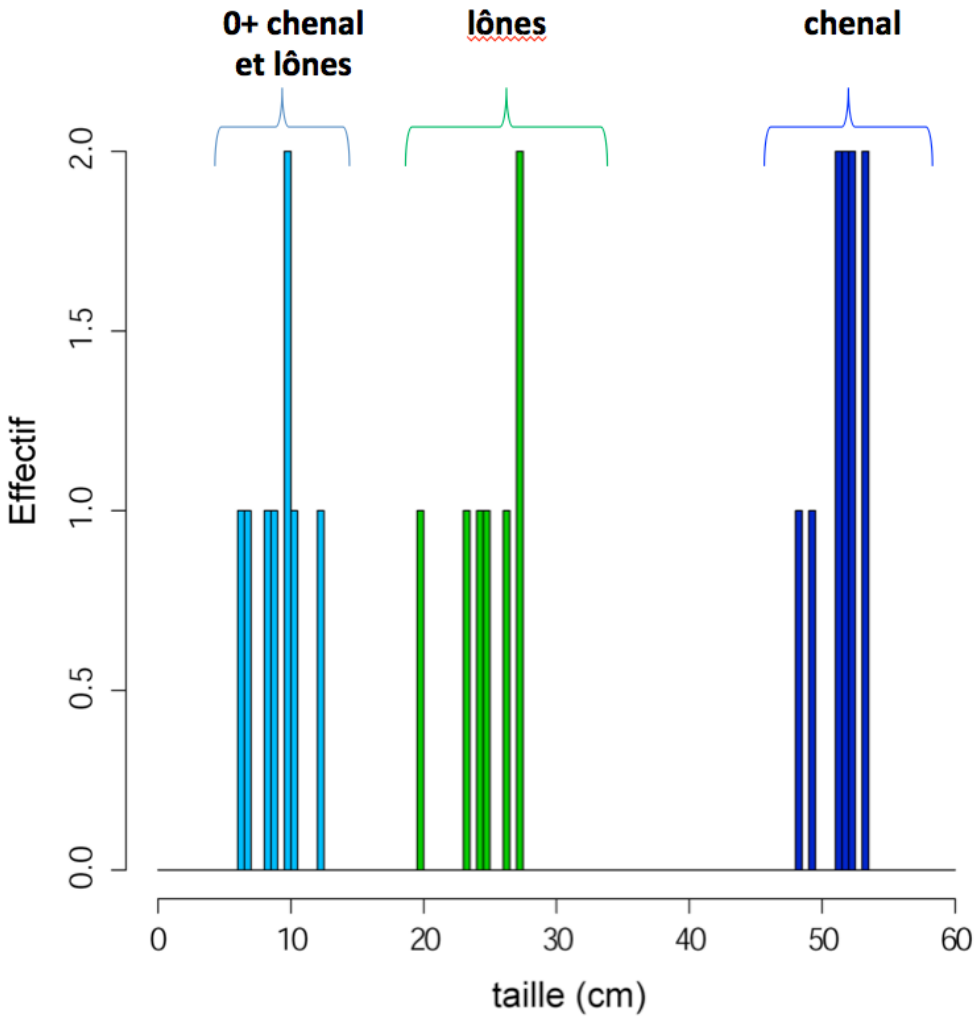


Figure 2.7.2 : Histogrammes représentant la structure en classes de taille des Hotus dans le secteur de Péage de Roussillon et du système « Platière » en 2011 ; ils illustrent le rôle complémentaire des lônes et du chenal dans le cycle biologique de cette espèce ; Les stades 0+ (bleu clair) se trouvent dans le chenal ainsi que dans les lônes, puis effectuent leur phase de grossissement dans des zones plus calmes et à plus faible courant (vert :cohortes 1+ et supérieures), et enfin on retrouve les adultes et plus (bleu marine) dans les zones courantes du chenal.

Plus au sud, la lône de la Roussette dont la restauration est prévue prochainement pourrait également jouer un rôle important pour les populations de poissons du secteur de Montélimar.

L'échantillonnage réalisé en 2010 et en 2011 dans les 6 lônes sélectionnées dans le secteur de Donzère ne permet pas de conclure sur le statut de ces milieux. Cependant, comme pour le système « Platière », la diversité des habitats rencontrés semble favoriser une diversité faunistique relativement importante, et certaines d'entre elles (Carré, Malaubert et Grange-ecrasée) paraissent jouer un rôle dans l'acceuil et la maturation des juvéniles de l'année. Plusieurs campagnes d'échantillonnage seront encore nécessaires pour permettre de bien caractériser le rôle potentiel de ces lônes pour les populations de poissons.

L'ensemble de ces annexes abritent une biodiversité piscicole importante puisque 29 espèces de poissons ont été échantillonnées dans les différentes lônes en 2011 (27 en 2010 et 30 en 2009).

Pour les lônes restaurées (Haut-Rhône), la représentation de trois paramètres simples (effectifs totaux capturés par pêche soit 25 E.P.A. réalisés à une date donnée, pourcentages de

juvéniles de l'année, pourcentages d'espèces litho-phytophiles et phytophiles) mesurés dans chacune des lônes échantillonnées permet de les comparer (tableau 2.7.6).

Les abondances absolues pour un même effort de pêche varient entre 1 individu (lône Béard – 2010 et 2011) et 683 ind. (lône Mattant – 2011). Sept des quatorze lônes échantillonnées possèdent des abondances moyennes supérieures à 100 ind./25 E.P.A. Dans la plupart de ces lônes, les proportions de juvéniles de l'année sont toujours importantes (en moyenne supérieur à 50%) mettant en lumière le rôle de site de reproduction et de grossissement pour les espèces rencontrées. Néanmoins, certains sites possèdent des abondances moyennes supérieures à 100 ind./25 E.P.A. avec un taux de juvéniles de l'année faible (lône des Cerisiers, lône Mattant). Ceci rend compte du rôle refuge (conditions d'habitat plus lentique pour les adultes) de ces lônes et des conditions de croissance plus appropriées qu'elles apportent pour des sub-adultes de nombreuses espèces (notamment pour le hotu, figure 2.7.2bis).

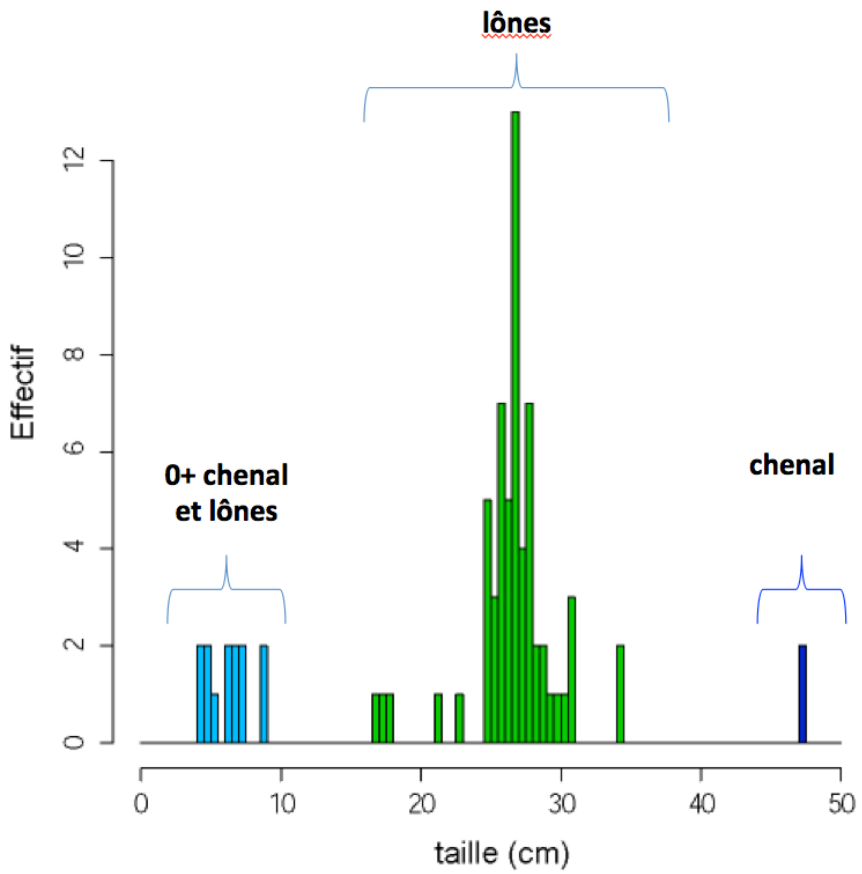


Figure 2.7.2bis : Histogrammes représentant la structure en classes de taille des hotus dans le secteur de Brégnier-Cordon et de ses lônes (Cerisiers et Mattant) en 2011 ; ils illustrent le rôle complémentaire des lônes et du chenal dans le cycle biologique de cette espèce.

Les variations temporelles après restauration sont également différentes d'une lône à l'autre et bien que la chronique soit relativement courte il est possible de mettre en évidence des groupes de lônes présentant des tendances similaires (tableau 2.7.6):

- la lône Moiroud et la lône des Luisettes ont des profils d'évolution temporelle similaires avec des abondances totales relativement faibles après 2006 et des proportions de juvéniles de l'année moyennes ; dans ces deux lônes, le pourcentage d'espèces phytophiles et litho-phytophiles a décru au cours du suivi post-restauration,

- les abondances totales dans les lônes des Cerisiers et Mattant ont décru avec de forte variabilités inter-annuelles au cours des 5 premières années de suivi, cette année apparaît exceptionnelle avec des abondances records pour chacunes d'elles (tableau 2.7.6) ; Mattant semble bien jouer son rôle d'annexe courante avec des effectifs de poissons relativement importants.
- les abondances totales dans la lône Vachon ont fortement décru après la restauration, cette année paraît également exceptionnelle, les abondances sont les plus fortes depuis le début du suivi ; Elle semble jouer son rôle d'annexe fluviale très courante.
- les abondances totales ont rapidement cru après restauration dans les lônes des Molottes et du Ponton et la proportion de juvéniles de l'année a toujours été très importante. Cette année peut être considérée comme exceptionnelle au vu des faibles effectifs pêchés.
- La lône de Chantemerle continue de perdre en abondance avec l'effectif le plus faible jamais enregistré (3 ind.),

La situation des autres lônes est plus singulière avec des cas de figures différents.

	Effectif total								
Lônes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
Lône Malourdie	58	72	401	122	135	48	66	50	119
Lône Brotalet	500	160	210	262	121	125	82	64	191
Anse de Yenne	-	276	176	89	228	27	18	42	122
Lône des Luisettes	-	58	156	68	41	19	8	33	55
Lône Moiroud	-	10	195	32	60	6	13	62	54
Lône Fournier	-	142	69	89	69	58	16	17	66
Lône Béard	-	178	13	4	12	8	1	1	31
Lône des cerisiers	-	-	270	248	22	180	68	385	196
Lône des granges	-	-	74	220	5	16	44	41	67
Lône des Molottes	-	-	489	513	411	246	180	35	312
Lône Mattant	-	-	183	145	31	143	53	683	206
Lône de Chantemerle	-	-	168	56	25	22	135	3	68
Lône Vachon	-	-	117	51	6	73	67	185	83
Lône du Ponton	-	-	220	421	632	300	222	14	302

	Pourcentage d'esp. litho-phyto & phytophiles								
Lônes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
Lône Malourdie	0.00	0.03	0.08	0.01	0.10	0.00	0.02	0.02	0.03
Lône Brotalet	0.07	0.26	0.17	0.12	0.31	0.28	0.40	0.00	0.20
Lône des Luisettes	-	0.53	0.38	0.50	0.15	0.11	0.13	0.06	0.26
Lône Moiroud	-	0.50	0.34	0.25	0.02	0.00	0.38	0.00	0.21
Lône Béard	-	0.07	0.31	0.50	0.00	0.38	1.00	1.00	0.46
Lône Fournier	-	0.05	0.04	0.20	0.09	0.00	0.25	0.00	0.09
Anse de Yenne	-	0.09	0.20	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
Lône de Chantemerle	-	-	0.15	0.25	0.80	0.68	0.96	0.33	0.53
Lône des granges	-	-	0.45	0.20	0.20	0.38	0.11	0.37	0.28
Lône Vachon	-	-	0.19	0.12	0.00	0.11	0.16	0.16	0.12
Lône des cerisiers	-	-	0.05	0.20	0.14	0.06	0.06	0.34	0.14
Lône Mattant	-	-	0.16	0.03	0.03	0.12	0.13	0.08	0.09
Lône des Molottes	-	-	0.54	0.43	0.11	0.31	0.17	0.71	0.38
Lône du Ponton	-	-	0.61	0.24	0.64	0.86	0.42	0.93	0.62

	Pourcentage de 0+								
Lônes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
Lône Malourdie	0.86	0.69	0.76	0.71	0.6	0.83	0.79	0.36	**0.75**
Lône Brotalet	0.66	0.56	0.80	0.90	0.79	0.98	0.67	1	**0.77**
Lône des Luisettes	-	0.67	0.47	0.28	0.78	0.68	0.63	0.48	**0.57**
Lône Moiroud	-	0.30	0.58	0.44	0.72	0.83	0	0.73	**0.51**
Lône Béard	-	0.38	0.08	0.00	0.25	0.5	1	0	**0.32**
Lône Fournier	-	0.88	0.94	0.57	0.83	0.69	0.25	0.18	**0.62**
Anse de Yenne	-	0.92	0.93	0.24	0.41	0.7	0.61	0.59	**0.63**
Lône de Chantemerle	-	-	0.86	0.30	0.96	0.82	0.94	0	**0.65**
Lône des granges	-	-	0.76	0.49	0.6	0.31	0.41	0.29	**0.48**
Lône Vachon	-	-	0.79	0.27	0	0.53	0.36	0.17	**0.35**
Lône des cerisiers	-	-	0.49	0.56	0.5	0.57	0.18	0.37	**0.44**
Lône Mattant	-	-	0.48	0.28	0.35	0.2	0.15	0.48	**0.32**
Lône des Molottes	-	-	0.90	0.88	0.96	0.66	0.97	0.49	**0.81**
Lône du Ponton	-	-	0.86	0.71	0.99	0.9	0.97	0.71	**0.86**

Tableau 2.7.6 : Effectifs totaux capturés par pêche, proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans chacune des lônes suivies après restauration. Les valeurs moyennes les plus importantes ont été surlignées.

Une première typologie des lônes après restauration, en prenant en compte les trois paramètres cités précédemment, a été réalisée en utilisant une analyse en composantes principales normée inter-lônes (Dolédec et Chessel, 1989). Cette analyse permet de positionner les lônes les unes par rapport aux autres sur un gradient défini par la combinaison des valeurs des trois paramètres choisis (l'effet inter-lône est significatif, test de Monte-Carlo et Anova à un facteur). L'essentiel de l'information est synthétisé par le premier facteur de l'analyse (53,4% de l'inertie) (Figure 2.7.2). Les trois variables utilisées sont corrélées, montrant la contribution généralement importante des juvéniles et des espèces phytophiles et litho-phytophiles dans les effectifs échantillonnés. Le premier axe de l'analyse ordonne les lônes (axe au centre de gravité de chaque lône qui met l'accent sur la différence entre les lônes) en fonction des valeurs des 3 variables (les coordonnées des lônes sont d'autant plus grandes que les valeurs des 3 variables sont élevées). La lône du Ponton et la lône des Molottes apparaissent comme des annexes fluviales abritant des quantités importantes de poissons dont la plupart sont des juvéniles avec des proportions d'espèces phytophiles et litho-phytophiles plutôt élevées (plus élevées dans le Ponton que dans les Molottes). Vient ensuite Chantemerle et la lône du Brotalet dont les proportions de juvéniles et d'espèces litho-phytophiles restent relativement importantes. Un autre groupe composé de Malourdie, Cerisiers, et Luisettes vient ensuite, son classement sur l'axe résulte du fait que seulement deux des trois variables sont relativement élevées, l'effectif total et la proportion de juvénile pour Malourdie et Cerisiers, et la proportion de litho-phytophiles et phytophiles, et de juvéniles pour les Luisettes. Le groupe suivant composé de Granges, Yenne et Béard répond de la même façon que le précédent avec des valeurs des métriques moins importantes. L'ordination des lônes de Moiroud, Fournier et Mattant résulte du fait que seulement l'une des trois métriques reste relativement élevée, avec la proportion de juvéniles supérieur à 50% pour moiroud et Fournier, et les effectifs échantillonnés relativement important pour Mattant. Dans la dernière lône (Vachon), les valeurs des trois paramètres sont généralement faibles. A noter que la lône de Béard devrait plutôt se classer au même niveau que Vachon, car les proportions des six dernières années sont calculées à partir d'effectifs trop faibles (de 13 à 1 ind. résultants des conditions anoxiques du milieu) pour être comparées aux autres lônes.

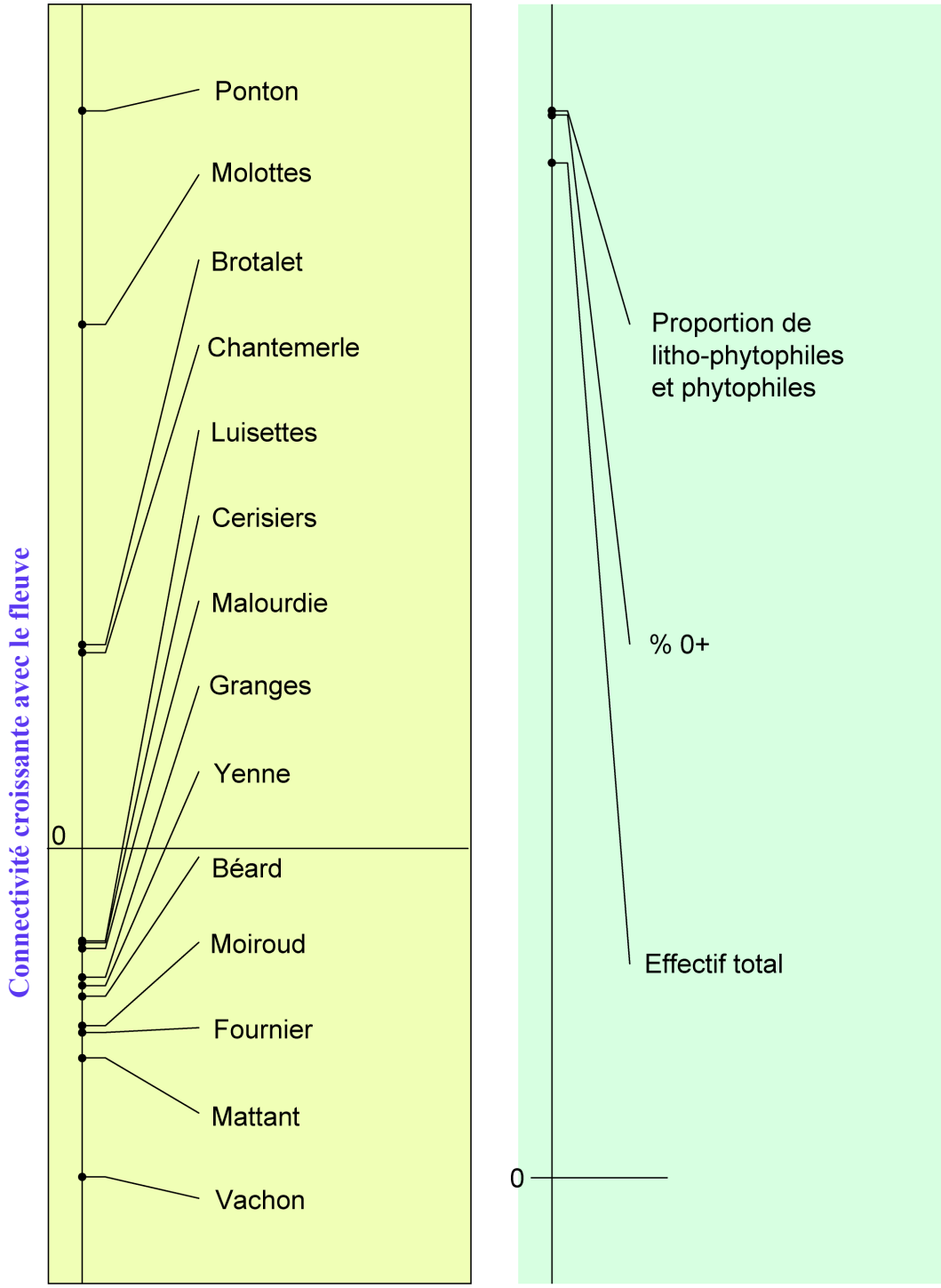


Figure 2.7.3 : ordination des lônes (à gauche) et des 3 variables retenues pour l'analyse (à droite) sur le premier axe de l'ACP normée inter-lônes du tableau comprenant les valeurs pour chacune des 3 variables des 14 lônes après restauration.

Les annexes fluviales offrent des conditions d'habitat très complémentaires de celles du chenal actif, permettant une biodiversité plus importante et un fonctionnement écologique plus complexe. Elles offrent ainsi des capacités de résilience au système fluvial plus importantes que dans les systèmes réduits à un axe unique (endiguement, chenalisation).

Les données des campagnes d'échantillonnage post-restauration montrent que les annexes abritent généralement des densités importantes (souvent des juvéniles de l'année, *cf.* plus

haut) et que certaines d'entre elles, même quelques saisons après restauration (temps de réponse court) abritent des espèces caractéristiques (tanche, rotengle, brème, bouvière, brochet etc.) et présentent des densités de juvéniles très fortes. (cas des lônes du Brotalet, du Ponton et des Molottes).

Deux principaux facteurs expliquent les différences entre les caractéristiques piscicoles des lônes suivies : le fait que ces milieux soient ou non ouverts à l'amont, le fait qu'ils soient ou non alimentés de manière importante par des eaux d'origine souterraine. L'ouverture à l'amont confère le plus souvent un caractère plus ou moins courant aux milieux (lône Vachon, lône des Cerisiers, lône Mattant) et la faune piscicole associée est souvent très similaire à celle du chenal principal. Dans certains cas comme l'Anse de Yenne et l'aval de la lône des Cerisiers, les eaux restent lentiques et la diversité des habitats (profondeur, abris ligneux, végétation aquatique) conditionne fortement l'abondance et la diversité de la faune piscicole. Il en est de même pour les lônes longues et sinueuses riche en habitats variés (comme Mattant). Parmi les lônes fermées à l'amont en période d'étiage, celles nettement alimentées (au moins dans leur partie amont) par des eaux phréatiques abritent une faune piscicole généralement peu abondante et peu diversifiée (Malourdie, Luisettes amont, Granges, Moiroud amont, Béard). En revanche, les lônes plus profondes et alimentées par reflux d'eau de surface (Molottes, Ponton) possèdent des caractéristiques écologiques (température, végétation aquatique, abris) très propices à la reproduction de certaines espèces (lithophiles et litho-phytophiles) et à la croissance des juvéniles.

Le suivi réalisé met en évidence des différences inter-annuelles importantes, avec des effectifs relativement bas dans les lônes de Belley pour la troisième année consécutive et des effectifs en forte hausse cette année pour plusieurs lônes de Brégnier-Cordon (Cerisiers, Mattant, Vachon) et en forte baisse pour des lônes acceuillant habituellement de forts effectifs (Molottes et Ponton). Ces chutes d'effectifs est à interprété avec prudence car les faibles niveaux d'eau observés lors de la campagne d'échantillonnage peuvent en être la cause, surtout dans les lônes faiblement connectées au Rhône. Les raisons du déclin observé des effectifs dans le secteur de Belley sont à suivre avec attention lors des suivis futurs, et l'analyse devra portée sur l'évolution des quantités de poissons dans ces milieux, sur les espèces rencontrées lors des pêches.

Une analyse intra-lônes (59% de la variabilité totale est dû à la variabilité intra-lônes, donc à l'évolution temporelle de la structure du peuplement au sein de chaque lône, Figure 2.7.3 ci-dessous) est réalisée sur les trois paramètres précédemment cités et porte uniquement sur les données post-restauration dans les lônes de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Elle montre que les trajectoires sont différentes d'une lône à l'autre et que les patterns d'évolution temporelle les plus marqués concernent soit une diminution des effectifs capturés (Cerisiers, Mattant, Fournier, Anse de Yenne, Granges, Cerisiers) soit un changement de structure lié à la composition spécifique du peuplement échantillonné (Brotalet, Chantemerle, Molottes, Ponton) soit des variations assez faibles (Malourdie, Luisettes). Les tendances restent néanmoins assez peu structurées et témoignent du caractère encore relativement incertain de l'évolution des peuplements de poissons au sein des lônes restaurées. On note la particularité de l'année 2011 qui s'écarte des autres années pour de nombreuses lônes, soit par de gros changements concernant les effectifs (Molottes, Ponton, Cerisiers, Mattant), et/ou par des changements de la composition du peuplement (Chantemerle, Ponton, Molottes).

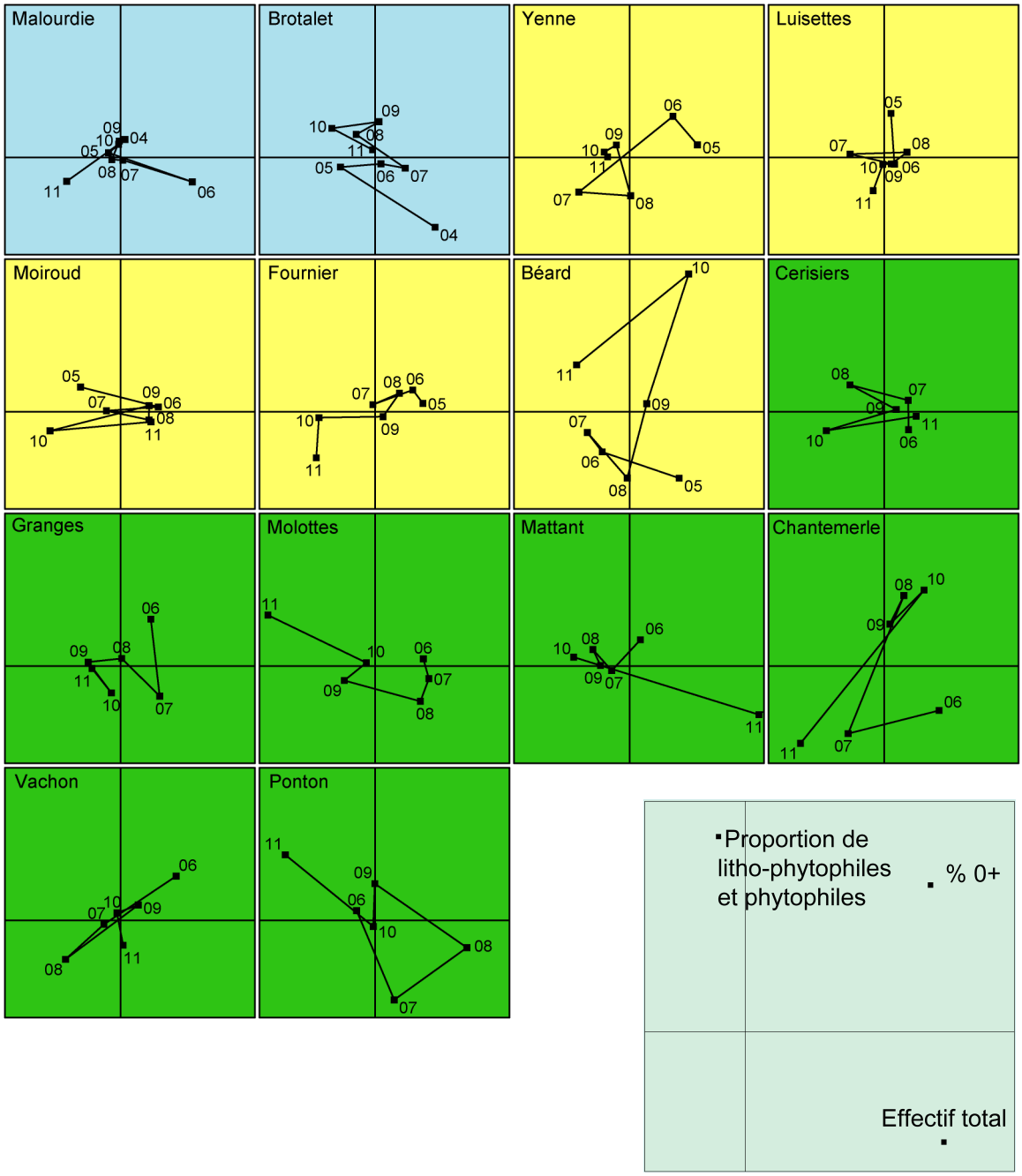


Figure 2.7.4 : ordination des dates d'échantillonnage pour chaque lône dans le plan F1 x F2 d'une analyse intra-classes (intra-lônes) sur une matrice comprenant 79 pêches et 3 variables. L'inertie prise en compte par les deux premiers axes de l'analyse représente 76% de l'inertie totale.

2.7.5. Conclusions

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

Les annexes fluviales sont des sites dans lesquels la production primaire et la production secondaire sont plus importantes que dans le chenal principal. Elles offrent des conditions de nutrition très favorables pour l'ensemble des classes d'âge des populations de poissons présentes, et en particulier pour les juvéniles qui trouvent là des aliments répondant à leurs exigences. Notons que sur le Bas-Rhône, ce rôle est également assuré par certains casiers « Girardon » en eau et partiellement connectés aux vieux-Rhône. Une question intéressante peut être alors posée : les différentes trajectoires individuelles décrites par des lônes ayant subi une restauration similaire mènent à penser que d'autres processus sont susceptibles de jouer un rôle dans leur évolution, notamment la qualité des producteurs primaires (et nutriments) et leurs disponibilités dans le milieu pour les premiers consommateurs (les juvéniles)

Parmi les 14 lônes suivies après restauration sur le Haut-Rhône, **trois d'entre elles (Brotalet, Molottes et Ponton) présentent des caractéristiques de zones annexes bénéfiques pour la reproduction et la croissance de nombreuses espèces de poissons**, qu'elles utilisent ou non la végétation comme substrat de ponte. **Au vu des résultats de cette année, un débit minimum semble nécessaire pour que ces fonctions soient assurées**. A Péage-de-Roussillon, le système **Platière** joue également ce rôle.

