



**Suivi scientifique du programme décennal de
restauration écologique et hydraulique du Rhône. Un
observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve.
Rapport d'étape 2010**

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

► **To cite this version:**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Samuel Segura, Pierre Sagnes, Sylvie Mérigoux, 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 2010. [Rapport de recherche] CEMAGREF; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1. 2010. halshs-01240898

HAL Id: halshs-01240898

<https://shs.hal.science/halshs-01240898>

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.

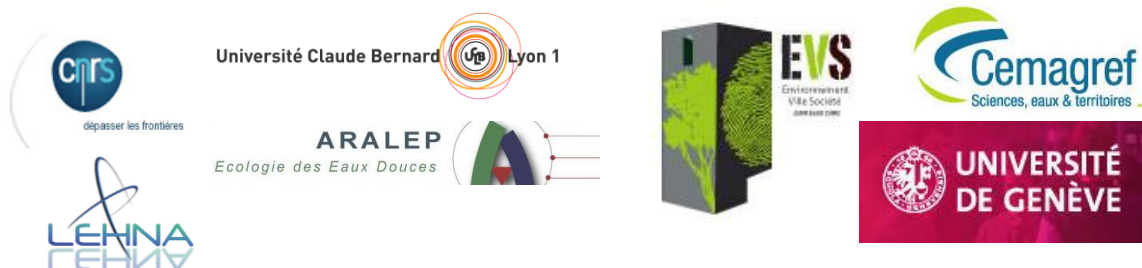
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Suivi scientifique du programme de restauration
hydraulique et écologique du Rhône :
Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve
Rapport d'étape 2010



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



Réalisation du Rapport

Partie Poissons chenal et lînes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUREUX** (Cemagref – Lyon) et **Samuel SEGURA** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Pierre **SAGNES**, Julien VALLES, Chloé MATHIEU et Dominique REYNAUD (UMR CNRS 5023).

Partie Invertébrés du chenal : **Sylvie MERIGOUX** (UMR CNRS 5023, Université Lyon1), échantillonnage, tri et détermination réalisés par **Maxence FORCELLINI**, avec la collaboration de Chloé MATHIEU, Laetitia PATTARD, Dominique REYNAUD, Julien VALLES, Valérie NOUNE (UMR CNRS 5023).

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Jérémie RIQUIER**, **Hervé PIÉGAY** et **Katarina DZUBAKOVA** (UMR CNRS 5600 – Université Lyon 2 / ENS de Lyon / Comenius University, bratislava).

Partie Végétation des lînes : **Samuel SEGURA** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), avec la collaboration de Nicolas PERU (UMR CNRS 5023), échantillonnage réalisé par ASCONIT Consultant

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

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

Les données hydrologiques sont fournies par la CNR.

Sommaire

Sommaire	3
Synthèse	5
1) Introduction.....	14
2) Approche thématique	24
2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie	24
2.1.1 Opérations de restauration.....	24
2.1.2 Hydrologie.....	26
2.1.3 Hydraulique du chenal.....	28
2.2 Les poissons du chenal	30
2.2.1 Objectifs et méthodologie	30
2.2.2 Echantillonnages.....	30
2.2.3 Résultats	32
2.2.4 Bilan multi-sites	41
2.3 Les invertébrés du chenal	44
2.3.1 Objectifs et méthodologie	44
2.3.2 Echantillonnage	45
2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage.....	46
2.3.4 Bilan multi-sites	47
2.3.4.1 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC.....	48
2.3.4.2 Préférences hydrauliques des peuplements dans l'ensemble des RCC.....	53
2.3.4.3 Validations des prédictions de FSTress dans les RCC de Chautagne.....	59
2.3.5 Conclusions et perspectives	63
2.4 Hydromorphologie des lônes	65
2.4.1 Objectifs et méthodologie	65
2.4.2 Rappel des conclusions et des perspectives du rapport d'étape 2009.....	66
2.4.3 Synthèse des photographies aériennes géoréférencées disponibles pour l'analyse de l'évolution planimétriques des lônes.....	67
2.4.4 Elaboration d'un modèle hydraulique 1D	70
2.4.5 Bilan multi-sites	72
2.4.6 Conclusions et perspectives pour 2010-2011.....	73
2.5 Végétation dans les lônes	75
2.5.1 Rappel des objectifs.....	75
2.5.2 Stratégie d'échantillonnage	75
2.5.3 Résultats : évolution du diagnostic floristique.....	77
2.5.3.1 Secteur de Brégnier-Cordon.....	77
2.5.3.2 Secteur de Pierre-Bénite.....	96
2.5.4 Bilan multi-sites et conclusion.....	108
2.6 Les communautés de macroinvertébrés de 14 lônes du Bas-Rhône dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère.	112
2.6.1 Introduction	112
2.6.2 Stratégie d'échantillonnage.	113
2.6.2.1 Localisation des sites.....	113
2.6.2.2 Description de l'habitat et de la connectivité avec le fleuve.....	113
2.6.2.3. Echantillonnage de la macrofaune	115
2.6.3.4 Calcul des métriques	115
2.6.3.5 Analyse des données.	116
2.6.3 Résultats.	117
2.6.3.1 Ordination des sites étudiés en fonction de leur connectivité avec le fleuve.	117
2.6.3.2 Composition faunistique des communautés d'invertébrés aquatiques.....	119

2.6.3.2.1 Différences de composition entre le Haut- et le Bas-Rhône	119
2.6.3.2.2 Différenciation faunistique des lônes étudiées sur le Bas-Rhône	120
2.6.3.2.3 Différenciation faunistique des lônes étudiées sur le Bas-Rhône	122
2.6.3.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques.	123
2.6.3.3.1 Richesse totale.....	123
2.6.3.3.2 Richesse en insectes EPT (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères).	124
2.6.3.3.3 Richesse en mollusques gastéropodes.	125
2.6.3.3.4 Richesses taxonomiques et connectivité latérale.	127
2.6.3.4 Métriques basées sur les espèces non-indigènes.	128
2.6.4 conclusion.	132
2.7 Peuplements de poissons des lônes.	134
2.7.1 Objectifs et méthodologie	134
2.7.2 Echantillonnages.....	134
2.7.3 Résultats	135
2.7.4 Bilan multi-sites	144
2.7.5. Conclusions	150
3. Approche géographique	152
3.1 Chautagne	152
3.2 Belley	156
3.3 Brégnier-Cordon	162
3.4 Miribel-Jonage.....	167
3.5 Pierre-Bénite	168
3.6 Péage-de-Roussillon	170
3.7 Montélimar	174
3.8 Donzère-Mondragon	176
4. Conclusion générale	181
5. Références bibliographiques	184
Annexes thématiques.....	190

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 finalement prévu fin 2011. A Péage-de-Roussillon, seules les Lônes de la Sainte et de Noyer Sud ont été sélectionnées dans un premier temps. 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 2010 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 2010 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 4 à 6 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.

- 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 2010. **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 (spirin, barbeau et loche franche). Ce Vieux Rhône possède 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 où les effectifs sont inférieurs aux années précédentes**, probablement du fait d'un succès de reproduction modéré cette année. 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 ; 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 la brème bordelière, l'ablette et le chevaine en 2010 ; parmi les espèces « d'eaux courantes », le hotu et le barbeau sont relativement peu fréquents dans les échantillons. Le vieux-Rhône de Donzère se caractérise par la présence de nombreux radiers favorisant les espèces « d'eaux vives » (spirin, barbeau fluvial, 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), 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 m² (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 Brégner-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/m²). 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-électriques.

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/m², 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/m²) et *Jaera istri* (4630 indiv/m²) 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 observés 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, Mattan, 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 (Brotale, 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 nécessaires 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 maintien 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. Ce rapport présente 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, et de sa sinuosité relativement faible. 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) entraîne 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 lînes 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 et contribuera à améliorer les connaissances des processus sous-jacents au fonctionnement de lînes. La variabilité inter-annuelle pré-restauration inhérente aux changements floristiques pourra ainsi être évaluée plus précisément.

Volet macroinvertébrés benthiques

- Vingt huit sites appartenant à quatorze lînes des secteurs de Péage-de-Roussillon (5 lînes), Montélimar (1 lîne) et Donzère (8 lînes) ont été étudiés entre 2007 et 2010 afin de décrire, avant restauration, leurs communautés d'invertébrés aquatiques et les variables de milieu associées. Il s'agit de la première étude de ce type sur les lînes du Rhône à l'aval de Lyon. Les résultats constituent un ensemble de référence qui servira à mesurer les changements induits dans ces écosystèmes par les actions de restauration à venir.

- Les protocoles d'acquisition et d'analyse de données sont les mêmes que ceux utilisés sur les sites du Haut-Rhône. L'analyse présentée porte sur les richesses faunistiques (richesses raréfiées totale, en insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères - EPT), la composition des communautés, les espèces non-indigènes et la relation de ces métriques faunistiques avec la connectivité latérale des sites avec le Rhône. Les résultats obtenus sur le Haut-Rhône avant restauration (2003-2005) servent de point de comparaison.

- Les richesses faunistiques des sites du Bas-Rhône ne sont pas significativement plus faibles que celles mesurées sur le Haut-Rhône. Une différence de composition faunistique entre les lînes des deux parties du Rhône se manifeste surtout pour les sites les plus influencés par le fleuve, où des cortèges plus riches et plus abondants d'espèces non-indigènes sont présents au Sud de Lyon.

- Les variations des métriques faunistiques (richesses, composition, espèces non-indigènes) avec la connectivité au fleuve suivent les mêmes tendances que sur le Haut-Rhône, confirmant ainsi la pertinence de la mesure estimant la connectivité à partir de variables de milieu. On observe ainsi une augmentation des insectes EPT et des espèces non-indigènes avec la connectivité.

- L'absence de milieux annexes lotiques connectés au Rhône dans le secteur de Donzère conduit à recommander la restauration par reconnexion (si elle est techniquement possible) de milieux évalués comme faunistiquement pauvres par les métriques mises en œuvre : Lîne de Malatras, du Carré, de la République et de la Roussette (Montélimar). A l'opposé, la singularité de sites comme la lîne Bayard ou l'amont de la lîne de Malaubert poussent à suggérer leur préservation sans actions directes sur leur substrat ou leur morphologie.

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 poissons 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, la lône des Cerisiers est sujet à une sédimentation rapide dans sa partie médiane 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 des très faibles effectifs échantillonnés en 2010.

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 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.

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.

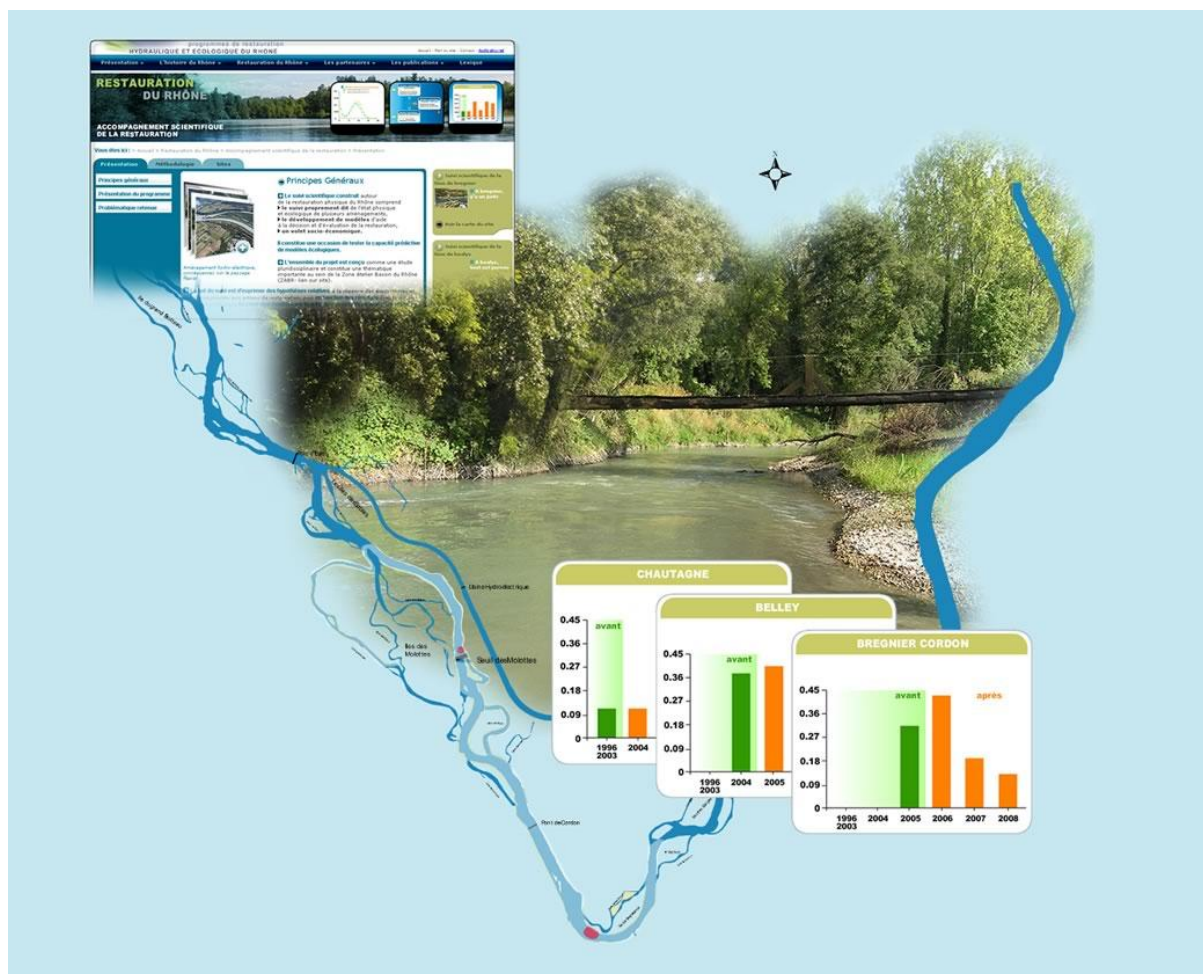
Dans le secteur de Donzère, **l'échantillonnage réalisé en 2010 dans les 6 lônes sélectionnées a mis en évidence une biodiversité piscicole importante** (27 espèces de poissons échantillonnées) et des différences inter-lônes. La poursuite de l'échantillonnage de ces lônes en 2011 et les années suivantes permettra d'établir un état initial précis du 3

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, 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 la 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 a 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, Brégner-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 lînes, **de l'état écologique initial** du site. La seconde phase concerne le suivi après l'augmentation des débits réservés et les travaux de restauration des lînes afin de mettre en évidence 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-influencés hydrauliquement des Vieux-Rhône, c'est-à-dire non soumises au remous des aménagements hydroélectriques situés immédiatement en amont.

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

Secteurs	Types de milieu	Thematiques			
		Poissons	Invertébrés	Vegetation	Sédimentation
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 Barcassee			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 lones suivis entre 2003 et 2010) 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 et de celle de la Sainte devraient débuter dès l'automne 2011. A Montélimar, les travaux dans la lône de la Roussette devraient également commencer dès la fin 2011. A Donzère, le choix des lones 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.

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

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

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

Peuplement d'invertébrés du chenal

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Géomorphologie des lînes

Les deux questions posées dans le programme sont :

- Quelle est la durée de vie d'une lîne 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 lîne qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

- La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans la lîne ? 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-lîne 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-lîne	Granulométrie du substrat

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

Végétation aquatique des lînes

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 lîne
Diversification végétale	Abondance relative des espèces rares

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

Les critères pris en compte sont :

- **le niveau de perturbation** par les crues qui conditionne la richesse spécifique dans l'écosystème. Lorsque le milieu est très perturbé, seules les espèces pionnières se maintiennent. Ces espèces ont en général une faible aptitude compétitive, et sont exclues des écosystèmes les plus stables (peu perturbés), dans lesquels les espèces les plus compétitives dominent le peuplement. Une annexe fluviale fréquemment parcourue par les crues décapantes a une durée de vie potentiellement importante.
- **le niveau de ressources disponibles** dans les écosystèmes aquatiques qui va jouer un rôle prépondérant sur la structure et la dynamique des communautés végétales. Les espèces aquatiques ne sont pas distribuées de manière aléatoire dans les écosystèmes et l'on peut associer la plupart des espèces à des niveaux de ressources donnés. Pour des niveaux de ressources élevés, sont souvent associées des espèces de grande taille et à croissance rapide ; lorsque les niveaux de ressources sont

faibles, sont souvent associées des espèces capables de supporter ce stress (croissance lente, conservation des ressources, taille plutôt faible).

- **L'existence d'apports d'eaux souterraines**, paramètre important pour le fonctionnement de la zone humide, peut augmenter la durée de vie des annexes fluviales. Ces eaux contribuent, par leurs caractères sténothermes et froids, au maintien de températures fraîches, ce qui limite la production végétale et notamment la prolifération algale. En fonction de la capacité hydraulique de la lône, elles réduisent l'accumulation de matière organique ce qui favorise sa durée de vie.

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

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

L'évolution de *l'abondance moyenne des espèces invasives* renseigne sur l'augmentation, la régression, ou la stabilité de ces espèces dans les annexes fluviales. Très compétitives, elles tendent à occuper les habitats laissés libres post-restauration en formant des peuplements monospécifiques, ce qui entraîne une diminution de la richesse spécifique.

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

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

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

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

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

Peuplement d'invertébrés des lônes

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

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

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

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

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

(4) *densité des EPT* : nombre d'individus au m² des insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (cf métrique 2).

(5) *densité totale* : nombre total d'individus au m²

Quatre métriques ont été consacrées à décrire les espèces exogènes au bassin du Rhône. Ces espèces appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes), des mollusques (bivalves et gastéropodes) et des annélides polychètes.

(6) *l'abondance relative des espèces exogènes* au bassin rhodanien a été calculée par rapport à l'abondance totale dans les relevés.

(7) *l'abondance relative des espèces exogènes (sans Gyraulus parvus)* Le mollusque gastéropode exogène *Gyraulus parvus* colonise préférentiellement les milieux stagnants où il peut atteindre de très fortes densités.

Cette métrique a été calculée pour mieux caractériser le comportement des espèces exogènes dans les milieux courants.

(8) *la densité des espèces exogènes* : nombre d'individus au m² des espèces appartenant à ce groupe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Peuplement piscicole des lônes

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

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

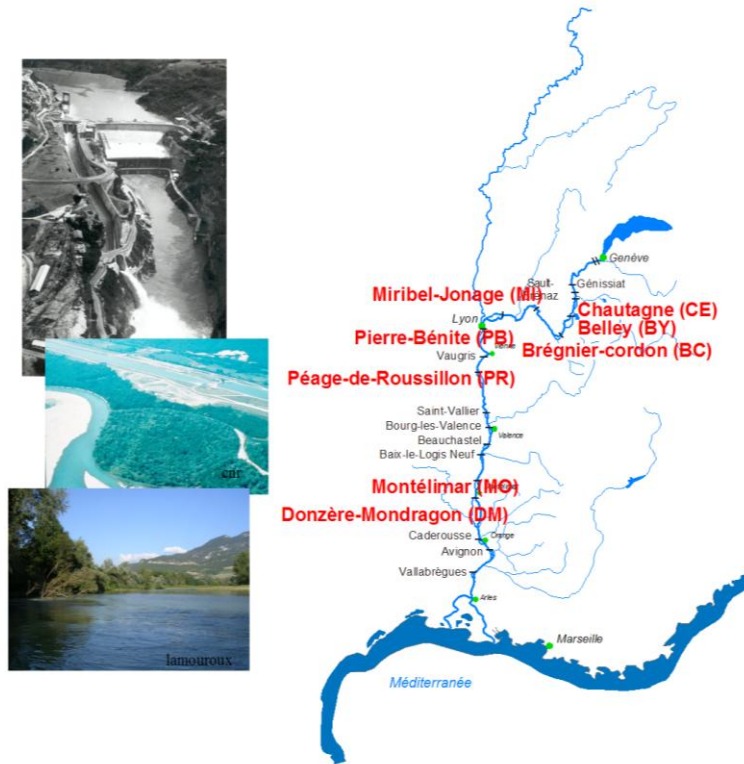
La proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles renseigne sur la fréquentation des annexes par les espèces déposant leurs œufs sur des supports végétaux (caractéristiques des annexes fluviales : tanche, perche, brochet...)

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



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 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ du 1^{er} avril au 31 août et de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ du 1^{er} septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 2003 et 2006.

Les débits réservés ont été relevés (figure 2.1.1b) et 23 lînes 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.

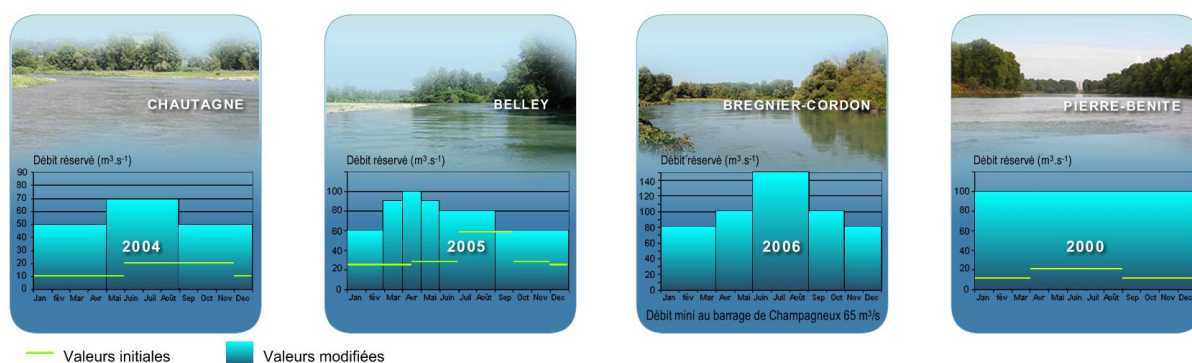
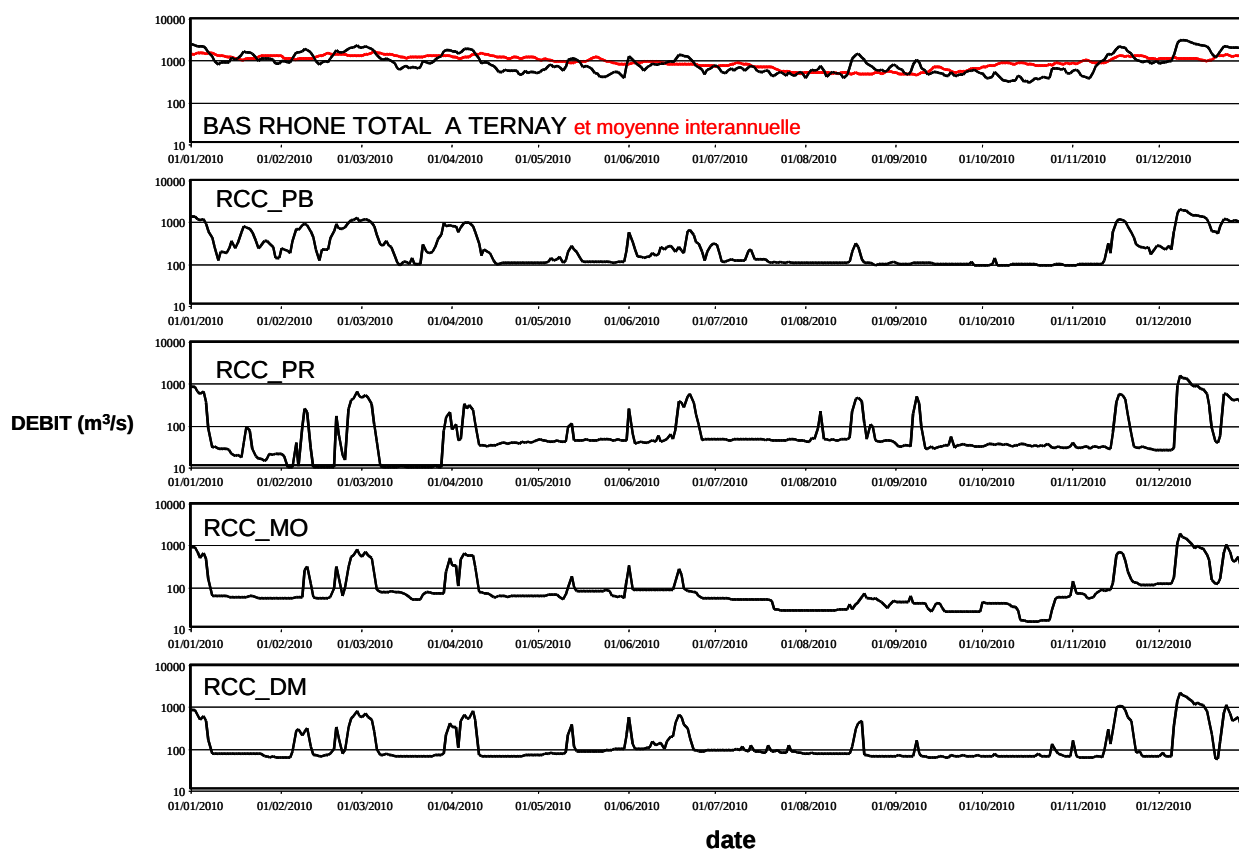


Figure 2.1.1b : valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

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 premiers travaux de restauration des lînes (Sainte et Noyer Sud – complexe de l'Île de la Platière) devraient débuter fin 2011, ainsi que la restauration de la lône de la Roussette à Montélimar.

2.1.2 Hydrologie

Après une année 2009 caractérisée par des débits bas au printemps et à l'automne, l'année 2010 est plus proche de la moyenne. Le Haut-Rhône amont reste concerné par une gestion quotidienne par écluses, qui cesse en général le week-end. Les écluses quotidiennes se ressentent dans le RCC de Chautagne, notamment du fait des déversements fréquents de débit.



*Figure 2.1.2 : Débit 2010 du Rhône total à Ternay,
et dans les vieux Rhône du bas Rhône*

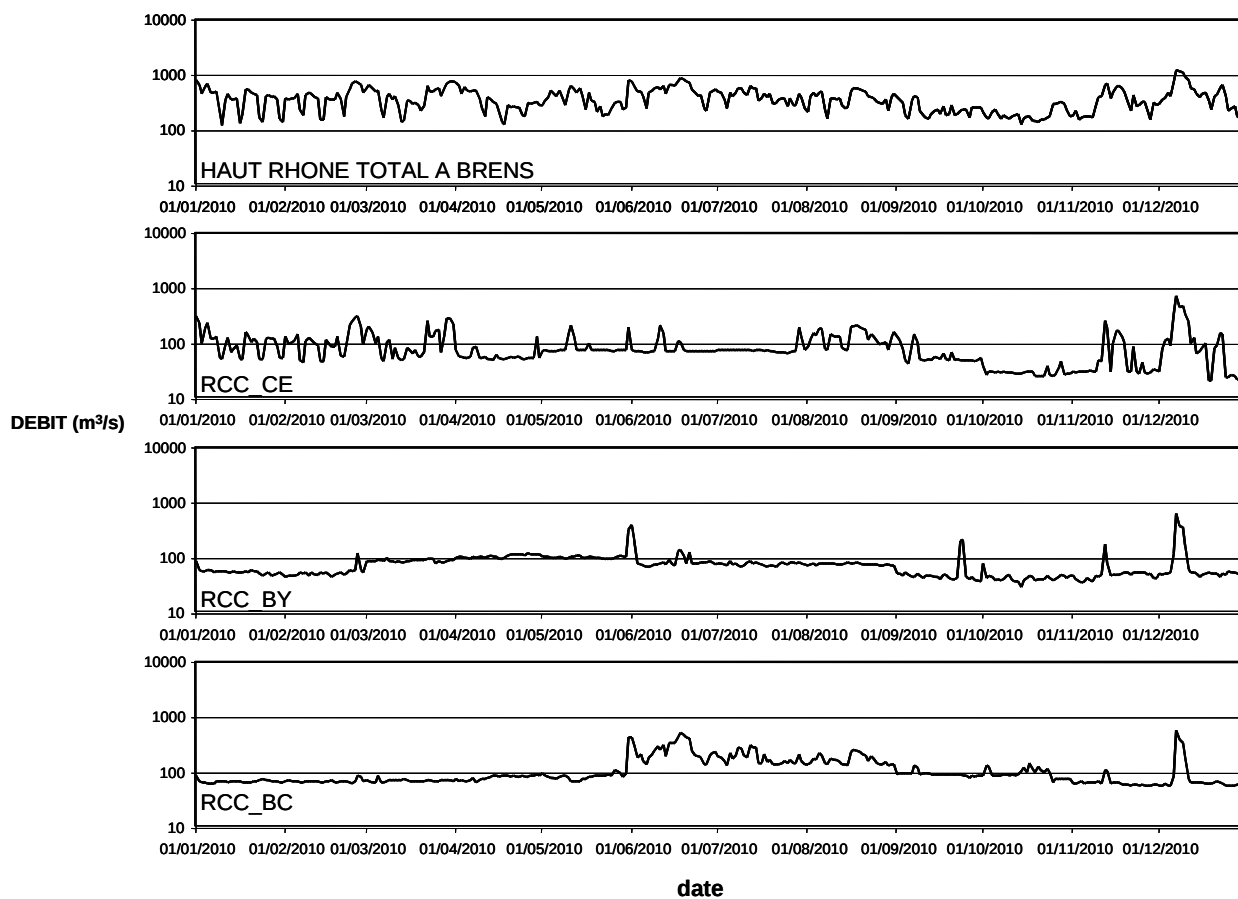


Figure 2.1.3 : Débit 2010 du Rhône total à Brens,
et dans les vieux Rhône du haut Rhône

2.1.3 Hydraulique du chenal

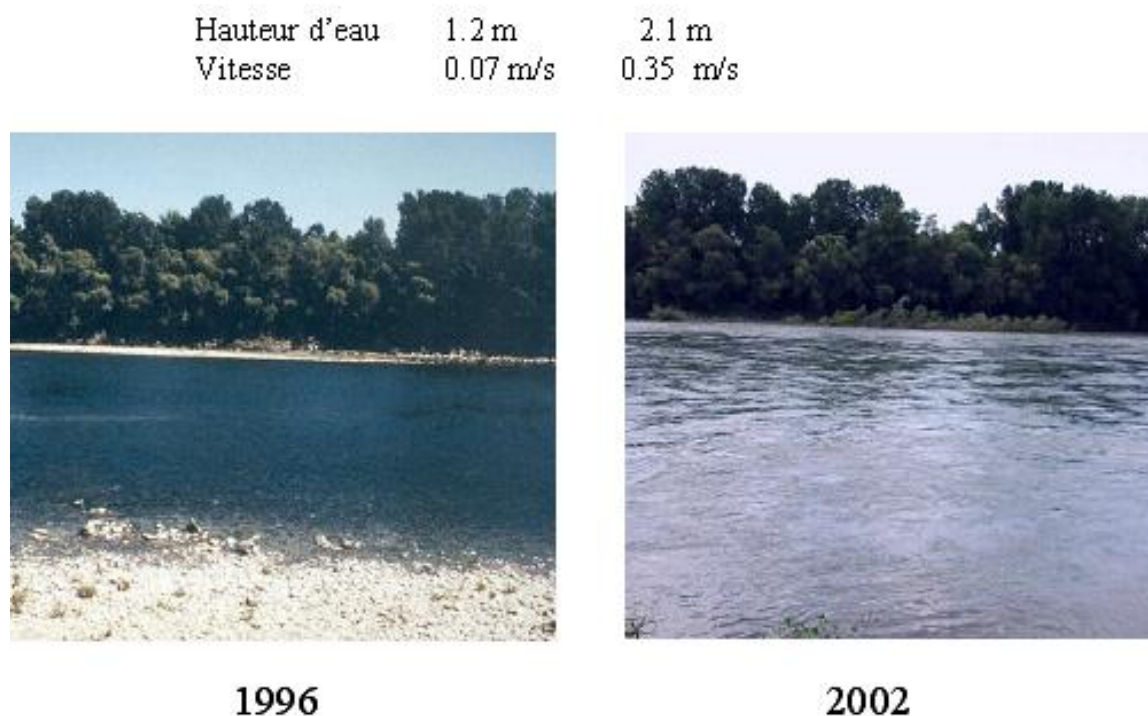


Figure 2.1.4 : Le vieux Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

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, spirilin).

REM est lié au niveau de débit par unité de largeur. Plus sa valeur est élevée, plus **il reflète l'idée d'un fleuve courant**, de façon comparable sur des sites variés. Il est particulièrement sensible aux changements de débit minimum. Une augmentation de REM augmente la valeur d'habitat relative des espèces typiques d'eau courante (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 $REM = QM / (v * LM)$ où Q50, H50, L50 sont le débit, la hauteur et la largeur mouillée médians ; g est l'accélération gravitationnelle ; QM et LM sont le débit minimum et la largeur correspondante ; v est la viscosité dynamique de l'eau.

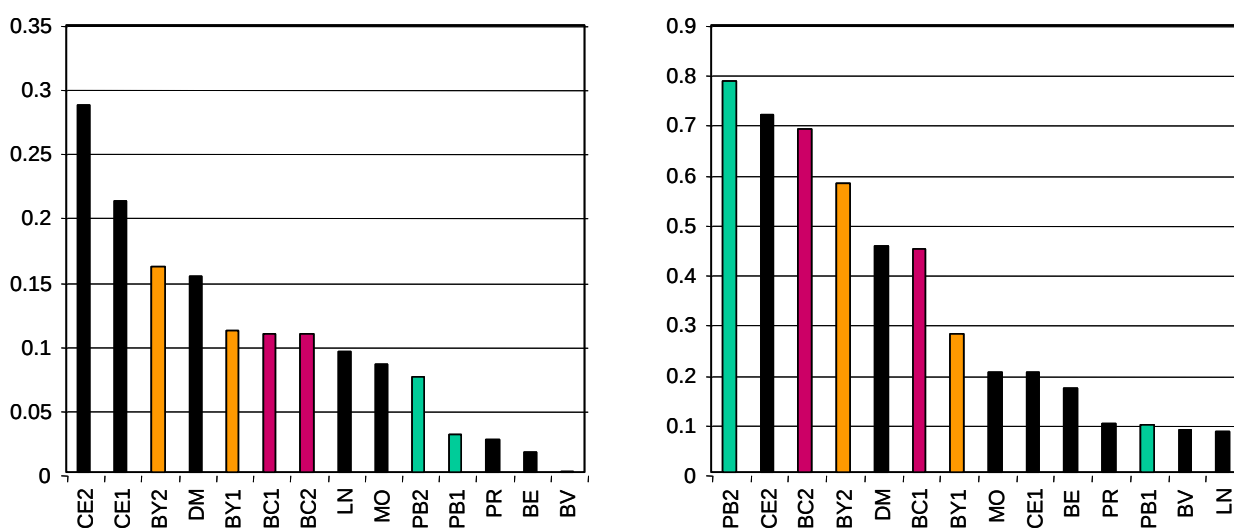


Figure 2.1.5. Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes 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

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 nos suivis (BY, PB, MO, DM, 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.

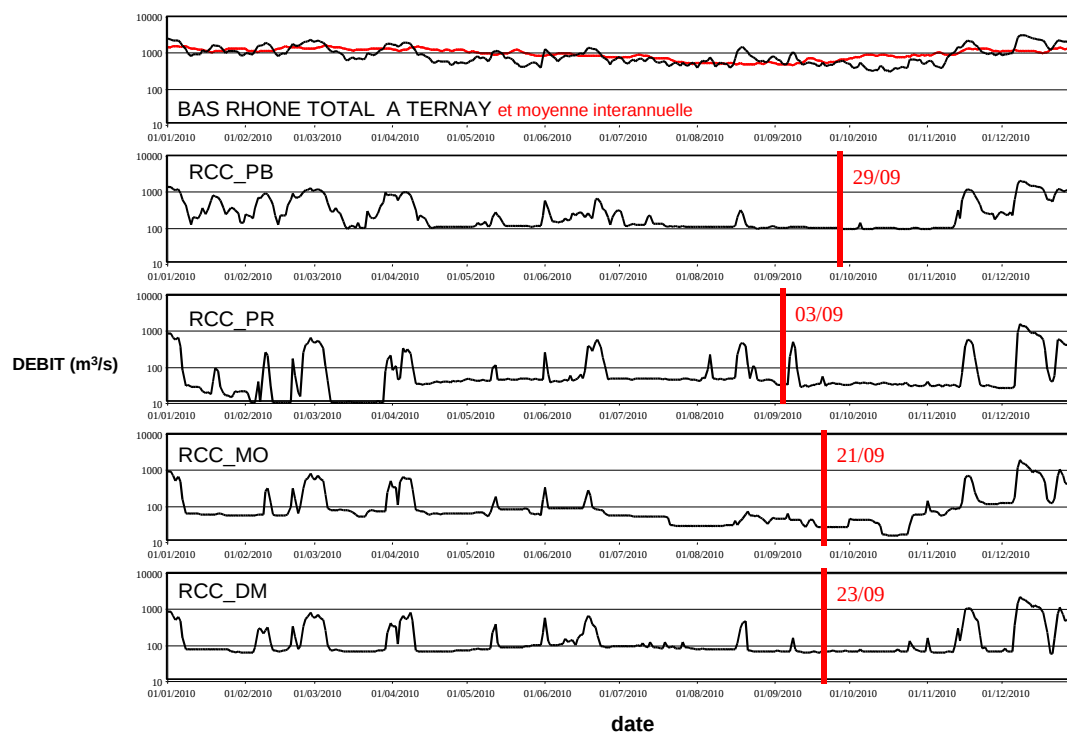
Dans le cadre des pêches de suivi, une campagne d'échantillonnage est réalisée en automne. Une campagne correspond à une pêche électrique de 100 à 200 points d'échantillonnage ponctuels d'abondance – EPA - (ou 30 ambiances de quelques dizaines de mètres carrés) réalisée en bateau avec surprise du poisson. Les points de pêche sont répartis dans la partie non-influencée hydrauliquement du Vieux-Rhône, sur une ou plusieurs stations (*cf.* annexe A.1.1). Le nombre de points de pêche est augmenté dans le cas des Vieux-Rhône longs et/ou hétérogènes.

La fréquence d'échantillonnage des poissons du chenal est annuelle, à commencer au minimum 2 ans avant restauration.

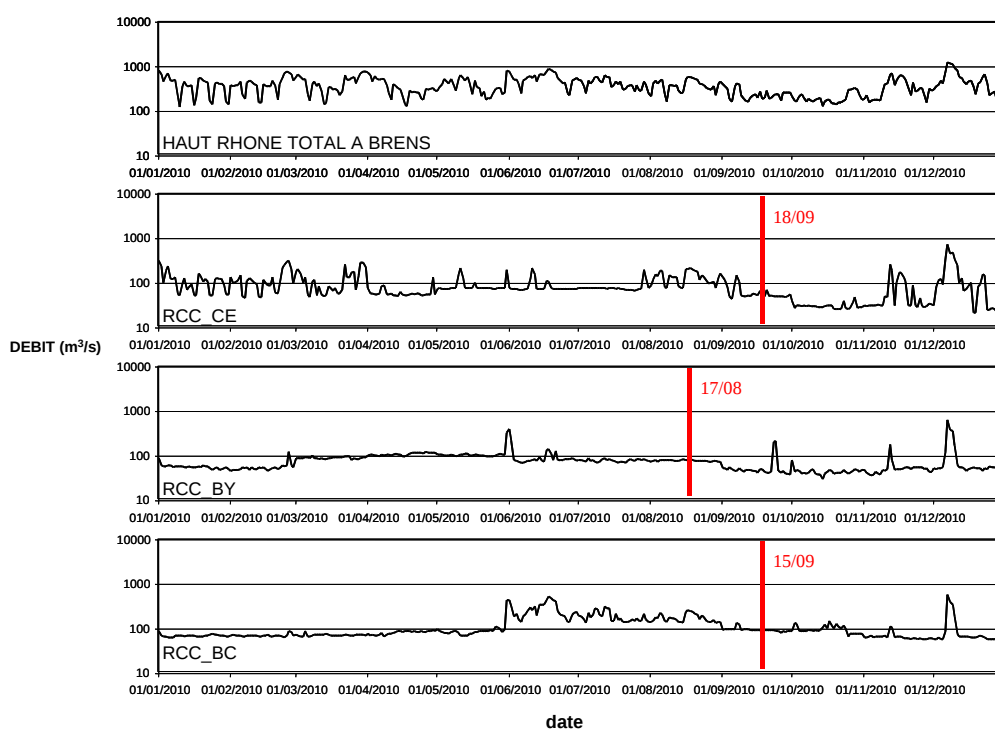
2.2.2 Echantillonnages

Les échantillonnages 2010 ont été réalisés de fin Août à mi-octobre (*cf.* Figure 2.2.1 et 2.2.2). De 100 à 207 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 (tableau 2.2.1).





*Figure 2.2.1 : Débit 2010 du Rhône total à TERNAY,
et dans les vieux Rhône du bas Rhône
Dates d'échantillonnage des poissons du chenal*



*Figure 2.2.2 : Débit 2010 du Rhône total à Brens,
et dans les vieux Rhône du haut Rhône
Dates d'échantillonnage des poissons du chenal*

2.2.3 Résultats

12 209 poissons appartenant à 34 espèces ont été échantillonnés en 2010 (vieux-Rhône et lônes) (tableau 2.2.1).

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Guilde reprod.
Petromizontidés				
	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP	
Salmonidés				
	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR	
	Truite fario	<i>Salmo Trutta fario</i> (Linné, 1758)	TRF	
Esocidés				
	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	P
Lotidés				
	lote	<i>Lota lota</i> (Linné, 1758)	LOT	
Cyprinidés				
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (Linné, 1758)	GAR	L-P
	Blageon	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1827)	BLN	
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linné., 1758)	VAN	
	Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i> (Linné, 1758)	CHE	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linné, 1758)	ROT	P
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (Linné, 1758)	TAN	P
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linné, 1766)	VAI	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (Linné, 1758)	ABL	L-P
	Spirin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	SPI	
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (Linné, 1758)	BRB	P
	Brème commune	<i>Abramis brama</i> (Linné, 1758)	BRE	L-P
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linné, 1758)	HOT	
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1785)	BOU	
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (Linné, 1758)	GOU	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Chlegel, 1842)	PSR	L-P
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (Linné, 1758)	BAF	
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (Linné, 1758)	CCO	P
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	CGO	L-P
Balitoridés				
	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (Linné, 1758)	LOF	
Siluridés				
	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	
Ictaluridés				
	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH	
Anguillidés				
	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (Linné, 1758)	ANG	
Gastérostéidés				
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linné, 1766)	EPI	
Centrachidés				
	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linné, 1758)	PES	
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	BBG	
Percidés				
	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (Linné, 1758)	PER	P
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linné, 1758)	GRE	L-P
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i> (Linné, 1758)	SAN	P
Cottidés				
	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA	

Tableau 2.2.1 : liste des espèces échantillonnées en 2010 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 473 (Pierre-Bénite) à 2630 (Miribel) (tableau 2.2.2).

Code espèce	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Canal de Miribel	Pierre-Bénite	Péage	Montélimar	Donzère	Total
ABL	58	20	20	19	40	261	241	619	1278
ANG	3	1	4	4	3	3	26	14	58
BAF	188	180	168	438	49	12	51	149	1235
BBG								1	1
BLN	2		4	3				1	10
BOU	1	66	190			209	1	78	545
BRB		1	42	1	4	37	382	21	488
BRE		8	13	1		27	1	1	51
BRO	6	11	10			1	1	5	34
CAG		1				14	3	17	35
CCO							1	5	6
CHA		7	14	34				3	58
CHE	364	352	370	111	85	184	203	596	2265
EPI	25	18	53						96
GAR	37	25	156		35	275	10	106	644
GOU	15	72	112	16	9	73	67	158	522
GRE	8	1	8		6	13	13		49
HOT	5	5	8	119	82	35	43	100	397
LOF	37	25	49	125	2	65	41	175	519
LOT		6							6
LPP		1	3						4
OBR		9							9
PCH						9		2	11
PER	7	18	79	4	17	36	17	9	187
PES	10	2	59		7	241	2	62	383
PSR	4	1	32	10		179	12	147	385
ROT			16			19		157	192
SAN		1							1
SIL	1			33	5	13	7	8	67
SPI	13	18	43	617	115	2	9	53	870
TAN	28	3	25			12	3	18	89
TRF	7	8	3						18
VAI	466	21	17	1095	4	2	6	39	1650
VAN	3	14	19		10				46
Total	1288	895	1517	2630	473	1722	1140	2544	12209
Nb esp.	22	28	26	16	16	23	22	26	34

Tableau 2.2.2 Abondance des espèces échantillonnées en 2010 sur les 8 secteurs étudiés en 2010 (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 principaux résultats par secteurs sont les suivants.

Chautagne

En raison des impératifs d'entretien de l'usine hydroélectrique de Chautagne et des arrêts temporaires de groupes, le débit réservé a varié très fortement (une à deux hausses de débit importantes par jour) au cours des mois d'août et de septembre 2010. De ce fait, l'échantillonnage a dû être réalisé le week-end afin de bénéficier d'un débit réservé stable pendant les pêches. 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. Vingt espèces ont été capturées dans le vieux-Rhône, le vairon est très largement dominant dans les échantillons de 2010 (39% des effectifs) avec le chevaine (28%) et le barbeau (16%). Les barbeaux capturés sont majoritairement des juvéniles de l'année (tableau 2.2.5). Les autres espèces sont numériquement très faibles et l'on notera, comme les années précédentes des faibles abondances de hotus, de vandoises et de truites. L'ombre commun, espèce emblématique du Haut-Rhône, n'a pas été échantillonné. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 54,6%.

Belley

837 poissons appartenant à 28 espèces ont été échantillonnés en 2010. L'abondance relative du chevaine est particulièrement importante (41%) et 69% des chevaines capturés en 2010 étaient des juvéniles de l'année. Le barbeau représente 22% des captures, le goujon 8% et la bouvière 7%, l'abondance relative des autres espèces est inférieure à 3%. Des espèces indicatrices de la qualité des habitats hydrauliques dans les vieux-Rhône (ablettes, hotus, ombres communs, spirilins, vandoises) présentent en 2010 des abondances particulièrement faibles. Six lots ont été capturés. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 75%.

Brégnier-Cordon

Les effectifs capturés (747 ind.) sont relativement faibles en regard de l'effort d'échantillonnage. Comme dans les secteurs amont, le chevaine domine dans les échantillons (33%), le barbeau (22%) et le goujon (12%) sont les deux autres espèces présentant des effectifs relativement importants. Les autres espèces ont des abondances relatives inférieures ou égales à 5%. L'ablette, le hotu et la vandoise sont, comme à Belley, très peu abondants dans les échantillons. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 29%.

Canal de Miribel

2636 poissons appartenant à 16 espèces ont été échantillonnés en 2010. Comme les années précédentes, deux espèces dominent dans les échantillons : le vairon (42%) et le spirilin (23%) accompagnées d'espèces typiques des radiers (barbeau et loche franche).

Le barbeau représente 17 % des captures et la majorité des poissons sont des juvéniles de l'année (86%). 118 hotus (92% de juvéniles de l'année) ont été capturés, ce qui témoigne de la présence d'une population dans le Canal de Miribel. Le silure est bien implanté dans ce secteur (23 poissons échantillonnés). On notera la présence du chabot (24 ind.) et l'absence d'ombre commun, de truite et de vandoise. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 59%.

Pierre-Bénite

Comme en 2009, le nombre poissons capturés (473) est relativement faible par rapport aux autres secteurs. Parmi les 16 espèces rencontrées, les espèces les plus abondantes sont dans l'ordre décroissant de leur abondance relative : spirin (24%), chevaine (18%), hotu (17%), barbeau (10%), ablette (8%) et gardon (7%). L'abondance relative 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 (ablette 98%, barbeau 84%, hotu 92%, vandoise 100%). Il serait souhaitable de vérifier si les différentes cohortes annuelles intègrent les classes d'âges supérieures dans les populations. En effet, la réponse à l'augmentation du débit réservé semble en accord avec les prédictions sur ce secteur du Rhône, mais l'information relative à la structure en âge (ou en taille) des populations d'espèces « d'eaux courantes » demande à être approfondie. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 47%.

Péage-de-Roussillon

Les effectifs échantillonnés en 2010 (1397 ind.) sont inférieurs à ceux de l'année précédente (3025 ind.), phénomène probablement dû à un succès de reproduction modéré en 2010. Parmi les 23 espèces capturées, la perche-soleil représente 17% de l'abondance totale, le gardon 14%, la bouvière 14%, l'ablette 13%, le pseudorasbora 11% et le chevaine 10%. Les espèces « d'eaux courantes » sont relativement peu abondantes dans ce secteur 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 63%.

Montélimar

Parmi les 21 espèces (1127 ind.), 3 espèces représentent une proportion non négligeable du peuplement échantillonné : brème bordelière (34%), ablette (21%) et chevaine (17%). Parmi les espèces « d'eaux courantes », le hotu (4%) et le barbeau (5%) sont relativement peu fréquents dans les échantillons. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 30%.

Donzère

21 espèces (1717 ind.) ont été échantillonnées en 2010. L'ablette (35%) et le chevaine (24%) sont les 2 espèces les plus abondantes. Par rapport au secteur de Montélimar, les proportions de hotus (6%) et de barbeaux (8%) sont plus importantes. La vandoise et la truite sont absentes sur les deux sites. Les proportions de juvéniles de l'année sont variables suivant les espèces : 78% pour l'ablette, 46% pour le barbeau, 48% pour le chevaine et 80% pour le hotu. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons toutes espèces confondues est de 59%.

Le vieux Rhône de **Baix-le-Logis-Neuf** a été échantillonné pour la première fois en 2010. Le vairon apparaît comme une espèce très abondante dans ce vieux-Rhône.

En conclusion...

Sur le Haut-Rhône les peuplements sont donc dominés par le chevaine, le barbeau, le vairon et le spirilin. L'ombre commun, la truite et le chabot sont observés en nombres très réduits. A Miribel, le peuplement observé est à nouveau assez différent avec une très forte proportion de vairon et d'espèces typiques des radiers (spirilin, barbeau et loche franche).

Sur le Bas-Rhône, le chevaine et l'ablette dominant. On trouve en 2010 une proportion importante de vairons à Logis-Neuf, et globalement moins de hotus et barbeaux qu'observés en moyenne, à l'exception notable du site restauré de Pierre-Bénite.

Effectifs pêchés 2010

Espèce	CE	BY	BC	MI	PB	PR	LN	MO	DM	Total
nb points	100	200	200	100	30	120	75	180	200	
VAI	440	17	4	1102	4	1	364	6	22	1960
CHE	317	340	243	111	85	165	76	196	412	1945
BAF	183	180	149	438	49	12	12	51	140	1214
ABL	58	20	17	19	40	204	14	241	600	1213
SPI	13	18	41	617	115	2	0	9	47	862
LOF	35	17	11	125	2	68	74	40	159	531
GOU	14	64	92	16	9	82	35	67	100	479
HOT	5	5	8	118	82	61	15	43	100	437
BRB	0	1	7	1	4	23	4	382	13	435
GAR	37	24	18	0	35	234	6	10	25	389
PES	3	1	33	0	7	245	0	2	4	295
BOU	0	62	0	0	0	202	18	1	4	287
PSR	1	1	0	10	0	161	29	12	43	257
PER	7	13	56	4	17	22	4	15	7	145
SIL	1	0	0	33	5	13	2	7	8	69
ANG	3	1	4	4	3	3	7	26	14	65
CHA	0	7	14	34	0	0	0	0	3	58
GRE	8	1	8	0	6	16	0	13	0	52
VAN	3	14	14	0	10	0	0	0	0	41
CAG	0	1	0	0	0	15	6	3	7	32
TAN	2	1	7	0	0	5	1	0	5	21
BRE	0	7	3	1	0	5	1	1	0	18
TRF	7	8	3	0	0	0	0	0	0	18
ROT	0	0	1	0	0	15	0	0	0	16
BRO	1	8	3	0	0	1	0	1	0	14
EPI	0	9	5	0	0	0	0	0	0	14
BLN	2	0	4	3	0	0	2	0	1	12
OBR	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
CCO	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6
LOT	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
PCH	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
LPP	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
IDE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SAN	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	1140	837	747	2636	473	1562	672	1127	1717	10911

Proportions des espèces (%)

Espèce	CE	BY	BC	MI	PB	PR	LN	MO	DM
nb points	100	200	200	100	30	120	75	180	200
VAI	38.6	2.0	0.5	41.8	0.8	0.1	54.2	0.5	1.3
CHE	27.8	40.6	32.5	4.2	18.0	10.6	11.3	17.4	24.0
BAF	16.1	21.5	19.9	16.6	10.4	0.8	1.8	4.5	8.2
ABL	5.1	2.4	2.3	0.7	8.5	13.1	2.1	21.4	34.9
SPI	1.1	2.2	5.5	23.4	24.3	0.1	0.0	0.8	2.7
LOF	3.1	2.0	1.5	4.7	0.4	4.4	11.0	3.5	9.3
GOU	1.2	7.6	12.3	0.6	1.9	5.2	5.2	5.9	5.8
HOT	0.4	0.6	1.1	4.5	17.3	3.9	2.2	3.8	5.8
BRB	0.0	0.1	0.9	0.0	0.8	1.5	0.6	33.9	0.8
GAR	3.2	2.9	2.4	0.0	7.4	15.0	0.9	0.9	1.5
PES	0.3	0.1	4.4	0.0	1.5	15.7	0.0	0.2	0.2
BOU	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	12.9	2.7	0.1	0.2
PSR	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	10.3	4.3	1.1	2.5
PER	0.6	1.6	7.5	0.2	3.6	1.4	0.6	1.3	0.4
SIL	0.1	0.0	0.0	1.3	1.1	0.8	0.3	0.6	0.5
ANG	0.3	0.1	0.5	0.2	0.6	0.2	1.0	2.3	0.8
CHA	0.0	0.8	1.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
GRE	0.7	0.1	1.1	0.0	1.3	1.0	0.0	1.2	0.0
VAN	0.3	1.7	1.9	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
CAG	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.9	0.3	0.4
TAN	0.2	0.1	0.9	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3
BRE	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0
TRF	0.6	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ROT	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
BRO	0.1	1.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
EPI	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BLN	0.2	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1
OBR	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CCO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.2
LOT	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PCH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
LPP	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IDE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
SAN	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau 2.2.3 Effectifs pêchés en 2010

Espèce	CE_b	CE_c	delta
CHE	17.4	27.7	10.3
BAF	4.5	12.8	8.4
ABL	1.2	7.1	5.9
GOU	3.4	5.9	2.5
PES	0.1	1.9	1.8
GRE	1.1	2.0	0.9
SPI	2.2	2.7	0.5
PSR	0.0	0.2	0.2
TAN	0.0	0.3	0.2
ANG	0.0	0.2	0.2
SIL	0.0	0.0	0.0
BRB	0.1	0.1	0.0
BLN	0.0	0.0	0.0
CAG	0.0	0.0	0.0
TRF	0.3	0.3	0.0
ROT	0.0	0.0	0.0
BRO	0.4	0.3	-0.1
PER	1.0	0.9	-0.1
OBR	0.8	0.7	-0.1
BOU	0.1	0.0	-0.1
BRE	0.4	0.2	-0.2
VAN	1.4	1.1	-0.3
EPI	1.7	1.0	-0.8
HOT	3.2	1.3	-1.9
LOF	17.7	9.5	-8.2
VAI	28.6	20.0	-8.6
GAR	14.3	4.0	-10.3
EV	24.3	25.0	0.7
EC	11.0	23.0	11.9