Sur le Haut-Rhône, les bras secondaires reconnectés par l'amont et l'aval (Anse de Yenne, Cerisiers, Vachon, Mattant) ont connu des évolutions à court terme variables après restauration. L'Anse de Yenne a perdu son caractère lotique très rapidement et constitue actuellement une zone d'abris pour les poissons du chenal, les densités restent néanmoins assez faibles, cette lône ne constitue pas un site privilégié pour la reproduction et la croissance des juvéniles. Les caractéristiques piscicoles de la lône des Cerisiers n'ont pas été changées fondamentalement après restauration, le principal problème étant la sédimentation rapide (limons) dans la partie médiane de la lône. **En 2011, la lône des Cerisiers semble plus en adéquation avec ses capacités d'acceuil relativement importantes. La lône Vachon**, malgré son caractère lotique marqué (au moins dans la partie amont), ne semblait pas très fréquentée par les poissons, **elle retrouve néanmoins des effectifs plus importants en 2011 qui correspondent mieux à ses conditions d'habitats**. **La lône Mattant a gardé ses caractéristiques de bras secondaire courant** et la faune piscicole est en adéquation avec ces conditions lotiques (truite, hotu, barbeau, spirlin, loche franche, chabot…), ses effectifs ont, de plus, fortement augmentés en 2012.

Les autres lônes restaurées (Malourdie, Luisettes, Moiroud, Fournier, Béard, Chantemerle, Granges) ne semblent pas pour l'instant présenter de caractéristiques particulièrement intéressantes pour les poissons (alimentation phréatique plus ou moins importante conditionnant la limpidité et le régime thermique). Pour la lône des Luisettes et la lône Moiroud, une évolution plus marquée vers une modification de fonctionnement plus favorable aux espèces attendues dans ce type de milieux (tanche, rotengle, brochet, bouvière,

gardon…) est peut-être possible au cours des années à venir. L'évolution post-restauration de la lône Béard compromet fortement sa colonisation par les poissons (excepté par les espèces résistantes aux fortes variations du taux d'oxygène).

L'évolution de la sédimentation dans les annexes restaurées est un facteur clef déterminant la qualité et la diversité de leurs habitats. Il est certain que le taux de sédimentation reste à surveiller en priorité dans les lônes restaurées et que l'évolution de leurs qualités écologiques en regard des exigences des poissons en dépend fortement.

L'analyse de l'évolution post-restauration permet de mettre en évidence des différences de qualité écologique entre les lônes et leur influence sur la fréquentation par les poissons. La variabilité inter-annuelle reste néanmoins importante (*cf.* résultats des pêches 2008 dans la plupart des lônes de Brégnier-Cordon) et seule une analyse des données collectées sur le moyen terme permet de caractériser les grandes tendances d'évolution. La poursuite de l'échantillonnage de l'ensemble de ces annexes et de celles qui seront réhabilitées ultérieurement fournira des données concernant les modalités d'utilisation de ces habitats par les poissons sur un gradient de connectivité et d'alimentation phréatique.

Pour les sites candidats à la restauration, l'échantillonnage destiné à caractériser l'état initial sera poursuivi en 2012 sur le secteur de Donzère. Pour les site restaurés fin 2011 et début 2012 (lône de la platière à Péage et lône de la Roussette à Montélimar), la première campagne d'échantillonnage post-restauration débutera en septembre.

3. Approche géographique

3.1 Chautagne

Poissons

Au sein du chenal principal, la vitesse moyenne du courant a doublé après augmentation du débit minimum. La tendance d'augmentation des espèces d'eau courante (de 11 à 22.3 %, notamment barbeau, ablette) se confirme sur différentes stations, et inverse en partie la tendance d'évolution depuis la construction du barrage. Elle valide les prédictions des modèles d'habitat. Les populations de salmonidés (truite et ombre), intéressantes sur le site, restent néanmoins en effectifs réduits.

On ne pourra définitivement conclure sur cet effet que lorsqu'il sera possible de montrer que les juvéniles de l'année des espèces « d'eaux courantes », qui constituent aujourd'hui la plus grosse part des effectifs échantillonnés, auront intégré les classes d'âges supérieures de la population et seront en mesure de se reproduire. Il devrait en découler un renforcement des populations avec des structures d'âges plus équilibrées.

Les deux lônes restaurées ont des caractéristiques physiques et biologiques différentes. La lône de la Malourdie est alimentée par des eaux froides et oligotrophes et ne présentent que peu d'habitats favorables pour les poissons. La lône du Brotalet, à l'opposé, possède des eaux plus chaudes propices au développement de la végétation aquatique. Cette lône (mise en réserve de pêche) constitue un site de qualité pour la reproduction et la croissance des jeunes poissons.

Macroinvertébrés du Vieux-Rhône.

Toutes campagnes confondues, **111 taxons** sont recensés dans ce secteur. Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Baetidae, des Hydropsychidae, des Hydroptilidae, des Chironomidae, des Simuliidae et des Gammaridae. L'Ephéméroptère *Potamanthus luteus*, le Trichoptère *Psychomyia pusilla* ou le Mollusque *Ancylus fluviatilis* sont particulièrement bien représentés.

Psychomyia pusilla

Avant restauration, **80 taxons** et **40222 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés. Au cours des campagnes post-restauration n+2, le nombre de taxons et les densités chutent de manière importante. Au cours des campagnes post-restauration n+4, n+5 et n+6, ces tendances sont complètement inversées. Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et que 2 ans après restauration. 23 taxons présents en pré-restauration ne

sont pas retrouvés en post-restauration n+6. La moitié de ces taxons sont des Gastéropodes, des Mollusques et des Diptères, généralement inféodés aux milieux lentiques. Inversement, lors de la campagne post-restauration n+6, 10 taxons qui étaient absents en pré-restauration et en n+2 et n+4 sont observés. Ce sont pour la plupart des taxons exogènes (*Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, ou *Gyraulus parvus*), ou rhéophiles (*Theodoxus fluviatilis*).

Ceci traduit les changements de composition des communautés benthiques qui se sont opérés dans l'hydrosystème depuis les opérations de restauration mais ces changements n'ont pas pour seule origine les opérations elles-mêmes. En effet, les variations hydro-climatiques, les interférences avec les espèces exogènes (pour l'instant peu connues), la gestion journalière des débits au niveau des barrages ou encore l'impact de micropolluants jouent probablement un rôle important dans la structuration des communautés de macroinvertébrés aquatiques.

Globalement, après restauration et en accord avec nos attentes, le nombre de taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) augmente.

Hydropsyche modesta

L'utilisation de données long terme avant restauration (1997-2002) et l'augmentation du nombre d'observations post-restauration améliore la performance du modèle FSTress (jusqu'à 33% de corrélation entre les prédictions et les observations 6 ans après restauration).

Sédimentation des lônes

Malourdie

Aucun relevé n'a été effectué avant les opérations de restauration. Ce bras mort possède un long bouchon amont, qui se retrouve submergé pour un débit estimé à 1050 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). Les vitesses de sédimentation enregistrées les premières années après la restauration étaient très fortes mais ont ensuite diminué rapidement (de 32,0 $cm.an^{-1}$ en 2004 à 7,4 $cm.an^{-1}$ en juillet 2011). Le bouchon amont graveleux tend à s'exhausser et à prograder vers l'aval (environ 20 m entre 2006 et 2009) ce qui indique que les écoulements sont relativement compétents lorsque le bras est connecté par l'amont. La totalité du linéaire est recouvert par des dépôts de sédiments fins. Le site a enregistré des processus érosifs entre les relevés d'octobre 2006 et d'octobre 2007 (taux annuel de sédimentation inter-observés moyen de -4,6 $cm.an^{-1}$). De la fin des travaux au mois de juillet 2010, l'extrémité aval de la lône forme un angle d'environ 90° avec le vieux-Rhône. Ces conditions de site ont facilité la mise en place rapide d'un bouchon alluvial, où la fraction sableuse domine (toujours présent en 2011). L'isolement relatif qui en résulte explique la forte décroissance des vitesses de sédimentation moyennes observées depuis 2004. La configuration de l'embouchure aval du site a été modifiée entre 2010 et 2011, suite à l'engravement du bras secondaire situé à proximité immédiate. La lône s'est allongée d'environ 50 m. Les dépôts se caractérisent par un grain médian très fin (limons moyens), une forte homométrie et une faible variabilité

interannuelle. La sédimentation se structure de manière uniforme et homogène sur le fond. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône (c'est-à-dire la* diminution de la hauteur d'eau moyenne) *sur la période février 2006 - août 2009 est de 15,1* cm.an^{-1} .

<u>Brotalet</u>

Là encore nous ne disposons pas d'un état initial avant restauration. Ce bras est déconnecté à l'amont et présente un débit de connexion estimé à 1375 m^3.s-1 (mesure validée). Le bras enregistre une sédimentation relativement forte au cours des premières années post-travaux puis diminuent progressivement par la suite, passant de 16,6 cm.an^{-1} en 2004 à 4,7 cm.an^{-1} en 2011. L'intense reflux et le marnage induits par la proximité du canal de restitution jouent un rôle essentiel dans l'organisation des retours d'eau. En 2006 après restauration (T+2), l'essentiel de la sédimentation se réalise dans la partie amont de la lône (plus de 80 % du stock sédimentaire total observé cette année là est localisé dans la première moitié du linéaire prospecté (soit dans les 320 premiers mètres de la zone en eau permanente). Une surélévation topographique se trouve à la moitié du linéaire restauré. Cet élément structurant favorise la sédimentation sur l'amont de la lône. Quant à la seconde moitié aval du bras, les dépôts de sédiments fins se mettent en place de manière progressive sur la période "février 2006 - juillet 2011". La période "août 2009- juillet 2011" est la plus favorable au dépôt sur cette section. A l'échelle de l'ensemble du site, on observe une homogénéisation progressive de la sédimentation, même si le tronçon amont stocke toujours un peu plus. Des processus érosifs ont été décelés sur la période « octobre 2006 - octobre 2007 ». En 2011, 98 % du fond est recouvert par les fines. Les conditions granulométriques enregistrées en fond de lône sont marquées par une forte variabilité. La lône présente des fonds constitués essentiellement de sables fins avec une variabilité interstationnelle plutôt forte sur la période 2005-2007, alors qu'elle fonctionne davantage en décantation entre 2007 et 2009. Les dépôts sont plus fins (sables très fins) et beaucoup plus homogènes entre les stations de prélèvements. La mise en place d'un bouchon à l'aval semble s'amorcer en juillet 2011. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 4,3* cm.an^{-1}.

3.2 Belley

Poissons

L'évolution de la structure des communautés de poissons du chenal de Belley est contraire aux prédictions (diminution de 48% à 30% de la proportion des espèces d'eaux courantes), avec une baisse importante des proportions de vandoises et d'ablettes. Ce résultat n'est pas lié au choix des stations de référence pour décrire l'état initial. Il faut noter que la description de l'état initial sur ce vieux-Rhône a révélé la grande diversité d'habitats de ce secteur et la richesse du peuplement piscicole. Il est donc possible que la forte diversité du site (restauration de lônes, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique Les résultats obtenus au cours du suivi post-augmentation du débit minimum ne doivent pas être considérés comme alarmants compte-tenu du fait que la variabilité inter-annuelle de l'échantillonnage due à des facteurs conjoncturels peut conduire à un sous-échantillonnage de certaines espèces. Le peuplement reste néanmoins particulièrement diversifié, avec la présence de blennies, d'ombres, de truites, de hotus et de lotes.

Le suivi de 5 lônes restaurées met en évidence qu'aucune d'entre elles ne constitue aujourd'hui une annexe fluviale favorable au développement d'importantes populations de poissons. La partie aval de la lône des Luisettes constitue un milieu de grande dimension difficile à échantillonner par pêche électrique, elle renferme des grands individus de tanche, brochet et gardons mais les densités ne semblent pas importantes. Même si les effectifs de 2011 ont été un peu plus élevé qu'en 2009 et 2010, ils restent relativement faibles en regard des autres stations du Haut-Rhône et encouragent à s'interroger sur l'évolution des caractéristiques d'habitat de ces lônes.

Macroinvertébrés du Vieux-Rhône.

Toutes campagnes confondues, **102 taxons** sont recensés dans ce secteur. Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Dugesiidae, des Baetidae, des Hydropsychidae, des Hydroptilidae, des Chironomidae, des Simuliidae et des Gammaridae. L'Ephéméroptères *Potamanthus luteus*, *Serratella ignita* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont aussi particulièrement bien représentés.

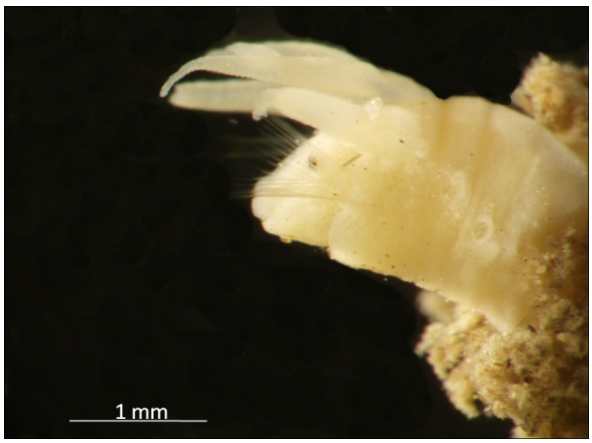
Avant restauration, **72 taxons** et **41174 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Belley. Au cours des campagnes post-restauration n+2, le nombre de taxons et les densités chutent de manière importante. Au cours des campagnes post-restauration n+4, ces tendances sont complètement inversées. Les densités sont mêmes plus importantes qu'avant restauration. Dans ce secteur, 21 taxons nouveaux sont observés en post-restauration n+4 dont 6 avaient fait leur apparition en n+2.

On note quatre années après restauration l'absence de 12 taxons qui faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains qui étaient encore présents deux ans après restauration. La plupart de ces taxons sont limnophiles e.g. *Acentria ephemerella, Cloeon dipterum, Hemiclepsis marginata*, *Bidessus* spp., *Hydraena* spp. ou ubiquistes e.g. *Valvata* spp. ou Pediciini.

Globalement, après restauration, en accord avec nos attentes, le nombre de taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) augmente.

Avant restauration, seules **4 espèces exogènes** étaient présentes. Deux ans après restauration, on notait l'apparition de quatre nouvelles espèces exogènes invasives : le

prédateur *Dikerogammarus villosus*, le bivalve *Corbicula fluminea*, le Polychète *Hypania invalida* (fortes densités sur ce secteur) et le Crustacé *Crangonyx pseudogracilis*. Quatre années après restauration apparaît une nouvelle espèce exogène : le Gastéropode *Gyraulus parvus*.



Hypania invalida (détails de la partie antérieure du corps de l'animal)

La comparaison des observations de terrain quatre années après restauration et les prédictions du modèle FSTress vont dans le même sens pour 48% des taxons abondants et pour lesquels des modèles de préférences hydrauliques pertinents existent. Ces pourcentages sont meilleurs quatre ans après restauration que deux ans après et on atteint 84% des taxons si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu en n+4 par rapport à n+2. Cependant, **l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions avant et après restauration ne nous permet pas de valider les prédictions du modèle FSTress.**

Sédimentation des lônes

Luisettes

Avant restauration, ce bras présentait des fonds graveleux et fonctionnait comme un bras secondaire semi-permanent. Le débit de connexion amont est estimé à 330 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). A l'aval, un seuil artificiel limite toutes possibilités de reflux à partir du Séran. Le suivi est réalisé sur les 400 premiers mètres amont de la zone en eau permanente. Les vitesses de sédimentation ralentissent rapidement au cours du temps (passant de 14 $cm.an^{-1}$ en 2006 à 1,3 $cm.an^{-1}$ en 2011). La sédimentation y est discontinue et affecte majoritairement les 200 derniers mètres aval (90% des dépôts observés en 2011). Le premier tiers amont de la zone en eau de ce site est très peu enclin au dépôt des alluvions fines en transit, signalant ainsi que les forces tractrices sont suffisantes lors de la connexion amont pour décaper. Les dépôts sont essentiellement constitués de sables très fins à fins. Ces conditions se maintiennent dans le temps. Des processus de décapage ont été mis en évidence entre février 2006 et octobre 2006 puis entre octobre 2006 et octobre 2007. En juillet 2011, 50% du fond de ce bras est recouvert par les sédiments fins (64,1% en février 2006 ; 43,5% en octobre 2006 ; 39,1% en octobre 2007 ; 50% en août 2009). Un parcours exhaustif du linéaire habituellement prospecté a été effectué en mars 2012. Il s'avère que le fond a été presque intégralement décapé suite à la crue de décembre 2011 (taux de couverture estimé à moins de 5%). La zone décapée correspond à l'arrivée d'un chenal de connexion secondaire situé à environ trois cent mètres en aval du bouchon amont. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période octobre 2006 - août 2009 est de 7,6* $cm.an^{-1}$.

Moiroud

Ce bras mort possède un bouchon alluvial amont et est connecté par l'aval à la lône des Luisettes via une buse. Le débit de connexion amont est estimé à 660 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). Le suivi est réalisé sur une longueur de 680 mètres en partant de l'aval. Les vitesses de sédimentation observées sur le long terme avant restauration sont estimées à 0,5 $cm.an^{-1}$. Après restauration les vitesses de comblement sont plus élevées (7,5 $cm.an^{-1}$ en février 2006) puis diminuent, jusqu'en octobre 2007 (3,0 $cm.an^{-1}$) et restent stables par la suite (2,7$cm.an^{-1}$ observés pour 2009 et 2011). Avant restauration, le fond de la lône est principalement recouvert par des limons grossiers. Immédiatement après les opérations (2006), les dépôts sont constitués de sables très fins. Depuis 2007, on observe un retour à des limons grossiers dominants. A la suite immédiate des travaux (février 2006, 75 % de la sédimentation totale se concentre dans les 340 premiers mètres amont de la lône. A présent, les épaisseurs de sédiments sont relativement homogènes sur l'ensemble du linéaire, même si localement certains tronçons piègent toujours un peu plus. Un décapage superficiel du fond a été mis en évidence entre octobre 2006 et octobre 2007, avec un passage de 83,8% à 64,2% de linéaire recouvert par les accumulations d'alluvions fines. En 2011, 95,6 % du fond de la lône est recouvert. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 4,5* $cm.an^{-1}$.

Fournier

A l'instar des observations réalisées avant restauration, cet ancien chenal fonctionne actuellement comme un bras courant semi permanent. Le débit de connexion amont est estimé à 110 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). Immédiatement après les opérations (février et octobre 2006) quelques plaques localisées de sédimentation fine sont présentes dans l'axe médian du chenal. Depuis 2007 ces tâches ont disparu, aucune sédimentation n'est enregistrée depuis. Seuls quelques dépôts non significatifs (persistants en 2011) sont observés à proximité des berges, dotées d'une rugosité plus importante. Le bras enregistre une baisse de la hauteur d'eau moyenne d'environ 26 cm sur la période février 2006 - octobre 2006, interprétée comme un ajustement de la nouvelle géométrie à un évènement hydrologique potentiellement morphogène (Avril 2006, Qmax = 1086 m3/s). Depuis octobre 2006 les hauteurs d'eau mesurées sont stables. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 9,2 $cm.an^{-1}$ (37,4* $cm.an^{-1}$ *entre février, puis octobre 2006 et 2,3* $cm.an^{-1}$ *entre octobre 2006 et août 2009).*

Ile Béard

Avant restauration, les vitesses de sédimentation étaient très faibles (0,7 $cm.an^{-1}$). Les zones en eau résiduelles, situées dans la partie amont de la lône, présentaient des dépôts de sédiments fins. Plus en aval le bras était totalement asséché et constitué d'un fond graveleux, recouvert de taches localisées de sables fins. Immédiatement après les travaux de restauration, le fond de la lône se compose de sables moyens à très fins. En 2007 et 2009, les dépôts sont majoritairement constitués de limons grossiers. Le débit de connexion amont est estimé à 1050 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). Les vitesses de comblement sont plus élevées qu'avant les travaux. Elles présentent une fluctuation interannuelle marquée, mais semblent se stabiliser après 2007 (2,3 et 3,3 $cm.an^{-1}$ en février puis octobre 2006 ; 1,0 en 2007, 1,7 $cm.an^{-1}$ en 2009, 1,8 $cm.an^{-1}$ en 2011). L'essentiel des dépôts se réalise sur deux sections préférentielles : à l'amont du cinquième plan d'eau, puis au niveau de la dernière mouille dans la partie aval de la lône. Ce site est celui qui enregistre la plus forte variabilité longitudinale du recouvrement du fond par

les sédiments fins, et ce, tant en phase de décapage (oct. 2006 - oct. 2007, -27,6%) que d'accrétion de matériaux (oct.2007 - août 2009, +43,1%). A ce titre, la lône possède les forces tractrices moyennes les plus élevées lors de sa connexion amont. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 9,9* cm.an^{-1}.

Lucey **:**

Ce bras est alimenté en amont *via* deux buses d'1 m de diamètre. Le suivi concerne les 1210 premiers mètres amont du bras. Au niveau des deux tiers amont de son linéaire, un passage à gué bétonné submersible et busé en fond de lône est présent. Les plaques sporadiques de sédiments fins observées après restauration se situent en amont immédiat de cet aménagement. On note qu'elles persistent dans le temps, que leur localisation est stable et que leur granulométrie est par contre très variable (des sables fins aux limons grossiers). En juillet 2011, la répartition des sédiments est plus homogène, 80% de l'épaisseur sédimentaire observée se trouve en amont du passage à gué, mais les dépôts sont plus importants. A l'instar des conditions qui avaient été observées lors de l'état initial, le système est essentiellement graveleux de février 2006 à août 2009 (4,9% en février 2006 ; 18,9% en octobre 2006 ; 4,1 % en octobre 2007 ; 6,6% en août 2009). La lône est particulièrement sensible au contexte hydrosédimenatire de la période 2009-2011, puisqu'en juillet 2011 41,3 % du linéaire est recouvert. Notons que les buses amont étaient obturées au 3/4 lors de nos relevés en juillet 2011. Ces accumulations restent peu significatives, mais il est important de surveiller qu'elles n'entraînent pas la mise en place à terme d'un bouchon alluvial "intermédiaire". *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 2,4* cm.an^{-1}.

En île - Anse de Yenne **:**

Avant restauration, aucune trace de sédimentation fine n'avait été observée. Le suivi est effectué sur une longueur totale de 560 mètres. Étant donné que ce bras est connecté en permanence à l'amont et à l'aval, son fonctionnement hydrologique est calqué sur celui du vieux-Rhône. Des dépôts de fines n'ont été observés le long de l'axe médian que lors des relevés de février 2006 et de juillet 2011. Quelques "tâches" localisées de fines (persistantes en 2011) sont présentes à proximité des berges. En 2006, une seule plaque de dépôt localisée à la moitié du linéaire suivi était observée. Elle se composait de sables moyens. Les dépôts enregistrés en 2011 sont localisés sur le même tronçon et une autre plaque est observée sur les premiers mètres amont du bras. En juillet 2011, 24,6% du fond de ce bras courant est recouvert par les sédiments fins (11,8% en février 2006 ; 0% en octobre 2006, en octobre 2007, ainsi qu'en août 2009). Nous ne connaissons pas la variabilité granulométrique des alluvions grossières sur ce site. La mise en place d'un bouchon amont est à surveiller. Le bras enregistre une baisse continue de la hauteur d'eau moyenne depuis février 2006, ce qui indiquerait que la géométrie du bras n'est toujours pas ajustée. Cet abaissement de la hauteur d'eau mesurée diminue progressivement au cours du temps *(13,6* cm.an^{-1} *entre février 2006* cm.an^{-1} *et octobre 2006 ; 9,4* cm.an^{-1} *entre octobre 2006 et octobre 2007, puis 5,6* cm.an^{-1} *entre octobre 2007 et août 2009).* Un parcours exhaustif du linéaire habituellement prospecté a été effectué en mars 2012. Il s'avère que le fond a été décapé lors de la crue de décembre 2011 (la plaque localisée dans les premiers mètres amont du bras a disparu). Le taux de couverture n'a pas pu être quantifié étant donné que le fond du bras n'est pas visible sur l'ensemble du linéaire. Nous avons également observé que la section aval du bras a été fortement remaniée. Un bouchon alluvial s'est formé au cours de cet évènement à l'aval de la lône d'En-île (bras septentrional de la Anse-de-Yenne) par progradation de matériaux grossiers (essentiellement arrachés aux berges). Même si le volume du bouchon est important,

la prochaine crue devrait permettre à ce matériel de transiter. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période février 2006 - août 2009 est de 8,2* cm.an^{-1}.

Végétation des lônes

Statut des lônes en 2009	Niveau de trophie	Alimentation en Eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Moiroud	Méso-eutrophe	Faibles	Intermédiaire	Présents	22	*Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii, Impatiens glandulifera*	
Fournier	Méso-eutrophe	Faibles	Elevé	Très faibles et ponctuels	10	algues filamenteuses	*Elodea nuttallii, Impatiens glandulifera*	
Béard	Méso-eutrophe	Présents	Faible à intermédiaire	Absents	37	*Lemna trisulca*	*Elodea nuttallii, Elodea canadensis* et *Reynoutria japonica*	*Sparganium emersum*
Luisettes	Mésotrophe	importants	Intermédiaire	Présents	26	*Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii, Impatiens glandulifera*	*Sparganium emersum*

Macroinvertébrés des lônes

Quatre années environ après leur restauration au cours de l'hiver 2003-04 et l'augmentation des débits réservés dans le Rhône court-circuité de Belley, l'étude des communautés d'invertébrés aquatiques de cinq lônes du secteur peut être résumé comme suit :

Lône Béard – Une lône exceptionnelle à l'échelle du secteur par sa richesse taxonomique indiquant des conditions d'habitat très diversifiées. Cette richesse a été accentuée par la restauration. L'atterrissement rapide pose la question de la pérennité - à l'échelle du secteur - de tels stades transitoires particulièrement diversifiés.

Lône Fournier – La lône demeure très riche en espèces d'insectes. Toutefois, une tendance à la baisse de cette richesse et à la croissance concomitante des densités d'espèces invasives doit être suivie.

Lône de Lucey – La lône est un exemple d'augmentation modérée de la richesse consécutive à la restauration, accompagnée d'une croissance de la richesse des espèces exogènes et de leur densité.

Lône d'En l'Ile – Les indicateurs faunistiques traduisent le succès de la création d'un chenal courant permanent. Avec Fournier et Béard, une troisième lône particulièrement riche en espèces d'insectes après restauration dans le secteur de Belley. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Luisettes – La faune benthique ne traduit pas d'évolution notable post-restauration. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Lône Moiroud - Comme dans la lône des Luisettes, la faune benthique traduit un maintien des conditions pré-restauration en termes de richesse. Comme à Béard, l'atterrissement local doit être suivi à l'amont de la lône et son impact sur les communautés évalué. La prévalence des espèces exogènes demeure faible en termes de proportion et de densité.

Du point de vu des changements de composition faunistique post-restauration des stations à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Belley, la dérive temporelle de chaque site considéré individuellement montre :

- les changements post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord majoritairement dans le sens d'une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;

- des changements importants ont lieu dans des sites très modifiés par recreusement ou reconnexion : BEARam et av, ENILam et av, mais également dans certains sites non modifiés du point de vue sédimentaire (MOIRam, LUCEam) ;

- dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : BEARam et av, MOIRam et av, LUISam, FOURam et av, ENILav. Le « retour » à t+4 vers un état proche de la situation pré-restauration est particulièrement notable dans les mouilles amont de MOIRam et LUISam. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour LUISav, LUCE et ENILam.

- Les lônes de Chantemerle et Lucey sont, comparativement, les plus stables du point de vue faunistique au cours de la période d'étude.

Du point de vu de l'impact de la restauration sur la richesse des communautés d'invertébrés :

- la restauration entraine à t+2 une chute significative de la **richesse des mollusques gatéropodes** (de 16.5 ± 0.6 à 12.8 ± 1.1 espèces pour 1'000 individus). Quatre ans après restauration, la situation est revenue à l'état initial (15.6 ± 1.3). Les quatre sites « nouveaux » de Belley suivent exactement la même tendance avec un fort enrichissement entre t+2 et t+4.
- la restauration entraine une augmentation significative de la **richesse des insectes EPT** à t+2 (de 18.4 ± 2 à 23 ± 2 taxons) et son maintien à t+4 (22.4 ± 1.7 taxons pour 500 individus). Les sites « nouveaux » ont un niveau relativement faible et déclinant (16.8 ± 2, puis 14 ± 1.6).

Du point de vu des espèces exogènes :

- par rapport à la situation décrite avant restauration, les espèces d'invertébrés aquatiques non-indigènes sont en expansion très marquée, tant au niveau du nombre d'espèces rencontrées que de leur densité. Les plus grands nombres d'espèces non-indigènes sont rencontrés dans les milieux les plus connectés au fleuve, qui est leur vecteur de dispersion. Cette progression particulièrement marquée dans les lônes connectées au fleuve s'effectue cependant avec une grande divrsité de tendances et d'amplitudes selon les lône. Les milieux recreusés lors de la restauration montrent des augmentations très fortes de la densité des espèces non-indigènes. L'apparition ou l'augmentation d'espèces à fort potentiel d'interaction avec les espèces indigènes est un phénomène marquant dont il conviendra de suivre le développement. C'est notamment le cas de *Dikerogammarus villosus*, un prédateur très efficace, et de *Corbicula fluminea* et *Hypania invalida* qui modifient les conditions d'habitat respectivement par le dépôt de leurs coquilles vides ou la construction de tubes.

- De même, s'il est clair que l'augmentation des connexions entre le fleuve et les lônes facilite l'introduction dans celles-ci des espèces non-indigènes propagées par le fleuve, cette portion du système rhodanien se situe aujourd'hui dans un contexte de flux croissant de ces espèces. Neuf espèces non-indigènes au Rhône sont donc maintenant répertoriées dans les cinq lônes suivies (un Annélide Polychète *Hypania invalida*, deux Crustacés Amphipodes *Crangonyx pseudogracilis* et *Dikerogammarus villosus*, un Crustacé Décapode *Orconectes limosus*, deux Mollusques Bivalves *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha* et trois Mollusques Gastéropodes *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella heterostropha / acuta* et *Gyraulus parvus*). Trois d'entre elles n'avaient pas été trouvées dans ces lônes en 2003-04 (*H. invalida,*

D. villosus et *C. pseudogracilis*). Le nombre médian d'espèces non-indigènes par quadrats en 2003-04 était de 1 (intervalle interquartile 0 - 2), il est de 3 en 2007 (intervalle interquartile 2 - 5). Cette différence est significative (test de Wilcoxon $p=7x10^{-12}$). Il est difficile de faire la part entre la facilitation de ces espèces par la restauration et l'amplification contemporaine de leur flux liée à des causes plus globales.

Au-delà des tendances générales, l'hétérogénéité des trajectoires individuelles décrites pour des lônes ayant subi des restaurations très similaires, pose la question de la compréhension de processus non pris en compte jusqu'ici dans une approche très descriptive. Il serait ainsi pertinent d'étudier les phénomènes de production primaire et d'importation de nutriments ou de matière organique dans certains sites restaurés à « comportements » contrastés. De même, des différences de transfert trophique ou d'interactions avec les prédateurs (poissons) seraient à appréhender pour comprendre la divergence des communautés dans des sites ayant des fonctionnements hydrologiques proches.

3.3 Brégnier-Cordon

Poissons

Peu d'évolution notable du peuplement de poissons échantillonné à Brégnier après augmentation du débit réservé, une observation à rapprocher du fait que les changements hydrauliques sont mineurs sur ce site.

Le site de Brégnier-Cordon a toujours été considéré comme un secteur possédant une grande diversité de milieux en raison de la présence de nombreuses annexes fluviales. Une partie des annexes affectées par la mise en service de l'aménagement hydroélectrique a été restaurée en 2005-2006 et plusieurs types de milieux ont été recréés. Parmi eux les lônes Vachon et Mattant constituent actuellement des bras secondaires courants qui abritent des espèces de poissons rhéophiles et notamment des classes d'âges intermédiaires de hotus et de barbeaux, ainsi que des truitelles et des chabots. La lône des Cerisiers révèle cette année son fort potentiel d'acceuil pour le populations piscicoles (à la fois sur les juvéniles, les sub-adultes et les adultes), qui est lié à la diversité de ses habitats. Les lônes des Molottes et du Ponton, recreusées sur une partie de leur tracé, fonctionnent comme des zones de reproduction et de grossissement pour de nombreuses espèces de poissons. Elles jouent un rôle tout à fait complémentaire à celui du chenal courant.

Macroinvertébrés du chenal

Toutes campagnes confondues, **108 taxons** sont recensés dans ce secteur. Le peuplement est dominé par des espèces de la famille des Dugesiidae, des Elmidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Gammaridae. Le Mollusque *Theodoxus fluviatilis* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont aussi particulièrement bien représentés.

Theodoxus fluviatilis

Avant restauration, **86 taxons** et **36719 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Brégnier-Cordon. Malgré des densités plus faibles que dans les RCC de Chautagne et de Belley, ce secteur est le plus riche avant restauration parmi les 6 RCC pour lesquels des données sont actuellement disponibles. Au cours des campagnes post-restauration n+3, le nombre de taxons et les densités diminuent (80 taxons et 29529 individus par m^2).

Avant restauration, **6 espèces exogènes** étaient présentes. Trois ans après restauration, on notait l'apparition de deux nouvelles espèces exogènes invasives : le prédateur *Dikerogammarus villosus* et le Polychète *Hypania invalida*.

Sédimentation des lônes

Chantemerle

Cette lône est située sur le Rhône total en aval de la restitution de Brens. Elle a été restaurée au cours de l'Hiver 1993-1994. En 2003, un bouchon alluvial artificiel a été mis en place. Bien que présentant une fréquence de connexion amont élevée (débit de connexion estimé à 430 m^3.s^{-1} (à confirmer), la lône fonctionne principalement comme un bassin de décantation. En effet, les dépôts se caractérisent par une granulométrie relativement fine (limons moyens) associée à une très faible variabilité interannuelle. Toutefois la lône conserve des zones graveleuses plus ou moins stables dans le temps. Ceci s'explique par la fréquence élevée des connexions amont. En juillet 2011, 70,8% du fond de ce bras est recouvert par les sédiments fins (68,7% en octobre 2006 ; 60,4% en octobre 2007 ; 54,2% en août 2009). Les processus de décantation sont effectifs dès lors que le bras mort est déconnecté à l'amont. Les vitesses de comblement sont stables au cours du temps (env. 2 cm.an^{-1}).

Granges

La lône se trouvait initialement perchée au dessus du chenal actif et était asséchée. Aucun dépôt de sédiments fins n'était observé. Après restauration, ce système sédimente selon des vitesses variées (4,1 cm.an^{-1} en 2006, 0,6 cm.an^{-1} en 2007 et 1,4 cm.an^{-1} en 2009 et en 2011). Le débit de submersion du bouchon amont est estimé à 860 m^3.s^{-1} (à confirmer). La sédimentation s'organise longitudinalement dans des sections préférentielles : une mouille située dans le premier tiers amont du bras mort et à l'extrémité aval où les dépôts se réalisent en plaques sporadiques à la suite immédiate des travaux ; ceux-ci tendent progressivement à s'homogénéiser. Des processus érosifs ont été décelés sur la période « octobre 2006 - octobre

2007 ». La lône a enregistré une phase de décapage entre octobre 2006 et octobre 2007. En juillet 2011, 41,6% du fond de ce bras est recouvert par les sédiments fins (13,8% en octobre 2006 ; 6,9% en octobre 2007 ; 30,7% en août 2009). Les dépôts de fines comportent une forte variabilité granulométrique interstationnelle. Ils se composent de sables moyens à très fins sur l'amont de la lône et de limons moyens sur la partie aval. *La vitesse d'atterrissement moyenne de la lône sur la période octobre 2007 - août 2009 est de 4,2 cm.an*$^{-1}$.

Vachon

Avant les opérations de restauration, aucune trace de sédimentation fine n'était observée. Le système fonctionnait comme un bras secondaire intermittent. A présent le bras est connecté à l'amont et à l'aval avec le vieux-Rhône de manière permanente. Ce fonctionnement courant empêche le dépôt des alluvions fines. Aucun dépôt de sédiments fins n'a été observé depuis la mise en place du suivi. La hauteur d'eau moyenne du bras a diminué d'une trentaine de centimètres entre l'automne 2006 et l'automne 2007. Lors des relevés de juillet 2011, un atterrissement graveleux en formation le long de l'axe médian a été observé à environ 180 mètres de l'embouchure amont. Ces observations montrent que le transport solide grossier est actif dans ce bras. L'éventuelle mise en place d'un bouchon alluvial amont et l'engravement de la lône sont à surveiller.

Cerisiers

Avant restauration, les vitesses de sédimentation étaient très faibles (0,6 cm.an^{-1}). Le bras enregistrait des dépôts de granulométrie très variable se composant de sables moyens à fins ainsi que de limons moyens. Les travaux ont consisté en un curage de l'atterrissement localisé à la confluence de la lône avec la Bièvre. Ce bras courant semi permanent possède un débit de connexion amont estimé à 100 m^3.s^{-1} (à confirmer). Après travaux, l'essentiel de la sédimentation se réalise au sein d'une section plus profonde située au droit de la confluence avec la Bièvre. Une seconde zone profonde se situant approximativement au deux tiers du linéaire total explique également une part non négligeable du stock sédimentaire total observé. La granulométrie des dépôts enregistrés après intervention est similaire à celle observée dans les conditions initiales. Les vitesses de sédimentation sur les sections non-restaurées sont du même ordre que ce que l'on observe avant-travaux (0,4 cm.an^{-1} en octobre 2006 ; 0,2 cm.an^{-1} en octobre 2007 ; 0,4 cm.an^{-1} en août 2009 ; 0,8 cm.an^{-1} en juillet 2011). Les vitesses de sédimentation mesurées sur la section non-restaurée sont beaucoup plus fortes et augmentent au cours du temps (7,7 cm.an^{-1} en octobre 2006 ; 10,5 cm.an^{-1} en octobre 2007 ; 12,7 cm.an^{-1} en août 2009 ; 12,5 cm.an^{-1} en juillet 2011). Ces résultats montrent que les effets des travaux ne sont ici que peu durables.

Mattant

Ce bras actif permanent est alimenté par la lône des graviers Grand Jean et se jette dans la lône de la Fonde. Avant restauration, le rythme de comblement était faible (0,7 cm.an^{-1}) et les dépôts se composaient majoritairement de sables moyens. Immédiatement après les travaux, le système a enregistré une tendance au comblement plus prononcée (4,5 cm.an^{-1} en 2006), mais en 2009 la vitesse de sédimentation annuelle moyenne n'est plus que de 0,1 cm.an-1, puis devient nulle en 2011. En 2009, une seule zone de sédimentation est observée et se situe au droit d'une berge ayant récemment fait l'objet d'une intervention en génie végétal. Ce dépôt est constitué de sables moyens. Aucun dépôt de sédiment fin n'a été observé lors des relevés d'août 2011. La mise en place d'un bouchon amont est à surveiller.

Molottes

Dans son état initial cette lône déconnectée à l'amont était dans un état de comblement avancé, même si la vitesse moyenne de sédimentation calculée sur le long terme était faible (2,2 cm.an^{-1}). Les dépôts d'alluvions fines étaient constitués de limons moyens et se caractérisaient par leur forte homométrie, typique d'un fonctionnement en décantation. Seuls les 250 derniers mètres de la lône s'inscrivent dans le suivi. Après restauration, les vitesses de sédimentation mesurées sont très élevées mais l'intensité diminue au cours du temps (47,4 cm.an^{-1} en 2006 ; 17,0 cm.an^{-1} en 2007 et 15,2 cm.an^{-1} en 2009 et 12,8 cm.an^{-1} en 2011). Ces taux sont à revoir étant donné que le curage des alluvions fines jusqu'au toit de gravier n'a pas été systématique sur ce site en raison d'une forte instabilité des berges. La propension de la lône à décanter a été exacerbée par le curage du fond. La sédimentation se réalise de manière uniforme et homogène sur le linéaire. La lône enregistre des processus érosifs entre les relevés d'octobre 2006 et d'octobre 2007 (taux annuel de sédimentation inter-observés moyen de -19,2 cm.an^{-1}). La granulométrie des particules fines correspond à présent à la classe des limons fins. Le fort reflux en provenance de la lône de la Fonde et un angle de connexion aval proche de 90° sont les principaux facteurs explicatifs de cette dynamique sédimentaire.

Ponton

Avant restauration, ce bras mort fonctionnait comme un bassin de décantation. D'importants dépôts constitués de limons grossiers à fins étaient observés, mais la vitesse moyenne de sédimentation à long terme demeurait faible (2,9 cm.an^{-1} en 2004). Seuls les 200 derniers mètres aval de la lône sont suivis. Après restauration, les dépôts de sédiments se composent de limons fins se caractérisant par leur homométrie et une faible variabilité interannuelle. Les vitesses de sédimentation sont très proches de celles observées sur la lône des Molottes. Elles sont tout d'abord élevées, puis décroissent au cours du temps (52,8 cm.an^{-1} en 2006 ; 16,7 cm.an^{-1} en 2007 ; 15,1 cm.an^{-1} en 2009 ; 11,6 cm.an^{-1} en 2011). Le fond est recouvert d'une couche uniforme et homogène de sédiments fins, typique de dépôts issus d'une suspension uniforme. Là encore les retours d'eau intenses en provenance du Rhône total et un angle de connexion aval proche de 90° sont en causes. Ce bras mort enregistre des processus érosifs entre les relevés d'octobre 2006 et d'octobre 2007 (taux annuel de sédimentation inter-observés moyen de -28,7 cm.an^{-1}).

Végétation des lônes

Statut des lônes en 2010	Niveau de trophie	Alimentation en Eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Ponton	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire	Présents et dominants	11	*Phragmites australis* et *Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii*	
Granges Nord	Eutrophe	Absent	Elevé	Présents	13	*Phalaris arundinacea*	*Elodea nuttallii*	
Chantemerle	Eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	9	*Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum*	*Elodea nuttallii*	
Petite lône aval de Chantemerle	Eutrophe	Absent	Faible	Présents et dominants	4	*Phragmites australis* et *Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii*	
Les Molottes	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Fort pour les processus d'alluvionnement	Présents et Dominants	18	*Elodea nuttallii, Phalaris arundinacea* et *Echinochloa crus-galli*	*Elodea nuttallii, Impatiens glandulifera*	*Sparganium emersum*
La Plaine (2008) non restaurée	Eutrophe	Présent	Faible à très faible	Présents	12	*Ceratophyllum demersum* et *Hydrocharis morsus-ranae*	*Elodea nuttallii*	*Hydrocharis morsus-ranae*

Macroinvertébrés des lônes

Quatre années environ après leur restauration au cours de l'hiver 2005-06, l'étude des communautés d'invertébrés aquatiques de six lônes du secteur de Brégnier-Cordon peut être résumé comme suit:

Lône des Granges - La lône est un exemple d'augmentation des richesses en insectes EPT dans un contexte de recreusement sans reconnexion complète. Les espèces exogènes demeurent à faible niveau.

Lône Vachon - La composition des communautés d'invertébrés change profondément en réponse à la reconnexion amont-aval, mais les richesses taxonomiques sont peu modifiées. Les espèces exogènes augmentent en richesse et en densité.

Lône des Molottes - La portion restaurée de la lône connait une claire augmentation des richesses taxonomiques, mais également une progression marquée et constante au fil des trois dates, des richesses et densités d'exogènes.

Lône Mathan - Comme dans la lône des Molottes, la composition de la communauté est transformée par la restauration. Les richesses réagissent plus fortement du fait du caractère très temporaire de la lône avant restauration. L'augmentation des espèces exogènes est marquée, leurs densités demeurent basses.

Lône Ponton - La restauration de la zone aval entraine une progression de la richesse de la communauté. La richesse en espèces exogènes augmente également, sans qu'il y ait de tendances nettes au niveau de leurs densités.

Du point de vu des changements de composition faunistique post-restauration des stations à l'échelle de l'ensemble des lônes étudiées à Berégnier-Cordon, la dérive temporelle individuelle de chaque site restauré ou non resturé montre :

- comme à Belley, les changements faunistiques post-restauration (transition pré-restauration / t+2) se font tout d'abord dans un sens indiquant une augmentation de la connectivité avec le fleuve ;
- des changements radicaux ont lieu à Vachon, reconnectée par l'amont au Rhône, et à Mathan, où le thalweg asséché, parsemé de quelques mouilles, a été transformé en un chenal à

courant permanent. La composition faunistique de ces deux lônes converge dès t+2 vers celle de la lône du Tonkin, référence lotique du secteur. Des changements importants caractérisent aussi l'aval des Molottes (MOLOav), où une mouille temporaire à été très approfondie et connectée par l'aval au Rhône.;

- également comme à Belley, dans plusieurs cas, les changements faunistiques observés entre t+2 et t+4, s'effectuent dans le sens d'un retour, de plus faible ampleur, vers la situation initiale : GRANav, MOLOav, PONTav, VACH. La poursuite d'un changement dans le même sens a lieu pour GRANam et MATH. Dans tous les cas, les changements entre t+2 et t+4 (ou t+5 pour VACH) pour les sites restaurés, sont d'un ordre de grandeur très inférieur à celui observé entre la situation pré-restauration et t+2;

- les changements faunistiques mesurés dans les sites non restaurés témoignent d'une stabilité supérieure à celle des sites restaurés. Des « oscillations » sont observables, souvent dans des milieux de petite taille (MOLOam, PONTam, PLAINam) comme c'était le cas à MOIRam du secteur de Belley.

Du point de vu de l'impact de la restauration sur la richesse des communautés d'invertébrés :

- Les analyses montrent qu'il n'y a pas de changement à t+2 de la **richesse des mollusques gatéropodes,** et révèlent une chute significative à t+4 (13.8 ± 0.7). Il est certain que les lônes restaurées suivies à Brégnier-Cordon ont globalement subi une augmentation de connectivité plus forte qu'à Belley (4 lônes sur 5 reconnectées au fleuve), ce qui tend à entrainer une évolution de la richesse en gastéropodes vers le niveau des témoins courants.
- la restauration entraine une augmentation majeure de la **richesse raréfiée en insectes EPT**, conduisant les sites restaurés du niveau des témoins stagnants (10.4 ± 1.6 taxons pour 500 individus) à celui des témoins courants (27 ± 1.2). Comme dans le cas des mollusques gastéropodes, cette richesse décline légèrement, mais de façon significative à t+4 (22.9 ± 1.7 taxons).

Du point de vu des espèces exogènes :

- la proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes ne s'accroit pas significativement au sein des communautés, mais le nombre d'espèces de ce type augmente significativement dans les milieux restaurés. Les plus grands nombres d'espèces non-indigènes sont rencontrés dans les milieux les plus connectés au fleuve, qui est leur vecteur de dispersion. Toutefois, une espèce à stratégie manifestement différente (le mollusque *Gyraulus parvus*), colonise également en grande abondance les milieux stagnants, déconnectés et riches en végétation aquatique. Comme dans le secteur de Belley, l'apparition ou l'augmentation d'espèces à fort potentiel d'interaction avec les espèces indigènes est un phénomène marquant dont il conviendra de suivre le développement. C'est notamment le cas de *Dikerogammarus villosus*, un prédateur très efficace, ainsi que de *Corbicula fluminea* et *Hypania invalida* qui modifient les conditions d'habitat respectivement par le dépôt de leurs coquilles vides ou la construction de fourreaux limoneux.
- de même, s'il est clair que l'augmentation des connexions entre le fleuve et les lônes facilite l'introduction dans celles-ci des espèces non-indigènes propagées par le fleuve, cette portion du système rhodanien se situe aujourd'hui dans un contexte de flux croissant de ces espèces. En témoignent les résultats des prélèvements effectués dans les tronçons court-circuités. Il est donc difficile de faire la part entre la facilitation de ces espèces par

la restauration et l'amplification contemporaine de leur flux liée à des causes plus globales.

Au-delà des tendances générales, l'hétérogénéité des trajectoires individuelles décrites pour des lônes ayant subi des restaurations très similaires, pose la question de la compréhension de processus non pris en compte jusqu'ici dans une approche très descriptive. Il serait ainsi pertinent d'étudier les phénomènes de production primaire et d'importation de nutriments ou de matière organique dans certains sites restaurés à « comportements » contrastés. De même, des différences de transfert trophique ou d'interactions avec les prédateurs (poissons) seraient à appréhender pour comprendre la divergence des communautés dans des sites ayant des fonctionnements hydrologiques proches.

3.4 Miribel-Jonage

Poissons

Le peuplement de poissons échantillonnés dans le cadre de l'établissement de l'état initial apparaît comme très particulier en raison du très faible nombre « grands cyprinidés » tels que les barbeaux adultes. Néanmoins, le hotu (autre grand cyprinidé) présente, ces deux dernières années, une population bien installée dans ce secteur avec une structuration en classes de taille notable. Les espèces de petite taille comme le vairon et le spirlin sont également très abondants.

Macroinvertébrés

Avant restauration, **66 taxons** et 27663 individus par m^2 (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Miribel. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique parmi les plus faibles pour les secteurs du Haut-Rhône avant restauration. Ce secteur présente 20 taxons de moins que le secteur amont le plus proche (Brégnier-Cordon). Le peuplement est dominé par des espèces de la famille des Dugesiidae, des Asellidae, des Baetidae, des Elmidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Gammaridae. Le Mollusque *Corbicula fluminea* est particulièrement bien représenté.

Avant restauration, seules **4 espèces exogènes** étaient recensées : *Corbicula fluminea, Dreissena polymorpha, Dugesia tigrina* et *Potamopyrgus antipodarum.*

Corbicula fluminea

3.5 Pierre-Bénite

Poissons

Le chenal de Pierre-Bénite est le site le plus démonstratif des effets de l'augmentation des débits. Suite au changement notable des vitesses, la proportion des poissons typiques des eaux courantes a suivi (ex : proportions de barbeau fluviatile, hotu, ablette et vandoise passée de 14% à 42%). Le peuplement se rapproche ainsi des images avant aménagement, en accord fort avec les prédictions puisque 75% des changements de densités des principaux taxons de poissons ont pu être prédits avec succès. Le déclin de la vandoise a peut être été freiné, mais les augmentations de température auront probablement l'effet inverse.

Concernant les poissons des lônes, nous ne disposons pas d'état initial pré-restauration, il est donc difficile de permettre d'exprimer les effets produits par la restauration. Cependant, l'analyse des stocks de poissons, cette année 2011, indique que les trois lônes restaurées ont une population de poissons composée dans leur grande majorité par des juvéniles de l'année (>77%). Avec 17 espèces, Ciselande semble posséder une richesse spécifique importante liée à la diversité de ses habitats.

Macroinvertébrés du vieux Rhône

Le secteur de Pierre-Bénite est échantillonné, depuis 1995, à l'aide d'un filet Surber et d'une drague alors que l'ensemble des autres secteurs suivis du Rhône est échantillonné à l'aide d'un cylindre de Hess (benthomètre). Afin d'appliquer le même protocole sur l'ensemble des secteurs suivis du Rhône, une comparaison des méthodes d'échantillonnages a été initiée sur ce secteur. Dans l'attente de ces résultats, il ne sera présenté ici que l'analyse des données issues du suivi post-restauration n+10 réalisé avec le protocole « benthomètre ».

Lors des campagnes printemps et été post-restauration n+10, un total de **55 taxons** sont recensés dans ce secteur. Malgré cette faible richesse taxonomique, la densité observée sur ce secteur, avec un total de **54726 indiv/m2,** est la plus forte des secteurs suivis du Rhône. Le peuplement est dominé par les Diptères Chironomidae et Simuliidae, les Crustacés *Jaera istri*, *Dikerogammarus villosus* et *Chelicorophium* spp., le Mollusque *Ancylus fluviatilis* et les Trichoptères *Psychomya pusilla* et *Hydropsyche* spp.

Avec **13 taxons exogènes** recensés en 2010, le secteur de Pierre-Bénite fait partie, avec Péage-de-Roussillon, des secteurs suivis du Rhône les plus affectés par les espèces invasives. C'est dans ce secteur que sont observées les plus grandes densités de *Dikerogammarus villosus* (1238 indiv/m^2) et *Jaera istri* (13031 indiv/m2).

Une analyse des données du secteur de Pierre-Bénite a montré qu'il était **possible d'expliquer un pourcentage très important des changements des densités** des 22 taxons invertébrés les plus abondants dans ce secteur après restauration (75%) **avec des données long terme avant** et **après restauration** (Figure 2.3.10).

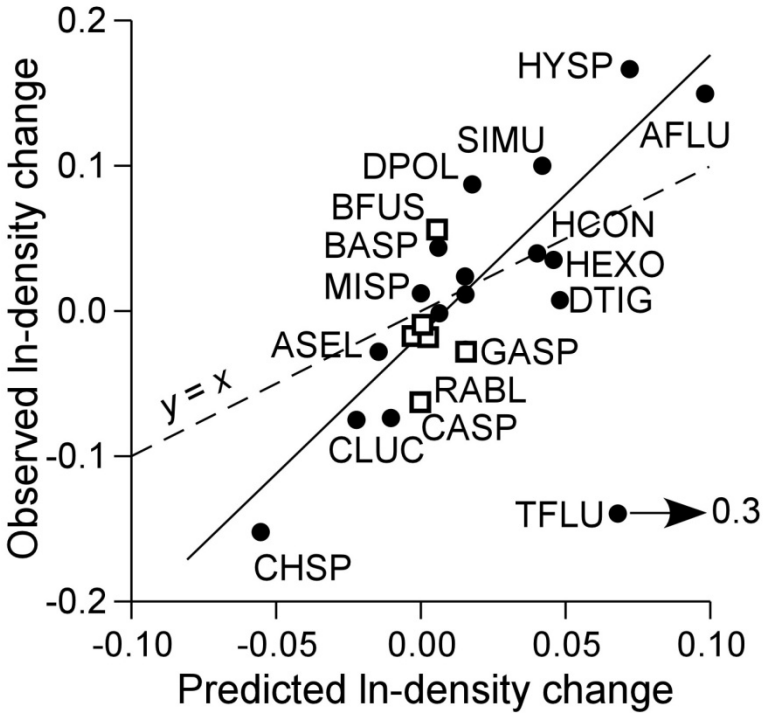


Figure 2.3.10 : Variations des valeurs d'habitat prédites et des densités observées avant restauration (1995-1999) et après restauration, (2001-2008) dans le secteur de Pierre-Bénite. Regression: y = 1.92 (±95% CL: 0.52) x - 0.016 (±0.019), N = 22, R^2 = 0.746, P < 10^{-6}

Sédimentation des lônes

Ciselande

Nous ne disposons pas d'un état initial pour ce site. Après restauration, les vitesses moyennes de comblement de ce bras actif permanent (connecté amont-aval) présentent une forte variabilité interannuelle, qui se stabilisent après 2007 (0,2 cm.an^{-1} en 2003 ; 3,6 cm.an^{-1} en 2004 ; 1,3 cm.an^{-1} en 2007 ; 0,9 cm.an^{-1} en 2009 ; 1,0 cm.an^{-1} en 2011). Le patron longitudinal de sédimentation est stable dans le temps. L'essentiel des dépôts (~70%) se réalise sur les 350 derniers mètres aval de son tracé, dans une section élargie. Sur la période 2007-2009, le bras a enregistré une érosion des matériaux fins accumulés (passage de 70 % à 50 % de linéaire recouvert par les sédiments fins). Les processus érosifs se manifestent sur 30 à 90 % du linéaire total. La différence de temporalité dans le rythme des processus de décapage et d'accrétion comparativement aux lônes du Haut-Rhône est imputable au fait que les rythmes hydrologiques diffèrent en amont et en aval de la confluence du Rhône avec la Saône. Sur la période 2009-2011, le bras sédimente à l'instar des sites restaurés du Haut-Rhône. La granulométrie des dépôts est clairement comprise dans la classe des sables moyens. Au cours de l'année 2010 le seuil situé à proximité de l'extrémité aval du site a migré, entraînant un abaissement consécutif de la ligne d'eau. A présent, environ 25% du linéaire (~270 mètres) est exondé pour le débit réservé.

Jaricot

Nous ne disposons pas d'un état initial pour ce site. Le bras mort est connecté en permanence au vieux-Rhône seulement par l'aval, par l'intermédiaire du bassin de joute, mais des apports latéraux issus des nappes de versant l'alimentent. Le débit de connexion amont est

estimé à 1600 $m^3.s^{-1}$ (à confirmer). Les vitesses moyennes de sédimentation diminuent au cours du temps (4,1 $cm.an^{-1}$ en 2003 ; 2,3 $cm.an^{-1}$ en 2007 ; 1,3 $cm.an^{-1}$ en 2009 ; 1,9 $cm.an^{-1}$ en 2011). Tout comme le bras vif de Ciselande, ce système enregistre une phase de décapage sur la période 2007-2009 (passage de 93,5 % à 68,4 % de linéaire recouvert par les fines ; 89,5% de linéaire recouvert en juillet 2011). Les processus érosifs ont été effectifs à partir du premier tiers amont jusqu'au bassin de joute (non compris dans le suivi). Les dépôts sont relativement bien distribués sur l'ensemble de son tracé, mais leur organisation est plus disparate en 2009 et 2011.

Table-ronde

Nous ne disposons pas d'un état initial pour ce site. Depuis les opérations de restauration, l'intensité annuelle moyenne de sédimentation décroît clairement au cours du temps au fur et à mesure que le bouchon aval s'exhausse (8,3 $cm.an^{-1}$ en 2003 ; 7,3 $cm.an^{-1}$ en 2006 ; 4,6 $cm.an^{-1}$ en 2007 ; 4,1 $cm.an^{-1}$ en 2009 ; 4,3 $cm.an^{-1}$ en 2011). La sédimentation reste plus forte à l'aval qu'à l'amont du site. L'angle de connexion entre l'aval du bras mort et le vieux-Rhône est proche de 90°. Ceci explique que l'exhaussement du bouchon alluvial aval ait été rapide. Il se compose de sables grossiers. Il contrôle l'organisation spatiale des dépôts au sein du site. La sédimentation se réalise par décantation des particules. Les limons fins constituent la classe granulométrique dominante. Ces dépôts se caractérisent par une forte homométrie relativement stable au fil des années. Le bouchon aval a été retouché au cours de l'année 2002. Cette lône a été configurée comme un bassin de décantation. Nous tenons à rappeler que le curage du bouchon peut très bien contribuer à favoriser la sédimentation dans la lône plutôt qu'à l'atténuer.