Espèce	BY_b	BY_c	delta
CHE	15.1	27.8	12.6
BAF	7.3	15.5	8.2
SPI	1.8	6.2	4.4
GAR	2.4	6.7	4.3
VAI	3.4	6.1	2.7
LOF	2.6	5.1	2.5
EPI	0.5	1.7	1.3
BOU	0.6	1.8	1.2
TRF	0.9	1.3	0.5
CHA	0.1	0.3	0.3
ANG	0.0	0.2	0.1
BRO	0.3	0.4	0.1
BLN	0.1	0.2	0.1
LOT	0.1	0.2	0.1
OBR	0.6	0.7	0.1
SAN	0.0	0.1	0.1
PES	0.2	0.3	0.1
BLE	0.0	0.1	0.0
PSR	0.0	0.0	0.0
CAG	0.0	0.0	0.0
LPP	0.0	0.0	0.0
PER	1.2	0.9	-0.2
BRE	0.6	0.2	-0.3
TAN	0.6	0.2	-0.4
BRB	0.6	0.1	-0.5
GRE	2.2	1.1	-1.1
VAN	11.9	6.5	-5.4
GOU	18.3	10.7	-7.6
HOT	10.3	2.4	-7.9
ABL	18.4	3.2	-15.2
EV	11.8	27.3	15.5
EC	48.5	28.3	-20.2

Espèce	BC_b	BC_c	delta
BAF	9.5	14.7	5.2
ABL	2.7	7.3	4.5
VAI	2.1	5.4	3.3
LOF	1.0	3.9	2.9
PER	3.3	6.2	2.9
PES	1.2	2.3	1.1
TAN	0.5	0.8	0.3
CHA	0.3	0.6	0.3
BRO	0.2	0.5	0.3
PSR	0.0	0.1	0.1
BLN	0.3	0.4	0.1
GRE	0.7	0.8	0.1
LPP	0.0	0.1	0.1
ROT	0.0	0.0	0.0
SAN	0.0	0.0	0.0
BRE	0.3	0.3	0.0
PCH	0.1	0.1	0.0
OBR	0.0	0.0	0.0
EPI	0.8	0.7	-0.1
ANG	0.4	0.2	-0.2
TRF	1.0	0.3	-0.7
BOU	1.6	0.7	-1.0
GAR	3.5	2.2	-1.3
BRB	2.3	0.9	-1.4
VAN	3.8	2.1	-1.7
SPI	9.2	7.1	-2.0
CHE	35.3	31.4	-3.9
HOT	5.9	1.8	-4.1
GOU	13.7	9.0	-4.7
EV	20.3	26.8	6.5
EC	22.0	25.9	3.9

Espèce	PB_b	PB_c	delta
ABL	9.1	30.7	21.6
SPI	1.1	7.0	5.9
HOT	0.8	3.7	2.9
BRB	1.9	4.2	2.3
PER	0.5	1.7	1.2
BAF	5.3	6.2	0.9
VAN	0.2	0.7	0.5
VAI	0.0	0.4	0.4
SIL	0.4	0.6	0.1
CAG	0.0	0.1	0.1
PCH	0.1	0.2	0.1
GRE	0.5	0.6	0.1
ANG	0.3	0.3	0.1
BRO	0.0	0.1	0.0
TRF	0.0	0.0	0.0
TOX	0.0	0.0	0.0
SAN	0.1	0.1	0.0
BLE	0.1	0.0	0.0
BRE	0.1	0.0	-0.1
CCO	0.1	0.0	-0.1
EPI	0.3	0.1	-0.2
ROT	0.4	0.2	-0.2
TAN	0.5	0.2	-0.2
BOU	0.4	0.1	-0.4
PSR	0.5	0.1	-0.4
CHA	1.4	0.6	-0.9
GOU	8.6	6.6	-1.9
PES	8.2	2.0	-6.2
CHE	23.6	16.4	-7.2
GAR	22.4	14.6	-7.8
LOF	13.1	2.6	-10.5
EV	20.9	16.4	-4.5
EC	15.4	41.3	25.9

Tableau 2.2.4 : Proportions (%) des différentes espèces échantillonnées sur les Vieux-Rhône restaurés. Les proportions sont des moyennes entre campagnes d'automne. Les opérations avant (station_b) et après (station_c) modification du débit minimum sont indiquées ainsi que la différence après - avant (delta).

L'annexe A.1 indique les codes des Vieux-Rhône et les notations. Les espèces sont classées pour chaque site par "delta" décroissant, on trouve donc les espèces dont la proportion a augmenté en tête de liste. Les espèces d'eaux courantes sont en gras. Les proportions d'espèces d'eaux « vives » et « courantes » sont indiquées en bas de tableau (EV, EC).

Les résultats 2010 confirment les tendances. La proportion des espèces « d'eaux courantes » a effectivement augmenté après relèvement du débit minimum à Pierre-Bénite (de 15 à 41%), en Chautagne (de 11 à 23%) 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'ablette et de barbeau. Cette tendance semble inverser une tendance de diminution héritée de la construction du barrage. Ces effets restent néanmoins variables dans le temps (Figure 2.2.3) 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. 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.

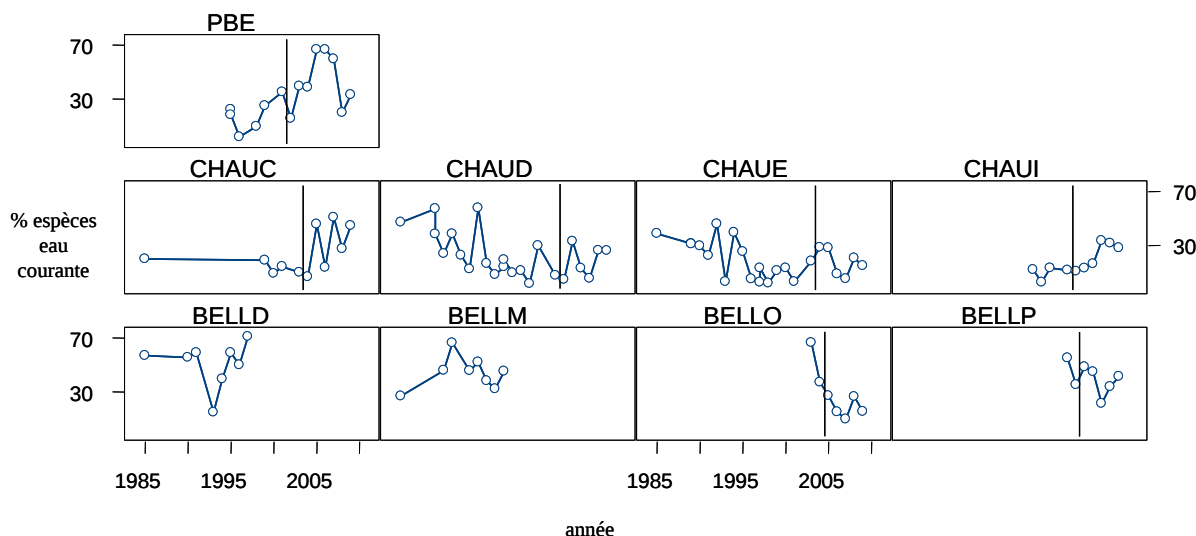


Figure 2.2.3 : % d'individus d'eaux courantes en fonction du temps dans quelques stations de pêche. La barre verticale correspond à la restauration. Codes des stations en annexe A.1. Figure non actualisée en 2010.

En Chautagne, l'ablette et le barbeau progressent au détriment d'espèces d'eaux plus calmes (gardon) ou d'espèces rhéophiles pénalisées par l'augmentation de hauteur d'eau (loche franche, vairon). L'évolution de Chautagne présente en ce sens des similitudes avec celle de Pierre-Bénite. Les tendances observées à Brégnier-Cordon (augmentation du barbeau et de l'ablette) 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% à 28% 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 (*cf.* analyse long-terme du peuplement de Bugey, Daufresne *et al.* 2003) ou 2) la forte variabilité des effectifs d'ablette (Tableau 2.2.3). Il est également possible que la forte diversité du site (restauration de îlots, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique.

	Vieux Rhône de Chautagne		Vieux Rhône de Belley		Vieux Rhône de Brégnier-Cordon		Canal de Miribel	
Espèces	Eff.	%age	Eff.	%age	Eff.	%age	Eff.	
ABL	56	96,6%	20	100,0%	13	76,5%	19	100,0%
ANG								
BAF	172	94,0%	167	92,8%	40	26,8%	377	86,1%
BBG								
BLN								
BOU			62	100,0%				
BRB					2	28,6%	1	100,0%
BRE			7	100,0%	2	66,7%	1	100,0%
BRO			7	87,5%				
CAG								
CCO								
CHA							3	8,8%
CHE	242	76,3%	234	68,8%	80	32,9%	79	71,2%
EPI			2	22,2%	2	40,0%		
GAR	37	100,0%	21	87,5%	3	16,7%		
GOU	6	42,9%	52	81,3%	2	2,2%	7	43,8%
GRE								
HOT	3	60,0%	4	80,0%	2	25,0%	109	92,4%
LOF	7	20,0%	4	23,5%	3	27,3%	27	21,6%
LOT			6	100,0%				
LPP								
OBR			3	33,3%				
PCH								
PER	6	85,7%			35	62,5%	1	25,0%
PES								
PSR	1	100,0%	1	100,0%			7	70,0%
ROT								
SAN			1	100,0%				
SIL							21	63,6%
SPI	5	38,5%	12	66,7%	23	56,1%	429	69,5%
TAN	2	100,0%			5	71,4%		
TRF	7	100,0%	2	25,0%	2	66,7%		
VAI	78	17,7%	14	82,4%	1	25,0%	390	35,4%
VAN	1	33,3%	9	64,3%	1	7,1%		

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.

	Vieux Rhône de Pierre-Bénite		Vieux Rhône de Péage de Roussillon		Vieux Rhône de Montélimar		Vieux Rhône de Donzère	
Espèces	Eff.	%age	Eff.	%age	Eff.	%age	Eff.	%age
ABL	39	97,5%	186	100,0%	157	65,1%	465	77,5%
ANG								
BAF	41	83,7%	5	45,5%	10	19,6%	64	45,7%
BBG								
BLN							1	100,0%
BOU			70	35,5%	1	100,0%	4	100,0%
BRB	1	25,0%	23	100,0%	7	1,8%	5	38,5%
BRE			1	25,0%				
BRO								
CAG			2	15,4%				
CCO							1	33,3%
CHA							2	66,7%
CHE			125	88,7%	94	48,0%	199	48,3%
EPI								
GAR	9	25,7%	196	100,0%			15	60,0%
GOU	1	11,1%	7	11,1%	8	11,9%	23	23,0%
GRE	1	16,7%	1	7,7%	1	7,7%		
HOT	75	91,5%	15	46,9%	2	4,7%	80	80,0%
LOF	2	100,0%	29	47,5%	24	60,0%	69	43,4%
LOT								
LPP								
OBR								
PCH			1	16,7%				
PER	16	94,1%	2	9,5%	10	66,7%	1	14,3%
PES	1	14,3%	78	33,2%			1	25,0%
PSR			111	70,3%	5	41,7%	22	51,2%
ROT			12	80,0%				
SAN								
SIL	5	100,0%	8	72,7%	3	42,9%	6	75,0%
SPI	20	17,4%	2	100,0%	8	88,9%	28	59,6%
TAN			2	40,0%			1	20,0%
TRF								
VAI	1	25,0%	1	100,0%	3	50,0%	12	54,5%
VAN	10	100,0%						

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.

2.2.4 Bilan multi-sites

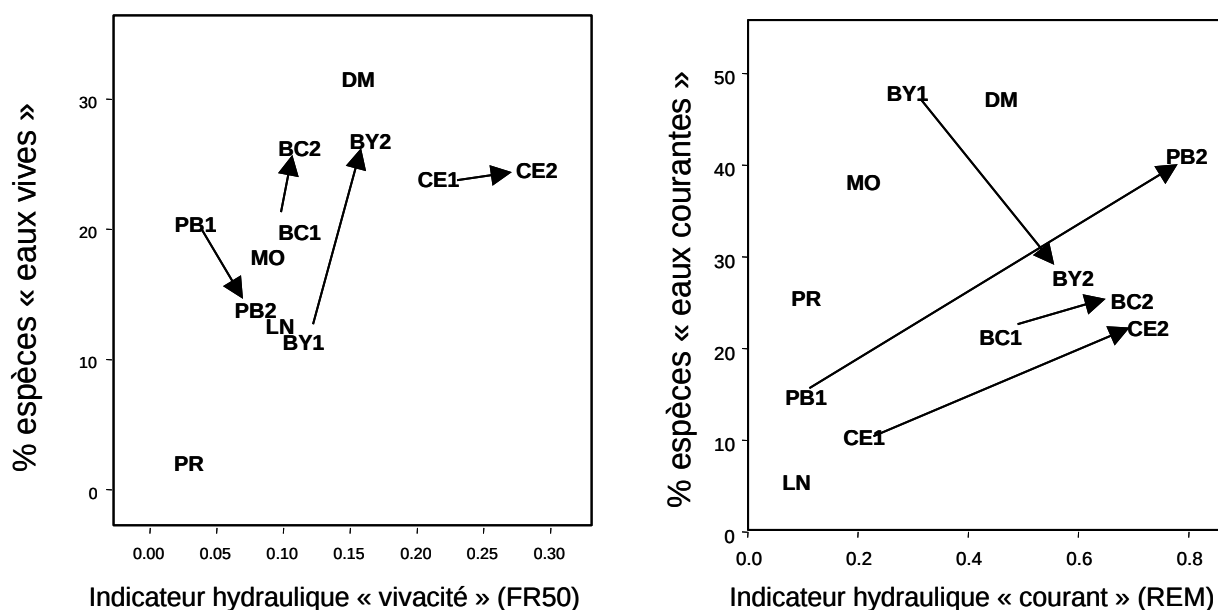


Figure 2.2.4 : Evolution des indicateurs hydrauliques et indicateurs 'poissons' associés reflétant la proportion des espèces d'eau courante (à droite) et d'eau vive (à gauche).

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 2.2.4). 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.

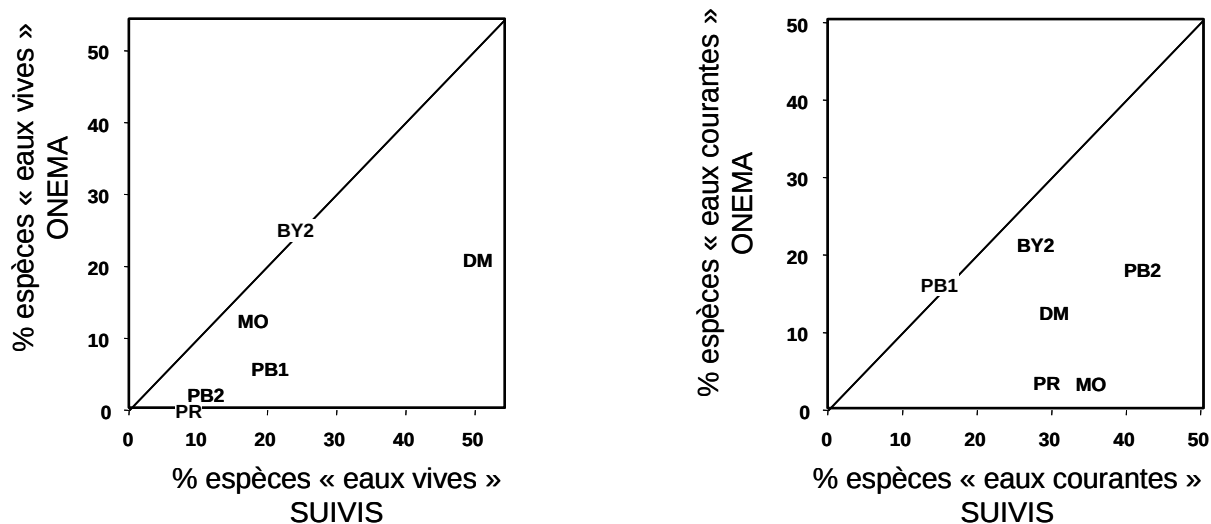


Figure 2.2.5 : Indicateurs 'poissons' comparés à ceux issus des pêches "Onema"
Codes des stations en annexe A.1

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 2.2.5, 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 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 2.2.3). Des analyses multivariées plus poussées (cf. rapport de 2009, non répétées en 2010) permettent d'apporter un autre regard, parfois plus stable et plus complet, confirmant l'évolution des peuplements.

En 2011 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 2.2.6 montre les premiers essais prédictifs. Elles révèlent que les changements de densités observés sur Pierre-Bénite et Chautagne correspondent très 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.

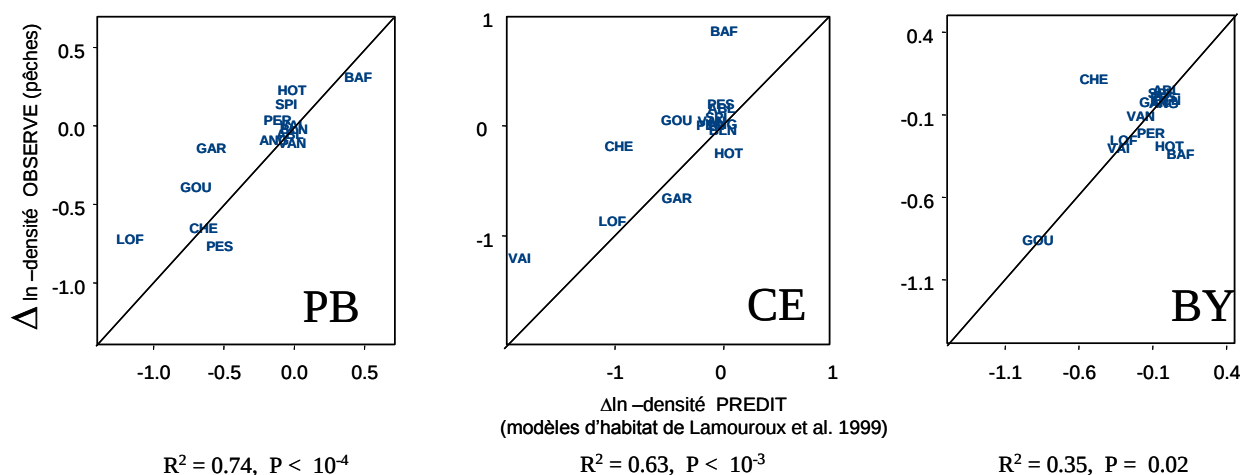


Figure 2.2.6 : Correspondance, sur 3 Vieux Rhône, entre des changements de densité ($\square \ln$ -densité) prédits (par modèles d'habitat) et observés (par pêche électrique).

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).



Merci aux nombreux pêcheurs au fil des ans, ici G. Carrel, P. Roger, A. Maasri

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 et d'autre part, à établir des scénarios de modifications biocénétiques en fonction des changements hydrauliques associés aux augmentations de débit dans les Vieux-Rhône.

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 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. 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 m². Nous utilisons la méthode des hémisphères FST 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 & 200 μ m) ont été utilisés au laboratoire pour séparer les organismes par classes de tailles. Les résultats de cette phase ont montré que les individus dont la taille était supérieure à 400 μ m décrivaient d'une manière pertinente les peuplements en place (Olivier *et al.* 2004a & b, 2005). Ainsi, dans le présent rapport, seuls ces individus sont considérés pour la présentation et l'analyse des données.

2.3.2 Echantillonnage

En 2010, l'échantillonnage comprend les prélèvements des campagnes 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 n+10 à Pierre-Bénite. Ce dernier RCC est suivi depuis 1995 avec un protocole d'échantillonnage différent de celui mis en place dans les autres secteurs (8 prélèvements en rive au filet surber et 2 dragues dans le chenal pour chaque campagne, cf. Lamouroux et Chandèsris, 2004). Dans tous les autres 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). En 2010, les deux méthodes d'échantillonnage ont été réalisées simultanément dans le secteur de Pierre-Bénite au printemps et en été. Les résultats permettront de comparer les deux méthodes d'échantillonnage et de déterminer si la méthode de prélèvement au benthomètre pourra être généralisée à l'ensemble des secteurs du Rhône.

Secteurs du Haut-Rhône

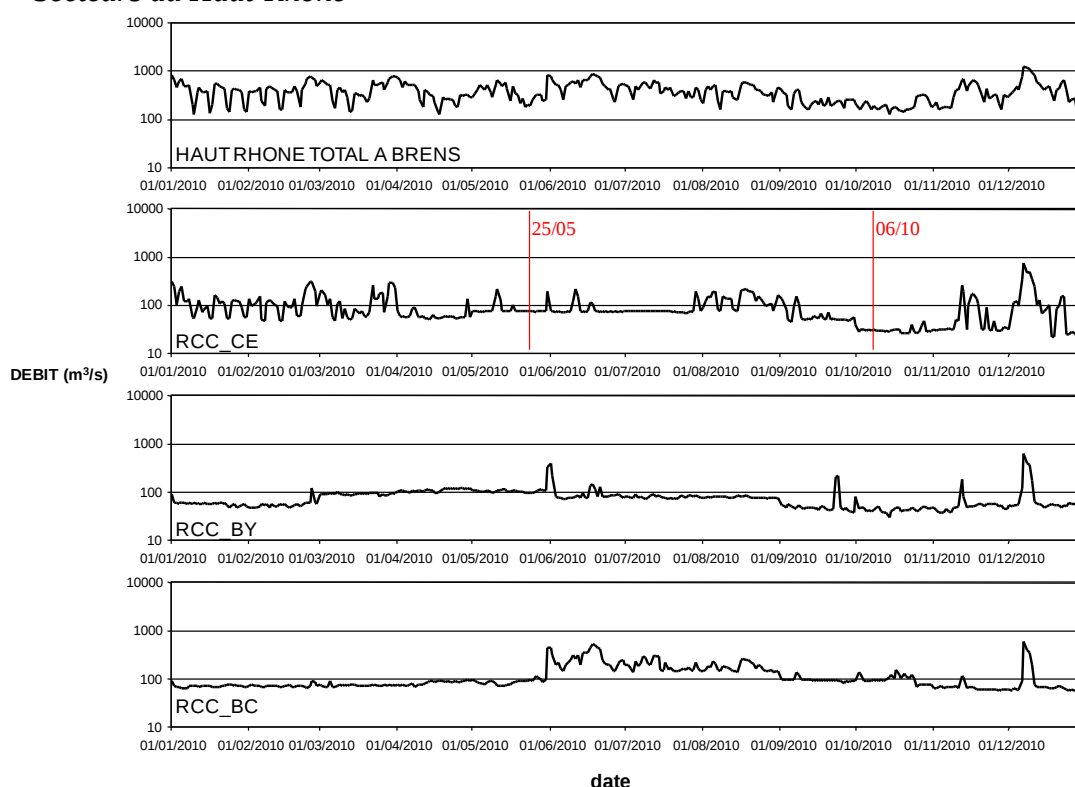


Figure 2.3.1a : Positionnement des campagnes d'échantillonnage des invertébrés du chenal 2010 dans les secteurs du Haut-Rhône sur l'hydrographe des RCC correspondants.

Secteurs du Bas-Rhône

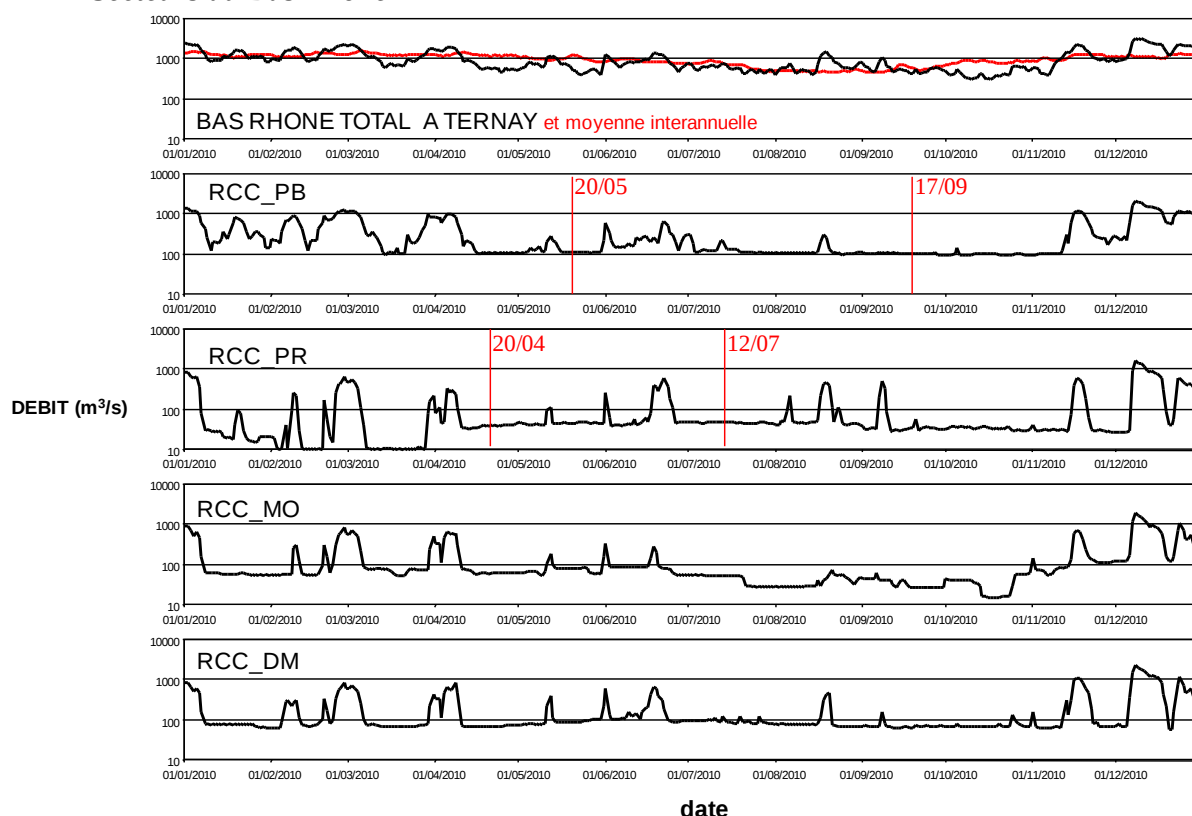


Figure 2.3.1b : Positionnement des campagnes d'échantillonnage des invertébrés du chenal 2010 dans les secteurs du Bas-Rhône sur l'hydrographe des RCC correspondants.

2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En cette fin d'année 2010, **39 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés** (méthode "cylindre de Hess") ont été réalisées dans le chenal de 7 RCC avant restauration et de 4 RCC après restauration (Tableaux 2.3.1 & 2.3.2).

RCC	Pré-restauration				
	printemps	été	hiver	printemps	été
Chautagne	05/06/2002	13/09/2002	24/01/2003		
Belley	30/05/2002	28/08/2002	23/01/2003		
Brégnier-Cordon	06/06/2002	29/08/2002	21/01/2003		
Miribel	22/05/2002	06/09/2002	20/03/2003	19/04/2010	05/07/2010
Péage-de-Roussillon	20/05/2008	04/09/2007		20/04/2010	12/07/2010
Montélimar	21/05/2008	25/08/2008			
Donzère	28/04/2009	08/07/2009			

Tableau 2.3.1 : Campagnes d'échantillonnage **pré-restauration** dans les 7 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	
RCC	print	été	print	été	print	été	print	été	print	été
Chautagne	08/06/2006	24/09/2006			22/05/2008	26/08/2008	21/04/2009	31/08/2009	25/05/2010	06/10/2010
Belley	23/05/2008	16/09/2007			24/04/2009	07/09/2009				
Brégnier-Cordon		30/09/2008	30/04/2009	08/09/2009						
	Post-restauration									
Pierre Bénite	n+10									
	print	été								
	20/05/2010	17/09/2010								

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.