Végétation des lônes

Statut des lônes en 2010	Niveau de trophie	Alimentation en eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Table Ronde	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Elevé et lié à l'alluvionnement	Présents et importants	12	*Ceratophyllum demersum* et algues filamenteuses	*Elodea nuttallii* et *Solidago sp.*	*Najas marina*
Ciselande	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	26	*Elodea nuttallii et Ceratophyllum demersum*	*Elodea nuttallii, Elodea canadensis* et *Solidago sp.*	*Najas marina*
Jaricot	Mésotrophe	Important	faible à intermédiaire	Présents	22	Algues filamenteuses et *Sparganium emersum*	*Elodea nuttallii*	*Sparganium emersum*

3.6 Péage-de-Roussillon

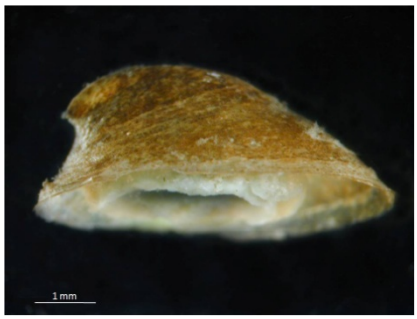
Poissons

25 espèces ont été recensées depuis 2007 dans le cadre de l'échantillonnage réalisé pour la description de l'état initial avant restauration. Les espèces dominantes sont le gardon, l'ablette, le goujon et le chevaine. Ce vieux-Rhône, malgré des débits réservés très faibles, abrite des densités de poissons très importantes et de populations assez bien équilibrées en termes de structures de tailles. La température élevée en été limite la présence d'espèces exigeantes vis-à-vis de la température et de l'oxygène dissous (vandoise et salmonidés) et la présence du seuil de Peyraud favorise les espèces lénitophiles. Le « système Platière » offre une diversité d'habitats très complémentaire de ceux du vieux-Rhône et abrite une faune piscicole abondante et diversifiée.

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

Lors de la première campagne pré-restauration en 2007/2008, **73 taxons** et **22579 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Péage-de-Roussillon soit 20 taxons de plus que dans le secteur le plus proche de Montélimar. Lors de la deuxième campagne pré-restauration en 2010, **82 taxons** et **49767 individus par m^2** ont été récoltés. On observe donc, en dehors de toutes opérations de restauration, une variabilité notable des richesses et des abondances dans ce secteur. Ceci nous incite à augmenter l'effort d'échantillonnage pour tous les autres secteurs candidat à la restauration afin d'intégrer cette variabilité dans nos modèles statistiques prévisionnels. Le peuplement est dominé par des espèces de la famille des Caenidae, des Hydropsychidae, des Hydroptilidae, des Chironomidae et des Pontogammaridae. Les Mollusques *Corbicula fluminea, Potamopyrgus antipodarum* et *Ancylus fluviatilis*, les Crustacés *Chelicorophium curvispinum* et *Jaera istri* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés.

Potamopyrgus antipodarum



Ancylus fluviatilis

Avec un total de 16 espèces exogènes recensées en 2010, ce secteur est le plus riche en taxons invasifs des secteurs suivis du Rhône. Certains sont très bien implantés comme par exemple *Dikerogammarus villosus*, *Corbicula fluminea, Potamopyrgus antipodarum* ou *Chelicorophium curvispinum*. Lors de la deuxième campagne pré-restaurtion en 2010, 3 nouveaux taxons exogènes sont recensés. Il s'agit d'une part, de *Gyraulus parvus*, pour l'instant encore peu implanté dans ce secteur (1 indiv/m^2) et d'autre part, les Crustacés *Jaera istri* et *Jaera danubica* qui présentent, quand à eux, des densités relativement importantes (respectivement 372 indiv/m^2 et 158 indiv/m^2).

Sédimentation des lônes

L'état avant restauration réalisé sur ces bras principalement en 2007 a fait l'objet d'une seconde campagne au cours de l'été 2011. Des piézomètres ont été installés au mois de Janvier 2011 sur Platière amont, Noyer Sud, Ilon, Boussarde et Sainte. Les résultats de la campagne de 2011 sont actuellement en cours de traitement et seront disponibles prochainement. La lône du Noyer Nord a été intégrée au suivi.

Casiers d'Arcoules

Un casier sur deux a été sondé en 2007. L'épaisseur moyenne des sédiments est de 73 cm (σ = 67 cm). Les casiers n°2, 6 et 14 sont atterris. La granulométrie des dépôts reste relativement homogène, elle s'étend dans la gamme des sables fins à très fins.

Platière

La lône possède un bouchon alluvial amont. Les 900 premiers mètres amont ont été suivis en 2007. La sédimentation est très peu significative étant donné que la moyenne de l'épaisseur sédimentaire mesurée n'est que de 6,2 cm (σ = 7 cm). Les dépôts ne sont observés que dans la partie centrale du tronçon prospecté. En termes de granulométrie du substrat, les sables dominent (moyens à très fins), ce qui indique que des écoulements relativement compétents transitent au sein de la lône.

Noyer sud

En 2007, cette lône était totalement atterrie et l'épaisseur moyenne de la couche de sédiments était de 50 cm (σ = 34 cm). La partie amont de la lône est constituée de sables fins à très fins. Plus en aval, les sédiments se composent principalement de limons grossiers à moyen. Ceci laisse présager un rôle de « peignage » des sédiments les plus grossiers par la végétation installée sur le bouchon amont.

Ilon

Lors de la campagne de relevés effectuée en 2007 sur les 1000 premiers mètres de la lône, une seule zone en eau était observée (200 m. de long), le reste du linéaire prospecté étant exondé. L'épaisseur moyenne des sédiments fins mesurée en 2007 est de 55 cm (σ = 32 cm). On observe un gradient amont-aval des conditions hydrauliques, avec des sables fins en

amont, des limons grossiers dans la partie centrale, puis des limons moyens sur la section aval.

Boussarde

La lône est alimentée de manière semi permanente. Les relevés effectués en 2009 ont montré que l'entonnement se trouvent dans un état de comblement avancé (épaisseur moyenne de 102 cm pour ces deux zones aquatiques résiduelles ; σ = 45 cm). Le reste du linéaire est moins sensible à la sédimentation (ép. moy. = 39 cm ; σ = 34 cm). Les sédiments déposés dans le casier en amont de la lône et dans la partie amont du bras correspondent à des limons moyens. Dans la partie centrale du système les limons grossiers dominent.

Sainte

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. Cette lône est localisée sur le Rhône total en aval de la restitution de l'usine-écluse de Sablons. En 2007, une seule zone en eau était observée (moins de 20 mètres de long). L'épaisseur moyenne des sédiments observée est de 37 cm (σ = 25 cm). La gamme granulométrique observée s'étend des sables moyens aux limons moyens, ce qui démontre que les conditions hydrauliques intra-lône sont très hétérogènes.

Végétation des lônes

"L'ensemble Platière" composé de la Lône de la Platière (secteur amont), des deux casiers Girardon associés à la lône, de la Lône du Noyer Nord, de la Lône de l'Ilon, les casiers d'Arcoules et la Lône de la Sainte ont été échantillonnées en 2008, la lône de la Boussarde a été échantillonnée en 2009.

Statut des lônes en 2008	Niveau de trophie	Alimentation en Eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Casiers d'Arcoules	Eutrophe	Absent	Elevé	présents	22	*Elodea nuttallii, Ceratophyllum demersum, Vallisneria spiralis* et *Myriophyllum spicatum*	*Elodea nuttallii*	*Nymphoides peltata* et *Najas marina*
La platière	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents ponctuellement	14	*Elodea nuttallii, Ceratophyllum demersum, Vallisneria spiralis, Lemna minuscula, Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza*	*Elodea nuttallii*	*Najas marina*
Casiers Girardon (amont platière)	Hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	22	*Ceratophyllum demersum, Elodea nuttallii, Najas marina* et *Phragmites australis*	*Elodea nuttallii*	*Najas marina, Najas minor*
Noyer nord	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Faibles	22	*Myriophylum spicatum, Ranunculus fluitans, Elodea nuttallii , Ceratophyllum demersum, Spirodela polyrhiza et Najas marina*	*Elodea nuttallii*	*Najas marina, Sparganium emersum*
L'ilon	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	15	*Ceratophyllum demersum, Najas marina, Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii*	*Najas marina*
La sainte	Mésotrophe à Eutrophe	Absent	Faible à intermédiaire	Importants	17	*Rorippa amphibia, Polygonum mite*	*Elodea nuttallii, Egeria densa, Solidago sp.*	
La Boussarde (2009)	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	13	*Ceratophyllum demersum, Spirodela polyrhiza*	*Elodea nuttallii*	*Najas marina*

Macroinvertébrés des lônes

L'échantillonnage a été réalisé dans 5 lônes : la Platière, le Noyer Nord, l'Ilon, la Sainte, la Boussarde.

Parmi ces lônes, certaines sont des milieux lotiques permanents du fait d'une connexion complète avec le Rhône (Lône de la Platière et Noyer Nord) et sont caractérisés par des taxons rhéophiles (*Baetis sp.*, *Procloen bifidum*, *Serratella ignita*, *Goera pillosa*, *Ancylus fluviatilis*, *Psychomyia pusilla*, *Hydropsyche angustipennis*) et l'Annélide non-indigène *Hypania invalida*.

3.7 Montélimar

Poissons

Le site de Montélimar comporte une succession de radiers moyennement marqués (moins qu'à Donzère-Mondragon). Les pêches réalisées depuis 2006 montrent un fort taux de point d'échantillonnage vides. Le peuplement est néanmoins diversifié avec 27 espèces recensées. Les zones courantes et peu profondes sont propices aux juvéniles des espèces d'eau courante (hotu, ablette) et les habitats plus profonds et courants abritent une population de hotus importante.

L'échantillonnage de la lône de la Roussette dans le cadre de l'état initial a mis en évidence la pauvreté de la faune piscicole dans cette lône.

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

Avant restauration, **53 taxons** et **27325 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Montélimar. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique les plus faibles parmi les secteurs du Bas-Rhône échantillonnés avant restauration. Ce secteur présente 21 taxons de moins que le secteur amont le plus proche (Péage-de-Roussillon). Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Baetidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Pontogammaridae. Le Mollusque *Ancylus fluviatilis*, le Crustacé *Jaera istri* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés. Un total de 11 espèces exogènes font partie du cortège faunistique. Certaines sont très bien implantées comme par exemple *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida* ou *Jaera istri* (4163 indiv/m^2).

Sédimentation des lônes

Roussette

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. La lône est totalement atterrie sur les 1000 premiers mètres amont. Lors des observations de 2009, les 750 derniers mètres aval se décomposaient en 4 mares séparées par des sections exondées. L'épaisseur moyenne de la couche de fines observée sur l'ensemble de la lône est de 137 cm (σ = 83 cm). Les dépôts se composent essentiellement de sables très fins dans le secteur amont et de limons grossiers en aval. Entre ces deux extremums, les limons moyens dominent.

Végétation des lônes

La restauration des deux lônes du secteur de Montélimar était prévue pour fin 2010. Dans ce contexte, l'état initial de la lône de la Barcasse et de la lône de Roussette a été réalisé en 2009. Au final, seul le projet de restauration de la Lône de la Roussette a été retenu pour fin 2010.

Statut des lônes en 2009	Niveau de trophie	Alimentation en Eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Roussette	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents et importants	14	*Lemna minuscula, Spirogyra sp., Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii*	
Barcasse	Hyper-eutrophe	Absent	Faible	Absents	7	*Lemna minuscula, Lemna gibba*	*Amorpha fruticosa, Acer negundo*	

Macroinvertébrés des lônes

L'amont de la Roussette est un site à caractère temporaire, asséché en septembre 2010. L'aval de la Roussette reste en eau possède des taxons rhéophiles (*Baetis sp*., *Procloen bifidum*, *Serratella ignita*, *Goera pillosa*, *Ancylus fluviatilis*, *Psychomyia pusilla*, *Hydropsyche angustipennis*) et l'Annélide non-indigène *Hypania invalida.*

3.8 Donzère-Mondragon

L'échantillonnage a été réalisé dans 8 lônes : la Grange écrasée, Malatras, Le Carré, La république, Malaubert, Bayard, Caderousse, Les Joncs.

Secteur amont du vieux Rhône (secteur stable avec affleurement de substratum rocheux)

Secteur aval (nombreux radiers marqués et bancs de galets)

Il s'agit d'un vieux Rhône diversifié dont la partie courante dépasse 20 kms de long, avec des radiers marqués. La moitié amont est marquée par l'affleurement de substratum stable tandis que le secteur aval contient d'importants bancs de galets mobiles. Les pêches 2008-2011 révèlent un peuplement très intéressant de poissons, avec relativement peu d'espèces échantillonnées mais d'importantes cohortes adultes d'espèces rhéophiles (hotu, barbeau, loche franche, spirlin) et une forte proportion de juvénile de l'année.

L'échantillonnage des poissons des lônes a été effectué en septembre 2010 et 2011, montrant une grande hétérogénéité de composition faunistique entre les lônes, avec 24 espèces pêchées sur tout le secteur.

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

Avant restauration, **76 taxons** et **53806 individus par m^2** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Donzère-Mondragon. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique les plus fortes parmi les secteurs du Bas-Rhône avant restauration. En ce qui concerne les espèces les plus abondantes, le peuplement de macroinvertébrés de ce secteur est très semblable à celui rencontré à Montélimar. Ce peuplement est dominé par les espèces de la famille des Baetidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Pontogammaridae. Le Mollusque *Ancylus fluviatilis*, le Crustacé *Jaera istri* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés. Un total de 11 espèces exogènes font partie du cortège faunistique. Certaines sont très bien implantées comme par exemple *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida* ou *Jaera istri* (4630 indiv/m^2).

Dikerogammarus villosus

Sédimentation des lônes

L'état avant restauration de ces bras a été réalisé en 2009. Des piézomètres ont été installés au mois de juillet 2011 sur les sites de Bayard, Grange écrasée, Malatras et République. Les résultats de la campagne de 2011 sont actuellement en cours de traitement et seront disponibles prochainement.

Bayard

Le bras mort est alimenté par les gravières situées en amont. La lône Pascal a été intégrée au suivi puisqu'elle s'inscrit dans la continuité de ce bras mort et de la lône de Caderousse. L'épaisseur moyenne des fines en 2009 est de 76 cm (σ = 53 cm). Ce système fonctionne comme un bassin de décantation. En effet, les dépôts se composent principalement de limons moyens dans la zone amont, puis de limons fins sur le reste du linéaire.

Caderousse

La lône débute en aval du pont faisant la jonction entre les hameaux de Cotte et de Bastet. Elle possède un fonctionnement courant, étant donné qu'elle est alimentée par la lône Pascal. Le suivi de ce système intègre la Berre jusqu'à sa confluence avec la lône de Malaubert. L'épaisseur des couches de fines est beaucoup plus importante que sur Bayard (moyenne de 135 cm ; σ = 61 cm). De vastes zones sont recouvertes par *Ludwigia* et contribuent à la rétention des particules minérales. L'essentiel des prélèvements se composent de limons moyens. On note une prédominance des sables très fins sur une station. Un échantillon a été prélevé sur la Berre. Dans ce milieu beaucoup plus courant, les sables moyens dominent.

Malaubert

Cette lône est déconnectée à l'amont et est alimentée par la Berre. L'épaisseur sédimentaire moyenne mesurée en 2009 est de 45 cm (σ = 46 cm). La lône s'élargit et s'approfondit progressivement de l'amont vers l'aval. Sur les 2500 premiers mètres, les dépôts sont quasi systématiques, puis les tâches de sédimentation deviennent plus localisées. L'extrémité amont du bras mort (à l'ouest du hameau de Grange Neuve) présente des dépôts de sables moyens. A l'aval immédiat de la Berre, les dépôts se composent essentiellement de sables fins. Au-delà, les processus de décantation dominent (limons moyens).

Grange écrasée

Ce bras mort est totalement déconnecté, pour autant les dépôts de sédiments sont faibles et près de 60 % du linéaire est constitué de fond graveleux. L'épaisseur sédimentaire moyenne mesurée en 2009 est de 15 cm (σ = 34 cm). En termes de granulométrie du substrat, les cinq prélèvements réalisés en 2009 indiquent que les processus de décantation dominent sur l'ensemble des stations échantillonnées (limons moyens).

Joncs

La lône peut-être alimentée par l'amont via les gravières de l'île de Terre. Globalement la hauteur d'eau et l'épaisseur sédimentaire décroissent de l'amont vers l'aval. L'épaisseur

moyenne est de 158 cm en 2009 (σ = 47 cm), l'épaisseur maximale s'observe en amont du bras mort avec des valeurs dépassant trois mètres. Les conditions granulométriques sont variables, les limons moyens et fins sont dominants. Une seule station enregistre un dépôt plus grossier (sables très fins).

Malatras

Ce bras mort est totalement isolé. Au niveau du premier tiers amont de la lône, une route scinde le système en deux parties. La lône peut théoriquement être connectée avec le Rhône à l'amont et avec l'Ardèche à l'aval. Elle a été restaurée en 2004 mais nous ne disposons pas d'un état initial. L'épaisseur moyenne de la couche de fines mesurées en 2009 est de 21 cm (σ = 23 cm). Environ 30 % du linéaire est graveleux. Cinq années se sont écoulées depuis les opérations de restauration et la vitesse moyenne de sédimentation est de 5,1 $cm.an^{-1}$. Quatre stations sur cinq enregistrent une granulométrie dominante dans la classe des limons moyens et une située en amont de la lône présente des dépôts majoritairement composés de sables fins.

Carré

La lône est connectée à l'amont avec le Rhône et à l'aval avec l'Ardèche. Un pont situé dans le dernier quart aval du bras fait office d'obstacle hydraulique entre les eaux venant du Rhône et celles arrivant de l'Ardèche. Seuls les 100 premiers mètres amont et les cinquante derniers mètres aval sont connectés en permanence. Ces deux zones présentent des dépôts se caractérisant par la prépondérance des sables fins. Le reste du bras mort possède une granulométrie dominée par des limons moyens. L'épaisseur moyenne des sédiments fins enregistrée en 2009 est de 10 cm (σ = 26 cm). Environ 70% du linéaire est composé d'un fond graveleux et plus de 80 % de la sédimentation totale se réalise à l'intérieur de la fosse la plus profonde située au premier tiers amont du système (ép. max.150 cm).

République

Ce bras mort est complètement atterri à l'amont et déconnecté à l'aval par une série de casiers. Lors des relevés de 2009, six zones en eau permanente ont été recensées. Les quatre premières zones aquatiques sont en cours de comblement et sont séparées par des bouchons intermédiaires fortement végétalisés. La dernière, située à l'amont d'un ancien casier, ne présente aucune trace de sédimentation fine. Un chenal de connexion secondaire localisé au P.K. 196.130 explique en partie ce constat. L'épaisseur sédimentaire moyenne observée sur le linéaire prospecté (zone exondée y compris) est de 40 cm (σ = 45 cm). La partie terrestre en amont de la lône présente des dépôts de sables fins, tout comme la cinquième zone en eau résiduelle. Dans les autres zones aquatiques, les éléments déposés se composent principalement de limons moyens.

Végétation des lônes

Une première campagne d'échantillonnage pré-restauration a été réalisée en 2009.

Les lônes du secteur de **Donzère Mondragon** sont sujettes pour la plupart à des phénomènes de colonisation intense par des espèces invasives. En effet, la majorité d'entre elles ont été colonisées par *Ludwigia peploides* (espèce monopoliste dont l'allélopathie est avérée) qui entraîne une diminution de la diversité biologique et contribue à accélérer le comblement des zones humides.

Statut des lônes en 2009	Niveau de trophie	Alimentation en Eaux souterraines	Niveau de perturbations par les crues	Alluvionnements	Richesse spécifique	Espèces dominantes	Espèces invasives	Espèces protégées localement
Malaubert	Eutrophe à hyper-eutrophe	Faible	Elevé	Présents	35	*Elodea nuttallii, Ceratophyllum demersum*	*Elodea nuttallii, Ludwigia peploides, Amorpha fruticosa*	*Sparganium emersum, Hydrocharis morsus-ranae, Najas marina*
Malaubert II (bras secondaire)	Eutrophe	Faible	Intermédiaire à fort	Présents	6	*Elodea nuttallii*	*Elodea nuttallii, Egeria densa*	*Najas marina, Sparganium emersum*
Carré	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	22	*Ludwigia peploides*	*Ludwigia peploides, Elodea nuttallii, Egeria densa*	Absentes
Malatras	Eutrophe		Faible		3	*Scirpus lacustris*	Absentes	Absentes
Joncs	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	7	*Phragmites australis*	*Elodea nuttallii*	Absentes
Caderousse	Eutrophe	Présent	Faible	Présents	26	*Ludwigia peploides*	*Ludwigia peploides, Elodea nuttallii, Amorpha fruticosa*	*Sparganium emersum*
Grange Ecrasée	Eutrophe	Présent	Elevé	Présents	27	*Egeria densa, Ceratophyllum demersum, Ludwigia peploides*	*Egeria densa, Ludwigia peploides, Amorpha fruticosa, Elodea nuttallii*	*Najas marina, Sparganium emersum*
Grange Ecrasée II (Bras secondaire)	Eutrophe	Absent ou faible	Faible	Présents	11	*Ludwigia peploides*	*Ludwigia peploides, Elodea nuttallii, Amorpha fruticosa*	*Sparganium emersum*
Republique	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Faible	Présents	21	*Ceratophyllum demersum*	*Ludwigia peploides, Elodea nuttallii, Amorpha fruticosa, Azolla filiculoides*	*Najas marina, Hydrocharis morsus-ranae, Najas minor*
Bayard	Eutrophe	Absent ou faible	Faible	Présents	26	*Myriophyllum spicatum*	*Ludwigia peploides*	*Najas marina*

Macroinvertébrés des lônes

Les parties aval et centrale de la lône de Malaubert sont des milieux lotiques permanents soit du fait de l'arrivée d'un affluent, de ce fait elle héberge rhéophiles (*Baetis sp*., *Procloen bifidum*, *Serratella ignita*, *Goera pillosa*, *Ancylus fluviatilis*, *Psychomyia pusilla*, *Hydropsyche angustipennis*) et l'Annélide non-indigène *Hypania invalida*.

Les autres sites montrent un niveau de différenciation faunistique assez faible, avec des taxons typiques de milieux stagnants (*Cloen dipterum*, *Asellus aquaticus*) et des taxons lotiques (*Gammarus fossarum*/*pulex*, *Gammarus roeselii, Caenis luctuosa*). Les lônes de Caderousse et de la République, ainsi que les sites de Malaubert amont et Joncs amont peuvent être considérés comme représentant un « pôle » le plus stagnant, caractérisé par l'Ephéméroptère *Caenis robusta*). L'amont de la lône de Malaubert est remarquable par un riche assemblage de Coléoptères de milieux stagnants (*Ilybius*, *Hydrobius*, *Hydrophilus*, *Hydrochara* ; *Helochares*, *Laccophilus*). L'aval de la lône des joncs est un milieu aquatique temporaire possédant deux espèces de gastéropodes uniques et caractéristiques de milieux pouvant s'exonder : *Anisus spirorbis* (près de 300 individus/m^2 en moyenne) et *Viviparus contectus*.

4. Conclusion générale

Le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, débuté en 1995 sur le site de Pierre-Bénite et en 2002 sur le Haut-Rhône avait pour objectif de définir des méthodologies et des indicateurs du suivi de la restauration physique du Rhône. Ce travail a été mené initialement sur les sites non-restaurés du Haut-Rhône et également après restauration. Le travail de développement méthodologique est aujourd'hui très avancé et la plupart des métriques et des indicateurs ont été testés. La confrontation des prédictions et des observations issues du suivi post-restauration est donc en cours de réalisation (voir les résultats présentés dans ce rapport). Depuis 2007, des données sont collectées sur les 4 sites candidats à la restauration, Canal de Miribel, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon et ce tant dans les sections court-circuitées que dans les lônes, excepté pour le Canal de Miribel pour lequel les annexes fluviales potentiellement réhabilitables ne sont pas encore identifiées. À Péage-de-Roussillon, la restauration de la lône du Noyer Sud a été finalisée fin 2011 et la réhabilitation de la lône de la Sainte est programmée pour l'automne 2012. À Montélimar, les travaux dans la lône de la Roussette ont débuté en automne 2011 et seront achevés en 2012.

Les effets de l'augmentation des débits réservés dans les vieux-Rhône sont évalués grâce à des indicateurs définis à partir des structures de peuplements de poissons et de macroinvertébrés, en utilisant le couplage de modèle hydrauliques statistiques et les préférences d'habitats des espèces. Les jeux de données collectés permettent d'éprouver les méthodologies développées.

Pour les deux types de peuplements, les résultats les plus significatifs sont obtenus à Pierre-Bénite où la réponse des organismes à la modification du débit réservé (effectuée en septembre 2000) est en accord avec les prédictions des modèles. Cette tendance est aussi très marquée en Chautagne et l'on constate que la concordance entre les valeurs prédites par les modèles et les observations issues de l'échantillonnage post-restauration est d'autant plus marquée que les durées des périodes pré- et post-restauration prises en compte sont importantes.

Sur les sites restaurés du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), les résultats sont moins probants et les tendances demandent à être confirmées au cours des années à venir.

Le peuplement de poissons en Chautagne, site où les attendus de la restauration (augmentation du débit minimum) sont forts compte-tenu de l'évolution du peuplement après mise en service du barrage, ne montre pas encore de changements suffisants pour conclure à un effet probant de la modification du débit. L'analyse des structures en tailles des populations de hotus, vandoises et ombres communs ne révèle pas encore de changements significatifs 7 ans après augmentation du débit. A Belley, comme cela a déjà été souligné les années précédentes, en raison du bon état du peuplement avant augmentation des débits réservés, il est fort probable que si des changements significatifs s'opèrent suite aux changements de débits, ceux-ci ne seront visibles que sur le long terme. A Brégnier-Cordon, le changement de débit réservé en amont de la confluence avec le Guiers ne semble pas avoir une influence marquée sur la structure générale du peuplement de poissons de ce secteur, ce qui n'est pas surprenant. Dans ces deux secteurs, l'échantillonnage met en évidence des variations inter-annuelles d'effectifs sans lien probable avec la modification des débits réservés.

Dans les trois secteurs du Haut-Rhône Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, les densités des macroinvertébrés et la richesse taxonomique notamment des Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, augmentent après restauration en accord avec les attentes. De même, dans ces secteurs, le nombre de taxons et d'individus rhéophiles est globalement plus important après restauration alors que le nombre de taxons limnophiles diminue. Ces changements sont à mettre en relation avec les changements des conditions hydrauliques observés à l'échelle du tronçon et non pas avec les conditions hydrauliques locales échantillonnées qui restent sensiblement les mêmes entre les différentes campagnes.

Les résultats obtenus sur le secteur de Pierre-Bénite et celui de Chautagne (en ajoutant des données pendant la période pré-restauration) nous ont incité à modifier le protocole d'échantillonnage dans les secteurs dans lesquels la restauration des débits n'est pas encore effective. Aussi, afin d'obtenir un maximum de données avant restauration, tous les secteurs du Bas-Rhône ainsi que le secteur de Miribel ont à nouveau été échantillonnés en 2011 et le seront en 2012.

Dans ces sections court-circuitées du Haut-Rhône, la gestion des usines hydro-électriques impose des contraintes de manœuvre de barrages ponctuelles ou sur plusieurs mois consécutifs (variations journalières de fortes amplitudes) dont les effets sont probablement antagonistes avec les objectifs de la restauration du fleuve. Ces phénomènes rendent parfois difficile l'interprétation des résultats biologiques obtenus et retardent probablement la réponse des peuplements aux modifications de débits réservés.

La réhabilitation des lônes a conduit à la re-création artificielle de nouveaux milieux dans la plaine alluviale. Les modalités d'évolution et en particulier du point de vue sédimentaire sont en cours d'étude et les résultats sont novateurs. La mise en évidence des différents types de fonctionnement, à la fois du point de vue de la dynamique sédimentaire, de la caractérisation de l'hétérogénéité intra et inter-lônes, mais aussi des structures granulométriques associées sont fondamentales pour comprendre l'organisation et l'évolution des habitats au sein des annexes fluviales restaurées (en particulier estimer leur durée de vie potentielle). L'approche développée récemment en vue de mieux caractériser la connectivité hydrologique des annexes restaurées devrait fournir des informations de première importance pour mieux comprendre les patterns d'évolution géomorphologique des lônes.

Le suivi des peuplements végétaux et animaux (macroinvertébrés et poissons) met en évidence que la colonisation par les organismes et les modalités de fonctionnement de ces nouveaux milieux s'établissent progressivement, les réponses les plus rapides concernent les bras secondaires courants. L'ensemble des résultats montre que les changements doivent être évalués sur le moyen et/ou le long terme. Il démontre également la complexité de la réponse de ces systèmes aux actions de restauration et fournit des retours d'expérience précieux dans ce domaine où peu de résultats sont actuellement disponibles dans la littérature. La prise en compte des deux campagnes d'échantillonnage des macroinvertébrés après restauration (soit 2 ans et 4 ans après restauration) dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon apporte la confirmation des premiers résultats : une diversification des types d'annexes fluviales dans la plaine alluviale bien représentée par la faune colonisant ces milieux et l'existence d'un gradient de connectivité avec le chenal courant bien marqué. Comme dans le cas de l'analyse de la réponse des peuplements de macroinvertébrés à l'augmentation des débits réservés, les résultats confirment une progression importante des espèces exogènes sur le Haut-Rhône, avec néanmoins une grande diversité des tendances et d'amplitudes selon les lônes. Une

attention très particulière devra être apportée à l'évaluation des relations entre ces espèces exogènes et les espèces autochtones.

Les premiers résultats concernant l'échantillonnage réalisé en « pré-restauration »sur les lônes du Bas-Rhône montrent que la richesse de ces milieux, différente de celle des lônes du Haut-Rhône est également très importante. Ces résultats sont d'autant plus intéressants que peu de données étaient initialement disponibles sur les lônes du Bas-Rhône.

Le site de Miribel est actuellement l'objet d'une étude destinée à définir les potentialités de restauration ainsi que des objectifs précis. Des données ont été collectées sur le Canal de Miribel (poissons et invertébrés) mais rien n'a encore été réalisé sur les lônes.

Les données acquises jusqu'à présent sur les sites restaurés mettent en évidence la nécessité de considérer le fonctionnement des secteurs étudiés dans leur ensemble (vieux-Rhône courants et annexes fluviales) même si le suivi est décomposé en fonction des types de restauration (augmentation des débits et réhabilitation des lônes) et des thématiques scientifiques. En effet, la connectivité entre les différents types de milieux est un paramètre très important dans l'évolution post-restauration.