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.

Les données post-restauration des secteurs de Belley et Brégnier-Cordon ont ensuite été comparées aux données n+2 de Chautagne (Olivier *et al.* 2008a & b). Les données post-restauration de Chautagne et Belley (n+4), de Brégnier-Cordon (printemps n+3) ainsi que les données pré-restauration de Montélimar ont été présentées dans le dernier rapport (Olivier *et al.* 2009).

Le présent rapport, intègre les données pré-restauration de Donzère-Mondragon, post-restauration à Brégnier-Cordon (été n+3) et post-restauration n+5 du secteur de Chautagne. Ces données sont intégrées dans une analyse multi-sites qui traite toutes les données disponibles de tous les secteurs (cf Tableau 2.3.4). Le tri et la détermination des campagnes pré-restauration de Péage-de-Roussillon et de Miribel, post-restauration de Chautagne (n+6) et Pierre-Bénite (n+10) sont en cours.

Les conditions hydrologiques dans le secteur de Brégnier-Cordon, n'avaient pas permis l'échantillonnage au printemps 2008 (n+2) et avaient largement perturbé la campagne d'été (cf Olivier *et al.* 2008). La première campagne de printemps post restauration a donc été réalisée en 2009 (n+3) et la campagne d'été a de nouveau été effectuée en 2009 afin de s'affranchir des biais d'interprétation des données liés à l'instabilité des débits de l'année 2008. Dans ce secteur, seules les données n+3 seront donc conservées pour les analyses.

L'ensemble des données faunistiques récoltées dans les secteurs de Chautagne, de Brégnier-Cordon et de Donzère-Mondragon sont présentées 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 de 3 secteurs du Bas-Rhône (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 et n+5) 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.

2.3.4.1 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC

Avant 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. **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). 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/m²). 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). Ces deux secteurs présentent 21 taxons de moins que les secteurs amont les plus proches (Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon) avant restauration, révélant probablement de problèmes de qualité d'eau de ces secteurs. Le secteur de Donzère-Mondragon présente avant restauration les densités les plus fortes de tous les secteurs (53806 indiv/m²) et présente la plus grande richesse taxonomique du bas-Rhône (76 taxons).

	Richesses					
	Pré	n+2	n+3	n+4	n+5	Tot
Chautagne	80	65	ND	74	69	108
Belley	72	61	ND	81	ND	102
Brégnier-Cordon	86	ND	80	ND	ND	110
Miribel	66	ND	ND	ND	ND	ND
Péage-de-Roussillon	74	ND	ND	ND	ND	ND
Montélimar	53	ND	ND	ND	ND	ND
Donzère-Mondragon	76	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 2.3.3 : Richesse taxonomique dans les 7 RCC considérés. Avec ND : données non 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 de manière importante notamment à Chautagne (n+2) (Tableaux 2.3.3 et 2.3.4).

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.** En effet, la plupart des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration qui avaient vu leur effectif à l'échelle du secteur chuter deux ans après restauration montrent des tendances inverses 4 ans et 5 ans après restauration. Le Gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les Insectes *Hydropsyche spp.*, *Baetis spp.*, Tanytarsini, Simuliidae et Orthocladiinae sont plus abondants en n+4 qu'en n+2 dans les deux secteurs (Annexes A.3.1 et A.3.2). En Chautagne on note les mêmes tendances en n+ 5.

Cependant, les abondances de certains des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration continuent de diminuer 5 années après restauration en Chautagne (e.g. *Esolus spp.*, *Heptagenia sulphurea* ou les espèces de Gammarus). L'Ephémère caractéristique de grands cours d'eau *Potamanthus luteus*, dont les effectifs avaient chuté en n+4, stagne en n+5 dans le secteur de Chautagne. Au contraire, les effectifs d'*Hydroptila* ne cessent d'augmenter depuis l'augmentation des débits dans le secteur de Chautagne avec un total de 556 individus au m² en 2009. On notera aussi la chute inexpiquée des densités de la Planaire rhéophile

Dugesia tigrina dans le secteur de Chautagne après restauration alors que les effectifs de cette espèce explosent dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon.

	Densités					
	Pré	n+2	n+3	n+4	n+5	Tot
Chautagne	40222	18408	ND	42553	40543	33728
Belley	41174	36159	ND	52195	ND	43176
Brégnier-Cordon	36719	ND	29529	ND	ND	33124
Miribel	27663	ND	ND	ND	ND	ND
Péage-de-Roussillon	22579	ND	ND	ND	ND	ND
Montélimar	27325	ND	ND	ND	ND	ND
Donzère-Mondragon	53806	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 2.3.4 : Densités (nombre d'individus/m²) dans les 6 RCC considérés. Avec ND : données non disponibles.

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** et **6 taxons sont rencontrés pour la première fois dans ce secteur en n+5**.

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 (Annexe A.3.2).

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 (Figure 2.3.2).

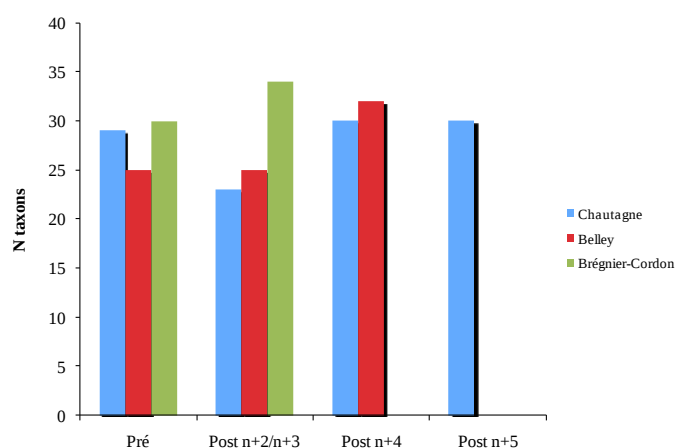


Figure 2.3.2 : Nombre de taxons EPT observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2, n+3, n+4 et n+5 dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

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. 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-électriques (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+5 (19 taxons rencontrés en pré et n+2 et non retrouvés en n+5, Annexes 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 doivent trouver les conditions moins favorables à leur maintien dans le chenal après restauration (cf. 2.3.4.2).

En effet, dans les secteurs de Chautagne et de Brégnier-Cordon, les richesses en Gastéropodes (Figure 2.3.3) et en Coléoptères (Figure 2.3.4) dont la majorité des représentants sont limnophiles, diminuent trois ou quatre ans après restauration mais cette diminution n'est pas confirmée en n+5 en Chautagne pour les Gastéropodes. Comme mentionné plus haut au sujet des taxons nouveaux, seules des données long terme confirmeront ces observations et permettront d'identifier le rôle des lônes comme zones de refuges pour les taxons limnophiles.

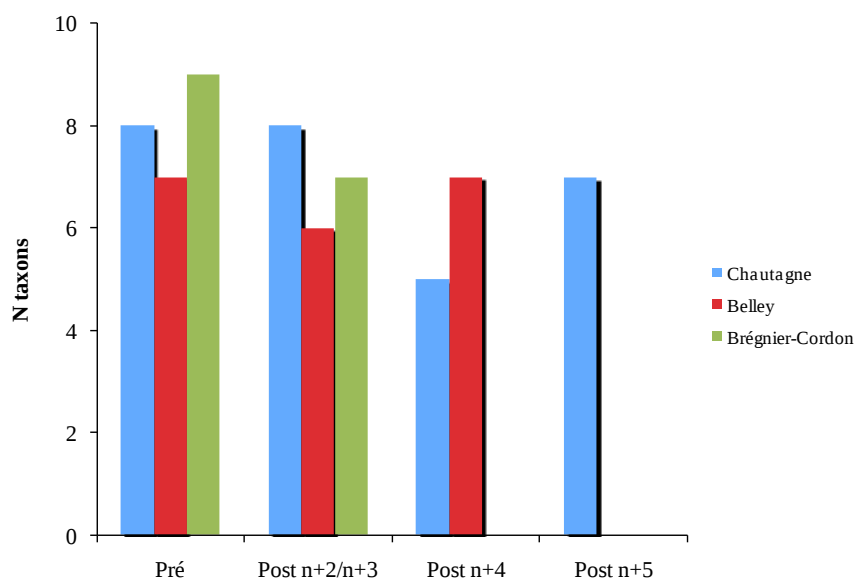


Figure 2.3.3 : Nombre de taxons Gastéropodes observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2, n+3, n+4 et n+5 dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

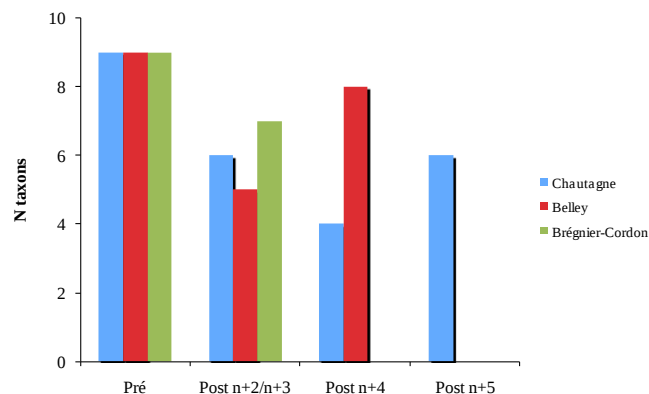


Figure 2.3.4 : Nombre de taxons Coléoptères observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2, n+3, n+4 et n+5 dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon.

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. Dans le secteur de Brégner-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 dernier rapport (Olivier *et al.* 2009). Nous ne discuterons dans cette partie que des particularités des nouvelles campagnes d'échantillonnage (été n+3 à Brégner-Cordon, n+5 en Chautagne et pré-restauration à Donzère-Mondragon). Ces nouvelles campagnes n'ajoutent pas de nouveaux taxons exogènes et le nombre total d'espèces recensées dans l'ensemble de nos échantillons reste donc **14 espèces exogènes** (Tableau 2.3.5).

		1 ^{ère} obs HR	1ère obs BR	Densités (N Indiv/m ²)															
				Chautagne				Belley			BC		Mir	PR	Mont	Donz			
				Pré	n+2	n+4	n+5	Pré	n+2	n+4	Pré	n+3	Pré	Pré	Pré	Pré			
Espèces	Origine			Pré	n+2	n+4	n+5	Pré	n+2	n+4	Pré	n+3	Pré	Pré	Pré	Pré			
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Europe du sud		2000	130				48			0.5			0.5		2			
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	Ponto-caspienne		2002											101	3				
<i>Corbicula fluminea</i>	Asie	1990	1993		10	9	45			36		190	55	59	580	304	15	22	
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amérique du Nord	2004	1995							0.5		0.5				1			
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Ponto-caspienne	2004	1999		155	123	133			105		236		64		388	655	591	
<i>Dreissena polymorpha</i>	Ponto-caspienne	Après 1852	?		96	46	31			4		8			6	25	1	0.5	
<i>Dugesia tigrina</i>	Amérique du Nord	1968	?		674	18	30		15	594		52	2148	116	1111	249	60	25	1
<i>Gammarus roeselii</i>	Europe centrale et de l'est		Avant 1985															1	2
<i>Gammarus tigrinus</i>	Amérique du Nord		1995														3	0.5	
<i>Gyraululus parvus</i>	Amérique du Nord	1994	1997										4		0.5				
<i>Hypania invalida</i>	Ponto-caspienne	2008	2002						23	941		33		67	91	113			
<i>Jaera danubica</i>	Danube		2008												33	134			
<i>Jaera istri</i>	Ponto-caspienne	2009	2008			5	0.5								4163	4630			
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	Ponto-caspienne		1995											2					
<i>Orconectes limosus</i>	Amérique du Nord	1976	Avant 1985								0.5								
<i>Physella acuta</i>	Méditerranée/Amérique du Nord	1881	?	26	0.5	48	14	3		3	1			0.5		187			
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nouvelle Zélande	1978	?	37	44	194	132	5	48	1271	86	133	3	433	216	214			
	Richesse en taxons exogènes			4	6	7	7	4	7	9	6	6	4	12	11	11			

Tableau 2.3.5 : Densités (Nombre d'individus/m²) d'espèces exogènes dans les 7 RCC échantillonnés. Avec BC : Brégner-Cordon ; Mir : Miribel ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon. Sources pour les premières observations : Frujet *et al.* 2003, Besacier-Monbertrand *et al.* 2009, et données récoltées dans le cadre du suivi scientifique.

La campagne d'été n+3 à Brégnier-cordon est marquée par une augmentation forte des effectifs pour le Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* à très forte pour *Dugesia tigrina*. Ces taxons, présentant des préférences hydrauliques intermédiaires et rhéophiles respectivement, trouveraient des conditions très favorables après augmentation des débits. De plus, dans ce secteur, *Gyraulus parvus* est recensé pour la première fois dans le chenal mais en densités très faibles. Ce Gastéropode limnophile originaire d'Amérique du Nord ne semble pas être une menace pour les invertébrés du chenal, mais peut atteindre des densités spectaculaires dans les lônes des secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration (Besacier-Monbertrand, 2009).



Gyraulus parvus

Le cortège d'espèces exogènes en Chautagne, 5 ans après restauration, est très semblable de celui de n+4 (Tableau 2.3.5). Les densités de *Dikerogammarus villosus* avec 133 indiv/m², 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/m²) et *Jaera istri* (4630 indiv/m²) sont très bien implantées.



Jaera istri

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; Méricoux *et al.* 2009) ainsi que les données de la littérature (Tachet *et al.* 2006; 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.3.6).

- Les taxons **limnophiles** de la catégorie 1 sont inféodés à des milieux lenticques et sont par exemple les Trichoptères du genre *Agraylea* ou les Coléoptères de la famille des Hydraenidae.
- Les taxons de la catégorie 2 aussi **limnophiles**, sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles (Tableau 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).
- Des 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*.
- Certains 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.

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 préférence		Ubiquiste
cat 7	pas de donnée		Indéterminé

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

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**. On peut noter que 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 7 secteurs échantillonnés avant restauration (Figure 2.3.5). On observe essentiellement des taxons rhéophiles (de 24% à Péage-de-Roussillon à 38% au maximum à Miribel) ou ubiquistes (entre 28 à 36% 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. On observe un cortège non négligeable de taxons limnophiles (de 9% à Montélimar à 20% à Péage-de-Roussillon) ou intermédiaires (entre 9 et 16% à Brégnier-Cordon et à Montélimar). Ces taxons **devraient être défavorisés par les nouvelles conditions hydrauliques dans le chenal après restauration**.

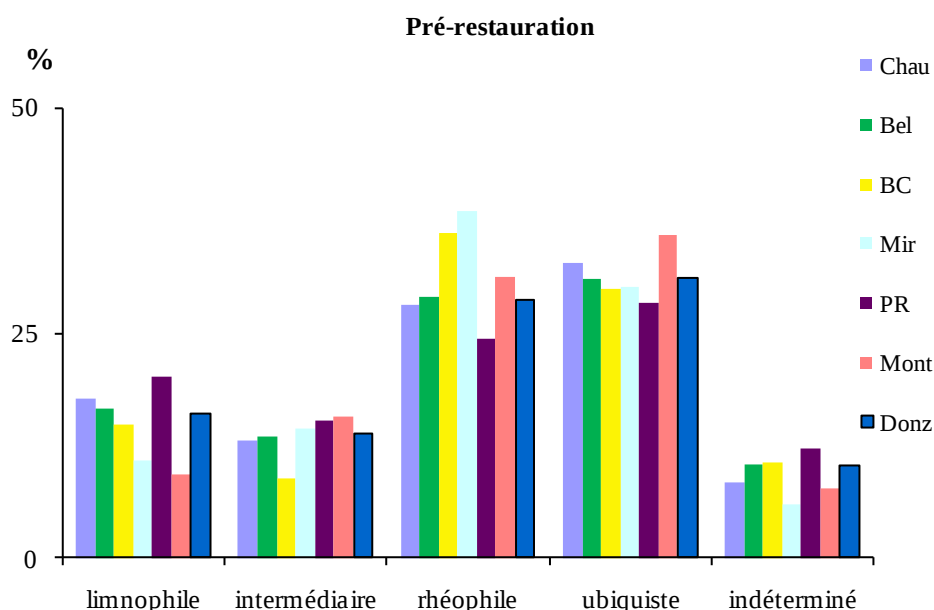


Figure 2.3.5 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration. Avec Chau : Chautagne ; Bel : Belley ; BC : Brégnier-Cordon ; Mir : Miribel ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon.

Les pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques montrent une image différente. Dans les 7 secteurs échantillonnés, les individus de taxons rhéophiles ou ubiquistes dominent aux dépens des limnophiles et des intermédiaires. Ces résultats soulignent l'implantation fragile des taxons limnophiles dans le chenal avant restauration (Figure 2.3.6). Dans les secteurs de Chautagne, de Péage-de-Roussillon et de Donzère respectivement **70, 73 et 67% des individus sont rhéophiles** contre seulement 27, 11 et 25% d'ubiquistes. Dans les secteurs de Brégnier-Cordon ou de Belley, c'est le contraire avec plus d'individus ubiquistes (72 et 62% respectivement) que de rhéophiles (26 et 37%). Dans le secteur de Montélimar, le nombre d'individus rhéophiles (50%) est sensiblement identique à celui des ubiquistes (45%).

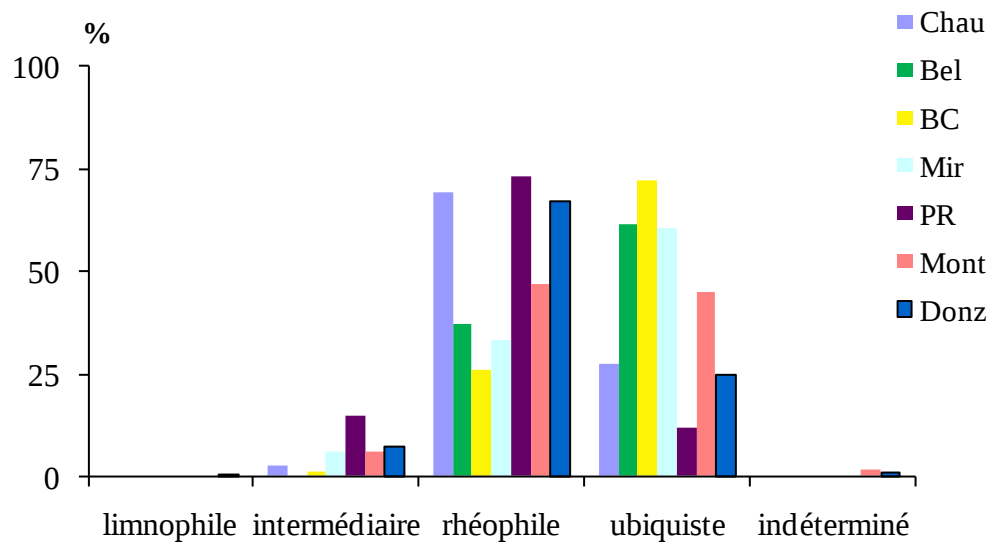


Figure 2.3.6 : Pourcentages d'individus dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration. Avec Chau : Chautagne ; Bel : Belley ; BC : Brégnier-Cordon ; Mir : Miribel ; PR : Péage-de-Roussillon ; Mont : Montélimar et Donz : Donzère-Mondragon.

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 2.3.7). Les conditions hydrauliques échantillonnées dans les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon sont par contre plus faibles que dans les autres secteurs (HFST toujours inférieurs à 13).

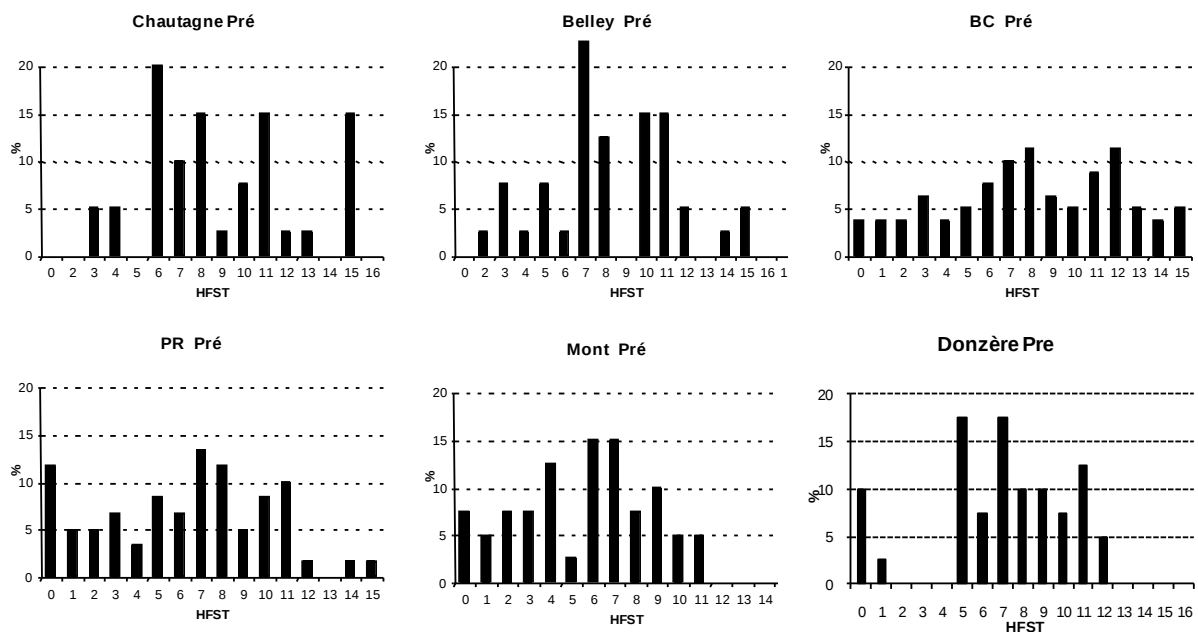


Figure 2.3.7 : Contraintes hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration avec HFST : numéro d'hémisphère (cf. Olivier et al. 2004 a & b). Avec BC : Brégnier-Cordon ; PR : Péage-de-Roussillon et MON : Montélimar.

Préférences hydrauliques globales des peuplements avant et après restauration

Les **pourcentages de taxons rhéophiles augmentent après restauration dans les secteurs de Chautagne et Belley**. En Chautagne, 5 années après restauration, le peuplement de macroinvertébrés comprend 40% de taxons rhéophiles (29% avant restauration). A Brégner-Cordon au contraire, 3 années après restauration, on observe une baisse sensible des taxons rhéophiles (Figure 2.3.8).

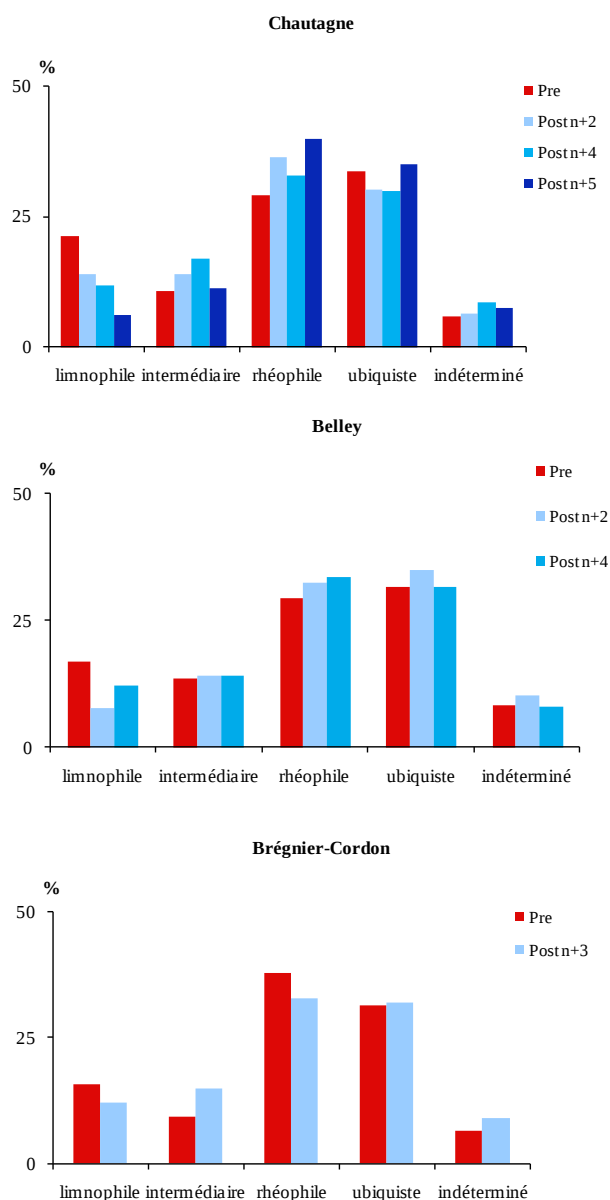


Figure 2.3.8 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3 RCC de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

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. **Dans les 3 secteurs, les pourcentages de taxons limnophiles diminuent après restauration** (Fig. 2.3.8). Cette diminution est spécialement nette en Chautagne, avec 21% de taxons limnophiles 2 ans avant restauration et 6% 5 ans après.

Les pourcentages d'individus rhéophiles augmentent dans les 3 secteurs après restauration (Fig. 2.3.9). 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.

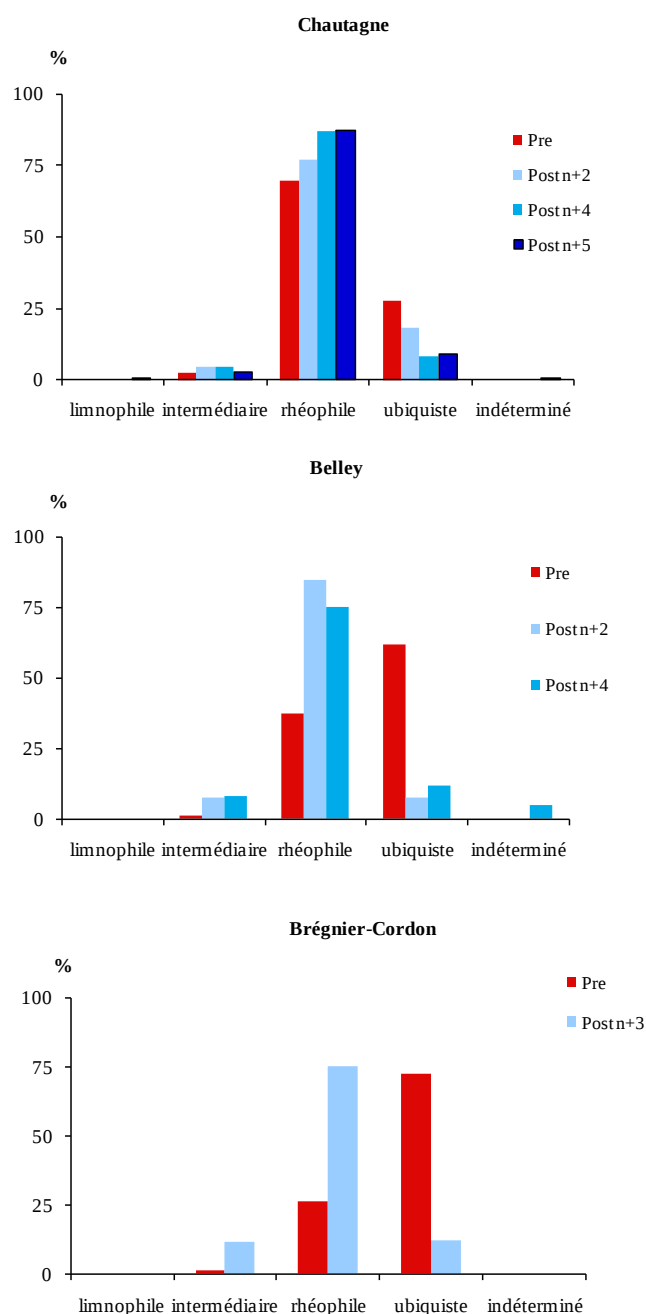


Figure 2.3.9 : Pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3 RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

De plus, à Brégnier-Cordon, cette augmentation relative du nombre d'individus très 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) (Annexe A.3.1, A.3.2 et A.3.3).

→ 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.**

→ 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+4 et n+5.**

→ Les pourcentages de taxons de chaque catégorie de préférence hydraulique nous permettent par contre de mettre en évidence la diminution après restauration des taxons limnophiles peu abondants déjà avant restauration.

→ De plus, 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 2.3.10).

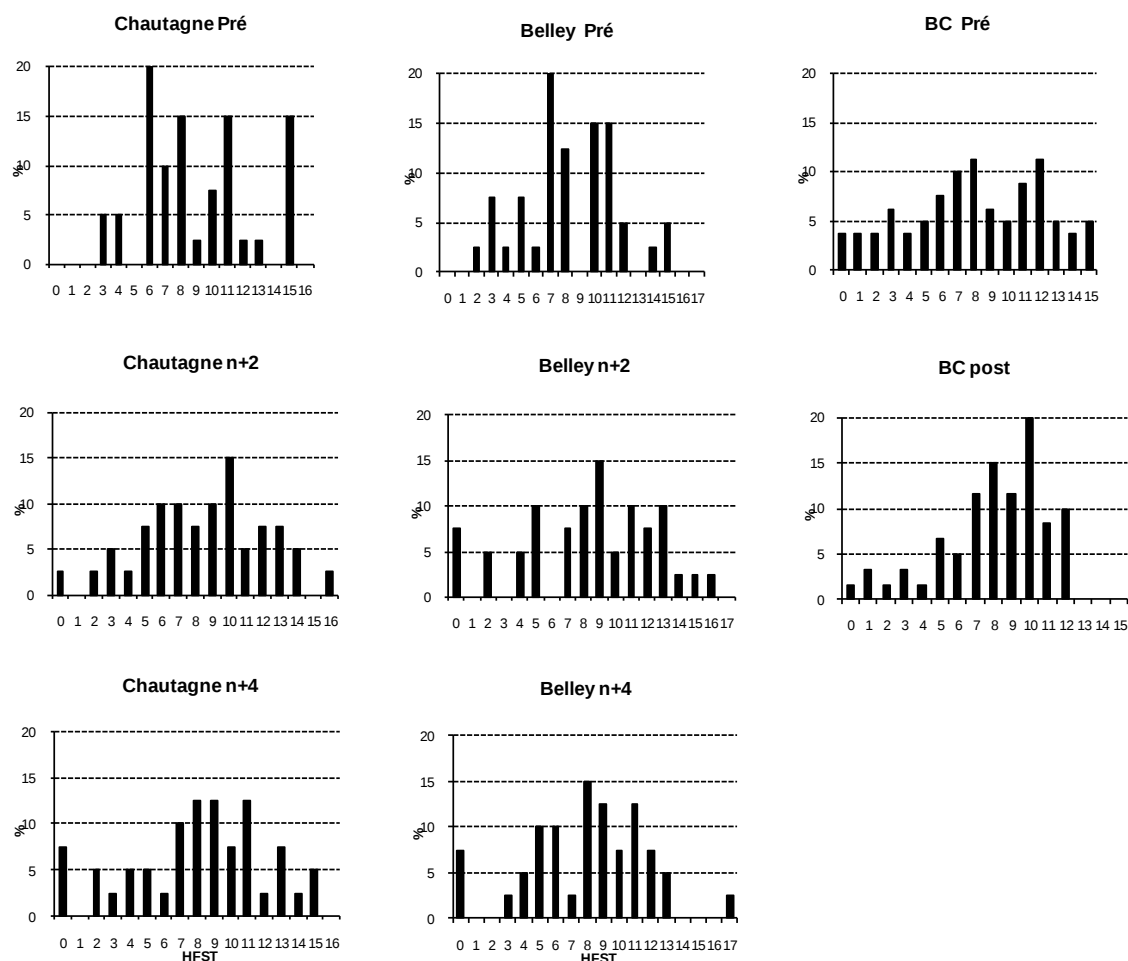


Figure 2.3.10 : Contraintes hydrauliques dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré- et post-restauration. Avec HFST : numéro d'hémisphère.

2.3.4.3 Validations des prédictions de FSTress dans les RCC de Chautagne

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 (Figure 2.3.11).

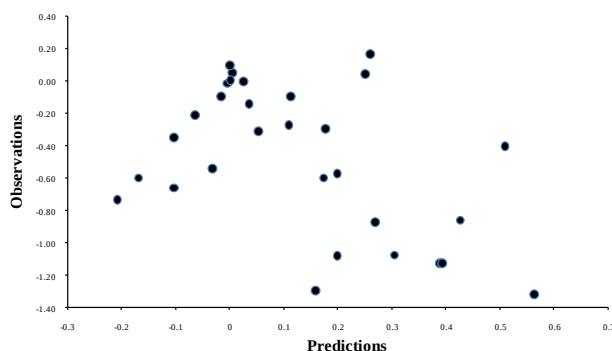


Figure 2.3.11 : Variations des valeurs d'habitat prédites et des densités observées avant restauration (n-2) et après restauration, (n+2, n+4 et n+5) en Chautagne.

Une analyse des données du secteur de Pierre-Bénite a par ailleurs 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 2.3.12).

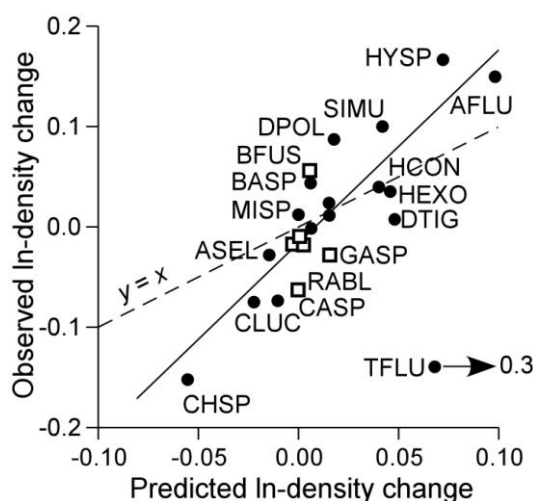


Figure 2.3.12 : Variations des valeurs d'habitat prédites et des densités observées avant restauration (1995-1999) et après restauration, (2001-2008) dans le secteur de Pierre-Bénite.

Régression: $y = 1.92 (\pm 95\% \text{ CL: } 0.52) x - 0.016 (\pm 0.019)$, $N = 22$, $R^2 = 0.746$, $P < 10^{-6}$

Le manque de donnée long terme dans le secteur de Chautagne avant restauration pourrait donc expliquer la non validation des prédictions du modèle FSTress.

En effet, dans le secteur de Chautagne, si des données "invertébrés" collectées dans un autre cadre en 1997, en 1999 et en 2000 (Rapport CNR, 2001) sont compilées aux données de 2002 (2 ans avant restauration), les prédictions expliquent alors 27% des changements observés après restauration (Figure 2.3.13.)

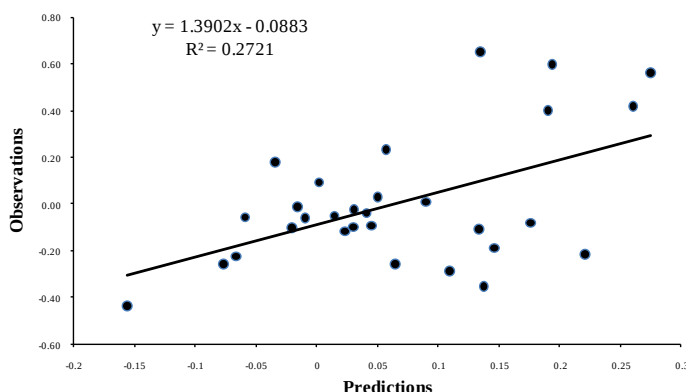


Figure 2.3.13 : Variations des valeurs d'habitat prédites et des densités observées avant restauration (1997-2002) et après restauration, (2002-2009) dans le secteur de Chautagne.

De plus, les résultats 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 2.3.14). Au contraire, **les prédictions expliquent 28% et 36% des changements de densités observés 4 et 5 ans respectivement après restauration** (Figure 2.3.14.).

Cependant, la baisse des densités de certains taxons rhéophiles observée en n+2 et confirmée en n+4 et n+5 tels que par exemple, *Esolus spp.*, *Hydropsyche modesta* ou *Dreissena polymorpha* (Annexe A.3.1 et Tableau 2.3.7) ou l'augmentation des densités de taxons limnophiles tels que *Potamopyrgus antipodarum* ou de *Hydroptila spp.* (Annexe A.3.1) restent difficiles à interpréter. Ces résultats contradictoires montrent que même si les conditions hydrauliques jouent un rôle prépondérant dans la distribution des macroinvertébrés benthiques, d'autres paramètres sont à considérer pour expliquer les variations inter-annuelles des densités de certains taxons. Les espèces de Trichoptères limnophiles du genre *Hydroptila* trouvent par exemple probablement des abris efficaces face à des conditions hydrauliques fortes dans les algues filamenteuses dont ils peuvent se nourrir, et qui sont largement représentées dans ces secteurs.

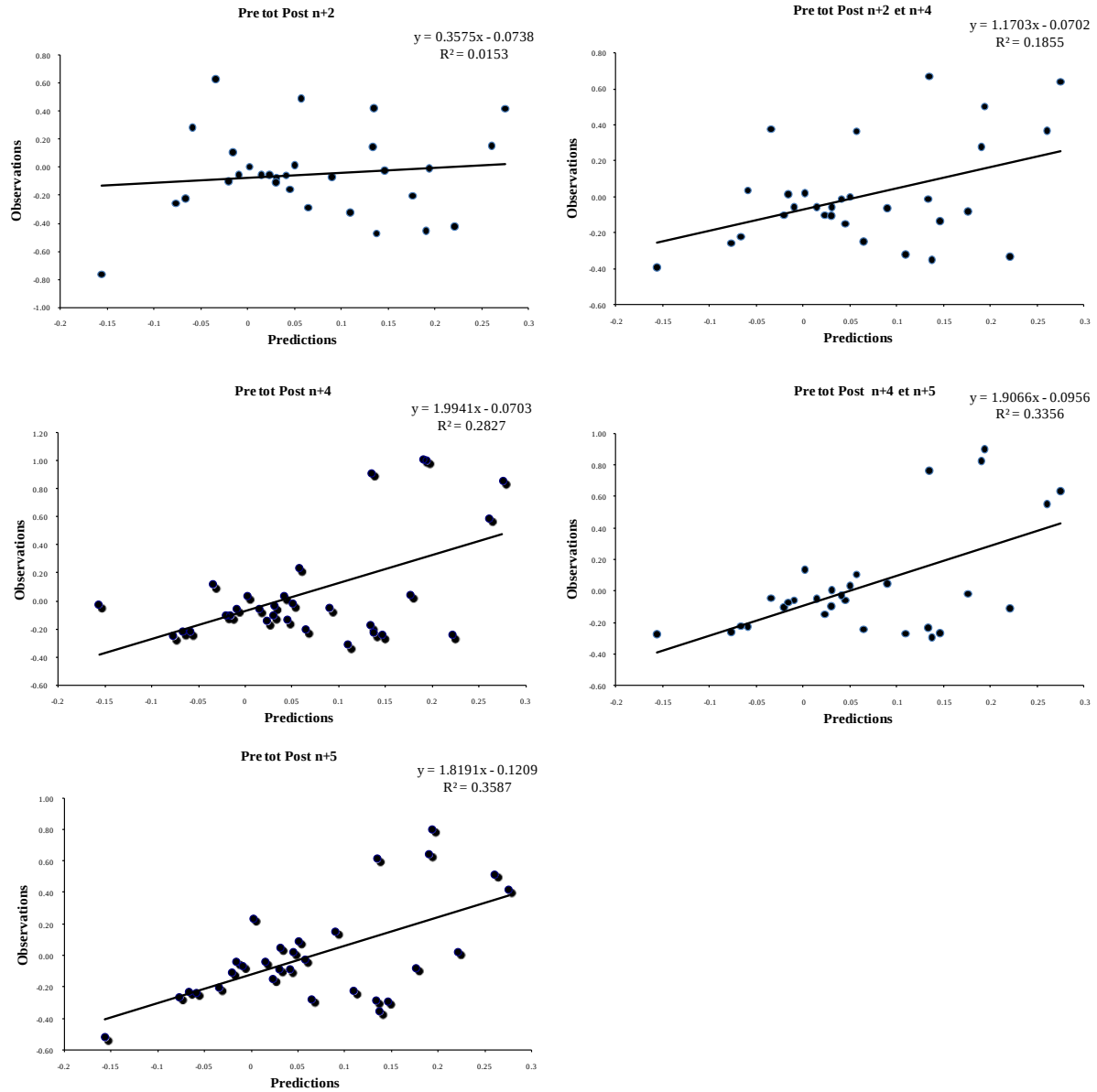


Figure 2.3.14 : Variations des valeurs d'habitat prédites et des densités observées avant restauration (1997-2002) et après restauration dans le secteur de Chautagne.

Taxons	Abond	Densités					R ² tax	Pred		Δ obs post-pre				
		n-2	pre tot	n+2	n+4	n+5		ΔHV1	ΔHV2	tot-n-2	tot- tot	n+2- tot	n+4-tot	n+5-tot
<i>Ancylus fluviatilis</i>	4101	0.87	0.64	0.18	1.65	1.28	0.42	0.26	0.19	0.16	0.40	-0.46	1.01	0.64
<i>Asellus aquaticus</i>	58	0.10	0.06	0.01	0.01	0.00	0.20	-0.02	-0.01	-0.10	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
<i>Baetis fuscatus*</i>	4897	2.38	0.85	1.34	1.08	0.82	0.28	0.16	0.06	-1.30	0.23	0.49	0.23	-0.03
<i>Baetis rhodani</i>	64	0.02	0.16	0.00	0.02	0.18	0.18	0.00	0.04	0.05	-0.09	-0.16	-0.14	0.02
<i>Baetis</i> spp.	19888	3.43	1.70	1.70	2.70	2.51	0.20	0.39	0.19	-1.13	0.60	-0.01	1.00	0.80
<i>Baetis vardarensis</i>	1725	1.34	0.70	0.27	0.45	0.72	0.51	0.43	0.22	-0.86	-0.21	-0.42	-0.25	0.02
<i>Caenis luctuosa</i>	706	0.84	0.29	0.58	0.07	0.06	0.42	-0.17	-0.06	-0.60	-0.06	0.29	-0.22	-0.24
<i>Caenis</i> spp.	2357	1.26	0.42	1.05	0.54	0.22	0.18	-0.10	-0.03	-0.66	0.18	0.63	0.11	-0.21
Chironomini	2204	1.20	0.91	0.14	0.88	0.39	0.38	-0.21	-0.16	-0.73	-0.44	-0.76	-0.03	-0.52
<i>Dreissena polymorpha</i>	602	0.63	0.52	0.50	0.28	0.23	0.25	0.18	0.15	-0.30	-0.19	-0.03	-0.25	-0.29
<i>Dugesia tigrina</i>	1470	1.21	0.39	0.10	0.19	0.11	0.15	0.20	0.06	-1.08	-0.26	-0.29	-0.21	-0.28
<i>Elmis</i> spp.	76	0.08	0.10	0.02	0.06	0.15	0.49	0.02	0.03	-0.01	-0.02	-0.08	-0.04	0.05
<i>Esolus</i> spp.	644	0.88	0.25	0.27	0.23	0.35	0.32	0.17	0.05	-0.60	0.03	0.02	-0.02	0.09
<i>Gammarus fossurum**</i>	2307	1.10	1.24	0.04	0.32	0.09	0.18	-0.02	-0.02	-0.95	-1.08	-1.20	-0.91	-1.14
<i>Gammarus</i> spp. **	4669	2.28	1.55	0.02	0.20	0.18	0.39	0.19	0.13	-2.15	-1.42	-1.53	-1.36	-1.38
<i>Heptagenia sulphurea</i>	3385	1.90	0.85	0.64	0.89	0.77	0.24	0.39	0.18	-1.13	-0.08	-0.20	0.04	-0.08
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	4158	1.31	0.70	1.13	1.62	1.32	0.36	0.25	0.13	0.04	0.65	0.42	0.91	0.61
<i>Hydropsyche exocellata</i>	2227	1.52	0.76	0.90	0.58	0.47	0.24	0.27	0.13	-0.87	-0.11	0.15	-0.18	-0.29
<i>Hydropsyche incognita</i>	610	0.53	0.42	0.35	0.36	0.57	0.21	0.11	0.09	-0.10	0.01	-0.07	-0.06	0.15
<i>Hydropsyche modesta</i>	143	0.34	0.15	0.09	0.00	0.00	0.15	0.05	0.02	-0.31	-0.12	-0.05	-0.15	-0.15
<i>Hydropsyche siltalai</i>	586	0.63	0.35	0.03	0.03	0.12	0.32	0.20	0.11	-0.57	-0.29	-0.32	-0.32	-0.23
<i>Hydropsyche</i> spp.	27933	3.67	1.79	2.21	2.65	2.21	0.21	0.56	0.27	-1.32	0.56	0.42	0.85	0.42
<i>Leuctra</i> spp.	218	0.37	0.14	0.08	0.17	0.05	0.41	0.11	0.04	-0.27	-0.04	-0.06	0.03	-0.09
<i>Limnius</i> spp.	59	0.15	0.06	0.00	0.00	0.02	0.19	0.04	0.01	-0.14	-0.05	-0.06	-0.06	-0.04
<i>Pisidium</i> spp.	51	0.02	0.11	0.01	0.00	0.00	0.17	0.00	-0.02	-0.02	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11
Polycentropodidae	193	0.36	0.26	0.00	0.01	0.00	0.43	-0.10	-0.08	-0.35	-0.26	-0.26	-0.25	-0.26
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	101	0.22	0.23	0.00	0.01	0.00	0.30	-0.06	-0.07	-0.21	-0.22	-0.22	-0.22	-0.23
<i>Rhithrogena</i> spp.	50	0.00	0.11	0.00	0.00	0.02	0.22	0.00	0.03	0.00	-0.10	-0.11	-0.11	-0.09
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	923	1.32	0.59	0.12	0.36	0.24	0.30	0.30	0.14	-1.08	-0.35	-0.47	-0.23	-0.36
<i>Serratella ignita*</i>	2029	1.03	0.50	0.61	0.40	0.46	0.16	-0.03	-0.02	-0.54	-0.01	0.11	-0.11	-0.04
Simuliidae	12196	1.68	0.86	1.01	1.45	1.38	0.48	0.51	0.26	-0.40	0.42	0.15	0.59	0.52
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	83	0.00	0.01	0.01	0.04	0.24	0.42	0.00	0.00	0.10	0.09	0.00	0.04	0.24

Tableau 2.3.7 : Prédications et observations dans le secteur de **Chautagne** des densités des taxons présentant des préférences hydrauliques marquées ($R^2_{tax} \geq 0,15$, Olivier et al. 2007, Dolédec et al. 2007, Mérigoux et al 2009). Avec ad : adultes; Abond : abondances observées dans l'ensemble des campagnes ; Densités : densités moyennes des relevés pré- (n-2 ou tot = 1997-2002) et post-restauration n+2, n+4 et n+5; ΔHV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress pour les débits réservés d'hiver pré et post-restauration (10 et 50 m³) pondérées par les densités n-2 pour ΔHV1 ou tot (1997-2002) pour ΔHV2 ; Δobs : variations des densités moyennes des relevés (N.indiv/dm² transformées en ln abondance +1) des campagnes pré et post-restauration. Avec *: préférences hydrauliques modélisées à partir de données allemandes (Dolédec et al. 2007) et ** taxons outliers non pris en compte dans les figures 2.3.11., 2.3.13. et 2.3.14.

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 **plus important après restauration alors que le nombre de taxons limnophiles** diminue.

Les résultats montrent qu'il n'existe toujours **pas de corrélation** nette entre les variations de valeurs d'habitat prédites par le modèle FSTress 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 observés après restauration. Ces résultats nous ont poussés 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 sont à nouveau échantillonnés en 2011.**

De même, 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.

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 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 connaître 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; Méricoux *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 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 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 limon dans la zone en eau), distribués le long de l'axe de chacune des lônes (1 point tous les 10m 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.) a été mis en place sur la lône de Malaubert, 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 sur ROU, MALU, REPU (état initial de 2009 Montélimar et de 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 leur variabilité locale (écart inter-quartile standardisé). Pour les lônes atterries, les cinq prélèvements ont été réalisés à la tarière pédologique afin de mesurer la taille médiane des sédiments de surface et leur variabilité locale.

Le travail réalisé cette année ne permet pas de proposer de nouveaux résultats. Ce rapport a pour vocation de faire la synthèse des traitements intermédiaires finalisés qui ont été effectués.

Les points suivants sont abordés :

- synthèse des photographies aériennes géoréférencées disponibles pour l'analyse de l'évolution en plan des bras morts.
- présentation du modèle 1D élaboré pour caractériser la connectivité latérale des bras morts en complément de l'analyse des chroniques piézométriques.
- bilan multi-sites des principales tendances observées depuis le début du suivi.

2.4.2 Rappel des conclusions et des perspectives du rapport d'étape 2009

La campagne 2009 permet pour la première fois depuis le début du suivi de pouvoir envisager une analyse sédimentologique comparée des lônes :

- entre des états initiaux en comparant le Haut-Rhône et le Rhône moyen. Les données brutes étant maintenant disponibles, un travail complémentaire est engagé pour dater les lônes du Rhône moyen et mieux les caractériser en termes d'évolution temporelle et de géométrie afin de pouvoir interpréter les différences observées entre les lônes en matière de sédimentation. L'installation des capteurs piézométriques sur les lônes du Rhône moyen permettra aussi d'avoir une idée de la variabilité des conditions hydrologiques en inter-sites,
- en interannuel sur les lônes du Haut-Rhône et de Pierre Bénite pour lesquelles on dispose maintenant d'au moins deux états post-restauration. Les tendances observées étant plus longues, on peut ainsi mettre en lumière les phénomènes de décapage et l'effet de la complexité morpho-hydraulique interne sur la variabilité de la sédimentation et de la granulométrie. Ce travail va maintenant se poursuivre en analysant plus finement le rôle de la variabilité hydrologique sur le patron sédimentaire.

A ce stade du projet, l'année 2010 ne sera pas marquée par des suivis in situ mais va être mise à profit pour :

- revenir sur le contexte historique rhodanien et engager une recherche approfondie des facteurs contrôlant la sédimentation avant restauration,
- exploiter les chroniques piézométriques qui viennent à nouveau d'être déchargées et mettre à jour les données permettant de caractériser la connectivité hydrologique.
- revenir sur les courbes « hauteur d'eau dans la lône versus débit dans le Rhône » afin de finaliser les indicateurs hydrauliques et hydrologiques (forces tractrices et fréquences de connexion) qui seront introduits dans la typologie fonctionnelle et qui permettront de rendre compte de la diversité des habitats et de leur évolution au cours du temps.
- comparer les données de sédimentation observée et la récurrence des crues débordantes et des pulsations morphogènes qui en résultent. Cette analyse permettra d'ouvrir de nouvelles pistes pour une optimisation du modèle permettant de prédire la durée de vie des lônes.

En 2010, un important travail de remise à plat des données collectées depuis 2003 a été effectué afin de bien replacer les données 2009 dans le temps long. Ces résultats soulignent que la sédimentation n'est pas uniforme au cours du temps et qu'il semble bien que des phénomènes de décapage soient observés sur certaines lônes pour des crues courantes. Par ailleurs, certaines tendances surprenantes, doivent encore être éclaircies.

Nous sommes actuellement en train reprendre toutes les séries piézométriques afin de bien caractériser le régime hydrologique de chacune des lônes concernées pour identifier les événements décapants. La modélisation de la durée de vie doit être affinée en intégrant ces nouveaux résultats mais aussi en corrigeant les hauteurs d'eau observées en tenant compte du débit au moment des relevés. C'est un gros travail sur lequel nous allons nous engager cet été après avoir validé les données piézométriques et hydrologiques avec la CNR.

Nous avons aussi prévu d'engager en 2011 des mesures en laboratoire pour mieux comprendre les phénomènes de tassement en fonction de l'épaisseur de la lame d'eau et de la granulométrie. Une autre action permettra de mesurer le biais observateur et intégrer une valeur d'incertitude des métriques présentées.

2.4.3 Synthèse des photographies aériennes géoréférencées disponibles pour l'analyse de l'évolution planimétriques des lônes

Nous avons acquis 39 nouvelles photos de l'IGN couvrant la période 1963-1991, auxquelles s'ajoutent les photos de la collection de l'UMR 5600 et les planches de l'atlas des ponts et chaussées (levées entre 1857-1866 entre le Parc et le pont de Donzère et entre 1870 et 1876 entre le pont de Donzère et la Mer). Ces informations sont ainsi disponibles pour les RCC de Chautagne, de Belley, de Brégnier-Cordon, de Pierre-Bénite, de Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon. Un peu plus de 200 documents ont ainsi été recalés et intégrés dans un SIG. Tous les RCC étudiés (*cf. infra*) sont désormais couverts (voir tableau 2.4.1.). Le nombre important de clichés géoréférencés et l'étendue de la période couverte (1857-2009 ; *c.f.* tableau 2.4.1 et figure 2.4.1) multiplient les possibilités d'analyse comparative, diachronique et multiscalaire.

Le géoréférencement d'images aériennes anciennes entraîne inéluctablement une déformation de l'image native. Afin de géorectifier les clichés, nous avons opté pour une transformation polynomiale de premier (transformation linéaire) ou de second ordre (transformation quadratique) pour les scènes dont la distorsion était plus complexe. Inévitablement, une marge d'erreur résiduelle est toujours présente après traitement. Pour réaliser l'analyse planimétrique, il est nécessaire de quantifier ces erreurs par le biais de la RMSE (*Root Mean Square Errors*). Pour chaque point d'amer :

$RMSE_{\text{point}} = [(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2]^{1/2}$, où x_a et y_a correspondent aux coordonnées géographiques des points sur l'image géorectifiée ; x_b et y_b renvoient aux coordonnées géographiques du même point sur l'image source. La RMSE de l'ensemble de la scène est la somme des $RMSE_{\text{point}}$ divisée par la racine carrée du nombre de paire de coordonnées.

Les documents d'archives et les clichés vont permettre de dater la déconnexion amont des bras étudiés, pour être en mesure d'estimer leur taux annuel de sédimentation avant restauration. Dans cette optique, il est à présent nécessaire de dater la mise en place des ouvrages qui ont interrompu les écoulements dans les chenaux secondaires. Ce travail est en cours.

En parallèle, la démarche vise à 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) afin de bien caractériser l'état morphologique avant restauration. Afin de minimiser l'influence du débit au moment de l'observation, celui-ci étant variable selon les scènes, nous avons opté pour une analyse du linéaire de bras plutôt qu'une analyse surfacique, plus sensible à la variabilité des hauteurs d'eau. Ce travail est achevé sur les secteurs de Chautagne, de Belley et de Pierre-Bénite.