Ces résultats, acquis sur les sites nouvellement restaurés, doivent permettre de préciser les cahiers des charges des sites candidats à la restauration. Sur les sites du Bas-Rhône, la prise en compte de nouvelles modalités de remise en mouvement et de gestion des sédiments (Observatoire des sédiments) doit être intégrée dans la réflexion sur les modalités de réhabilitation de ces secteurs.

Enfin, ce programme de restauration du Rhône constitue une expérience ambitieuse et singulière. Les résultats obtenus doivent être intégrés dans la réflexion sur la définition des objectifs assignés aux différentes masses d'eau du Rhône dans le cadre de la mise en œuvre de la D.C.E. En effet, ce programme contribue notablement à l'amélioration des connaissances fondamentales sur l'écologie du Rhône.

5. Références bibliographiques

Amoros C., Richardot-Coulet M. & Pautou G. 1982. Les « ensembles fonctionnels », des entités écologiques qui traduisent l'évolution de l'écosystème en intégrant la géomorphologie et l'anthropisation.(Exemple du Haut-Rhône français). *Revue de Géographie de Lyon*. 1982 (1) : 49-62.

Amoros C. & Roux A.L. (1988). Interaction between water bodies within the floodplains of large rivers : function and development of connectivity. *Münstersche Geographische Arbeiten*, 29 : 125–130.

Amoros C. (1991). Changes in side-arm connectivity and implications for river system management. *Rivers*, 2 : 105-112.

Amoros C., Bornette G. & Henry, C.P. (2000). Environmental auditing. A vegetation-based method for ecological diagnosis of riverine wetlands. *Environmental Management*, 25: 211-227.

Amoros C. & Bornette G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 47 : 761-776.

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.

Balon E.K., (1975). Reproductive Guilds of Fishes : A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 32: 821-864.

Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. (2009). Alien aquatic macroinvertebrates along the lateral dimension of a large floodplain. *Biological Invasions*.

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. (sous-presse). Short term impacts of lateral hydrological connectivity restoration on aquatic macroinvertebrates. *River Research and Applications.*

Bollache L., Devin .S, Wattier R., Chovet M., Beisel .JN., Moreteau J.C., Rigaud T. 2004. Rapid range extension of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in France: potential consequences. *Archiv für Hydrobiologie* 160:57–66.

Bornette G. & Heiler G. (1994). Environmental and biological responses of former channels to river incision: a diachronic study on the upper Rhône River. *Regulated Rivers*, 9: 79-92.

Bornette G., Amoros C., Henry C. & Chiarello E. (1996). Diagnostic des potentialités évolutives des zones humides fluviales du Rhône. Rapport final de la première phase: Méthode de diagnostic fonctionnel. Rapport à la Compagnie Nationale du Rhône et à l'Agence de l'Eau. 50 p. + tables et exemples de cartographie.

Bornette G., Amoros C. & Lamouroux N. (1998). Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshwater Biology*, 39 : 267–283

BRL ingénierie. (2003). Etude préalable à la restauration hydraulique et environnementale du Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon. Programme des actions, Phase 3. Institution Interdépartementale des bassins Rhône - Saône. 66p.

Brtek J. (2003) *Jaera danubica sp*. N. (Crustacea, Isopoda, Asellota) from the Danube in Bratislava. *Annotationes Zoologicae et Botanicae*, 225 : 3-7.

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 : 255-269.

Castella E., Paillex A., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2007). Thème «invertébrés des lônes». Les communautés de macroinvertébrés de treize lônes du Rhône de Belley et Brégnier-Cordon. Etat de référence avant restauration et modélisation. Chap 5 in « Suivi scientifique de niveau 2 et compléments du niveau 1 2003 - 2006. Analyse fonctionnelle des systèmes restaurés. Développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. ». Université de Genève. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS-Université Lyon 1. 51p

Castella E., Paillex A., Béguin O., Besacier-Monbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009). Les communautés de macroinvertébrés de 18 lônes du Rhône dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon, deux ans après restauration. (2003 - 2008). Chap 6 in Olivier J.M. & Lamouroux N. (coord.) Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Rapport de synthèse 2003-2008. Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS-Université Lyon 1. p. 76-114.

Castella E., Terrier A., Hug Peter D., Quesada R. 2010. *Anisus vorticulus* (Gastéropode), une espèce patrimoniale phare pour la conservation de la biodiversité du Haut-Rhône. Pôle Départemental de Recherche sur la Biodiversité. Conseil Général de l'Isère. 62p.

Chessel D., Dufour A.-B. & Thioulouse J. (2004). The ade4 package-I- One-table methods. *R News*, 4 : 5-10.

Colling M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna - Inf.-Ber. bayer. Landesamt Wasserwirtsch. 543 pp. München.

Daufresne M., Roger M.C., Capra H. & Lamouroux N. (2003). Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River : effects of climatic factors. *Global Change Biology*, 10 : 124-140.

Daufresne M., Bady P. & Fruget J.F. (2007). Impact of global changes and extreme hydroclimatic events on macroinvertebrate community structures in the French Rhône River. *Oecologia*, 151 : 544-559.

Dessaix J. & Fruget J. F. (2008). Évolution des peuplements de crustacés du Rhône Moyen au cours des 20 dernières années, relation avec la variabilité hydroclimatique. *Hydroécologie Appliquée*, 16 : 1–27.

De Crespin De Billy V. & Usseglio-Polatera P. (2002). Traits of brown trout prey in relation to habitat characteristics and benthic invertebrate communities. Journal of Fish Biology, 60: 687–714

Devin S., Bollache L., Noël P.Y. & Beisel J.N. (2005a). Patterns of biological invasions in French freshwater systems by non-indigenous macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 551 : 137-146.

Devin S., Beisel J.N., Usseglio-Polatera, P. & Moreteau, J.C. (2005b). Changes in functional biodiversity in an invaded freshwater ecosystem: the Moselle River. *Hydrobiologia*, 542 : 113–120.

Devin S., Akopian M., Fruget J.F., Di Michelle A. & Beisel J.N. (2006). Premières observations écologiques dans les hydrosystèmes français du Polychète d'eau douce Hypania invalida introduit en Europe occidentale. *Vie et Milieu*, 56(3) : 247-254.

Dolédec S. & Chessel D. (1987). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique I- Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. *Acta Œcologica, Œcologia Generalis*, 8 : 403-426.

Dolédec S. & Chessel D. (1989). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Œcologica, Œcologia Generalis*, 10 : 207-232.

Dolédec S, Lamouroux N., Fuchs U. & Mérigoux S. (2007). Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European streams. *Freshwater Biology*, 52 : 145-164.

Duelli P. (Ed.) (1994). Liste rouge des espèces animals menaces de Suisse. Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage, Berne. 97p.

Falkner G., Ripken T.E.J. & Falkner M. (2002). Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et bibliographie. Museum National d'Histoire Naturelle. Paris.

Franquet E. (1999). Chironomid assemblage of a Lower-Rhône dike field : relationships between substratum and biodiversity. *Hydrobiologia*, 397 : 121-131.

Franquet E., Cellot B., Pont D. & Bournaud M. (1995). Environmental and macroinvertebrate dynamics in the lower Rhone River and a lateral dike field - a study matching two functioning descriptors. *Hydrobiologia*, 308 : 207-217

Fruget J.F. (1992). Ecology of the Lower Rhône after 200 years of human influence : a review. *Regulated Rivers : Research & Management*, 7 : 233-246.

Fruget J.F., Centofanti M., Dessaix J., Olivier J.M., Druart J.C. & Martinez P.J. (1999). Synthèse des dix premières années de suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban (France). *Hydroécologie Appliquées*, 1/2 : 29-69.

Fruget J.F., Centofanti M., Dessaix J., Olivier J.M., Druart J.C. & Martinez P.J. (2001). Temporal and spatial dynamics in large rivers : example of a long-term monitoring of the middle Rhône River. *Annales de Limnologie*, 37 : 237-251.

Fruget J.F. (2003). Changements environnementaux, dérives écologiques et perspectives de restauration du Rhône français: bilan de 200 ans d'influences anthropiques. *VertigO*, 4(3) : 1-17.

Heck K.L., Van Belle Jr. G., & Simberloff D. (1975). Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology*, 56: 1459-1461.

Henry C. & Amoros C. (1997). Diagnostic des potentialités évolutives: Typologies et cartographie des lônes sur l'ensemble du Rhône. Chute de Brégnier-Cordon : 2. Fiches descriptives. Rapport à la compagnie nationale du Rhône.

Henry C. P., Amoros C., *et al*. (2002). Restoration ecology of riverine wetlands: A 5-year post-operation survey on the Rhone River, France. *Ecological Engineering,* 18(5): 543-554.

Holdich DM & Pöckl M (2007) Invasive crustaceans in European inland waters. In: Gherardi F (ed) Biological. Invaders in Inland Waters: Profiles, Distribution and Threats. Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, Vol. 2, pp 29-75. Springer, Dordrecht, the Netherlands

Hug Peter D. 2011. Ecology and Conservation of freshwater gastropods in the Upper Rhône Floodplain, with special emphasis on the threatened *Anisus vorticulus* (Troschel, 1834). Master en Biologie. Université de Genève. 98p. + annexes.

Hurlbert S.H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecological Monographs,* 54 : 187–211.

Ihaka R. & Gentleman R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics,* 5 : 299-314.

Jedicke E. (Ed.) (1997). Die roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern. Ulmer. 581p.

Josens G., Bij de Vaate A., Usseglio-Polatera P., Cammaerts R., Chérot F., Grisez F., Verboonen P. & Vanden Bossche J.P. (2005). Native and exotic Amphipoda and other Peracarida in the River Meuse: new assemblages emerge from a fast changing fauna. *Hydrobiologia*, 542 : 203–220.

Juget J., Amoros C., Gamulin D., Reygrobellet J.L, Richardot-Coulet M., Richoux P. & Roux C. (1976). Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français : II. Etude hydrologique et écologique de quelques bras morts. Premiers résultats. *Bulletin d'Ecologie*, 7 : 479-492.

Juget J., Yi B.J., Roux C., Richoux P., Richardot-Coulet M., Reygrobellet J.L. & Amoros C. (1979). Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français : VII. Le complexe hydrographique de la Lône des Pêcheurs (un ancien méandre du Rhône). *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 41 : 395-417.

Krebs, C.J. (1999). Ecological methodology. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.

Kirkpatrick A. J., Gerhardt A., Dick J.T.A., Laming P. & Berges J.A. (2006). Suitability of Crangonyx pseudogracilis (Crustacea: Amphipoda) as an Early Warning Indicator in the Multispecies Freshwater Biomonitor. *Environmental Science & Pollution Research*, 13: 242 – 250.

Lamouroux N., Olivier J.M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y. & Statzner B. (1999). Predicting community charcateristics 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. & Chandesris A. (2004). Chute de Pierre-Bénite. Suivi de l'incidence de l'augmentation du débit réservé dans le vieux-Rhône. Phase II (2001-2004). Rapport final 2004, 102 pp.

Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandesris A. & Roger P. (2006). Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, 51 : 1730-1743.

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 : 1343–1356.

Merritt R.W. & Cummins K. W. (1996). Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. pp. 74 – 97

Merritt R. W., Cummins K. W., Berg M. B., Novak J. A., Higgins M. J., Wessell K. J. & Lessard J. L. (2002). Development and application of a macroinvertebrate functional groups approach in the bioassessment of remnant oxbows in the Caloosahatchee River, Southwest Florida. *Journal of the North American Benthological Society*, 21:290-310

Monbertrand A.L. 2006. Les invertébrés aquatiques exogènes dans la zone alluviale du Haut-Rhône français : distribution, modélisation et impact des travaux de restauration. Master en Sciences de l'Environnement. Université de Genève. 171p.

Mouthon J. & Daufresne M. (2006). Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône: a large lowland river and of its two main tributaries (France). *Global Change Biology*, 12 : 441-449.

Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P.R., O'Hara B., Simpson G.L., Solymos P., M. Stevens M.H.H. and Wagner H. 2012 vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-3. http://CRAN.R-project.org/package=vegan

Olivier J.M., André S., Dolédec S., Lamouroux N. & Mérigoux S. (2004a). Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et lônes de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.

Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Mérigoux S. & Piégay H. (2004b). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.

Olivier J.M., Bornette G., Carron G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Levrat J., MacCrae D., Malet E., Massé C., Mérigoux S, Michalkova M., Paillex A., Piégay H., Rivoire E. & Terrier A. (2005). Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Brégnier-Cordon. Caractérisation de l'état initial (2004-2005). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.

Olivier J.M., Lamouroux N., Malet E., Massé C., Michalkova M. & Piégay H. (2006). Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne et Belley (2005). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.

Olivier JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Mérigoux S. & Piégay H. (2007). Analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.

Olivier JM., Lamouroux N., Sagnes P., Mérigoux S., Piégay H., Bornette G., Castella E., Paillex A., Béguin O., Montbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009) . Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du 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 JM., Lamouroux N., Mérigoux S., Fruget J.F., Segura S., Riquier J., Piégay H., Michalkova M., Castella E., Paillex A., Montbertrand A.L., Carron G. & McCrae D. (2010). Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, rapport d'étape 2009. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.

Olivier JM., Lamouroux N., Mérigoux S., Fruget J.F., Segura S., Riquier J., Piégay H., Michalkova M., Castella E., Paillex A., Montbertrand A.L., Carron G. & McCrae D. (2010). Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, rapport d'étape 2010. 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.

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., Dolédec S, Castella E. & Mérigoux S. (2009). Large river floodplain restoration: predicting species richness and trait responses to the restoration of hydrological connectivity. *Journal of Applied Ecology*, 46 : 250–258.

Rapport CNR. (2001). Dragages de Génissiat et chasses franco-suisses, suivi hydrobiologique 1999-2000.

Reckendorfer W., Baranyi C., Funk A. & Schiemer F. (2006). Floodplain restoration by reinforcing hydrological connectivity: expected effects on aquatic mollusc communities. *Journal of Applied Ecology*, 43 : 474–484

Rosset V. 2006. Restauration de zones humides fluviales : 25 années de changements écologiques dans deux anciens chenaux du Rhône. Master en Sciences de l'Environnement. Université de Genève. 136p.

Rostan J.C., Amoros C. & Juget J. (1987). The organic content of the surficial sediment: a method for the study of ecosystem development in abandoned river channels. *Hydrobiologia*, 148 : 45-62.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2006) Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. 2nd corrected CNRS editions, Paris.

Terrier A. 2005. Distribution et préférences écologiques d'*Anisus vorticulus* (Troschel, 1834) (Mollusque, Gastéropode) dans la zone alluviale du Rhône. Application à la gestion de milieux. Diplôme en Sciences Naturelles de l'Environnement. Université de Genève. 110p.

Walther A.C., Lee T., Burch J.B. & O ´ Foighil D. (2006). Confirmation that the North American ancylid Ferrissia fragilis (Tryon, 1863) is a cryptic invader of European and East Asian freshwater ecosystems. *Journal of Molluscan Studies*, 72 : 318–321.

Annexes thématiques

A.2 Les poissons du chenal

code - Vieux Rhône	Station	Position	groupes_pêches	an_début	an_fin	nb_pêches
AIN - Rivière d'Ain	AIN	Pt Blyes à confluence	AIN	1991	1995	2
ARD - Rivière Ardêche	ARD	Voguë à Lanas	ARD	1990	2010	10
CE - Chautagne	CHAUC	aval barrage	CHAUC_a	1985	1985	1
			CHAUC_b	1999	2003	4
			CHAUC_c	2004	2010	7
	CHAUD	Malourdie	CHAUD_a	1985	1995	9
			CHAUD_b	1996	2003	8
			CHAUD_c	2004	2010	7
	CHAUE	aval RCC	CHAUE_a	1985	1995	9
			CHAUE_b	1996	2003	8
			CHAUE_c	2004	2010	7
	CHAUI	Mathy	CHAUI_b	1999	2003	4
			CHAUI_c	2004	2010	7
BY - Belley	BELLD	amont Lucey 1	BELLD_a	1985	1997	8
	BELLM	aval Lucey 1	BELLM_a	1985	1997	8
	BELLO	amont Lucey 2	BELLO_b	2003	2004	2
			BELLO_c	2005	2010	6
	BELLP	aval Lucey 2	BELLP_b	2003	2004	2
			BELLP_c	2005	2010	6
BC - Brégnier-Cordon	BREGD	amont Molottes 1	BREGD_a	1985	1997	13
	BREGJ	aval Molottes 1	BREGJ_a	1985	1997	13
	BREGV	amont Molottes 2	BREGV_b	2004	2005	2
			BREGV_c	2006	2010	5
	BREGW	aval Molottes 2	BREGW_b	2004	2005	2
			BREGW_c	2006	2010	5
MI - Miribel-Jonage	JONS	ensemble de 4 sites	MI_a	1995	1995	1
			MI_b	2007	2010	4
PB - Pierre Bénite	PBE	ensemble	PBE_b	1995	1999	5
			PBE_c	2001	2010	10
PR - Péage de Roussillon	PEAGD	amont	PEAGD_a	1985	1995	22
			PEAGD_b	1996	2010	25
	PEAGH	ensemble	PEAGH_b	2007	2010	4
MO - Montélimar	RHO	ensemble	RHO_b	2006	2010	5
LN - Baix le Logis Neuf	LN	ensemble	LN_b	2010	2010	1
DM - Donzère-Mondragon	DM	ensemble	DM_b	2008	2010	3

A.1 Vieux Rhône, codes associés (CNR) et stations de pêches associées.
Des groupes de pêches (stations X périodes) sont également définis dans chaque vieux Rhône, les suffixes _a, _b, et _c renvoyant à trois périodes : avant l'état initial (a), l'état initial (b) et le post-augmentation de débit (c). Les acronymes de types CE1 ou CE2 utilisés dans le rapport désignent les périodes pré et post-restauration sur un aménagement, soit respectivement l'ensemble des pêches de suffixe _b et l'ensemble des pêches de suffixe _c.

A.3 Invertébrés du Chenal

Annexe A.3.1 : Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Chautagne** au cours des campagnes d'échantillonnage pre-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : 2006, n+4 : 2008, n+5 : 2009 et n+6 : 2010). R : Restauration ; P : Printemps ; E : Eté.

			Pre-R			Post-R n+2			Post-R n+4			Post-R n+5			Post-R n+6		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
Plathelminthes																	
Turbellaria																	
Tricladida																	
Dendrocoelidae	*Dendrocoelum lacteum*	DLAC	62	7	**69**		2	**2**									
Dugesiidae	*Dugesia polychroa-lugubris*	DUPL	11	23	**34**		3	**3**		1	**1**					5	**5**
	Dugesia tigrina	DTIG	52	1293	**1345**		35	**35**	15	45	**60**	9	21	**30**	21	587	**608**
	Dugesia spp.	DUSP					4	**4**		1	**1**						
Planariidae	*Polycelis nigra-tenuis*	PONT	52	15	**67**		4	**4**	3		**3**					2	**2**
Annelida																	
Hirudinea																	
Arhynchobdellida																	
Erpobdellidae	*Erpobdella octoculata*	EOCT	8	4	**12**		1	**1**		3	**3**	4	1	**5**		2	**2**
	Erpobdella spp.	ERSP								1	**1**						
Rhynchobdellida																	
Glossiphoniidae	*Glossiphonia complanata*	GCOM	10		**10**							1		**1**			
	Helobdella stagnalis	HSTA				1		**1**		13	**13**						
	Theromyzon tessulatum	TTES										1		**1**			
Piscicolidae	*Piscicola geometra*	PGEO	2		**2**												
Mollusca																	
Bivalvia																	
Veneroida																	
Corbiculidae	*Corbicula fluminea*	CFLU				1	19	**20**	4	13	**17**	7	83	**90**	805	269	**1074**
Dreissenidae	*Dreissena polymorpha*	DPOL	148	110	**258**	11	180	**191**	62	29	**91**	27	35	**62**	61	30	**91**
Sphaeriidae	*Pisidium* spp.	PISP	1		**1**	1	1	**2**		1	**1**						
	Sphaerium spp.	SPSP	10		**10**					1	**1**	1		**1**		5	**5**
	Sphaeriidae	SPHA		62	**62**	1		**1**									
	Bivalvia	BIVA											23	**23**	20	1	**21**
Gastropoda																	
Ectobranchia																	
Valvatidae	*Valvata cristata*	VCRI	9	2	**11**	2		**2**							1		**1**
	Valvata macrostoma	VMAC											1	**1**			
	Valvata piscinalis	VPIS		2	**2**												
	Valvata spp.	VASP	10	3	**13**												
Neotaenioglossa																	
Bithyniidae	*Bithynia tentaculata*	BTEN	1	2	**3**												
	Bithynia sp.	BITH	2		**2**		1	**1**									
Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*	PANT	68	6	**74**	30	58	**88**	89	298	**387**	70	194	**264**	363	388	**751**
Neritopsina																	
Neritidae	*Theodoxus fluviatilis*	TFLU					2	**2**	2	7	**9**	26	46	**72**	49	405	**454**
Pulmonata																	
Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*	AFLU	102	593	**695**	8	43	**51**	1198	1002	**2200**	188	967	**1155**	3231	1216	**4447**
Lymnaeidae	*Radix auricularia*	RAUR										1		**1**	10		**10**
	Radix balthica-labiata	RABL	2	3	**5**	1		**1**									

Annexe A.3.1 (Suite)

			Pre-R			Post-R n+2			Post-R n+4			Post-R n+5			Post-R n+6		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
	Radix spp.	RASP	9	1	**10**					72	**72**		2	**2**			
	Lymnaeidae	LYMN											2	**2**	21	6	**27**
Physidae	*Physella acuta*	PACU	45	7	**52**		1	**1**		95	**95**	1	27	**28**	33	17	**50**
	Physidae	PHYS		1	**1**		1	**1**	1	4	**5**						
Planorbidae	*Gyraulus parvus*	GPAR													4	16	**20**
	Gyraulus albus	GALB	1	1	**2**												
	Gyraulus spp.	GYSP				1	9	**10**									
	Planorbidae	PLAN	3	4	**7**		2	**2**					1	**1**	3	1	**4**
	Gastropoda ind.	GAST								253	**253**	12	334	**346**	173	4301	**4474**
Arthropoda																	
Arachnida																	
Acaria																	
	Hydracarina	ACAR	61	27	**88**	1	38	**39**	8	44	**52**	26	21	**47**	3	14	**17**
Crustacea																	
Amphipoda																	
Gammaridae	*Gammarus fossarum*	GFOS	111	485	**596**	3	6	**9**	16	77	**93**	11	11	**22**	70	15	**85**
	Gammarus pulex	GPUL	113	224	**337**	1	5	**6**	15	30	**45**	5		**5**	21	8	**29**
	Gammarus spp.	GASP	1457	1278	**2735**	2	3	**5**	53	10	**63**	37	9	**46**	40	3	**43**
Pontogammaridae	*Dikerogammarus villosus*	DVIL				221	88	**309**	155	90	**245**	143	123	**266**	563	361	**924**
	Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO				155	94	**249**	297	231	**528**	238	159	**397**	588	262	**850**
Isopoda																	
Asellidae	*Asellus aquaticus*	AAQU	21	6	**27**	1	1	**2**		2	**2**						
	Asellidae	ASEL								4	**4**						
Janiridae	*Jaera istri*	JIST								9	**9**		1	**1**	4	4	**8**
Insecta																	
Coleoptera																	
Dryopidae	*Dryops* spp.	DRSP	2	1	**3**	38	14	**52**	4	11	**15**	10	1	**11**	9	1	**10**
Dytiscidae	*Agabus* spp.	AGSP													1		**1**
	Bidessus spp.	BIDE		1	**1**												
	Bidessus spp. a	BIDEa		1	**1**	2		**2**							1		**1**
	Yola bicarinata a	YBICa	1		**1**												
Elmidae	*Elmis* spp.	ELSP	3	17	**20**	2	2	**4**	6	8	**14**	33	5	**38**	6		**6**
	Elmis spp. a	ELSPa	1	1	**2**												
	Esolus spp.	ESSP	225	162	**387**	18	66	**84**	20	44	**64**	92	17	**109**	58	31	**89**
	Esolus spp. a	ESSPa	5	1	**6**	1		**1**	2		**2**	3		**3**			
	Limnius spp.	LISP	11	33	**44**		1	**1**				3	2	**5**	3	2	**5**
	Riolus spp.	RISP	1		**1**				2		**2**	7		**7**	1		**1**
Gyrinidae	*Orectochilus villosus*	OVIL		107	**107**	1	35	**36**		29	**29**		2	**2**		7	**7**
	Orectochilus villosus a	OVILa										2	1	**3**			
Haliplidae	*Haliplus* spp.	HASP	1		**1**												
Hydrophilidae	*Laccobius* spp.	LASP													2		**2**
Diptera																	
Athericidae	*Atrichops crassipes*	ACRA		3	**3**					2	**2**						
Anthomyidae	Anthomyidae	ANTH							1		**1**		1	**1**			

Annexe A.3.1 (Suite)

E/C/O/F		Taxons	Code	Pre-R			Post-R n+2			Post-R n+4			Post-R n+5			Post-R n+6		
				P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	77	5	**82**	2	7	**9**	6	2	**8**	9	1	**10**	6		**6**
		Dasyheleinae	DASY							2		**2**						
		Forcipomyinae	FORC								2	**2**						
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	662	229	**891**	42	9	**51**	669	424	**1093**	96	73	**169**	80	270	**350**
		Orthocladiinae	ORTH	21746	5189	**26935**	9155	6676	**15831**	29953	26359	**56312**	36222	18240	**54462**	33080	26837	**59917**
		Tanypodinae	TANY	2026	224	**2250**	29	23	**52**	53	42	**95**	44	15	**59**	128	11	**139**
		Tanytarsini	TASP	4216	741	**4957**	34	67	**101**	398	940	**1338**	48	383	**431**	1354	777	**2131**
	Culicidae	*Anopheles* spp.	ANSP								1	**1**						
	Dixidae	*Dixa* spp.	DISP							2		**2**						
	Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		**2**												
	Empididae	Clinocerinae	CLIN	6		**6**	1		**1**		4	**4**	5	4	**9**	2	1	**3**
		Hemerodromiinae	HEME	27	128	**155**	6	16	**22**	42	185	**227**	126	23	**149**	60	28	**88**
		Empididae	EMPI		1	**1**												
	Limoniidae	*Antocha vitripennis*	AVIT	1	6	**7**	1	3	**4**	54	24	**78**	90	3	**93**	31	13	**44**
		Dicranota sp.	DICR		1	**1**												
		Eriopterini	ERIO	1		**1**							1		**1**	2		**2**
		Hexatoma	HEXA	1		**1**												
	Psychodidae	Psychodidae	PSSP		2	**2**				1		**1**				1	1	**2**
	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	2422	279	**2701**	61	918	**979**	1307	993	**2300**	110	6106	**6216**	4014	4645	**8659**
	Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	24	**25**	4	3	**7**		1	**1**		1	**1**	1		**1**
	Tipulidae	*Tipula* sp.	TIPA													76	2	**78**
		Tipulidae	TIPU	4		**4**		1	**1**	2	3	**5**		1	**1**			
		Diptera ind.	DIPT								1	**1**						
Ephemeroptera																		
	Baetidae	*Baetis fuscatus*	BFUS	1941	685	**2626**	179	729	**908**	208	387	**595**		553	**553**	1163	361	**1524**
		Baetis lutheri	BLUT										6		**6**			
		Baetis rhodani	BRHO		4	**4**				4		**4**	56		**56**	1		**1**
		Baetis vardarensis	BVAR	595	396	**991**	8	80	**88**	84	123	**207**	326	113	**439**	107	8	**115**
		Baetis spp.	BASP	1652	2059	**3711**	84	510	**594**	697	4113	**4810**	208	4088	**4296**	1168	680	**1848**
		Cloeon dipterum	CDIP														1	**1**
		Baetidae	BAET				8		**8**	52	8	**60**						
	Caenidae	*Caenis macrura*	CMAC													35	53	**88**
		Caenis luctuosa	CLUC	64	377	**441**	32	199	**231**	8	12	**20**	13	1	**14**	2	1	**3**
		Caenis luctuosa-macrura	CALM							14		**14**	30	10	**40**			
		Caenis rivulorum	CRIV	38		**38**	9		**9**	6		**6**	3		**3**	2		**2**
		Caenis spp.	CASP	14	366	**380**	10	463	**473**		686	**686**	1	1	**2**	3	6	**9**
	Ephemerellidae	*Serratella ignita*	SIGN	921	1	**922**	457	3	**460**	166	1	**167**	175		**175**	568	1	**569**
	Heptageniidae	*Ecdyonurus gp. helveticus*	EHEL	1		**1**												
		Heptagenia sulphurea	HSUL	532	1542	**2074**	1	255	**256**	55	100	**155**	8	64	**72**	176	156	**332**
		Heptagenia spp.	HESP	1	117	**118**	1	73	**74**	9	344	**353**	35	248	**283**	23	273	**296**
		Rhithrogena semicolorata	RSEM							1		**1**	15		**15**			
		Rhithrogena spp.	RHPS		1	**1**							5		**5**			
		Heptageniidae	HEPT	1		**1**		23	**23**							1		**1**
	Leptophlebidae	*Habrophlebia lauta*	HLAU	1		**1**	1		**1**									