Ce travail va permettre mieux cerner les facteurs contrôlant la sédimentation des anciens chenaux fluviaux avant restauration, qu'ils agissent à l'échelle locale ou à l'échelle régionale, particulièrement en ce qui concerne les bras où la géométrie n'a que peu ou prou été retouchée.

Secteur	Date des missions	Nombre de clichés	Nombre moyen de points d'amer par cliché	Échelle	Émulsion	RMSE moyenne* (en m)
Chautagne	01/06/1934	1	14	1/20000	NG	2.25
	01/08/1937	4	12.5	1/21300	NG	4.09
	03/07/1952	4	15	1/30000	NG	4.04
	25/05/1954	1	12	1/25000	NG	4.23
	30/08/1961	2	12.5	1/25000	NG	2.76
	29/09/1963	1	14	1/25000	NG	0.86
	10/08/1972	5	14.2	1/20000	NG	3.37
	23/09/1978	1	13.5	1/30000	NG	1.34
	30/06/1985	1	15	1/30000	NG	2.67
	19/07/1990	4	15.75	1/20000	Couleur	4.02
	21/07/2001	2	15	1/25000	Couleur	4.65
Belley	27/03/1931	7	9.8	1/15000	NG	3.31
	01/08/1937	5	9	1/21300	NG	2.49
	14/08/1946	3	9.3	1/25000	NG	4.13
	25/08/1948	1	9	1/38000	NG	4.69
	20/06/1954	5	9	1/25000	NG	3.09
	30/09/1963	1	10	1/25000	NG	3.29
	18/08/1971	5	9	1/15000	NG	3.92
	08/07/1982	5	11	1/15000	NG	4.83
	19/07/1990	1	9	1/20000	Couleur	1.32
	29/07/1995	3	11	1/20000	Couleur	3.36
Brégnier-cordon	27/03/1931	8	13.9	1/15000	NG	3.4
	27/03/1931	1	13.3	1/15000	NG	1.7
	01/08/1939	7	13.9	1/20000	NG	2.42
	26/05/1954	6	13	1/25000	NG	3.28
	16/07/1971	11	15	1/15000	NG	3.32
	23/08/1980	1	15	1/14500	NG	3.36
	05/08/1981	3	13.8	1/20000	NG	2.28
	20/08/1987	3	14.3	1/30000	NG	3.67
	17/08/1993 a	4	13	1/20000	NG	2.92
	17/08/1993b	2	15	1/20000	Couleur	3.53
	26/07/1998	3	14.6	1/25000	Couleur	1.85
Pierre-Bénite	30/09/1945	2	13.5	1/25000	NG	3.58
	01/10/1949	3	13	1/16500	NG	3.92
	26/05/1954	1	16	1/25000	NG	4.63
	14/05/1965	1	17	1/25000	NG	4.12
	16/08/1993	4	11.5	1/20000	Couleur	3.02
Péage-de-Roussillon	17/09/1938	2	6	?????	NG	3.76
	31/05/1948	5	11.8	1/25000	NG	3.39
	01/10/1949	5	8	1/16500	NG	2.85
	16/06/1958	3	13.3	1/25000	NG	2.86
	??/??/1986	2	10	????	NG	2.98
	26/07/1998	2	16.5	1/25000	Couleur	2.26
Montélimar	01/10/1949	1	7	1/16500	NG	1.95
	15/03/1955	1	10	1/25000	NG	4.41
	29/06/1961	1	10	1/25000	NG	4.04
	16/07/1969	1	12	1/15000	NG	4.79
	13/08/1979	1	11	1/14500	NG	1.64
	16/07/1991	1	15	1/17000	Couleur	3.65

* marges d'erreur moyenne

Secteur	Date des missions	Nombre de clichés	Nombre moyen de points d'amer par cliché	Échelle	Émulsion	RMSE moyenne* (en m)
Donzère-Mondragon	07/11/1947 a	4	7.25	1/15000	NG	2.15
	03/09/1947 b	6	13.7	1/25000	NG	2.8
	01/10/1949	2	8.5	1/16500	NG	3.87
	13/05/1954	1	15	1/25000	NG	2.26
	15/03/1955	5	12.5	1/25000	NG	3.35
	13/01/1959	1	10	1/20000	NG	4.1
	17/07/1969	2	10	1/15000	NG	2.1
	25/06/1972	7	12.6	1/15000	NG	2.33
	30/06/1973	3	14	1/15000	NG	1.43
	25/06/1979	1	12	1/17000	NG	2.32
	05/06/1980	5	12	1/14500	NG	2.68
	16/07/1991	6	14.5	1/17000	Couleur	1.72
	30/07/1997	1	10	1/25000	NG	4.16

* marges d'erreur moyenne

Tableau 2.4.1 : Recensement des images aériennes disponibles pour l'analyse de l'évolution planimétrique du réseau d'anabranches par RCC et des bras morts inclus dans le suivi sédimentaire.

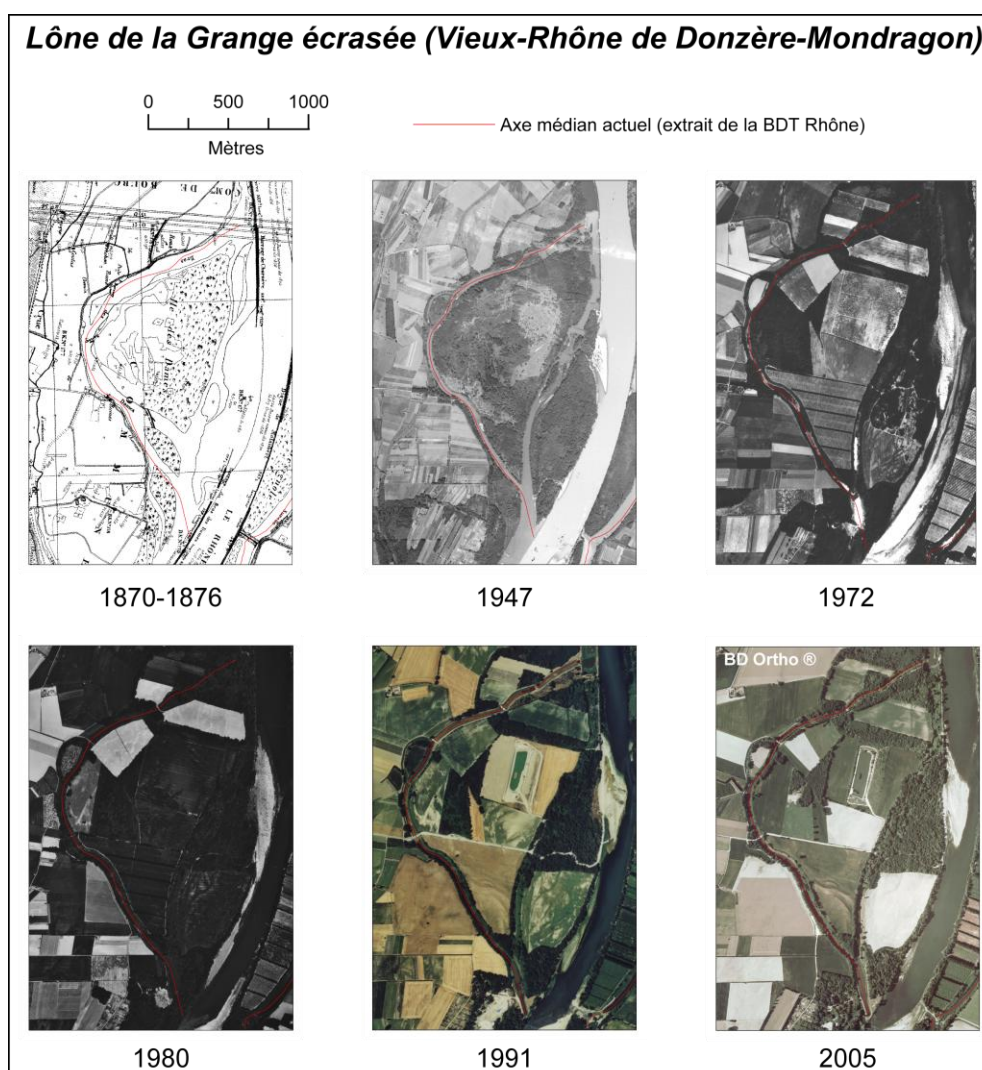


Figure 2.4.1 : Exemple de clichés disponibles à l'échelle d'un bras – la lône de la Grange écrasée.

2.4.4 Elaboration d'un modèle hydraulique 1D

Cette action consiste à modéliser l'évolution des lignes d'eau au sein de la plaine alluviale pour différents débits d'intérêts. L'approche s'inscrit en parallèle du suivi piézométrique réalisé sur les annexes incluses dans le suivi sédimentaire et disposant d'un bouchon alluvial amont. Ces données terrain devraient permettre de valider les valeurs prédites par la démarche SIG sachant que des observations de débordement ont également été faites lors des crues de septembre 2008 et de décembre 2010. Le modèle permettra de :

- déterminer le débit de connexion des bras morts, et plus particulièrement de fournir une caractérisation de la connectivité latérale pour les sites non-instrumentés.
- comprendre le rôle de la complexité morpho-hydraulique interne des bras sur la dynamique sédimentaire observée et extraire des métriques hydrauliques (hauteurs d'eau et forces tractrices pour plusieurs débits,...).
- identifier les valeurs de débit à l'origine des tendances (à l'alluvionnement ou au décapage des sédiments) observées au sein des bras morts restaurés.

Deux types de données sont utilisés :

- les lois hauteur-débit et les lignes d'eau fournies par les services de la CNR (figure 2.4.2).
- le modèle numérique de terrain issu de la campagne d'acquisition LiDAR (*Light Detection and Ranging*, BDT Rhône) fournies par l'IGN (figure 2.4.3).

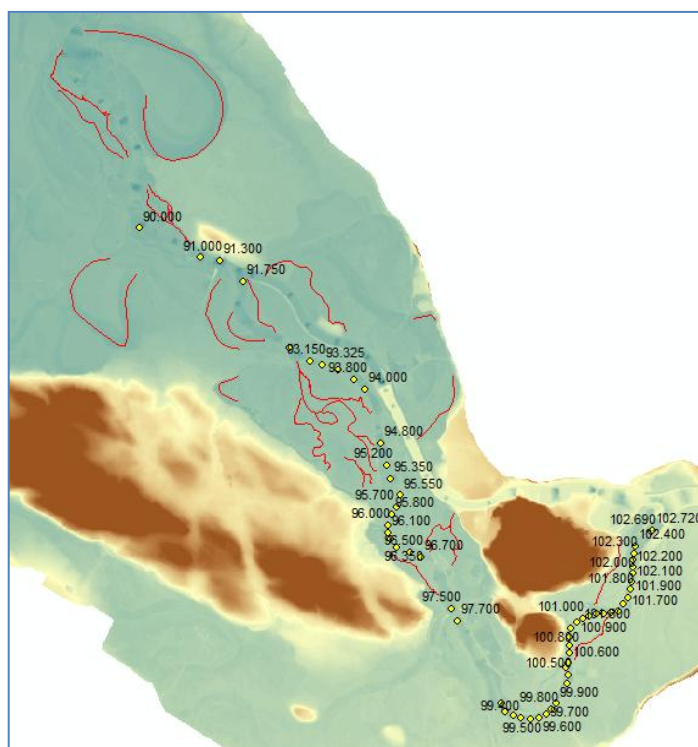


Figure 2.4.2 : Localisation des P.K. pour lesquels nous disposons de lois H-Q (en jaune ; les lignes rouges correspondent aux bras pris en compte dans l'analyse)

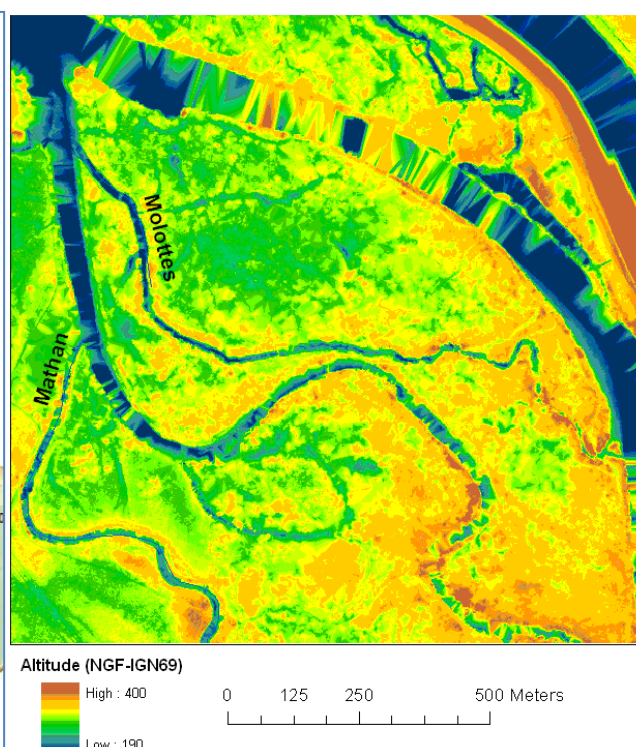


Figure 2.4.3 : Modèle Numérique de Terrain tiré de la BDT Rhône (chaque pixel du MNT possède une valeur altitudinale d'une résolution de 2 mètres et d'une précision en z de 20 cm)

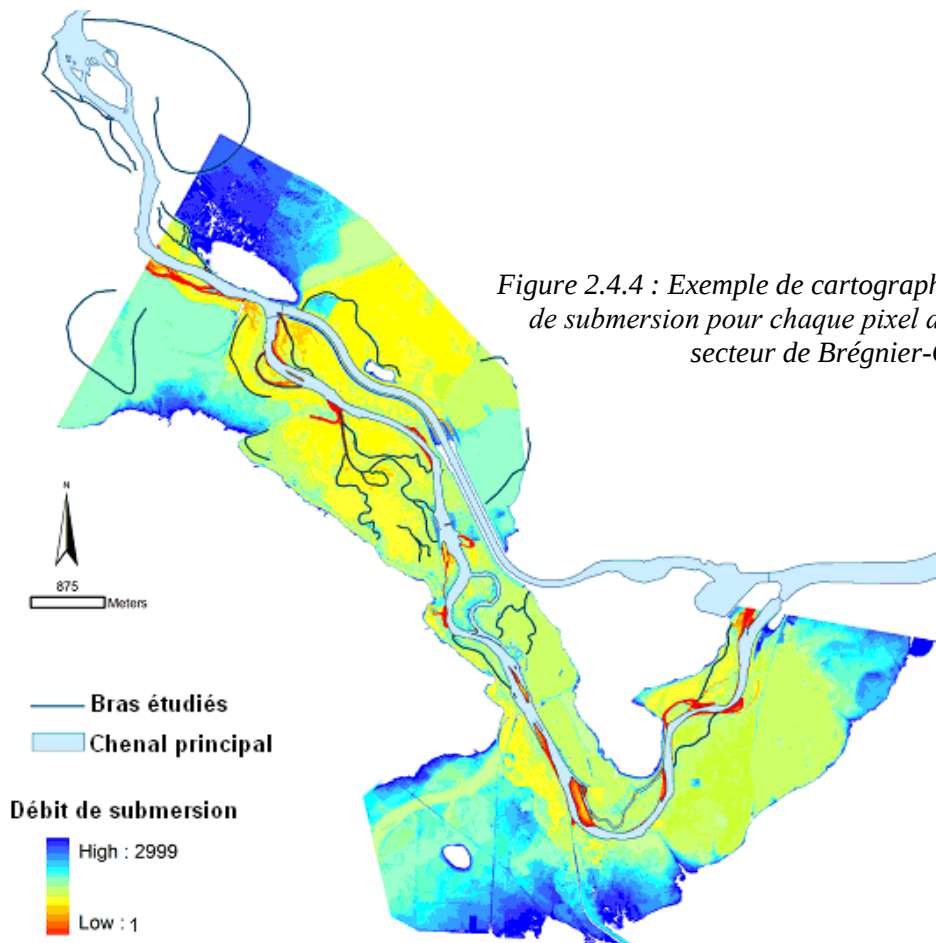


Figure 2.4.4 : Exemple de cartographie représentant le débit de submersion pour chaque pixel du MNT à l'échelle du secteur de Brégnier-Cordon.

La technologie LiDAR ne permet pas de restituer la bathymétrie des bras. Les valeurs altitudinales obtenues au sein des anciens chenaux fluviaux correspondent à l'élévation de la ligne d'eau au moment de l'observé pour l'ensemble des secteurs étudiés (27/07/2010), à l'exception du vieux-Rhône de Donzère-Mondragon (05/04/2008). L'axe médian du fond des lônes a été reconstitué à partir des campagnes de relevés bathymétriques, pour permettre l'extraction des métriques hydrauliques.

Le jeu de données à disposition repose sur le postulat qu'il n'existe pas de brusques changements d'altitude entre les stations disposant de lois H-Q et que la ligne d'eau en un point est identique sur l'ensemble de la section en travers. Un ensemble de plans a été créé par interpolation linéaire entre les P.K., puis a été reporté sur le MNT.

Un script développé sous Matlab a été élaboré pour déterminer de manière semi-automatique la valeur de débit pour laquelle chaque pixel du MNT est submergé (figure 2.4.4). Dans le même esprit, un autre script a été élaboré pour évaluer systématiquement la fréquence de submersion de l'ensemble des pixels. L'approche est en cours d'implémentation sur les secteurs de Chautagne, Belley et Donzère-Mondragon.

Il est à présent nécessaire de valider le 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 prévue pour la fin de l'été 2011).

2.4.5 Bilan multi-sites

En terme de réponse morpho-sédimentaire des bras restaurés, trois groupes fonctionnels se distinguent.

i) Les bras vifs permanents (Lucey, Anse-de-Yenne, Mattan, Vachon)
ou semi-permanents (Fournier) :

Tous situés sur le Haut-Rhône, ils possèdent des fonds essentiellement graveleux. Leur patron sédimentaire s'est rapidement ajusté aux nouvelles conditions post-travaux. Certains (LUC et MAT) présentent encore localement quelques plaques sporadiques de sédiments fins. Ces Zones Aquatiques Périfluviales (ZAP) sont pérennes.

On peut penser que la géométrie de ces lits est fixe, mais cela reste à confirmer. La mise en place de bouchons alluviaux en amont de YEN, MAT, VAC est à surveiller.

ii) Les lônes présentant des fonds graveleux périodiquement décapés

Ce groupe rassemble des lônes déconnectées à l'amont (Brotale, Luisettes, Moiroud, Béard, Grange, Jaricot) auxquelles s'ajoutent les cas particuliers de Cerisiers (connexion amont semi-permanente) et Ciselande (connectée amont-aval).

Ces ZAP sont assujetties à des phénomènes de régénération se produisant pour des épisodes de crue fréquents (<Q5). La temporalité des processus diffère entre le Haut-Rhône et le secteur de Pierre-Bénite en aval de la confluence du fleuve avec la Saône.

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). Dans l'ensemble, ces lônes sont plutôt sableuses, mais les conditions granulométriques sont extrêmement variables au cours du temps. Certaines lônes du Haut-Rhône présentent une forte sensibilité à la phase de sédimentation dominante observée au cours de la période 2007-2009 (BRO, MOI et BEA principalement).

Une caractérisation plus précise des lônes de ce groupe nécessite un travail approfondi, notamment à partir de la mise à jour de deux indicateurs : les fréquences de débordement et leur intensité (forces tractrices). D'autre part, la campagne de relevé de cet été devrait permettre d'affiner ces interprétations.

iii) Les décanteurs (Malourdie, Molottes, Ponton, Table-Ronde) :

Ces lônes sont déconnectées à l'amont et soumises à des retours d'eau intenses. Elles possèdent les vitesses de sédimentation les plus élevées mais elles tendent à décroître rapidement au cours du temps. La sédimentation y est uniforme au sein des lônes (à l'exception de la partie amont de TAB). Les sédiments déposés se caractérisent par une forte homométrie (des limons fins à moyens).

MAL, PON et TAB ont pour caractéristique commune de posséder un angle de connexion avec le Rhône proche de 90°. Les conditions de site pour MOL sont plus complexes. La part tenue par ce facteur de contrôle dans l'explication de la forte propension à la sédimentation de ces systèmes est à approfondir.

Malgré une forte proportion de surface graveleuse, la lône de Chantemerle possède un fonctionnement de type bassin de décantation. Les études d'avant-projet (CNR 1998, 2000) prévoient des opérations d'entretien sous la forme de curage ponctuel du fond des lônes. A ce titre, il est préférable de ne pas intervenir sur les bouchons (MAL, TAB), étant donné leur rôle dans la diminution du rythme d'accrétion des sédiments fins à l'intérieur de ces ZAP.

2.4.6 Conclusions et perspectives pour 2010-2011

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 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. Le tableau 2.4.2 permet de visualiser l'ensemble des bras qui seront suivis. 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 plus robuste.

Chautagne	-	Belley	-	Brégnier-Cordon	-	Pierre-Bénite	-
Malourdie	T+8	Luisettes	T+6	Chantemerle	T+5	Ciselande	T+12
Brotalet	T+8	Moiroud	T+6	Granges	T+5	Jaricot	T+12
		Fournier	T+6	Vachon	T+5	Table-Ronde	T+12
		Béard	T+6	Cerisier	T+5		
		Lucey	T+6	Mattan	T+5		
		Anse de Yenne	T+6	Mollotes	T+5		
				Ponton	T+5		

Péage-de-Roussillon	-	Montélimar	-	Donzère-Mondragon	-
Sainte	Avt T*	Roussettes	Avt T*	Bayard	Avt T*
Ilon	Avt T*			Caderousse	Avt T*
Noyer nord	T+7			Malaubert	Avt T*
Noyer sud	Avt T*			Grange écrasée	Avt T*
Platière amont	Avt T*			Malatras	T+7*
Casier d'Arcoules	Avt T*			Joncs	Avt T*
Boussarde	Avt T*			Carré	Avt T*
				République	Avt T*

Tableau 2.4.2 : Liste des lônes entrant dans la campagne de relevés de l'été 2011 (les lônes ajoutées à la liste initiale sont signalées en bleu ; les astérisques indiquent que les relevés correspondent à une deuxième campagne destinées à renforcer la caractérisation de l'état avant travaux. Pour les secteurs restaurés, on disposera alors de 6 observés pour Chautagne sans état initial, 5 pour belley + E.I., 4 pour Brégnier-Cordon + E.I., et de 4 à 5 pour Pierre-Bénite sans E.I.)

L'ensemble des perspectives évoquées dans le rapport d'étape de 2009 (*c.f.* §2.4.2, ce rapport) sont en cours de traitement. Un modèle permettant de prédire la durée de vie des zones restaurées sera également réalisé sur les lînes pour lesquelles le recul est suffisant.

Deux articles visant à valoriser le travail mené dans le cadre du suivi scientifique de la restauration écologique du Rhône sont en cours d'élaboration. Le premier aborde la question de la diversité des conditions d'habitat physique à partir d'une caractérisation hydromorphologique des bras morts restaurés. Le second aborde l'historique de l'évolution des bras avant restauration. Les données disponibles, les méthodes utilisées et les enjeux scientifiques sous-jacents sont présentés dans ce rapport (§ 2.4.3).

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 ammoniacque, leur tolérance au décapage ou au dépôt de sédiments lors des crues*** (degré de perturbation), et ***leur association aux milieux alimentés par les eaux souterraines***.

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.

Echantillonnage 2010

Secteur de Brégnier-Cordon

Les lînes de Ponton, Grange, Chantemerle, Petite lîne aval et des Molottes ont été échantillonnées le 02, 04 et 09 août 2010.

La campagne d'échantillonnage réalisée en 2010 est la deuxième depuis la restauration de ces lînes en 2006.

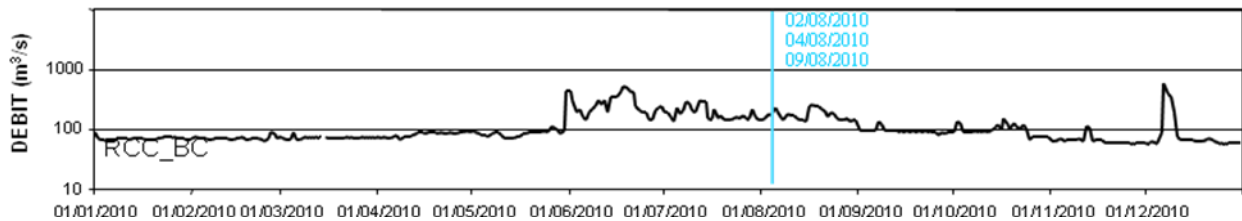


Figure 2.5.1a : Positionnement sur l'hydrographe des campagnes d'échantillonnage des végétaux en 2010 dans le secteur de Brégnier-Cordon.

Secteur de Pierre-Bénite

Les lînes de Table Ronde, Jaricot et Ciselande ont été échantillonnées le 05 et 06 août 2010.

La campagne d'échantillonnage réalisée en 2010 est la sixième depuis la restauration de ces lînes en 2000.

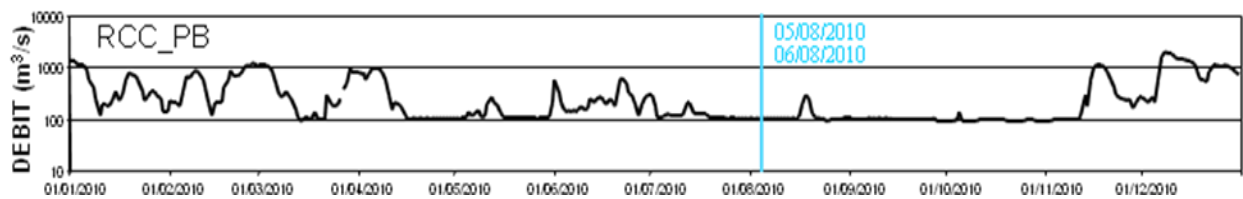


Figure 2.5.1b : Positionnement sur l'hydrographe des campagnes d'échantillonnage des végétaux en 2010 dans le secteur de Pierre-Bénite.

2.5.3 Résultats : évolution du diagnostic floristique

2.5.3.1 Secteur de Brégnier-Cordon

Lône de Chantemerle

En 2010 :

- richesse spécifique : 9 espèces
- espèce dominante : *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et d'**absence d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbation intermédiaire à forte** et de **la présence de processus d'alluvionnement**

Rappel de l'évolution

Longue de 1 km, la lône de Chantemerle a subi une première restauration en 1993, le bouchon alluvial amont ainsi que les obstacles à l'écoulement dans le lit ont été éliminés. Depuis 1994, elle est restée en eau (Figure 2.5.3, hauteur d'eau en moyenne de 1,6 m en 2004 et 1,8 m en 2008), et alimentée en permanence par les eaux du Rhône à l'amont (Henry et Amoros, 1997).

Son contenu floristique était homogène en 2004, caractérisé par une faible richesse spécifique (7 espèces) et un faible recouvrement des espèces. Le peuplement dominant, constitué principalement par *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum*, témoignait de conditions méso-eutrophe à eutrophe. D'autres espèces comme *Potamogeton crispus* et *Potamogeton nodosus*, présentes de façon sporadique, étaient également liées aux conditions eutrophes, mais aucune ne traduisait l'existence d'apports d'eau souterraine. L'analyse des données physico-chimiques (cf. Rapport d'étape 2008) confirmait le statut trophique de la lône (riche en nutriments) et une eau qualitativement proche du Rhône. Les espèces dominantes témoignaient également d'une forte influence de la dynamique fluviale et probablement d'alluvionnement modérés, suggérés par la présence en abondance d'*Elodea nuttallii*. L'alluvionnement prédominait dans la lône, mais une zone localisée (entre les transects 200 et 400) signalait l'existence de processus érosifs résultant principalement d'une communication latérale avec le Rhône.

Dans le rapport de 1997, Henry et Amoros concluaient à une zone humide eutrophe, fréquemment et/ou intensément perturbée. Sa durée de vie était élevée à très élevée car la lône se comportait comme un chenal actif. En 2004, ceci était toujours le cas, et même si les processus d'alluvionnement avaient pris le pas sur les processus érosifs, ils restaient potentiellement modérés ou faibles du fait de la faible sinuosité de la lône et de son ouverture amont.

En 2008, la lône présentait des peuplements plus diversifiés, mais qui restaient dominés par *Elodea nuttallii* (en forte progression) et *Myriophyllum spicatum*. Le diagnostic écologique conduisait comme pour les années précédentes, à une lône eutrophe sans apports phréatiques, avec cependant des processus d'alluvionnement qui semblaient s'accroître en zone intermédiaire.

Evolution actuelle

En 2010, le peuplement reste sensiblement le même, toujours dominé par *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum* pour les hydrophytes aquatiques (Tableau 2.5.1). Leur association à *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis* témoigne de milieux eutrophes où les processus d'alluvionnement s'accroissent (la part de limon augmente de 59,5 % en 2008 à 80,2 % en 2010, Figure 2.5.1) mais aussi d'un niveau de perturbation intermédiaire à forte en termes d'intensité ou de fréquence.

De 2008 à 2010, la richesse spécifique varie peu, mais la communauté change légèrement, avec l'apparition ponctuelle d'*Iris pseudacorus*, de *Rorippa amphibia* et de *Veronica anagallis-aquatica*, au détriment de *Potamogeton crispus*, de *Ceratophyllum demersum* et d'autres (Tableau 2.5.1).

On note également la progression importante d'*Elodea nuttallii* dans la lône (Figure 2.5.2) depuis 2004.

Au regard des informations collectées cette année, **le fonctionnement écologique de la lône ne paraît pas être modifié depuis 2004**. Elle présente toujours un faible nombre d'espèces végétales avec de faibles recouvrements sur son linéaire. Les fortes hauteurs d'eau rencontrées (hauteurs moyennes en eau en progression en 2010, Figure 2.5.3) combinées à des phénomènes d'érosion liés à la fréquence/intensité des connexions lors des crues du Rhône sont probablement la cause de cette faible diversité.

Même si les processus d'alluvionnement ont pris le pas sur les processus érosifs en zone intermédiaire et à l'aval, ils sont potentiellement modérés du fait de la faible sinuosité de la lône et de son ouverture amont. En conséquence, **la lône paraît évoluer comme un bras secondaire du Rhône relativement profond**, les vitesses d'écoulement hors crue étant relativement faible du fait de la taille de cette ouverture amont.

Enfin, et au regard des informations collectées depuis 1996, il est possible de conclure sur la **durée de vie relativement très élevée de la lône**.

	Abondance moyenne				Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Elodea nuttallii</i>		0,82	1,18	1,64	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1	0,68	0,82	0,68	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,4	0,27	0,59	0,41	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phragmites australis</i>	0	0,05	0,27	0,27	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Carex</i> sp.			0,09	0,18											
<i>Iris pseudacorus</i>				0,05	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Potamogeton pectinatus</i>			0,18	0,05	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Rorippa amphibia</i>				0,05	0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>				0,05	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Potamogeton nodosus</i>		0,05			0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Potamogeton crispus</i>		0,05	0,05		0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Ceratophyllum demersum</i>			0,05		0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lythrum salicaria</i>			0,05		2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Potamogeton friesii</i> gr.pusillus			0,05												
<i>veronica beccabunga</i>		0,05			2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
Richesse spécifique	3	7	10	9											
Diagnostic écologique	1996				0,54	2,08	3,08	3,12	0	0	1,33	2,94	2,94	4,33	3,37
	2004				0,49	3,25	4,08	4,08	0	0,05	1,07	2,3	3,94	4,89	4,06
	2008				0,89	5,07	6,18	6,43	0,00	0,23	2,20	3,59	6,00	7,59	7,09
	2010				0,8	5,5	6,2	6,4	0,1	0,05	1,8	3,0	6,3	7,2	6,9

Tableau 2.5.1 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Chantemerle en 1996, 2004, 2008 et 2010

Les abondances des espèces présentes sont multipliées à leur valeur d'indice, la somme de ces produits traduit l'affinité relative du peuplement pour chaque classe de trophie, de perturbations, et d'alimentation par les eaux souterraines (lignes diagnostic écologique par année, en bas du tableau surligné en vert).

Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les plus élevées et traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème à la date considérée.

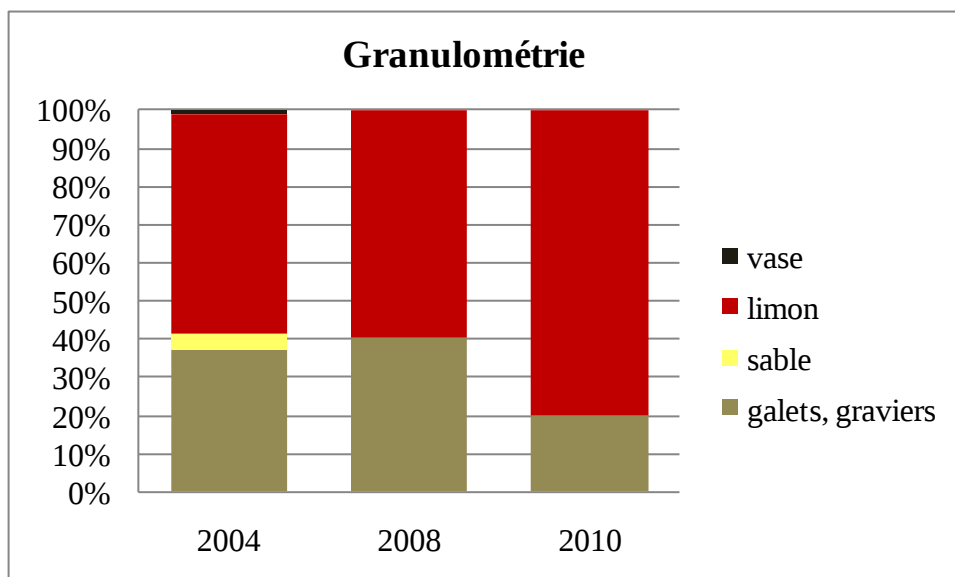


Figure 2.5.1 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Chantemerle

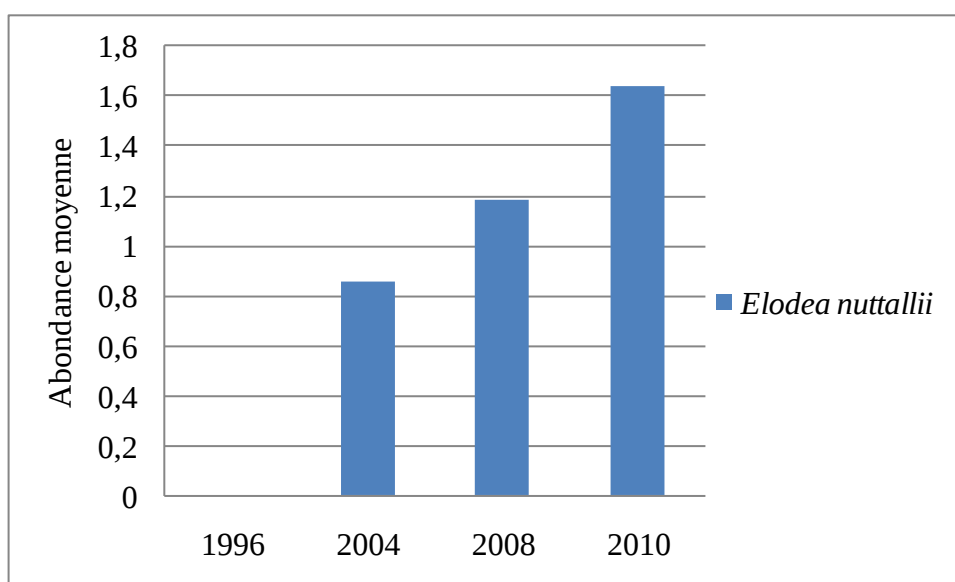


Figure 2.5.2 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de Chantemerle

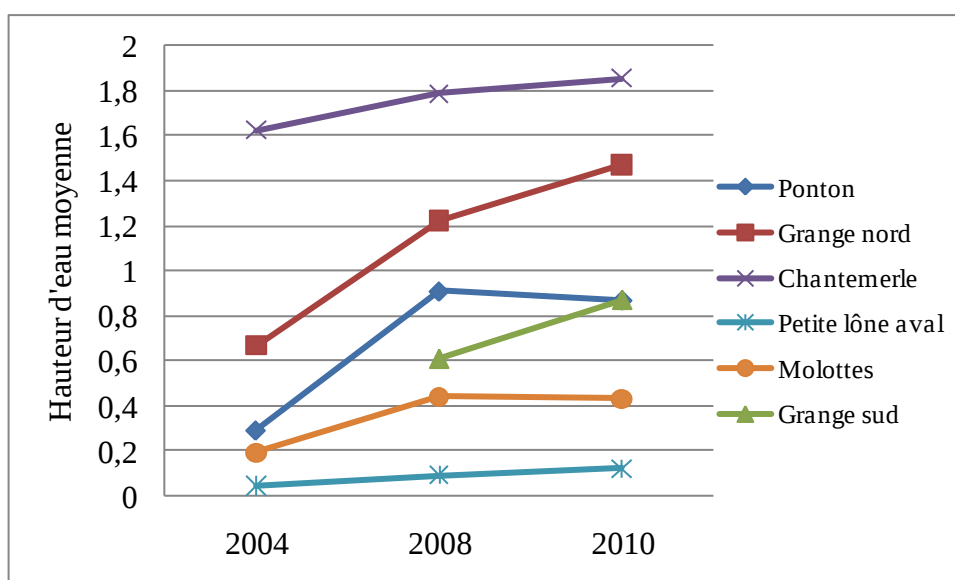


Figure 2.5.3 : Evolution des Hauteurs d'eau moyenne sur les lônes de Brégner-Cordon en 2004, 2008 et 2010

Petite lône aval de Chantemerle

En 2010 :

- richesse spécifique : 4 espèces
- espèce dominante : *Phragmites australis* et *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et d'**apports phréatiques absents**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbation très faible** et de la **présence de processus d'alluvionnement**

Rappel de l'évolution

La petite lône a été surcreusée sur les deux tiers aval de sa longueur en 1993, et elle était depuis alimentée en permanence par les reflux du Rhône. En 1996, le recouvrement de la végétation était très faible avec seulement deux espèces, très indicatrices d'un système eutrophe, et des eaux très turbides. Le milieu était soumis à l'alluvionnement. Même si le fonctionnement de la lône restait identique en 2004, les espèces présentes en 1996 ont été remplacées par des espèces plus tolérantes aux exondations (développement des hélrophytes). Ceci s'explique par la forte diminution de la hauteur d'eau (55 cm en moyenne en 1996 contre 4 cm en 2004). Cette diminution de la lame d'eau était due au comblement de la lône par les sédiments fins (observation par Henry C. en 2004). On pouvait supposer le niveau d'eau relativement stable du fait de la position de la lône située à l'extrémité amont de la retenue de l'aménagement hydroélectrique de Brégner-Cordon.

On notait déjà l'installation de *Elodea nuttallii* depuis 1996.

En 2008, la lône présentait des peuplements dominés par *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum* et *Myriophyllum spicatum*, qui se rapprochaient ainsi des peuplements de 1996 (Tableau 2). Le diagnostic écologique conduisait comme pour les années précédentes, à une lône eutrophe, fortement soumise aux processus d'alluvionnement. Le rapport concluait que la durée de vie devait rester faible dans la mesure où la restauration ne freinait pas les reflux favorisant l'alluvionnement.

Evolution actuelle

Entre 2008 et 2010, on observe un changement de dominance, *Phragmites australis* voit son abondance moyenne augmenter au détriment d'*Elodea nuttallii* (Tableau 2.5.2). Cette régression des hydrophytes (disparition de *Ceratophyllum demersum* et diminution d'*Elodea nuttallii*) s'explique principalement par l'absence d'eau permanente sur toute la partie amont (à partir du transect 150, Figure 2.5.4) et de la faible hauteur d'eau sur le linéaire (12 cm en moyenne sur la lône en 2010, Figure 2.5.3). Ces conditions ont permis à certaines espèces, telle que *Echinochloa crus-galli*, témoignant de phénomènes d'atterrissements, de se développer sur la fin du transect. Sur la partie en eau, le peuplement dominant indique un milieu eutrophe voire hyper-eutrophe où les perturbations susceptibles de rajeunir le milieu sont absentes (le substrat trouvé sur le linéaire n'est représenté depuis 2004 que par du limon).

Comme précédemment énoncé, **la lône semble en plein processus d'atterrissement**, par le reflux du Rhône qui contribue fortement à l'alluvionnement d'une part, et de la **faible capacité de rajeunissement du milieu par les crues** d'autre part. De plus, **l'eutrophisation importante de la lône** amplifie la production de matière organique, ce qui a tendance à

accentuer le comblement. **La durée de vie reste faible en l'absence d'intervention de mécanisme d'érosion.**

Elodea nuttallii est toujours présente (Figure 2.5.5), mais en abondance plus faible, ce qui est probablement lié à l'absence d'eau permanente dans certaines parties de la lône.

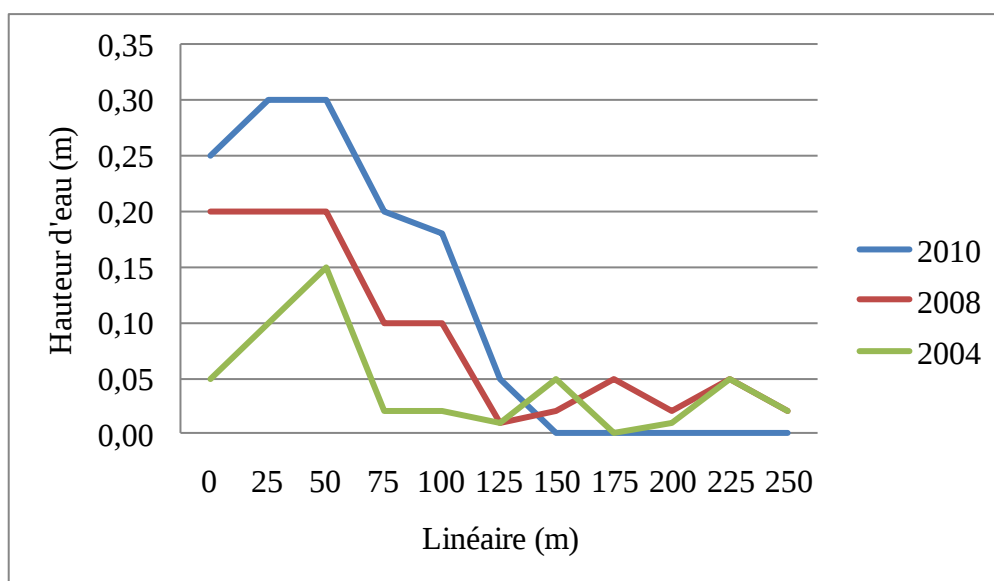


Figure 2.5.4 : Hauteurs d'eau relevées sur le transect de la petite lône aval de Chantemerle en 2004, 2008 et 2010

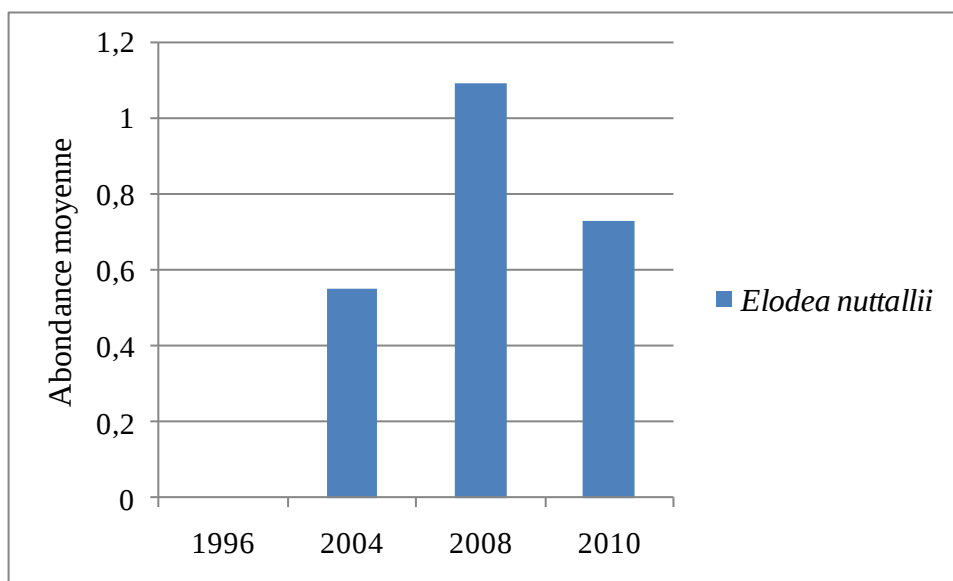


Figure 2.5.5 : Abondances moyennes d'*Elodea nuttallii* sur la petite lône aval de Chantemerle

	Abondance moyenne				Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,5	0,27			0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,4	0,09	0,09		0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Elodea nuttallii</i>		0,55	1,09	0,73	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Phalaris arundinacea</i>		0,27			0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phragmites australis</i>		0,18	0,73	1,09	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Callitriche platycarpa</i>		0,18			0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Equisetum hiemale</i>		0,18													
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		0,09			0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>		0,09			2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Callitriche obtusangula</i>			0,09												
<i>Potamogeton friesii</i>			0,18		0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>			0,27	0,45											
Richesse spécifique	2	7	7	4											
Diagnostic écologique	1996				0,45	1,05	2,2	2,7	0	0,5	0,9	1,3	1,3	1,7	1,8
	2004				0,49	2,27	2,18	2,09	0,18	0	0,9	1,71	2,9	2,81	2,81
	2008				0,91	3,95	4,45	5,45	0,0	0,27	2,55	2,27	4,45	4,00	4,73
	2010				1,1	3,8	3,9	5,0	0,0	0,0	3,4	2,4	3,8	2,8	3,8

Tableau 2.5.2 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la Petite lône aval de Chantemerle en 1996, 2004, 2008 et 2010

Les abondances des espèces présentes sont multipliées à leur valeur d'indice, la somme de ces produits traduit l'affinité relative du peuplement pour chaque classe de trophie, de perturbations, et d'alimentation par les eaux souterraines (lignes diagnostic écologique par année, en bas du tableau surligné en vert).

Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les plus élevées et traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème à la date considérée.

Lône du Ponton

En 2010 :

- richesse spécifique : 11 espèces
- espèce dominante : *Phragmites australis* et *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes** et d'**apports phréatiques absents**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbation intermédiaire** et de la **présence de processus d'alluvionnement**

Rappel de l'évolution

En 2004, avant la restauration, le peuplement était peu diversifiée (3 à 6 espèces par transect), et dominé par *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Polygonum hydropiper*. A cette époque, seules des espèces présentes ponctuellement sur le transect avaient révélé de probables apports d'eau souterraine (*Callitriche platycarpa* et *Elodea canadensis*). L'analyse des données physico-chimiques de 2004 avait également mis en évidence l'influence d'apports d'eaux souterraines, cependant la forte teneur en sulfates observée dans la lône par rapport à la nappe (piézomètre) indiquait une influence du Rhône. Le fonctionnement de la lône en 2004 restait le même qu'en 1996. En comparant les deux années, il avait été constaté que le contenu floristique variait peu, à l'exception de la progression de *Phragmites australis* et de la disparition de *Potamogeton pusillus*. On notait également l'augmentation du recouvrement par les héliophytes, ce qui traduisait l'existence de phénomènes d'exondations plus fréquentes liées au marnage générés par le régime d'éclusés du Rhône. On constatait une fois encore, l'apparition de l'espèce invasive *Elodea nuttallii*. Le reflux du Rhône dans la lône par l'aval lors des crues et la sinuosité relativement importante de celle-ci favorisait les processus d'alluvionnement. La durée de vie potentielle de la lône apparaissait intermédiaire en 1996 (Henry et Amoros, 1997), mais était estimée comme faible en 2004, au vu de sa faible profondeur.

La restauration avait pour objet l'élimination du bouchon aval pour reconnecter la lône au Rhône et ne devait pas modifier le fonctionnement de celle-ci. Le milieu devait rester eutrophe et l'hypothèse d'une accentuation des processus d'alluvionnement était formulée, du fait de la connexion plus importante de la lône avec le fleuve à l'aval. En termes de composition floristique, il était suggéré qu'*Elodea nuttallii* devait rapidement envahir la zone humide, en tirant partie des espaces libérés par l'intervention, et potentiellement exclure les autres espèces.

En 2008, après la restauration, la plupart des espèces d'eau permanente, liées aux apports d'eau souterraine, encore présentes en 2004 avaient disparu, suggérant une diminution de la connectivité avec les eaux souterraines, d'une part, et une diminution de la profondeur de la lône d'autre part. Le diagnostic écologique demeurait par ailleurs invariant, la lône restait caractérisée par des eaux eutrophes et des processus d'alluvionnement, de manière apparemment plus marquée en 2008 que les années précédentes. Ce comblement était particulièrement significatif dans la partie amont de la lône (Figure 2.5.6), qui avait ainsi perdu plus d'un quart de sa longueur, et ce malgré les débits plus importants en 2008.

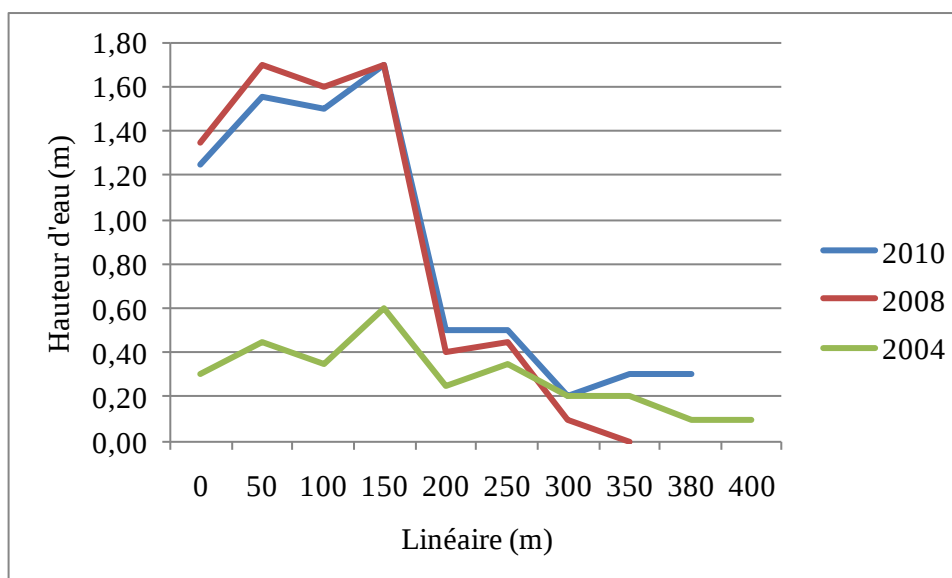


Figure 2.5.6 : Hauteurs d'eau relevées sur le transect de la lône de Ponton en 2004, 2008 et 2010

Evolution actuelle

Dominée principalement par l'*Elodea nuttallii* et *Phragmites australis* (Tableau 2.5.3), on observe une recolonisation de la lône en 2010 par des espèces d'eau permanente comme en témoigne *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum spicatum* et *Lemna minor*. La coexistence de *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis*, habituellement associées à des niveaux de perturbations contrastés, milite en faveur de forts processus d'alluvionnement. Cette tendance est également indiquée par la forte progression d'*Elodea nuttallii* (Figure 2.5.7) (ainsi que par le substrat composé uniquement de limon depuis 2004, Figure 2.5.8) favorisée dans ces milieux où l'eau est permanente. Le diagnostic écologique reste par ailleurs inchangé en ce qui concerne les phénomènes d'eutrophisation encore plus marqués que les années précédentes.

Les niveaux d'eau, en moyenne assez élevés dans la lône (Figure 2.5.3) depuis 2008, ont permis la réapparition d'hydrophytes. Cependant, l'accentuation de l'eutrophisation, de l'alluvionnement et le développement important des hélrophytes militent en faveur du comblement de la lône, déjà en cours dans la partie amont (*Echinochloa Crus-galli*, caractéristique de milieu en cours d'atterrissement ou atterri, voit son abondance augmenter en 2010, Tableau 2.5.3). L'absence de perturbations érosives (boisement en amont limitant les vitesses d'écoulement lors des crues) et le contexte de la lône (sinuosité élevée, reflux du Rhône) contribuent fortement à ce phénomène. Par ailleurs, **aucune hydrophyte liée aux apports d'eaux souterraines n'est réapparue depuis 2004.**

La restauration a permis une remise en eau importante de la lône, passant d'un milieu relativement sec à une zone en eau permanente sur une grande partie du linéaire. Cependant, **les effets semblent plus modérés sur les processus d'alluvionnement toujours dominants** et sur les potentiels apports phréatiques (pouvant être masqués, s'ils existent, par la forte contribution en eau du Rhône). Si le niveau d'eau reste élevé en aval de la lône (de 0 à 250 m, Figure 2.5.6), il est probable que les reflux du Rhône provoquent la formation d'un bouchon limoneux déjà visible lors de la campagne d'échantillonnage.

Au regard des informations disponibles à ce jour, **la durée de vie est intermédiaire** si la lône reste connectée à l'aval.

	Abondance moyenne				Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Polygonum hydropiper</i>	1,3	1,3		0,33	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,2	0,7	0,13	0,78	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,9	1,4	0,88	0,56	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Elodea canadensis</i>	0,8	0,1			0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,8	0,3	0,38	0,33	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,5				0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Phragmites australis</i>	0,3	1,4	1,63	1,89	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Rorippa amphibia</i>	0,2	0,1			0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,2	0,5			0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Iris pseudacorus</i>	0,1	0,1	0,13	0,11	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Elodea nuttallii</i>		0,5		1,89	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Myosotis scorpioides</i>		0,1		0,22	3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Echinochloa crus-gallii</i>			0,13	0,44											
<i>Glyceria maxima</i>			0,13												
<i>Lythrum salicaria</i>			0,13		2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Lemna minor</i>				0,78	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Mentha aquatica</i>				0,22	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
Richesse spécifique	10	11	8	11											
Diagnostic écologique	1996				4,4	7,8	10,6	10,4	1	1,2	4,9	12,1	12,4	14,65	13,5
	2004				5,1	9,05	10,4	10,9	0,7	0,7	7,15	11,5	12,9	13,85	14,9
	2008				2,13	4,44	4,88	6,44	0,0	0,13	6,44	6,50	6,25	5,69	7,50
	2010				4,8	11,0	13,2	15,7	0,9	1,6	8,0	8,7	11,9	10,7	13,8

Tableau 2.5.3 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Ponton en 1996, 2004, 2008 et 2010

Les abondances des espèces présentes sont multipliées à leur valeur d'indice, la somme de ces produits traduit l'affinité relative du peuplement pour chaque classe de trophie, de perturbations, et d'alimentation par les eaux souterraines (lignes diagnostic écologique par année, en bas du tableau surligné en vert).

Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les plus élevées et traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème à la date considérée.