Annexe A.3.1 (Suite)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R n+2			Post-R n+4			Post-R n+5			Post-R n+6		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
Potamanthidae	*Potamanthus luteus*	PLUT	854	3003	**3857**	18	3567	**3585**	115	357	**472**	236	276	**512**	290	2560	**2850**
	Ephemeroptera ind.	EPHE		2	**2**											1	**1**
Heteroptera																	
Corixidae	*Micronecta* spp.	MISP		4	**4**	2		**2**								1	**1**
Hydrometridae	*Hydrometra* sp.	HYDRO				1		**1**									
Megaloptera																	
Sialidae	*Sialis* spp.	SISP	2		**2**												
Odonata																	
Calopterygidae	*Calopteryx splendens*	CSPL		3	**3**		1	**1**								3	**3**
	Calopteryx spp.	CALO								1	**1**						
Gomphidae	Gomphidae	GOMP														1	**1**
	Odonata	ODON										1	1	**2**			
Plecoptera																	
Leuctridae	*Leuctra gp. fusca*	LFUS	7		**7**												
	Leuctra spp.	LESP	121	12	**133**	18	2	**20**	20	27	**47**	9	2	**11**	69	2	**71**
	Leuctridae	LEUC				14		**14**	1		**1**	11		**11**			
Nemouridae	*Amphinemura* spp.	AMSP							2	2	**4**	2		**2**		2	**2**
	Protonemura spp.	PRSP							2		**2**						
Perlodidae	*Isoperla* sp.	ISSP										1		**1**			
Taeniopterygidae	*Brachyptera* sp.	BRSP										2		**2**			
	Plecoptera ind.	PLEC							4		**4**						
Trichoptera																	
Glossosomatidae	*Glossosoma boltoni*	GBOL	3		**3**				2	24	**26**		20	**20**	20	39	**59**
	Glossosoma spp.	GLSP	2	1	**3**				18	26	**44**		3	**3**	53	140	**193**
Goeridae	*Goera pilosa*	GPIL	1	5	**6**	1	1	**2**		2	**2**	1	2	**3**	4	1	**5**
	Silo nigricornis	SNIG								1	**1**						
Hydropsychidae	*Hydropsyche angustipennis*	HANG					3	**3**									
	Hydropsyche contubernalis	HCON	52	1141	**1193**	3	957	**960**	336	893	**1229**	165	611	**776**	67	324	**391**
	Hydropsyche exocellata	HEXO	129	1130	**1259**	27	530	**557**	74	159	**233**	22	156	**178**	145	127	**272**
	Hydropsyche incognita	HINC	23	171	**194**	8	104	**112**	61	47	**108**	51	145	**196**	52	116	**168**
	Hydropsyche modesta	HMOD	2	116	**118**		25	**25**									
	Hydropsyche siltalai	HSIL	29	498	**527**	2	4	**6**	8		**8**	11	34	**45**	38	1	**39**
	Hydropsyche spp.	HYSP	3253	5196	**8449**	28	4796	**4824**	226	4961	**5187**	152	1594	**1746**	81	1422	**1503**
Hydroptilidae	*Allotrichia pallicornis*	APAL							1		**1**						
	Hydroptila spp.	HDSP	26	167	**193**	3	299	**302**	77	584	**661**	144	967	**1111**	151	757	**908**
	Hydroptilidae	HYPS													2		**2**
Leptoceridae	*Athripsodes albifrons*	AALB	11		**11**							1		**1**			
	Athripsodes spp.	ATSP		14	**14**		25	**25**							1		**1**
	Ceraclea dissimilis	CDIS	64	3	**67**				8		**8**	3		**3**	33	7	**40**
	Ceraclea spp.	CESP	16	26	**42**		49	**49**	1		**1**		14	**14**	8	2	**10**
	Mystacides azurea	MAZU											1	**1**		1	**1**
	Mystacides spp.	MYSP		1	**1**												
	Oecetis notata	ONOT								1	**1**						
	Oecetis testacea	OTES	1		**1**												

Annexe A.3.1 (Suite)

			Pre-R			Post-R n+2			Post-R n+4			Post-R n+5			Post-R n+6		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
	Oecetis spp.	OESP		2	**2**										1		**1**
	Setodes punctatus	SPUN		1	**1**		23	**23**		11	**11**	4	3	**7**			
	Setodes spp.	SETO		1	**1**												
	Leptoceridae	LEPT	1	25	**26**		9	**9**	4	11	**15**		7	**7**	5	41	**46**
Limnephilidae	*Limnephilus germanus-lunatus*	LIGL							1		**1**						
Polycentropodidae	*Holocentropus dubius*	HDUB											1	**1**			
	Polycentropus flavomaculatus	PFLA		98	**98**		1	**1**	1	1	**2**				3	17	**20**
	Polycentropus spp.	POSP		12	**12**												
	Polycentropodidae	POLY	11	69	**80**											10	**10**
Psychomyiidae	*Psychomyia pusilla*	PPUS	276	6560	**6836**	120	4692	**4812**	1833	2114	**3947**	2716	3026	**5742**	1995	4536	**6531**
	Tinodes sp.	TISP										1		**1**			
Rhyacophilidae	*Rhyacophila s. stricto* spp.	RHSP	442	271	**713**	5	26	**31**	19	95	**114**	36	29	**65**	105	129	**234**
	Rhyacophilidae	RHYA	148		**148**	20	27	**47**	34	7	**41**		17	**17**			
Sericostomatidae	*Sericostoma personatum-flavicorne*	SEPF							1		**1**						
	Sericostoma sp.	SESP		1	**1**												
	Trichoptera ind.	TRIC								1	**1**						
	Richesse taxonomique surestimée		84	84	**107**	59	68	**81**	68	75	**95**	69	66	**87**	74	71	**87**
	Richesse taxonomique corrigée		67	65	**80**	49	56	**66**	55	59	**74**	58	52	**68**	59	57	**70**
	Abondance		45048	35396	**80444**	10898	25918	**36816**	38595	46510	**85105**	42159	38927	**81086**	51372	52324	**103696**
	Densité par m2		45048	35396	**40222**	10898	25918	**18408**	38595	46510	**42553**	42159	38927	**40543**	51372	52324	**51848**

Annexe A.3.2 : Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Péage de Roussillon** au cours des campagnes d'échantillonnage pre-restauration (2007-2008 et 2010). R : Restauration ; P : Printemps ; E : Eté.

			Pre-R (2007-2008)			Pre-R (2010)		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
Plathelminthes								
Turbellaria								
Tricladida								
Dugesiidae	*Dugesia polychroa-lugubris*	DUPL	1	3	**4**	1	1	**2**
	Dugesia tigrina	DTIG	17	162	**179**	87	216	**33**
	Dugesia spp.	DUSP	1		**1**			
Annelida								
Hirudinea								
Arhynchobdellida								
Erpobdellidae	*Erpobdella octoculata*	EOCT	35	80	**115**	31	27	**58**
	Erpobdella testacea	ETES		1	**1**			
	Erpobdella spp.	ERSP	183	50	**233**		3	**3**
Rhynchobdellida								
Glossiphoniidae	*Glossiphonia complanata*	GCOM	58	21	**79**	9	5	**14**
	Helobdella stagnalis	HSTA				8	122	**13**
Piscicolidae	*Piscicola geometra*	PGEO	2		**2**	3		**3**
Polycheata								
Ampharedidae	*Hypania invalida*	HINV	200		**200**	246	58	**34**
Mollusca								
Bivalvia								
Veneroida								
Corbiculidae	*Corbicula fluminea*	CFLU	112	800	**912**	358	167	**525**
Dreissenidae	*Dreissena polymorpha*	DPOL	20	54	**74**	10	7	**17**
Sphaeriidae	*Pisidium* spp.	PISP	5		**5**	8	4	**12**
	Sphaerium spp.	SPSP	1		**1**	5	21	**26**
Gastropoda								
Architaenioglossa								
Viviparidae	*Viviparus viviparus*	VVIV		2	**2**	1	1	**2**
Ectobranchia								
Valvatidae	*Valvata cristata*	VCRI	2		**2**	1		**1**
	Valvata macrostoma	VMAC					9	**9**
	Valvata piscinalis	VPIS	19	129	**148**	49	65	**114**
	Valvata spp.	VASP	4	24	**28**		17	**17**
Neotaenioglossa								
Bithyniidae	*Bithynia tentaculata*	BTEN	19	117	**136**	11	47	**58**
	Bithynia sp.	BITH		4	**4**			
Hydrobiidae	*Lithoglyphus naticoides*	LNAT		6	**6**			
	Potamopyrgus antipodarum	PANT	637	662	**1299**	131	184	**315**
Pulmonata								
Acroloxidae	*Acroloxus lacustris*	ALAC				1	1	**2**
Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*	AFLU	1638	299	**1937**	4243	2631	**6874**
Ferrissiidae	*Ferrissia wautieri*	FWAU				70	3	**73**
Lymnaeidae	*Galba truncatula*	GTRU					1	**1**
	Radix auricularia	RAUR				10	69	**79**
	Radix spp.	RASP	17	3	**20**			
	Lymnaeidae	LYMN				23	31	**54**
Physidae	*Physella acuta*	PACU	1	1	**2**	5	94	**99**
Planorbidae	*Gyraulus albus*	GALB	4		**4**	33	26	**59**
	Gyraulus parvus	GPAR					2	**2**
	Hippeutis complanatus	HCOM		1	**1**			
	Menetus dilatatus	MDIL				3	1	**4**
	Planorbidae	PLAN	1	1	**2**		1	**1**
	Gastropoda ind.	GAST	1	2	**3**	289	745	**134**
Arthropoda								
Arachnida								
Acaria	Hydracarina	ACAR	6	28	**34**	31	80	**111**
Crustacea								
Amphipoda								
Corophiidae	*Chelicorophium curvispinum*	CCUR	247	55	**302**	429	620	**149**
Crangonyctidae	*Crangonyx pseudogracilis*	CPSE		2	**2**	1		**1**
Gammaridae	*Gammarus fossarum*	GFOS	10	1	**11**			
	Gammarus pulex	GPUL		11	**11**			

			Pre-R (2007-2008)			Pre-R (2010)		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
	Gammarus tigrinus	GTIG	2	7	**9**	3		**3**
	Gammarus spp.	GASP	3	33	**36**	2	9	**11**
Pontogammaridae	*Dikerogammarus villosus*	DVIL	859	306	**1165**	963	2821	**3784**
	Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO	848	521	**1369**	3065	6334	**9399**
Decapoda								
Atyidae	*Atyaephyra desmarestii*	ADES		1	**1**	7		**7**
Isopoda								
Asellidae	*Asellus aquaticus*	AAQU	10	11	**21**	13	4	**17**
	Asellidae	ASEL	4		**4**	16	12	**28**
Janiridae	*Jaera danubica*	JDAN				153	320	**473**
	Jaera istri	JIST				3745	7362	**1117**
Mysida								
Mysidae	*Limnomysis benedeni*	LIBE					9	**9**
	Mysidae	MYSI					203	**23**
Insecta								
Coleoptera								
Elmidae	*Elmis* spp.	ELSP	3		**3**		1	**1**
	Esolus spp.	ESSP	6	8	**14**	7	1	**8**
	Esolus spp.a	ESSPa	2	2	**4**	2		**2**
	Oulimnius spp.	OUSP		1	**1**			
	Oulimnius spp.a	OUSPa		1	**1**			
	Riolus spp.	RISP	1		**1**			
Diptera								
Ceratopogonidae	Dasyheleinae	DASY				2		**2**
	Forcipomyinae	FORC		1	**1**			
	Ceratopogoninae	CERA				6	2	**8**
	Ceratopogonidae	CERE				1		**1**
Chironomidae	Chironomini	CHSP	2880	112	**2992**	76	442	**518**
	Orthocladiinae	ORTH	36234	6105	**42339**	18905	45611	**64516**
	Tanypodinae	TANY	42	11	**53**	10	1602	**1612**
	Tanytarsini	TASP	2623	1200	**3823**	1821	17713	**19534**
	Stenochironomus spp.	STEN				1		**1**
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI					1	**1**
Empididae	Hemerodromiinae	HEME		2	**2**	2	8	**1**
Ephydridae	Ephydridae	EPHY					1	**1**
Limoniidae	Eriopterini	ERIO	5		**5**			
Psychodidae	Psychodidae	PSSP				1		**1**
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	685	70	**755**	90	9323	**9413**
Tipulidae	Tipulidae	TIPU				1	1	**2**
Ephemeroptera								
Baetidae	*Baetis fuscatus*	BFUS	84	124	**208**	26	215	**241**
	Baetis rhodani	BRHO					2	**2**
	Baetis vardarensis	BVAR		3	**3**		4	**4**
	Baetis spp.	BASP	280	71	**351**	136	402	**538**
	Cloeon spp.	CLOE					5	**5**
	Procloeon bifidum	PBIF	1	26	**27**		135	**135**
	Baetidae BAET		2	**2**	4	144	**148**	
Caenidae	*Caenis luctuosa*	CLUC	238	504	**742**	1183	874	**257**
	Caenis macrura	CMAC	2		**2**	644	214	**858**
	Caenis luctuosa-macrura	CALM	51		**51**	604	1931	**2535**
	Caenis spp.	CASP	26	1366	**1392**	28	1	**29**
Ephemerellidae	*Serratella ignita*	SIGN	8		**8**	10		**1**
	Ephemerellidae	EPHEM	23		**23**			
Heptageniidae	*Ecdyonurus* spp.	ECSP		3	**3**			
	Heptagenia sulphurea	HSUL	19	48	**67**	9		**9**
	Heptagenia spp.	HESP	70	195	**265**	2	14	**16**
	Heptageniidae	HEPT	2		**2**			
Polymitarcyidae	*Ephoron virgo*	EVIR	1		**1**	12	3	**15**
Potamanthidae	*Potamanthus luteus*	PLUT	9		**9**			
Heteroptera								
Corixidae	*Micronecta* spp.	MISP					5	**5**
Megaloptera								
Sialidae	*Sialis* spp.	SISP		1	**1**			

Annexe A.3.2 (suite)

			Pre-R (2007-2008)			Pre-R (2010)		
E/C/O/F	**Taxons**	**Code**	**P**	**E**	**Tot**	**P**	**E**	**Tot**
Odonata								
Calopterygidae	*Calopteryx splendens*	CSPL				2		**2**
	Calopteryx spp.	CALO		1	**1**		4	**4**
Coenagrionidae	*Erythromma lindeni*	ERLI				7		**7**
	Coenagrionidae	COEN				3		**3**
Platycnemididae	*Platycnemis* sp.	PLSP	2		**2**			
	Zygoptera	ZYGO					2	**2**
Gomphidae	*Onychogomphus forcipatus*	OFOR	1		**1**			
	Anisoptera	ANIS					3	**3**
	Odonata ind.	ODON		2	**2**		2	**2**
Planipenna								
Sisyridae	*Sisyra* sp.	SISY	1		**1**	2		**2**
Plecoptera								
Leuctridae	*Leuctra* spp.	LESP	1	1	**2**	4	1	**5**
	Leuctridae	LEUC	10		**10**	11	1	**12**
	Plecoptera ind.	PLEC	2		**2**			
Trichoptera								
Ecnomidae	*Ecnomus tenellus*	ETEN	1		**1**	20	3	**23**
Goeridae	*Goera pilosa*	GPIL		2	**2**	18	11	**29**
	Goeridae	GOER				2	2	**4**
Hydropsychidae	*Hydropsyche angustipennis*	HANG				1		**1**
	Hydropsyche contubernalis	HCON	12	152	**164**	13	1	**14**
	Hydropsyche exocellata	HEXO	57	237	**294**	98	54	**152**
	Hydropsyche spp.	HYSP	2324	654	**2978**		768	**768**
Hydroptilidae	*Agraylea* spp.	AGRA		4	**4**	1		**1**
	Hydroptila spp.	HDSP	383	218	**601**	135	1029	**1164**
	Orthotrichia sp.	ORSP		1	**1**	39	11	**5**
	Hydroptilidae	HYPS	4		**4**	37	10	**47**
Leptoceridae	*Athripsodes aterrimus*	AATE				1		**1**
	Athripsodes cinereus	ACIN				5	5	**1**
	Athripsodes spp.	ATSP		2	**2**			
	Ceraclea albimacula-albogutatta	CEAA	1		**1**	2		**2**
	Ceraclea dissimilis	CDIS	3		**3**	23	1	**24**
	Ceraclea spp.	CESP	1		**1**	11	2	**13**
	Mystacides azurea	MAZU		2	**2**	1	3	**4**
	Mystacides spp.	MYSP	1	2	**3**		2	**2**
	Oecetis notata	ONOT				2		**2**
	Oecetis spp.	OESP				1		**1**
	Leptoceridae	LEPT	2		**2**	26	8	**34**
Polycentropodidae	*Polycentropus flavomaculatus*	PFLA		1	**1**			
	Polycentropodidae	POLY		2	**2**			
Psychomyiidae	*Psychomyia pusilla*	PPUS	885	1227	**2112**	2281	5990	**8271**
Rhyacophilidae	*Rhyacophila s. stricto* spp.	RHSP	1		**1**			
	Trichoptera ind.	TRIC	16	5	**21**	6		**6**
	Richesse taxonomique surestimée		76	71	**101**	89	88	**111**
	Richesse taxonomique corrigée		54	53	**73**	69	67	**82**
	Abondance		51970	15767	**67737**	40399	108901	**149300**
	Densité par m2		34647	10511	**22579**	26933	72601	**49767**

Annexe A.3.3 : Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Pierre-Bénite** au cours de la campagne d'échantillonnage post-restauration n+10 (2010). R : Restauration ; P : Printemps ; E : Eté.

				Post-R n+10		
E/C/O/F	**Taxons**		**Code**	**P**	**E**	**Tot**
Plathelminthes						
Turbellaria						
	Tricladida					
	Dugesiidae	*Dugesia tigrina*	DTIG	93	62	**155**
Annelida						
Hirudinea						
	Arhynchobdellida					
	Erpobdellidae	*Erpobdella octoculata*	EOCT	3		**3**
		Erpobdella spp.	ERSP		1	**1**
	Rhynchobdellida					
	Piscicolidae	*Piscicola geometra*	PGEO	5	6	**11**
Polycheata						
	Canalipalpata					
	Ampharetidae	*Hypania invalida*	HINV	37	103	**140**
Mollusca						
Bivalvia						
	Veneroida					
	Corbiculida	*Corbicula fluminea*	CFLU	58	179	**237**
	Dreissenidae	*Dreissena polymorpha*	DPOL		3	**3**
	Sphaeriidae	*Pisidium* spp.	PISP		1	**1**
Gastropoda						
	Neotaenioglossa					
	Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*	PANT	6	41	**47**
	Pulmonata					
	Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*	AFLU	3583	3586	**7169**
	Lymnaeidae	*Radix auricularia*	RAUR		1	**1**
		Radix balthica	RBAL	2		**2**
		Radix spp.	RASP		1	**1**
		Lymnaeidae	LYMN	55	59	**114**
	Physidae	*Physella acuta*	PACU		2	**2**
	Planorbidae	*Gyraulus parvus*	GPAR	1		**1**
		Planorbidae	PLAN	1		**1**
		Gastropoda ind.	GAST	14	127	**141**
Arthropoda						
Arachnida						
	Acaria	Hydracarina	ACAR	46	109	**155**
Crustacea						
	Amphipoda					
	Corophiidae	*Chelicorophium curvispinum*	CCUR	6	39	**45**
		Chelicorophium sowinskyi	CSOW	8	12	**20**
		Chelicorophium spp.	CCSP	220	893	**1113**
	Gammaridae	*Gammarus* spp.	GASP	1	1	**2**
	Pontogammaridae	*Dikerogammarus villosus*	DVIL	1194	1281	**2475**
		Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO	1810	1835	**3645**
	Isopoda					
	Janiridae	*Jaera danubica*	JDAN	368	405	**773**
		Jaera istri	JIST	11234	14827	**26061**
	Mysida					
	Mysidae	*Hemimysis anomala*	HANO		1	**1**
Insecta						
Coleoptera						
	Elmidae	*Elmis* spp.	ELSP	1	1	**2**
			Esolus spp.	ESSP	4	15 **19**
Diptera						
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	10	63	**73**

				Post-R n+10			
E/C/O/F	**Taxons**		**Code**	**P**	**E**	**Tot**	
		Orthocladiinae	ORTH	19390	23346	**42736**	
		Tanypodinae	TANY	73	40	**113**	
		Tanytarsini	TASP	3303	315	**3618**	
	Empididae	Hemerodromiinae	HEME	2	7	**9**	
	Psychodidae	Psychodidae	PSSP	2	1	**3**	
	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	1330	6783	**8113**	
	Tipulidae	Tipulidae	TIPU	2		**2**	
Ephemeroptera							
	Baetidae	*Baetis fuscatus*	BFUS	171	52	**223**	
		Baetis spp.	BASP	41	59	**100**	
		Procloeon bifidum	PBIF		1	**1**	
		Baetidae	BAET	10	3	**13**	
	Caenidae	*Caenis horaria*	CHOR	1		**1**	
		Caenis luctuosa	CLUC	33	65	**98**	
		Caenis macrura	CMAC	2		**2**	
		Caenis luctuosa-macrura	CALM	22	93	**115**	
		Caenis spp.	CASP	2	31	**33**	
	Ephemerellidae	*Serratella ignita*	SIGN	13		**13**	
	Heptageniidae	*Heptagenia sulphurea*	HSUL	2		**2**	
		Heptagenia spp.	HESP	47	11	**58**	
		Heptageniidae	HEPT	2		**2**	
	Polymitarcyidae	*Ephoron virgo*	EVIR	879		**879**	
Odonata							
	Calopterygidae	*Calopteryx splendens*	CSPL		1	**1**	
		Calopteryx spp.	CALO		1	**1**	
	Gomphidae	*Onychogomphus forcipatus*	OFOR	1		**1**	
		Gomphus spp.	GOSP		1	**1**	
		Gomphidae	GOMP		2	**2**	
Plecoptera							
	Leuctridae	*Leuctra* spp.	LESP	41		**41**	
Trichoptera							
	Ecnomidae	*Ecnomus tenellus*	ETEN	2		**2**	
	Goeridae	*Goera pilosa*	GPIL		1	**1**	
	Hydropsychidae	*Hydropsyche contubernalis*	HCON	3	4	**7**	
		Hydropsyche exocellata	HEXO	37	39	**76**	
		Hydropsyche spp.	HYSP	553	4451	**5004**	
	Hydroptilidae	*Hydroptila* spp.	HDSP	20	731	**751**	
		Hydroptilidae	HYPS	6		**6**	
	Leptoceridae	*Athripsodes albifrons*	AALB		1	**1**	
		Athripsodes cinereus	ACIN	1		**1**	
		*Athripsode*s spp.	ATSP		1	**1**	
		Ceraclea albimacula-albogutatta	CEAA	1		**1**	
		Ceraclea dissimilis	CDIS	15		**15**	
		Ceraclea spp.	CESP	3	2	**5**	
		Leptoceridae	LEPT	11		**11**	
	Polycentropodidae	Polycentropodidae	POLY		1	**1**	
	Psychomyiidae	*Psychomyia pusilla*	PPUS	815	4150	**4965**	
	Rhyacophilidae	*Rhyacophila s. stricto* spp.	RHSP	5		**5**	
		Rhyacophilidae	RHYA	3		**3**	
			Richesse taxonomique sur-estimée			60	55
			Richesse taxonomique corrigée			44	42
			Abondance		45604	63847	**109451**
			Densité par m2		45604	63847	**54726**

Annexe A.3.4 Catégorie de rhéophilie des différents taxons rencontrés dans l'ensemble des échantillons "lône" et "chenal" du suivi scientifique du programme de restauration du Rhône. Les données qui ont permis d'affecter les catégories sont issues 1) de publications (Doledec et al. 2007 ou Mérigoux et al. 2009), 2) d'ouvrage (Tachet et al. 2006), et/ou 3) des données acquises dans le cadre du programme dans les lônes ou dans le chenal. Les catégories sont détaillées dans le tableau 2.3.6.

Taxons	**Rhéophilie**	**Catégorie**	**Source**
Acentria ephemerella	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Agapetus spp.	indéterminé	cat 7	
Agraylea spp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
Allotrichia pallicornis	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Amphinemura spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Ancylus fluviatilis	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Anopheles spp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Anthomyidae	ubiquiste	cat 6	Tachet et al. 2006
Antocha vitripennis	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Asellidae	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Asellus aquaticus	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Atherix sp.	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Athripsodes albifrons	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Athripsodes cinereus	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Athripsodes spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Atrichops crassipes	Intermediaire	cat 3	Dolédec et al. 2007
Atyaephyra desmarestii	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Baetidae	indéterminé	cat 7	
Baetis fuscatus	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Baetis lutheri	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Baetis vardarensis	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Baetis rhodani	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Baetis spp.	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Bidessus spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Bithynella sp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Bithynia sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Bithynia tentaculata	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Bivalvia	indéterminé	cat 7	
Brachyptera risi	rheophile	cat 5	Dolédec et al. 2007
Brachyptera sp.	rheophile	cat 5	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Caenis horaria	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Caenis luctuosa	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Caenis rivulorum	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Caenis luctuosa-macrura	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Caenis macrura	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Caenis spp.	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Calopteryx splendens	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Calopteryx spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Centroptilum luteolum	limnophile	cat 2	Dolédec et al. 2007
Ceraclea dissimilis	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Ceraclea spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Ceraclea albimacula-albogutatta	indéterminé	cat 7	
Ceratopogoninae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Chelicorophium curvispinum	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Cheumatopsyche lepida	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Chironominae	indéterminé	cat 7	
Chironomini	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Chloroperla spp.	limnophile	cat 2	Dolédec et al. 2007
Clinocerinae	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Cloeon dipterum	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Coenagrionidae	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Coleoptera ind.	indéterminé	cat 7	

Annexe A.3.4 (Suite)

Taxons	Rhéophilie	Catégorie	Source
Corbicula fluminea	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Crangonyx pseudogracilis	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Dasyheleinae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Dendrocoelum lacteum	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Dicranota sp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Dinocras cephalotes	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Dinocras sp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
Dikerogammarus villosus	Intermediaire	cat 3	Rhône Chenal
Diptera ind.	indéterminé	cat 7	
Dixa spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Dolichopodidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Dreissena polymorpha	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Dryops spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Dugesia polychroa-lugubris	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Dugesia spp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
Dugesia tigrina	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Ecdyonurus gp. *helveticus*	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
Ecdyonurus gp. *venosus*	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Ecdyonurus spp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
Ecnomus tenellus	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Electrogena quadrilineata	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Elmis spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Empididae	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Epeorus sp.	rheophile	cat 5	Dolédec et al. 2007
Ephemera lineata	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
Ephemeroptera ind.	indéterminé	cat 7	
Ephemerellidae	indéterminé	cat 7	
Ephoron virgo	indéterminé	cat 7	
Eriopterini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Erpobdella octoculata	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Erpobdella spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Erpobdella testacea	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Esolus spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Euleuctra geniculata	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Forcipomyinae	indéterminé	cat 7	
Gammarus fossarum	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Gammarus pulex	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Gammarus spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Gammarus roeselii	indéterminé	cat 7	
Gammarus tigrinus	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Gammaridae-Pontogammaridae	Intermediaire	cat 3	Rhône Chenal
Gastropoda ind.	indéterminé	cat 7	
Gerris sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Glossiphonia complanata	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Glossiphonia heteroclita	indéterminé	cat 7	
Glossiphoniidae	indéterminé	cat 7	
Glossosoma boltoni	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Glossosoma spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Goera pilosa	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Goeridae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Gyraulus albus	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Gyraulus parvus	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Gyraulus spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Habroleptoides spp.	indéterminé	cat 7	
Habrophlebia lauta	indéterminé	cat 7	
Habrophlebia spp.	indéterminé	cat 7	
Haliplus spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes

Annexe A.3.4 (suite)

Taxons	Rhéophilie	Catégorie	Source
Helobdella stagnalis	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Hemerodromiinae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Hemiclepsis marginata	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
Heptagenia spp.	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Heptagenia sulphurea	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Heptageniidae	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Hippeutis complanatus	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hexatoma	indéterminé	cat 7	
Hydracarina	indéterminé	cat 7	
Hydraena sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hydraenidae	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hydrometra sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hydroporus sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hydropsyche angustipennis	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Hydropsyche contubernalis	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Hydropsyche exocellata	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Hydropsyche incognita	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Hydropsyche modesta	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Hydropsyche siltalai	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Hydropsyche spp.	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Hydroptila spp.	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Hydroptila vectis	Intermediaire	cat 3	Rhône Chenal
Hypania invalida	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Isoperla sp.	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Jaera danubica	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Jaera istri	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Leptoceridae	indéterminé	cat 7	
Leptophlebiidae	Intermediaire	cat 3	Dolédec et al. 2007
Leuctra gp. *fusca*	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Leuctra spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Leuctridae	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Limnephilidae	indéterminé	cat 7	
Limnephilus germanus-lunatus	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Limnius spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Limoniidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Limoniini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Lithoglyphus naticoides	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
Mesovelia spp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
Micronecta spp.	limnophile	cat 2	Mérigoux et al. 2009
Mystacides azurea	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Mystacides spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Nemoura spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Nemouridae	indéterminé	cat 7	
Niphargus sp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
Normandia sp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Odonata ind.	indéterminé	cat 7	
Oecetis notata	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Oecetis spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Oecetis testacea	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Onychogomphus forcipatus	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Onychogomphus sp.	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Orconectes limosus	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Orectochilus villosus	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Orthocladiinae	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Orthotrichia sp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
Oulimnius spp.	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Pediciini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009

Annexe A.3.4 (suite)

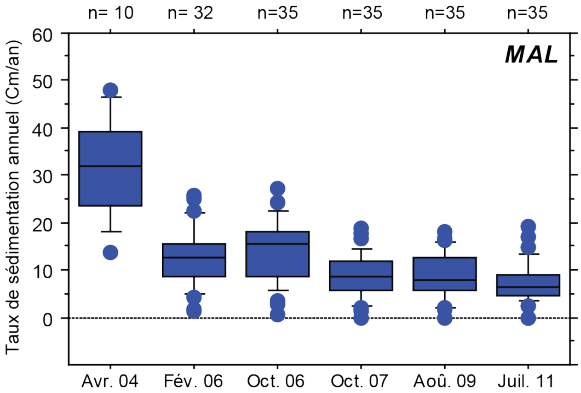
Taxons	Rhéophilie	Catégorie	Source
Perlodes microcephala	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Perlodidae	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Physa sp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Physa fontinalis	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Physella acuta	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Physidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Piscicola geometra	ubiquiste	cat 6	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Pisidium spp.	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Planorbidae	indéterminé	cat 7	
Platycnemis sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Plecoptera ind.	indéterminé	cat 7	
Polycelis nigra-tenuis	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Polycelis spp.	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Polycentropodidae	Intermediaire	cat 2	Mérigoux et al. 2009
Polycentropus flavomaculatus	Intermediaire	cat 2	Mérigoux et al. 2009
Polycentropus spp.	Intermediaire	cat 2	Rhône Chenal
Potamanthus luteus	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Potamopyrgus antipodarum	Intermediaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Procloeon bifidum	limnophile	cat 2	Rhône Chenal
Proasellus meridianus	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Protonemura spp.	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
Psychodidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Psychomyia pusilla	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Psychomyiidae	indéterminé	cat 7	
Radix balthica-labiata	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Radix spp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Rhabdiopteryx	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Rhithrogena beskidensis-savoiensis	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Rhithrogena semicolorata	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Rhithrogena spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Rhyacophila s. stricto spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Rhyacophilidae	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Riolus spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Sericostoma personatum-flavicorne	ubiquiste	cat 6	Dolédec et al. 2007
Sericostoma spp.	ubiquiste	cat 6	Dolédec et al. 2007
Serratella ignita	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Setodes punctatus	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006
Setodes spp.	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006
Sialis spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
Silo nigricornis	Intermediaire	cat 3	Dolédec et al. 2007
Simuliidae	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Sisyra sp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Sphaeriidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Stenelmis sp.	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Stratiomyidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Tabanidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Tanypodinae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Tanytarsini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Theodoxus fluviatilis	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Theromyzon tessulatum	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Tinodes dives	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Tipulidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Torleya major	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Trichoptera ind.	indéterminé	cat 7	
Valvata cristata	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Valvata piscinalis	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Valvata spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Viviparus viviparus	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Yola bicarinata	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes

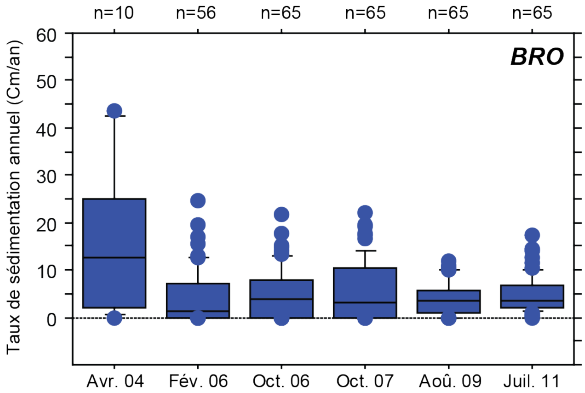
Annexe 4 :
Sédimentation dans les lônes

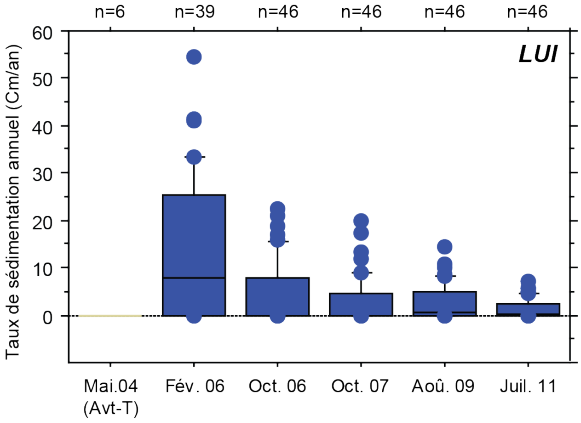
Annexe 4.4.1 : évolution du taux de sédimentation dans les bras réhabilités du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite pour l'ensemble des camapgnes d emesures de 2003 à 2011 : pp 225-227

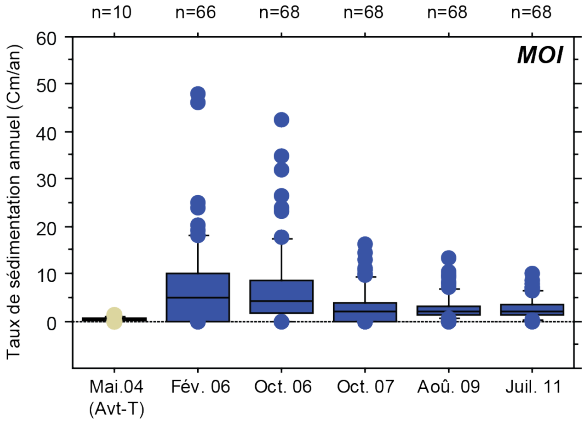
Annexe 4.4.2 : variabilité longitudinale de l'épaisseur sédimentaire mesurée (en distance et épaissuer cumulée relatives pour toputes les années observées) : pp 228-233

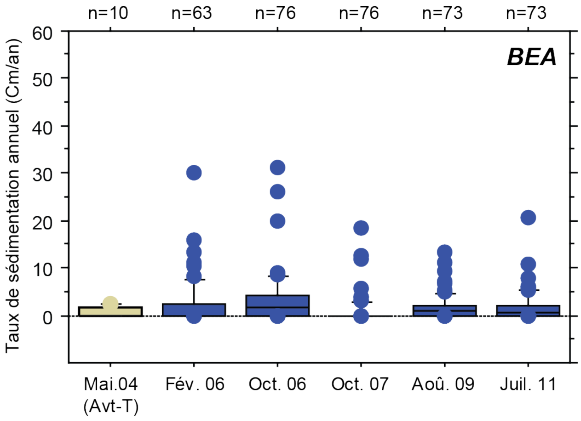
Annexe 4.4.3 : suivi de l'évolution temporelle de la hauteur d'eau intra-lônes: pp 234-235

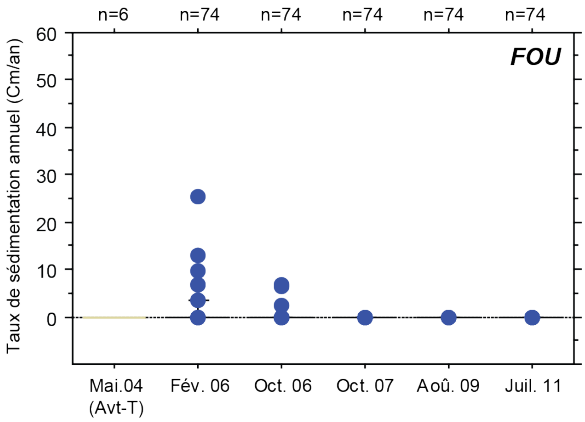

n= 10
n= 32
n=35
n=35
n=35
n=35
MAL
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Avr. 04
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

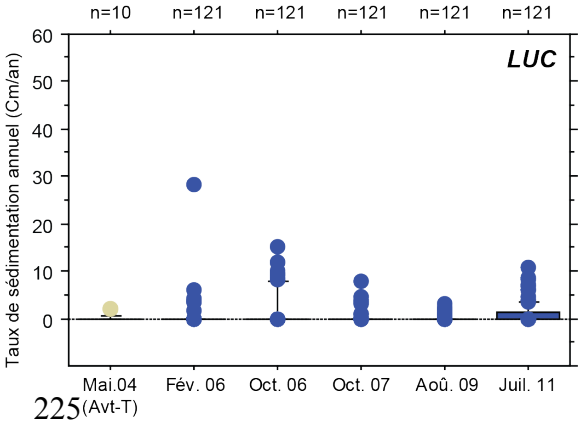

n=10
n=56
n=65
n=65
n=65
n=65
BRO
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Avr. 04
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

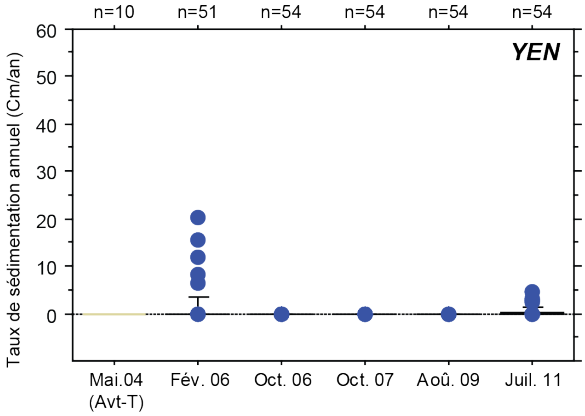

n=6
n=39
n=46
n=46
n=46
n=46
LUI
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

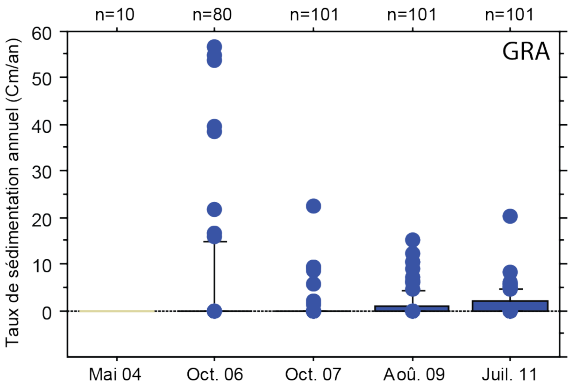

n=10
n=66
n=68
n=68
n=68
n=68
MOI
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

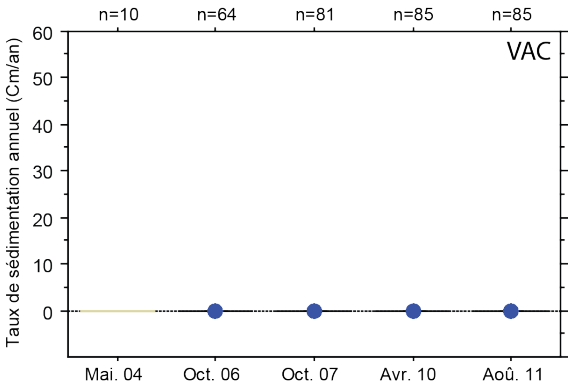

n=10
n=63
n=76
n=76
n=73
n=73
BEA
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

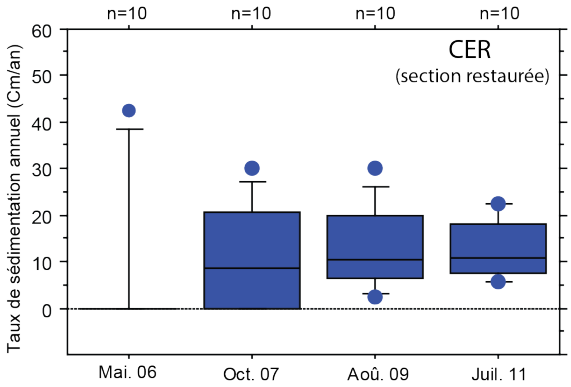

n=6
n=74
n=74
n=74
n=74
n=74
FOU
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

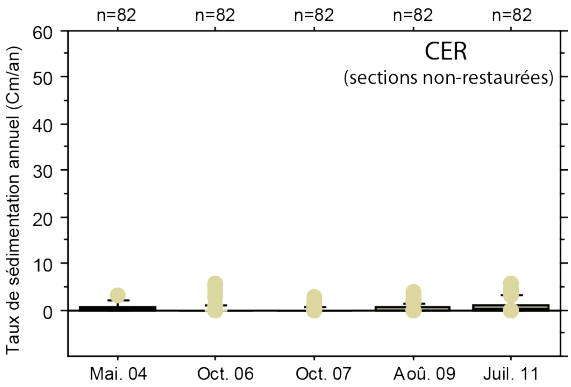

n=10
n=121
n=121
n=121
n=121
n=121
LUC
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

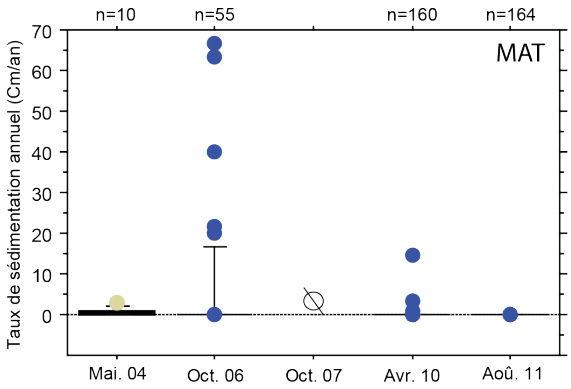

n=10
n=51
n=54
n=54
n=54
n=54
YEN
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Mai.04
(Avt-T)
Fév. 06
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

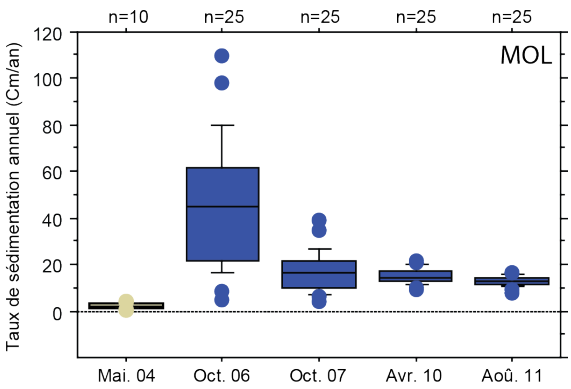

n=10
n=80
n=101
n=101
n=101
GRA
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai 04
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

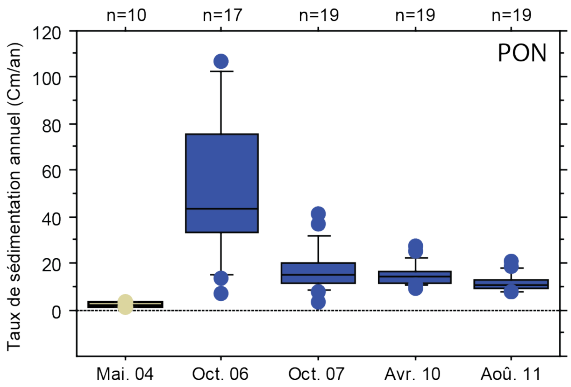

n=10
n=64
n=81
n=85
n=85
VAC
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 04
Oct. 06
Oct. 07
Avr. 10
Aoû. 11

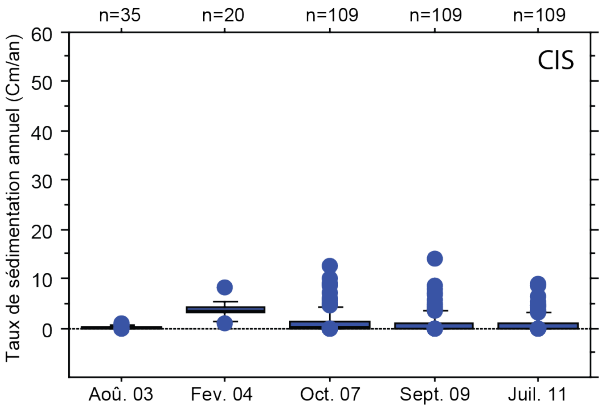

n=10
n=10
n=10
n=10
CER
(section restaurée)
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

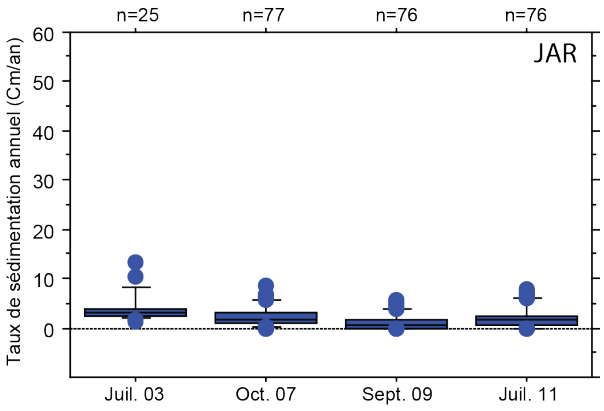

n=82
n=82
n=82
n=82
n=82
CER
(sections non-restaurées)
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 04
Oct. 06
Oct. 07
Aoû. 09
Juil. 11

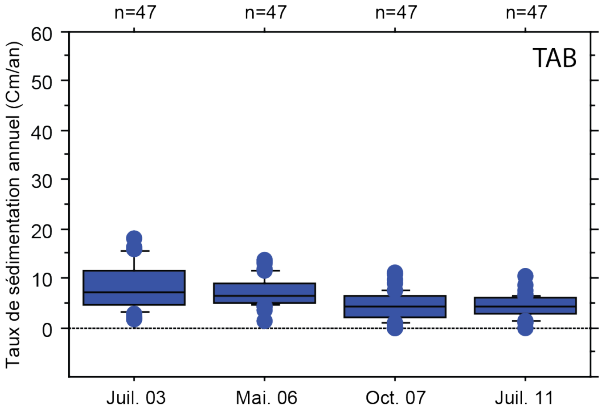

n=10
n=55
n=160
n=164
MAT
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 04
Oct. 06
Oct. 07
Avr. 10
Aoû. 11

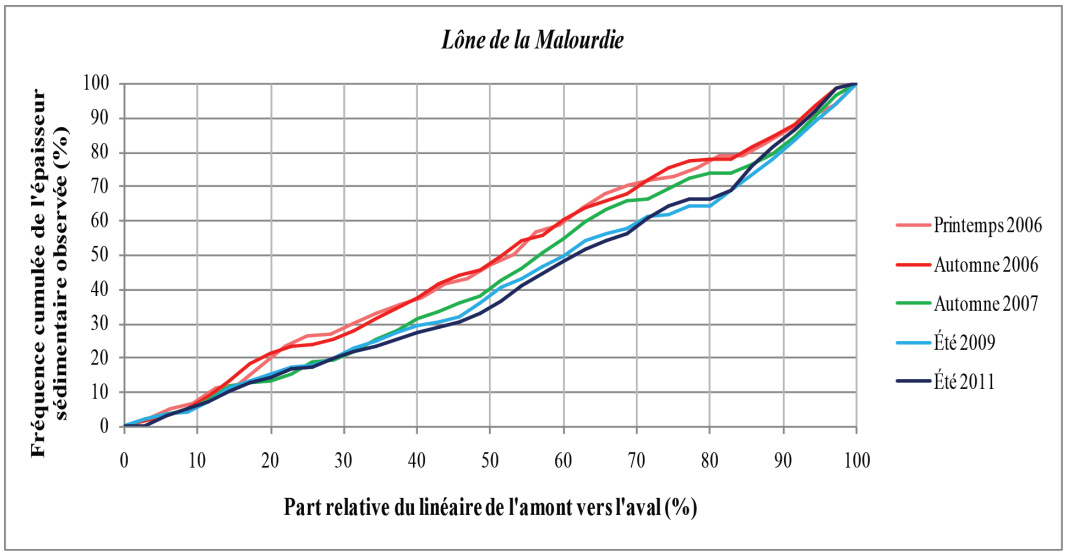

n=10
n=25
n=25
n=25
n=25
MOL
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 04
Oct. 06
Oct. 07
Avr. 10
Aoû. 11

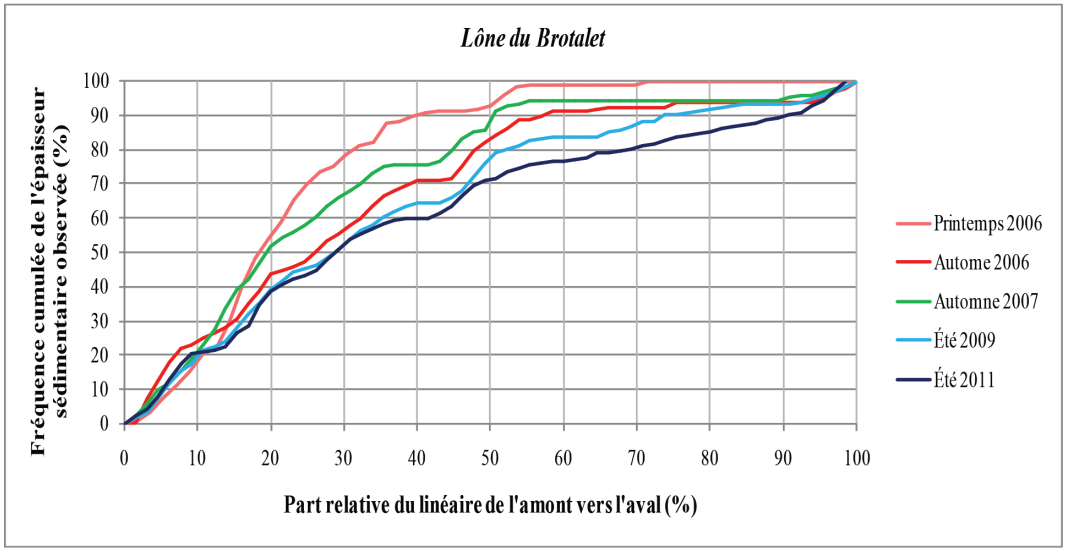

n=10
n=17
n=19
n=19
n=19
PON
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
Mai. 04
Oct. 06
Oct. 07
Avr. 10
Aoû. 11

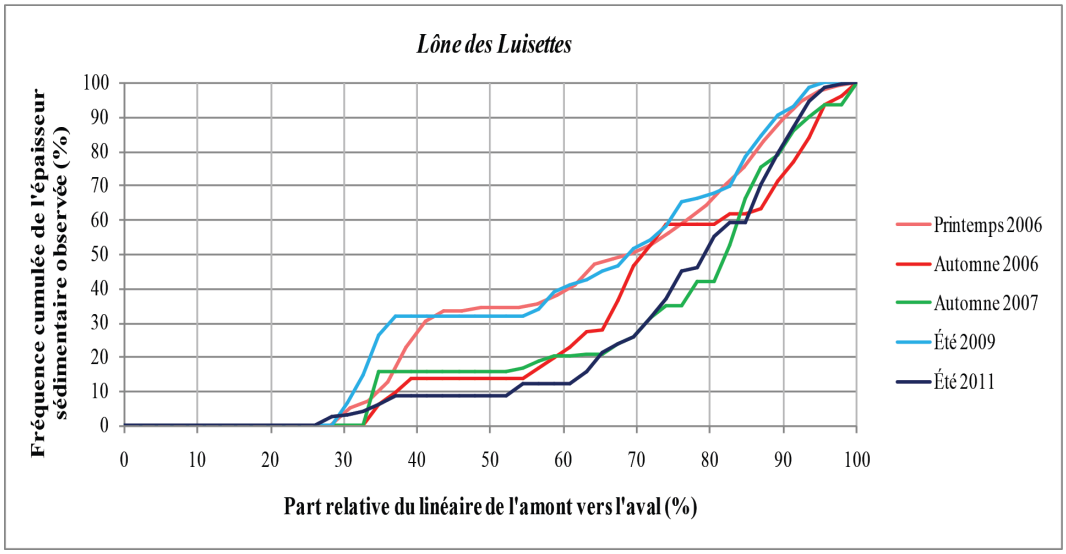

n=35
n=20
n=109
n=109
n=109
CIS
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Aoû. 03
Fev. 04
Oct. 07
Sept. 09
Juil. 11

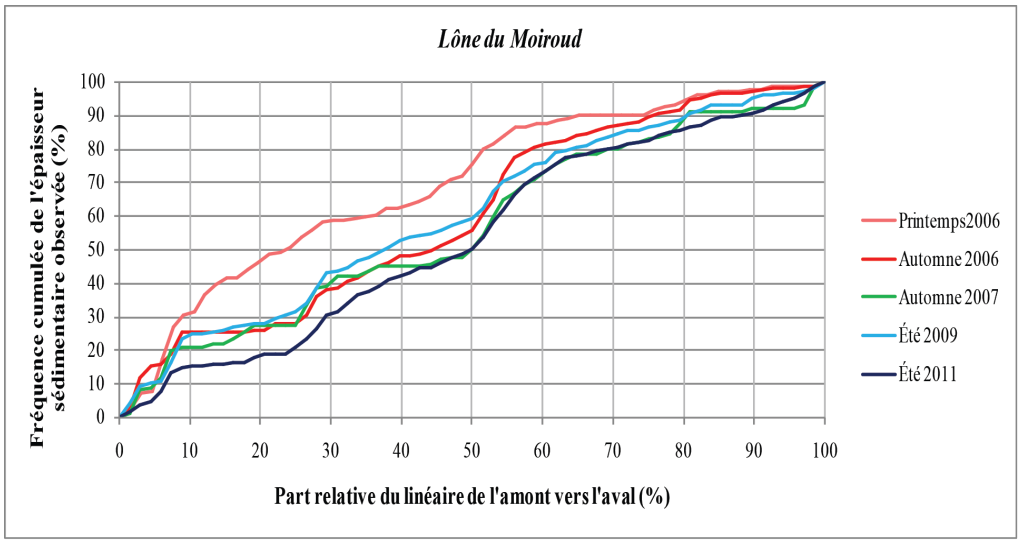

n=25
n=77
n=76
n=76
JAR
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Juil. 03
Oct. 07
Sept. 09
Juil. 11

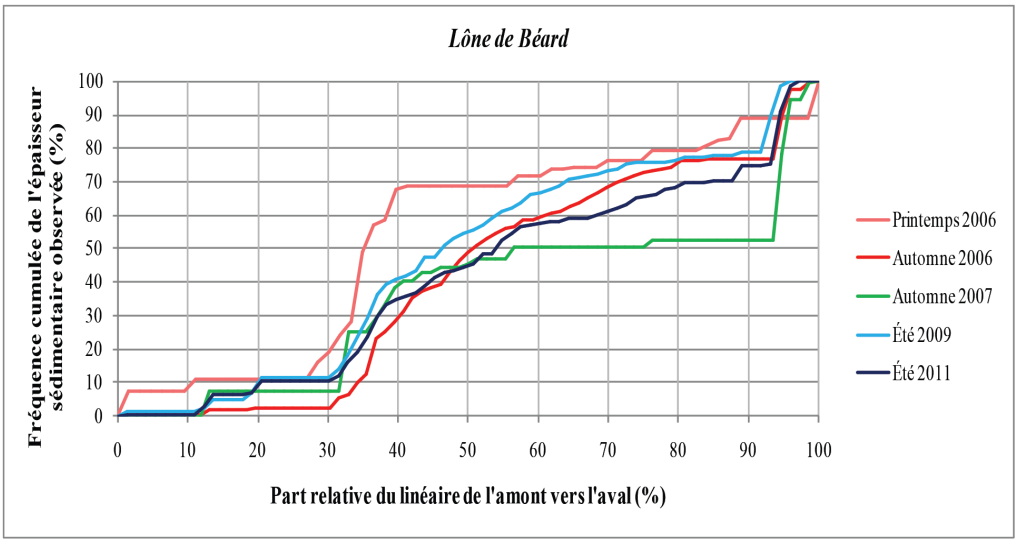

n=47
n=47
n=47
n=47
TAB
Taux de sédimentation annuel (Cm/an)
60
50
40
30
20
10
0
Juil. 03
Mai. 06
Oct. 07
Juil. 11

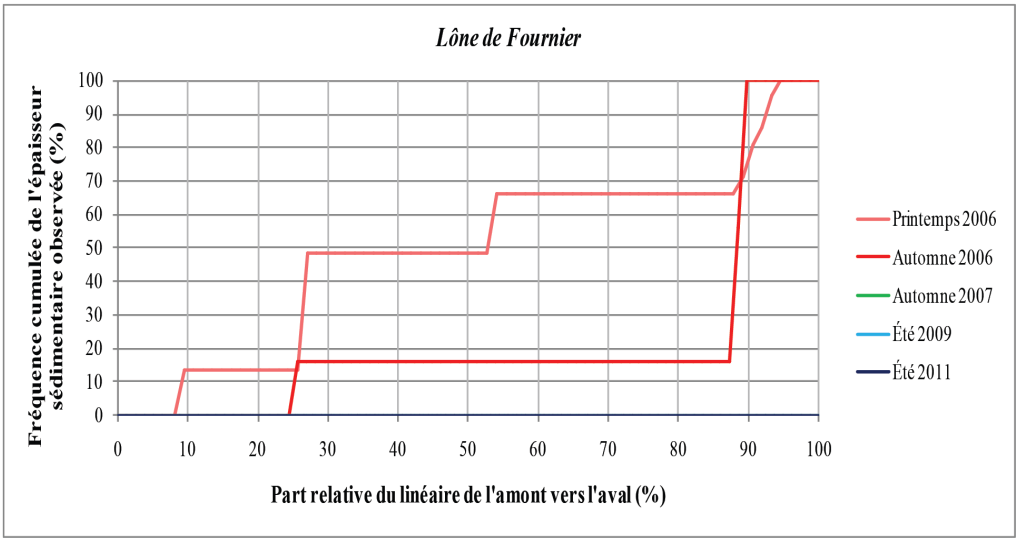

Lône de la Malourdie
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

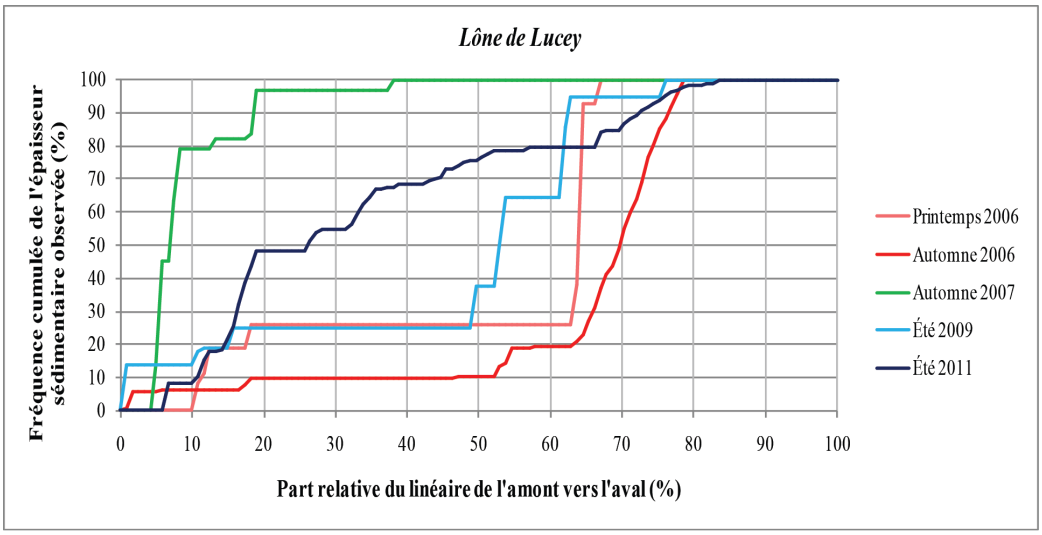

Lône du Brotalet
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Autome 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

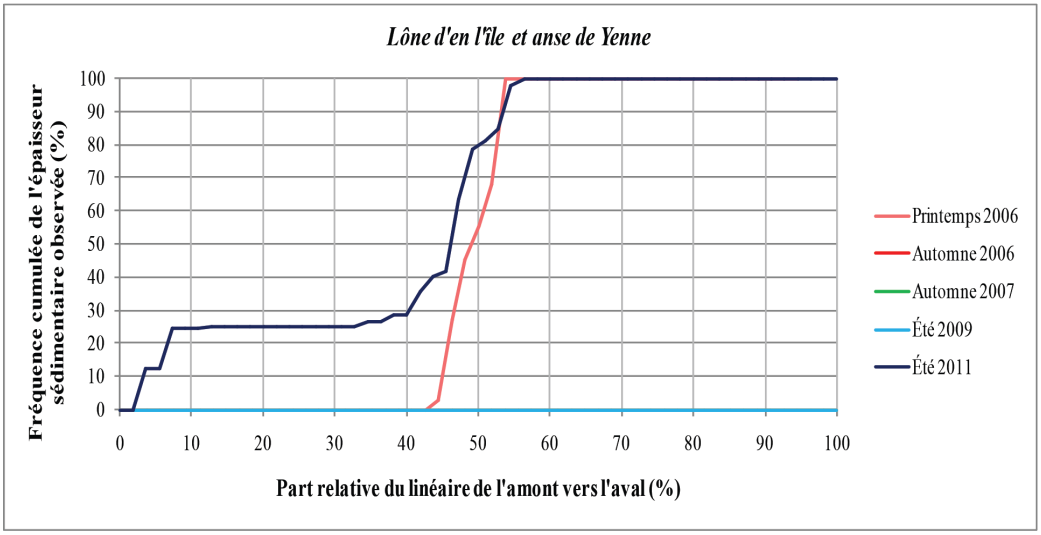

Lône des Luisettes
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

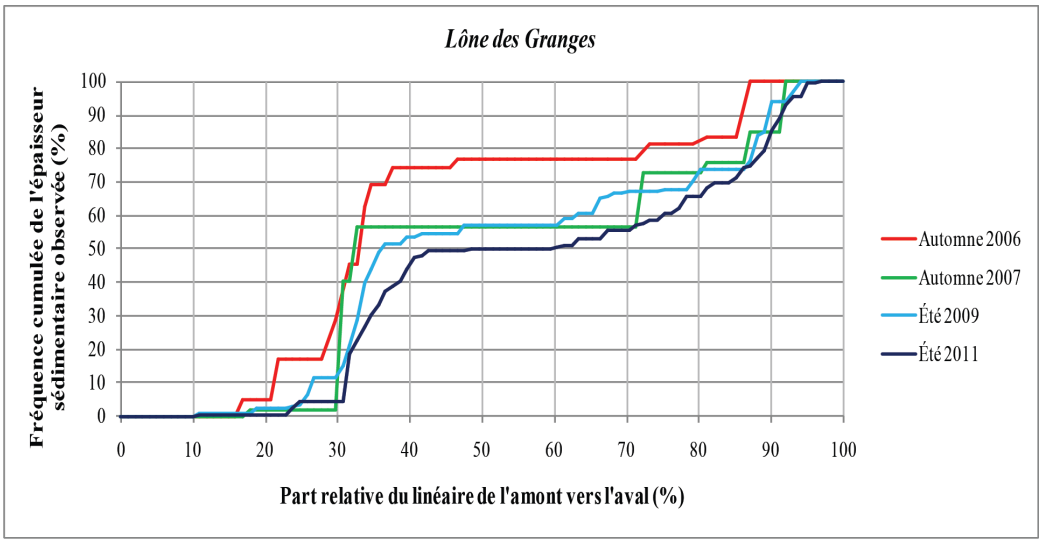

Lône du Moiroud
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

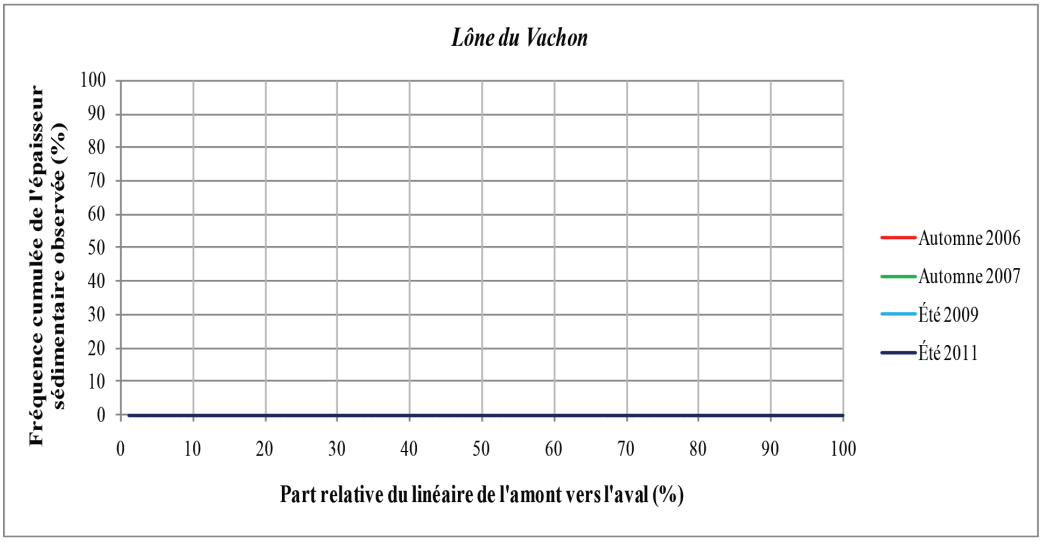

Lône de Béard
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

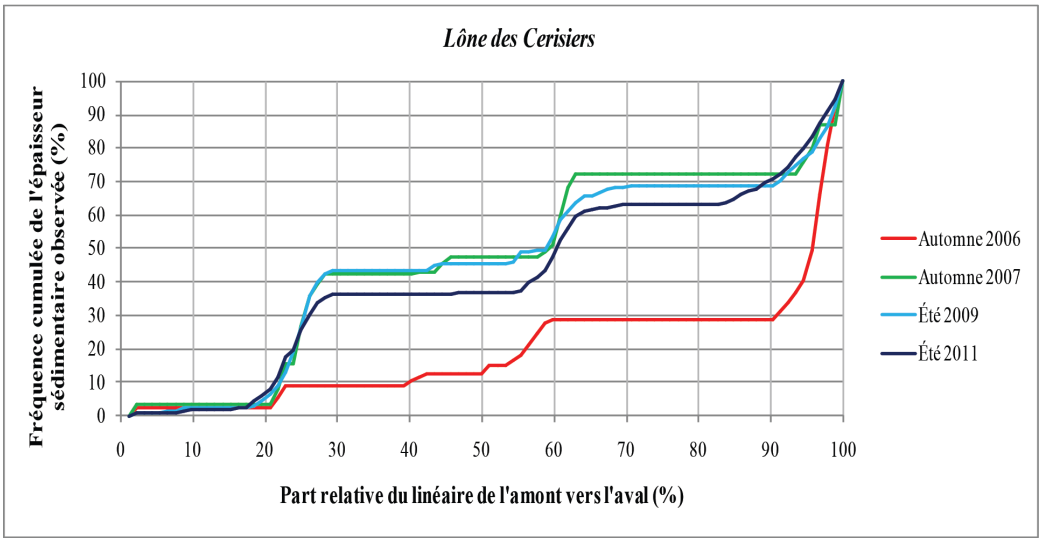

Lône de Fournier
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

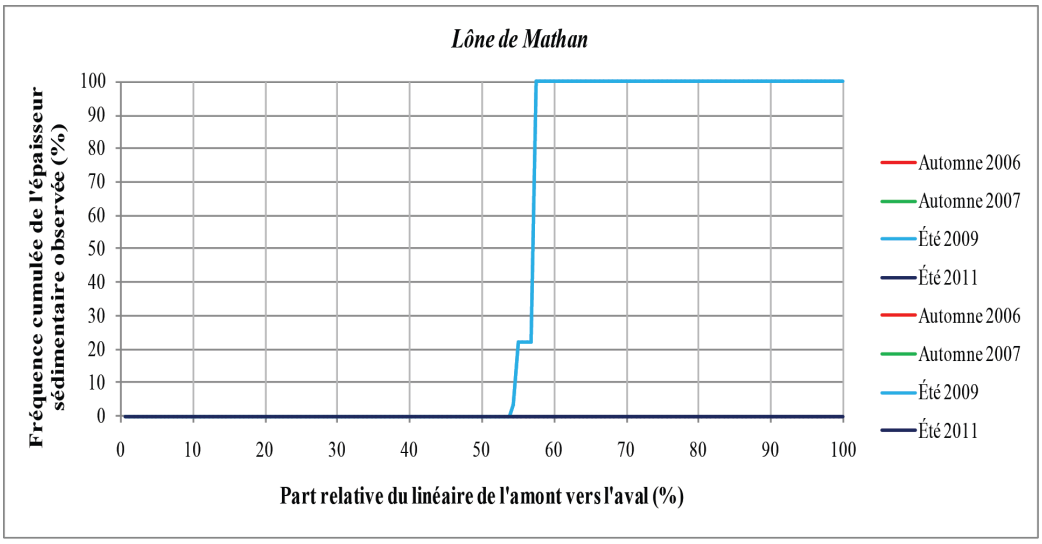

Lône de Lucey
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

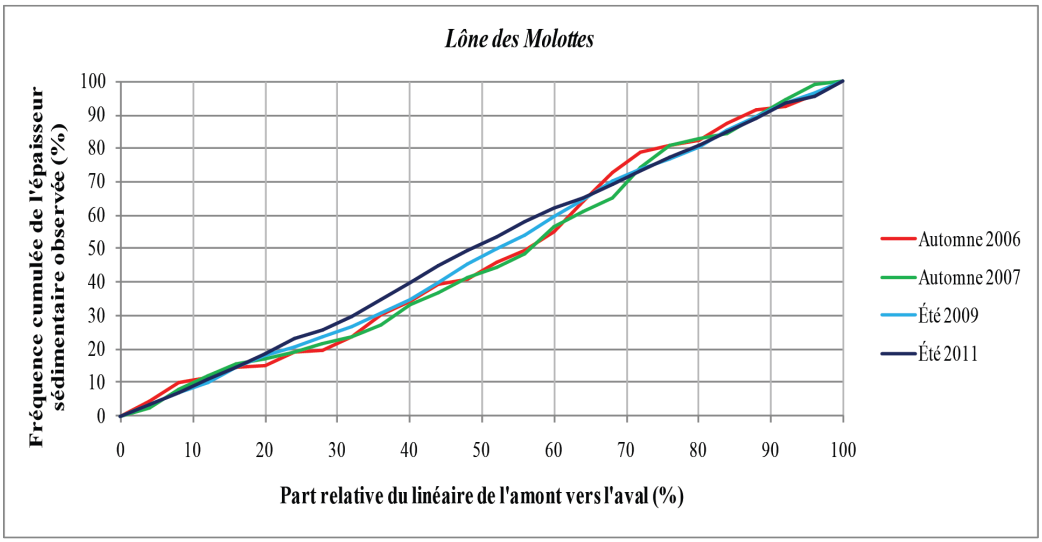

Lône d'en l'île et anse de Yenne
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Printemps 2006
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

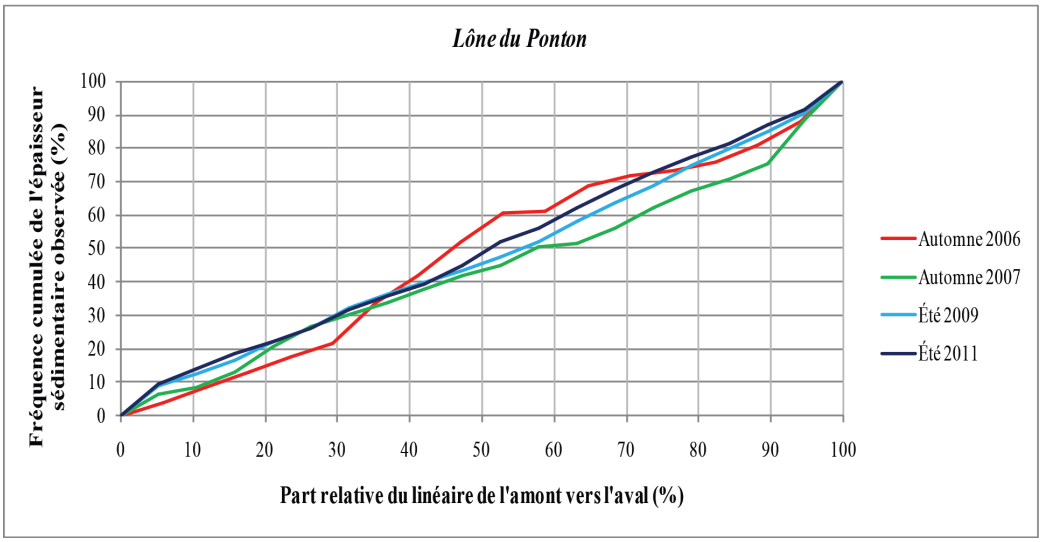

Lône des Granges
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

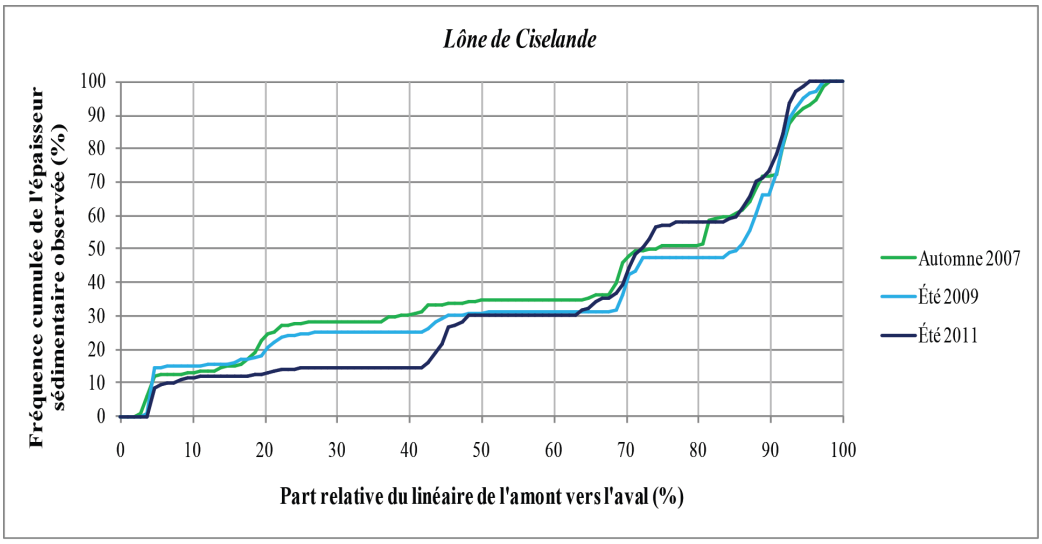

Lône du Vachon
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

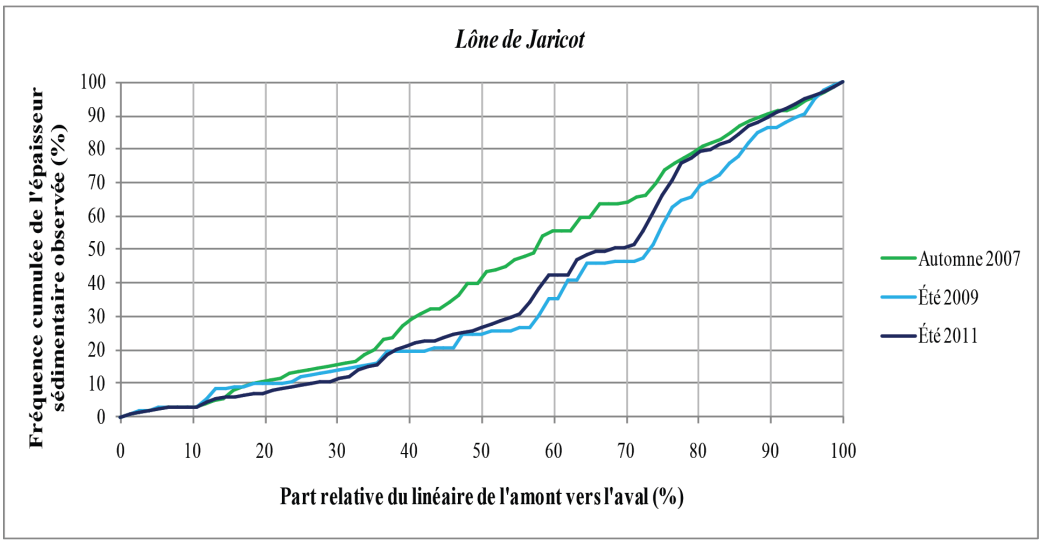

Lône des Cerisiers
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

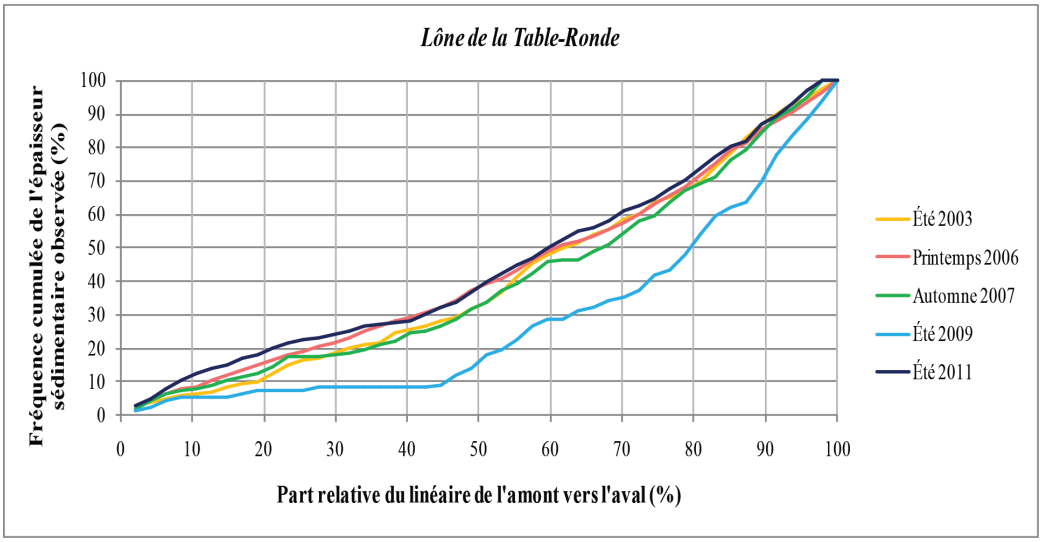

Lône de Mathan
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011


Lône des Molottes
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

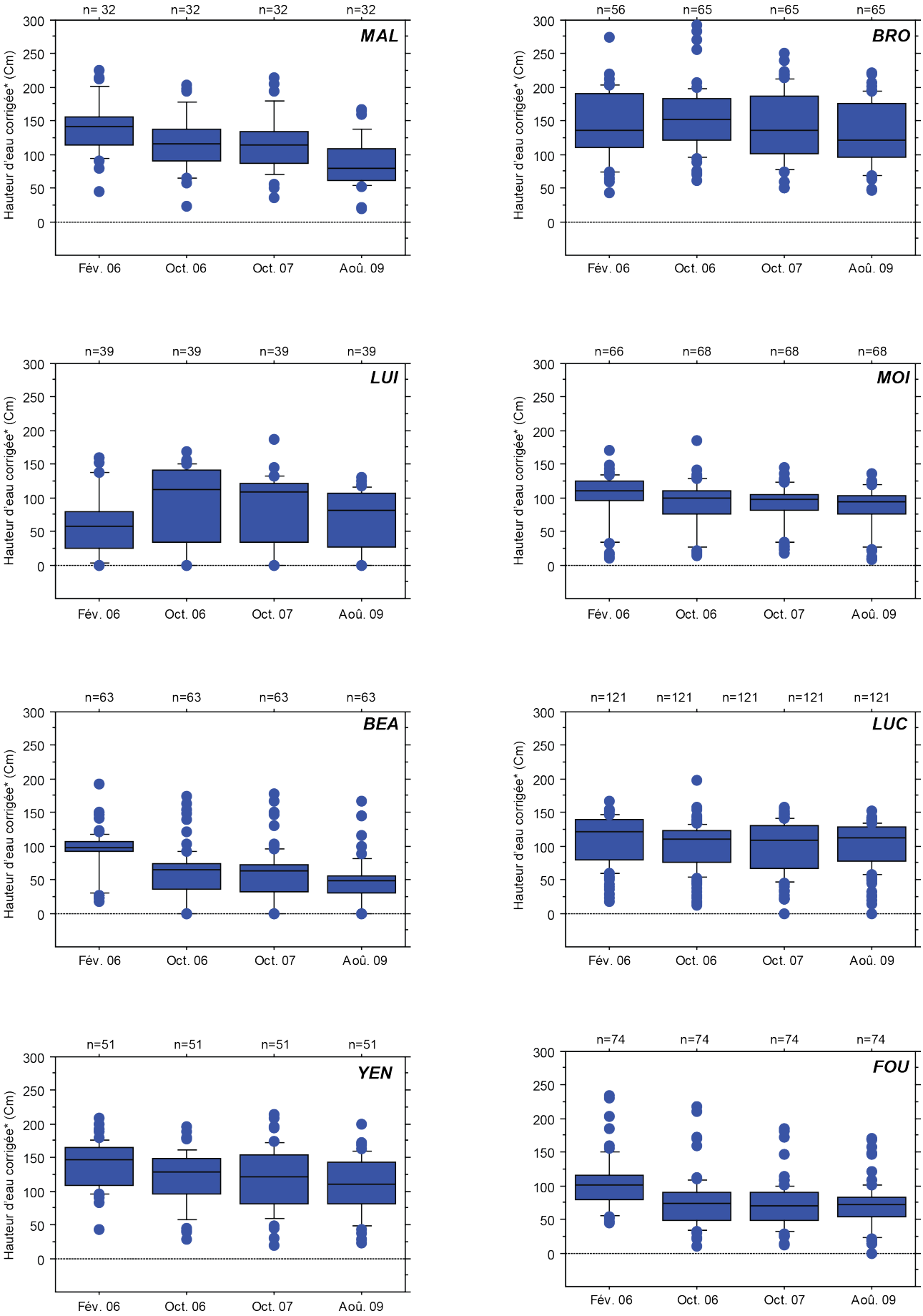

Lône du Ponton
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011


Lône de Ciselande
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

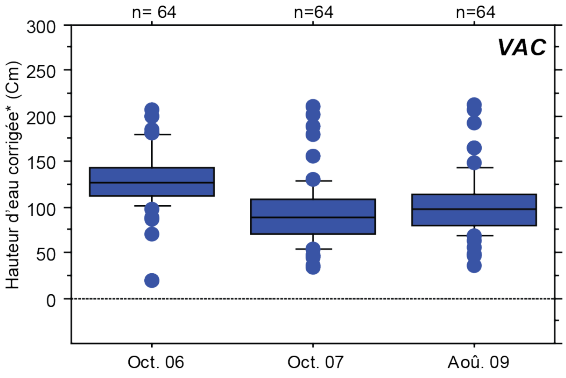

Lône de Jaricot
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

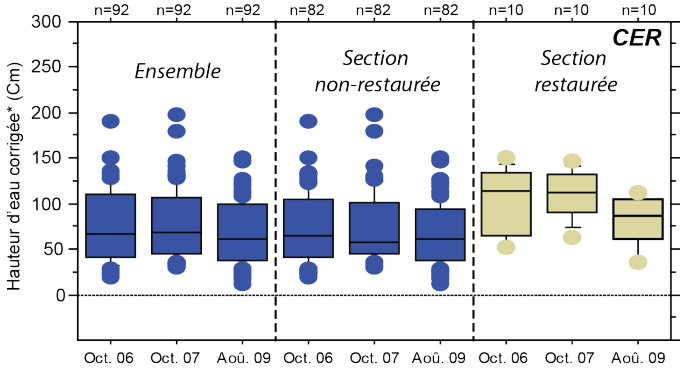

Lône de la Table-Ronde
Fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée (%)
Part relative du linéaire de l'amont vers l'aval (%)
Été 2003
Printemps 2006
Automne 2007
Été 2009
Été 2011

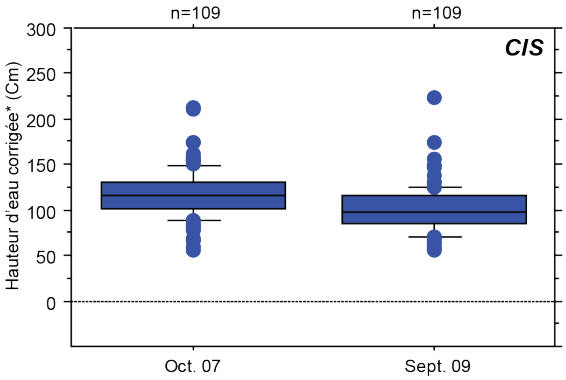
* La hauteur d'eau est corrigée pour un débit de référence (*c.f.* §2.4.5.2 du présent rapport)

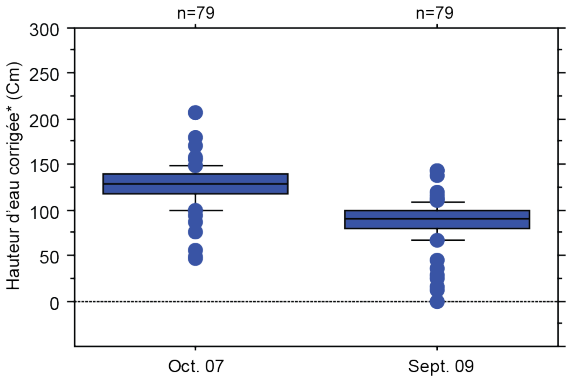


* La hauteur d'eau est corrigée pour un débit de référence (*c.f.* §2.4.5.2 du présent rapport)









A.7 Les poissons des lônes

Date	Site	ABL	ANG	BAF	BBG	BLE	BOU	BRB	BRE	BRO	CAG	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb sp	% Litho-phyto	%0+
08/09/2011	Lône de la Malourdie			1						1					15				6										27		50	5	0.02	0.36
23/08/2011	Lône du Brotalet													62								2									64	2	0	1
07/09/2011	Lône des Luisettes						5							1	19				6								2				33	5	0.06	0.48
07/09/2011	Lône Moiroud						1								61																62	2	0.00	0.73
07/09/2011	Lône Béard																										1				1	1	1.00	0.0
08/09/2011	Lône Fournier			3											8		1	4	1												17	5	0	0.18
08/09/2011	Anse de Yenne			6									3	11	8		1		3										8	2	42	8	0	0.59
23/08/2011	Lône de Chantemerle													1							1									1	3	3	0.33	0.0
17/10/2011	Lône des Granges						4			4					20				1		2	1		2			7				41	8	0.37	0.29
17/10/2011	Lône Vachon		1	15		2				6			6	99		4			16		19						1		1	15	185	12	0.16	0.17
17/10/2011	Lône des Cerisiers	28		2				12	4	6				36	8	79	15	63	12		3	2						1	52	62	385	16	0.34	0.37
18/10/2011	Lône Mattant	25		63			1	2		1			22	203		29	211	6	6		1					83		4	15	11	683	16	0.08	0.48
18/10/2011	Lône des Molottes						2			7										5		3	1	3			14				35	7	0.71	0.49
24/08/2011	Lône du Ponton							1		1												1		3			8				14	5	0.93	0.71
19/10/2011	Lône de Table Ronde	10					7	1	1		5			7		18				426	2	56	7	1			3				544	13	0.09	0.86
27/10/2011	Lône de Jaricot	9						1		4						123		1			4	5		1			1		1		150	10	0.95	0.96
19/10/2011	Lône de Ciselande	87					6	13	1		2	2		167	3	139	25	20	1		1	14	1	3					7		492	17	0.51	0.77
14/09/2011	Lône de la Platière	5					6	22	2	2		1		24		20	14	2	7		3	3		7	1						119	15	0.52	0.33
14/09/2011	Lône du Noyer Nord							4		1				21		1	1	6	1			4		1							40	9	0.18	0.35
14/09/2011	Lône de l'Ilon						10	1			2			4								1	6								24	6	0.38	0.75
10/10/2011	Lône de la Roussette													6			4	2	3												15	4	0	0.8
12/10/2011	Lône de Grange écrasée	1			4		2	1	2	1		1		2		30						17		7							68	11	0.63	0.59
12/10/2011	lône du Carré	6					4	2	1	1	8			18		5	5			1		14	71				2				138	13	0.70	0.75
14/10/2011	Lône de Malaubert	1	3	3						2				15	1	13	3	9	6		2					26			7		91	13	0.20	0.51
10/10/2011	Lône du Bayard		2		2		1			1				6		3			1		2	25					1				44	10	0.16	0.16
10/10/2011	Lône de Caderousse															4	1			2				40			2				49	5	0.94	0.35
12/10/2011	lône des Joncs				3		2				3	2		5		2						11	17	3							48	9	0.56	0.33

Annexe A 2.7.1 : effectifs de poissons échantillonnés dans les lônes en 2011. Les espèces surlignées en jaune sont les espèces phytophiles et lithophytophiles.