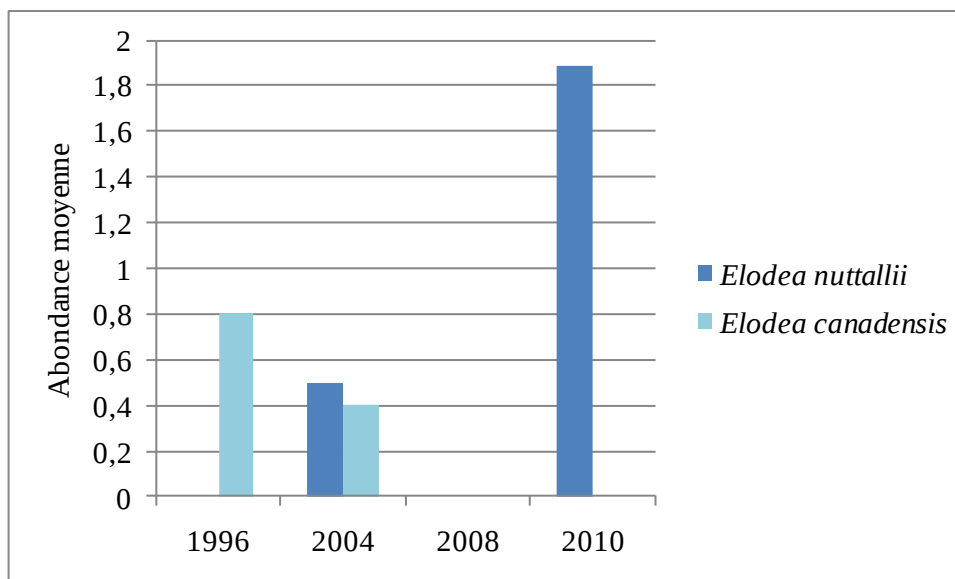


Figure 2.5.7 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de Ponton

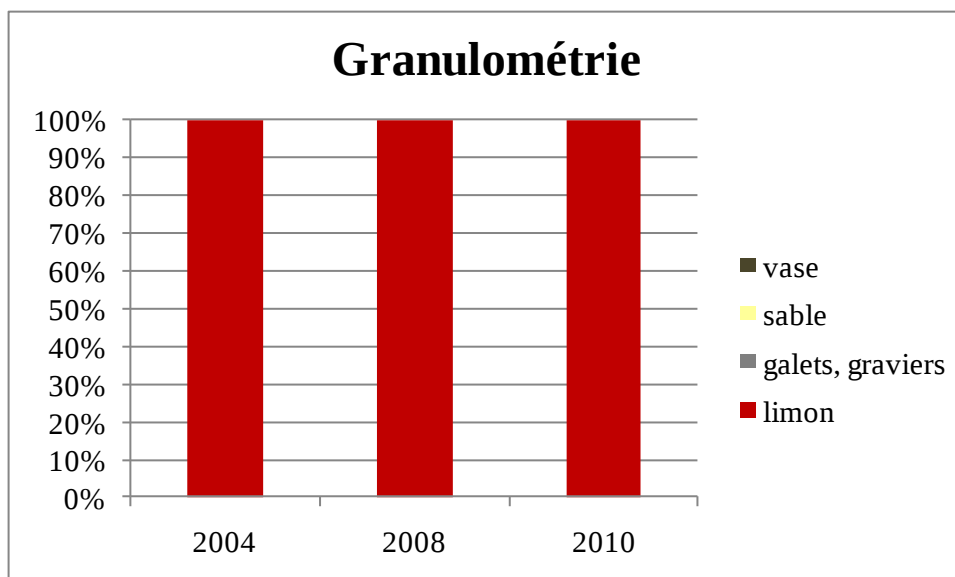


Figure 2.5.8 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Ponton

Lône des Granges

En 2010 :

- richesse spécifique : 13 espèces
- espèce dominante : *Phalaris arundinacea*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes**, d'un **niveau de perturbation élevé**, de l'absence d'**apports phréatiques**, et de la **présence de processus d'alluvionnement**.

Avant-propos

En 1996 et 2004, la lône était entrecoupée de nombreux bouchons alluviaux qui, comme le bouchon alluvial amont, étaient peu élevés, constitués de galets, graviers et limons, et colonisés par une végétation herbacée, quelques buissons et de petits arbres (Henry et Amoros, 1997). La distance parfois élevée entre les relevés traduit l'existence de ces bouchons. La lône a été creusée dans la partie aval sur 330 m dans le bras principal, sur 170 m dans le 2^{ème} bras, et des mares ont été créées sur la partie amont. L'objectif était de connecter la lône au vieux Rhône par l'aval, ainsi que de conserver et d'augmenter les mares temporaires.

Après restauration, la lône des Granges a été séparée en deux lônes appelées lône des Granges nord et sud (bras secondaire). Ce deuxième bras qui est court en longueur ne sera pas traité ici car il constitue une mare satellite en cours d'atterrissement de la lône principale.

Rappel de l'évolution

De 1996 à 2004, le peuplement des plans d'eau témoignait de conditions méso-eutrophes à eutrophes (*Elodea nuttallii* et *Polygonum pusillus*, accompagnée de *Lemna minor*...), les espèces dominantes n'indiquaient pas d'apports d'eau souterraine et traduisaient un niveau de perturbation par les crues faible à intermédiaire. L'ensemble montrait soit une augmentation de la fréquence des perturbations par les crues, soit une augmentation de la fréquence des exondations, la deuxième alternative étant la plus probable, au vu de la progression des hélophytes dans la lône. Cette situation pouvait être liée aux débits particulièrement faibles des années 2003-2004. De surcroît, l'analyse des données physico-chimiques indiquait une eau dont les caractéristiques se rapprochaient de celles des eaux souterraines. Ces apports pouvaient limiter les processus d'atterrissement, même si les processus existants restaient de faible intensité.

Lors de la restauration, le creusement de mares supplémentaires devait permettre d'étendre les habitats aquatiques, avec le risque de progression d'*Elodea nuttallii*.

En 2008, le diagnostic était similaire à celui des années précédentes en ce qui concerne la trophie relativement élevée, les fortes perturbations, et des processus d'alluvionnement potentiels. On assistait également à une diminution significative de la diversité et de l'abondance des peuplements depuis la restauration. Enfin, l'augmentation potentielle des apports d'eau souterraine suggérée par les résultats des analyses physico-chimiques (rapport 2004) n'était pas encore visible au travers de la composition des peuplements.

Analyse de l'évolution

En 2010 comme en 2008, la lône est colonisée par un faible nombre d'espèces peu abondantes sur tout le linéaire (Tableau 4). Le niveau d'eau est très haut en 2010 (Figure 2.5.9) et le milieu semble particulièrement soumis à des perturbations fréquentes et/ou intenses. En effet, les espèces dominantes (*Phalaris arundinacea*) ainsi que la composition du substrat (figure 2.5.10) témoignent de telles conditions. Cependant, il apparaît que les processus d'alluvionnement sont toujours présents, mais semblent localisés, la part des limons ayant augmenté sur la lône (11% en 2008 à 28.6% en 2010).

La qualité de la lône apparaît plus difficile à identifier du fait de la faible représentativité de ces espèces, cependant, la présence de *Ceratophyllum demersum* et de *Lemna minor* ponctuellement témoignerait d'une eau à tendance eutrophe.

Le diagnostic reste proche du précédent en ce qui concerne la trophie, avec cependant quelques nuances concernant les autres éléments du fonctionnement écologique du milieu. Les perturbations semblent empêcher la bonne installation des espèces aquatiques du fait de leurs intensités érosives ou de leurs fréquences, un chenal de crue est d'ailleurs repéré à l'amont de la lône, ce qui corrobore ces informations. On constate ainsi la diminution spectaculaire d'*Elodea nuttallii* (Figure 2.5.11), ainsi que des hydrophytes en général. De fait, la proportion d'hélophytes augmente dans le peuplement depuis 1996 (Figure 2.5.12) même si leur abondance n'évolue pas (Tableau 2.5.4). Elles ne reflètent donc pas un réel changement, mais traduisent la difficulté d'installation des communautés d'hydrophytes en pleine eau. Ces hélophytes restent relativement bien représentées dans les zones exondées.

L'augmentation potentielle des apports d'eau souterraine suggérée en 2004 n'est toujours pas visible. Les effets de cette connexion peuvent être masqués soit par les contraintes mécaniques que subissent les plantes indicatrices (disparition de *Berula erecta* en 2010, Tableau 2.5.4), soit par la trop grande influence des eaux du Rhône en 2010.

A ce jour, et au regard des éléments dont nous disposons, **la lône est sujette à des phénomènes érosifs importants limitant l'installation d'une communauté végétale diversifiée et abondante. La restauration a permis toutefois une remise en eau qui semble pérenne, la durée de vie de la lône estimée est élevée.** L'alternance des années de hauts débits et des années de faibles débits pourrait entraîner la mise en place d'un équilibre dynamique favorable à l'augmentation de la diversité, la poursuite des échantillonnages apparaît donc indispensable afin de mettre en exergue le rôle de ces variations interannuelles.

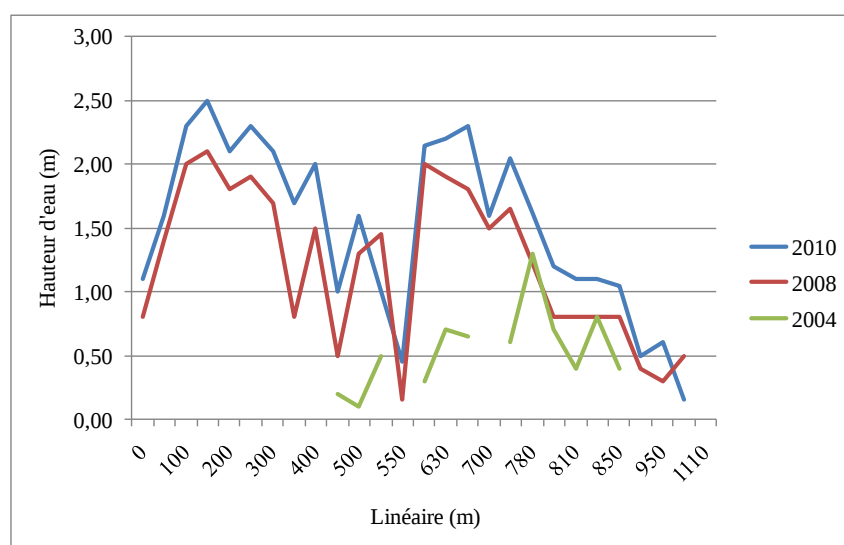


Figure 2.5.9 : Hauteurs d'eau relevées sur le transect de la lône des Granges en 2004, 2008 et 2010

	Abondance moyenne				Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1	0,13	0,08	0,05	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Potamogeton pusillus</i>	1,65	0,67			0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	1,4	2,27	0,24	0,24	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Chara sp.</i>	1,1	0,07													
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,9	0,73	0,71	0,76	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Elodea canadensis</i>	0,75				0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,65				0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Lemna minor</i>	0,6	0,73	0,04	0,14	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,5	0,4		0,10											
<i>Elodea nuttallii</i>	0,45	2,33	0,71	0,14	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,25	0,2			0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Glyceria fluitans</i>	0,25	0,2			0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,20	0,20	0,29		0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,20	0,53			0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Alopecurus geniculatus</i>	0,15														
<i>Potamogeton crispus</i>	0,15				0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,10				0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,10				0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Nasturtium officinale</i>	0,10				2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Lysimachia nummularia</i>	0,05	0,20	0,12	0,10	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,05	0,20													
<i>Riccia fluitans</i>	0,05				0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Callitriche hamulata</i>		0,40	1,33	0,38											
<i>Typha latifolia</i>		0,13			0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Carex sp.</i>		0,07	0,14	0,19											
<i>Galium palustre</i>		0,07			2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Scirpus lacustris</i>		0,07			2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparganium emersum</i>		0,07			3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Veronica beccabunga</i>		0,07			2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Potamogeton trichoides</i>			0,19	0,14											
<i>Berula erecta</i>			0,10		3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Myosotis scorpioides</i>			0,05	0,05	3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Utricularia sp.</i>				0,10											
<i>Iris pseudacorus</i>				0,10	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
Richesse spécifique	22	21	12	13											
Diagnostic écologique				1996	4,55	7,75	10,6	9,7	1,6	1,7	4,98	15,25	14,95	16,9	16,03
				2004	5,63	11,43	13,6	10,5	0,27	0,87	2,30	10,4	13,27	16,87	16,2
				2008	1,07	2,93	3,00	2,74	0,29	0,05	0,98	3,19	4,57	5,81	5,14
				2010	0,7	1,0	1,2	1,1	0,1	0,2	0,8	2,7	2,8	3,7	3,7

Tableau 2.5.4 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône des Granges nord en 1996, 2004, 2008 et 2010

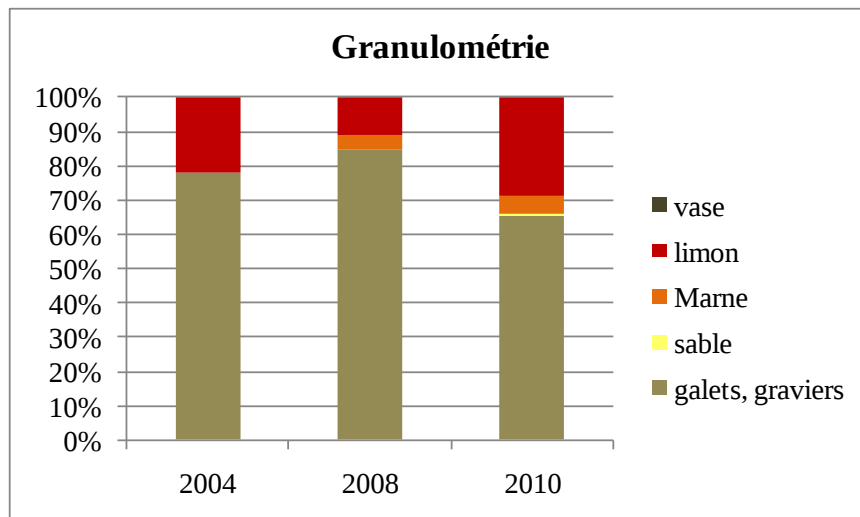


Figure 2.5.10 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône des Granges

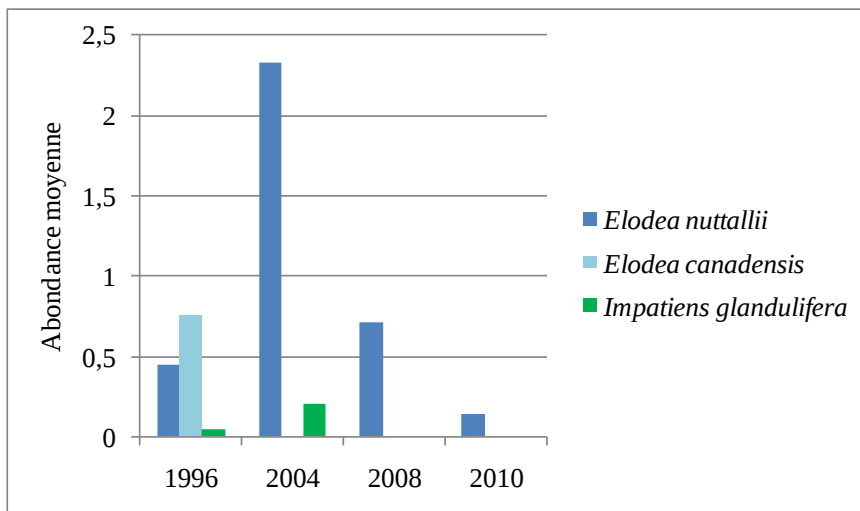


Figure 2.5.11 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône des Granges

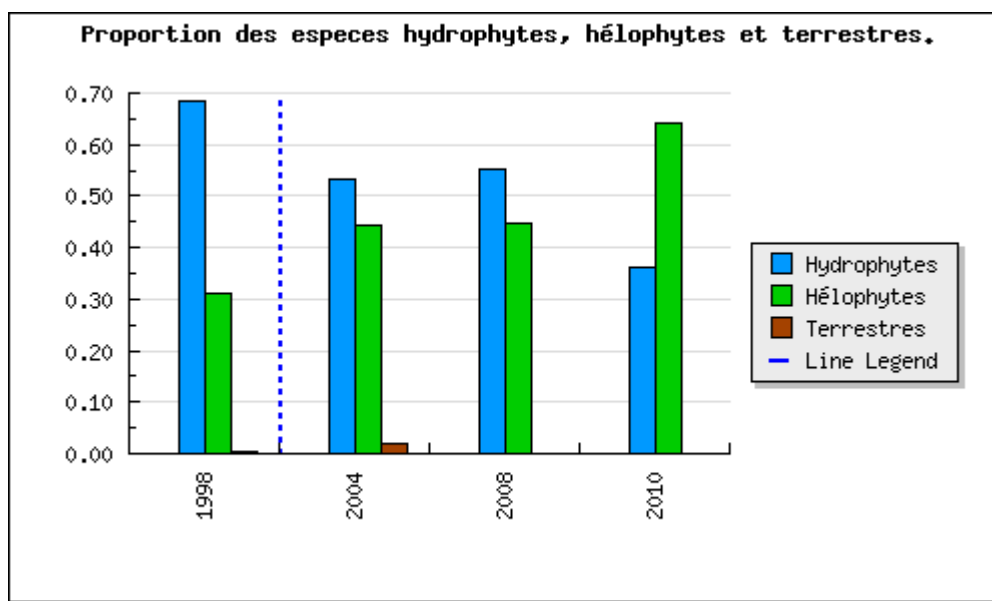


Figure 2.5.12 : Proportion des espèces Hydrophytes, Héliophytes et Terrestre sur la lône des Granges en 1998, 2004, 2008 et 2010

Lône des Molottes

En 2010 :

- richesse spécifique : 19 espèces
- espèce dominante : *Elodea nuttallii*, *Phalaris arundinacea* et *Echinochloa crus-galli*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** à tendance **hyper-eutrophes**, de l'absence d'**apports phréatiques** et d'un niveau de perturbation élevé lié aux **processus d'alluvionnement importants**.

Rappel de l'évolution

Les données collectées en 1996, indiquaient un milieu eutrophe, vraisemblablement alimenté par des sous-écoulements fluviaux. *Potamogeton pusillus*, majoritaire en 1996, et associée aux perturbations érosives, avait fortement régressé en 2004. Cette évolution, combinée au recul de *Phalaris arundinacea* et à la diminution de la part de galets/graviers dans le sédiment, indiquait une diminution des processus érosifs au profit des processus d'alluvionnement. L'apparition d'*Elodea nuttallii* au détriment d'*Elodea canadensis*, la progression des processus d'atterrissement, en particulier dans la partie centrale de la lône (colonisée par *Phragmites australis* et *Impatiens glandulifera*) ont confirmé cette tendance. De plus, la disparition de *Chara major*, indicatrice d'une alimentation par des eaux souterraines, était potentiellement liée à l'augmentation du colmatage du substrat. En 2004, la durée de vie de la lône estimée était faible au regard de la progression importante de l'atterrissement dans la zone centrale, de la progression des processus d'alluvionnement dans le reste du chenal, et de la disparition des signes de sous-écoulements. Les potentialités de réversibilité de l'écosystème étaient alors faibles si la restauration ne permettait pas un auto-entretien du milieu (par l'activation des processus érosifs ou des apports d'eaux souterraines).

La restauration prévoyait la remise en eau de la lône sur toute sa partie aval (400 m), en la faisant communiquer en permanence avec le Rhône. La portée de cette opération était considérée comme restreinte, car 1) elle n'était pas susceptible de modifier le fonctionnement des parties centrales et amont de la lône, et 2) car l'alluvionnement pouvait être favorisé par l'affrontement des eaux de crues lors des débordements amont avec les eaux stagnantes de cette partie surcreusée.

En 2008, on constatait la régression d'*Elodea canadensis*, *Callitriche platycarpa*, et *Myriophyllum verticillatum*, toutes trois généralement associées aux eaux souterraines mésotrophes. Par ailleurs, les espèces eutrophes persistaient (e.g. *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*) même si leurs abondances étaient plus faibles que les années précédentes (probablement du fait de la proximité de la date de restauration) et *Spirodela polyrhiza*, associée aux eaux hyper-eutrophes, apparaissait. Le fonctionnement de la lône n'était pas significativement modifié par rapport aux années précédentes : les eaux étaient restées eutrophes, sans indices forts d'apports d'eau souterraine, et les processus d'alluvionnement semblaient perdurer.

Evolution actuelle

La lône des Molottes est dominée principalement par *Elodea nuttallii*, en forte progression en 2010 (Figure 2.5.15), suivie par un cortège floristique similaire des années précédentes (Tableau 2.5.5). Les espèces liées aux milieux eutrophes persistent (*Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*) ou augmentent en abondance (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*). Le peuplement dominant semble assez indifférent aux perturbations, la quasi disparition de *Potamogeton pusillus* et la composition du substrat observé (100% de limon, Figure 2.5.14) témoignent de l'absence d'évènements érosifs. De plus, l'association et

l'augmentation en abondance d'*Elodea nuttallii* et de *Phalaris arundinacea* indiquent la présence de phénomènes d'alluvionnement. Enfin, même si l'on observe la présence de *Sparganium emersum* de manière ponctuelle, les apports phréatiques restent probablement inexistant à ce jour.

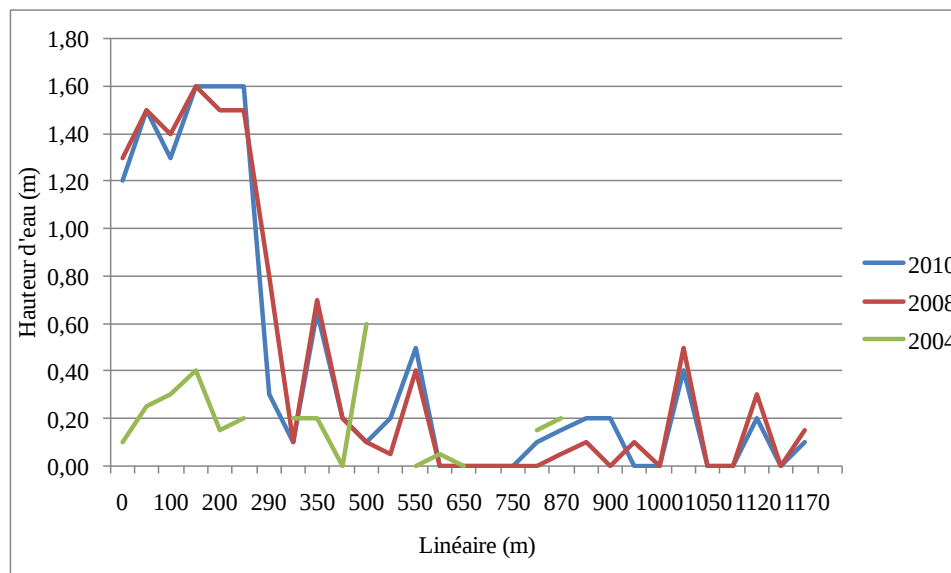


Figure 2.5.13 : Hauteurs d'eau relevées sur le transect de la lône des Molottes en 2004, 2008 et 2010

Le fonctionnement de la lône ne montre pas de changements notables par rapport à 2008, le statut eutrophe et les tendances d'alluvionnement, qui la caractérisaient avant restauration ainsi qu'en 2008, persistent, voire s'accroissent. Les zones exondées restent fréquentes sur l'amont (bouchons alluviaux sur les parties amonts du transect, Figure 2.5.13) et sont colonisées par des hélophytes (*Phragmites australis* et *Impatiens glandulifera* en augmentation cette année, Figure 2.5.15), mais aussi par des plantes terrestres (*Echinochloa crus-galli* en forte augmentation, *Urtica dioica*, *Rubus fruticosus*, Tableau 2.5.5). La partie aval (de 0 à 300m) se maintient en eau, la présence majoritaire d'Hydrophytes strictes comme *Elodea nuttallii* et *Ceratophyllum demersum* en témoigne (hauteur d'eau de 1,2 à 1,6 m entre 2008 et 2010, Figure 2.5.13).

Ainsi, malgré l'importance des phénomènes d'alluvionnement et l'absence de processus de rajeunissement susceptibles de limiter le comblement à l'amont, **la restauration a permis d'augmenter le niveau d'eau nécessaire au maintien de la phase aquatique sur la zone aval**. Cependant, en fonction de la capacité du Rhône à alimenter la lône en eau, les effets du comblement risquent de s'accroître, limitant ainsi la **durée de vie toujours faible** de ce milieu.

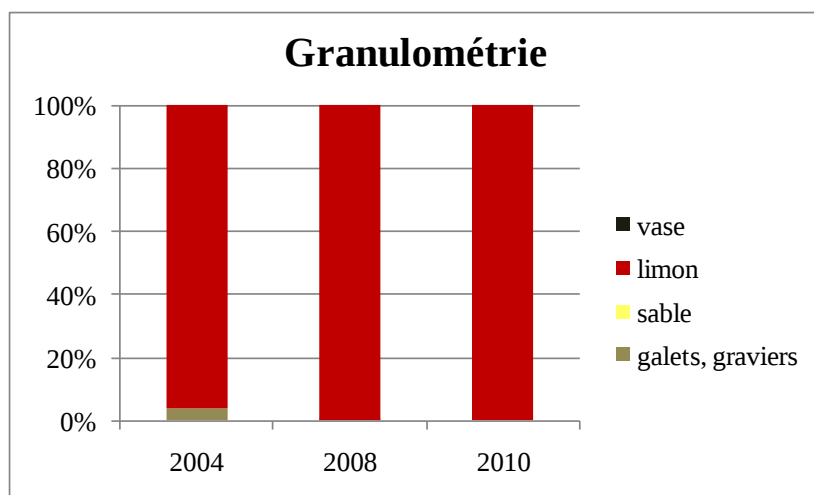


Figure 2.5.14 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône des Molottes

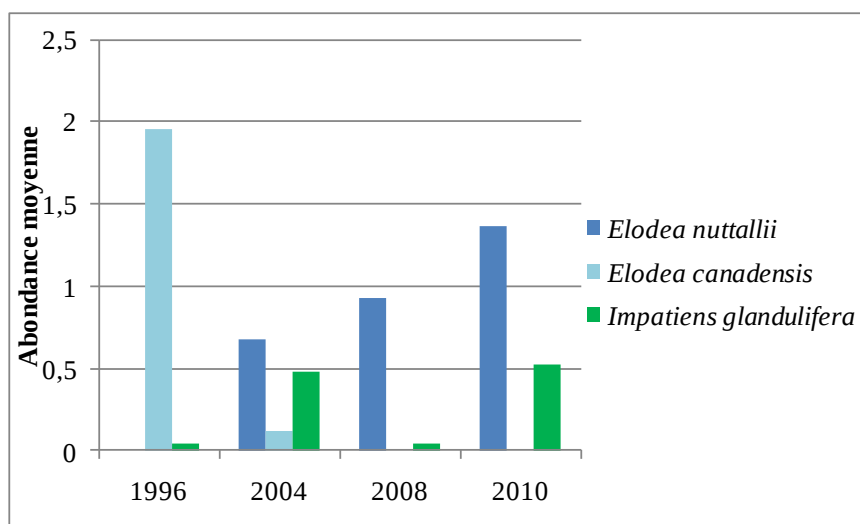


Figure 2.5.15 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône des Molottes

	Abondance moyenne				Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Elodea canadensis</i>	1,88	0,12			0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Potamogeton pusillus</i>	1,52	0,32	0,18	0,07	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,16	0,8	0,46	0,59	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Phragmites australis</i>	1,04	0,72	0,68	0,67	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,68	0,6	0,25	0,48	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,52	0,08	0,4	0,78	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Lemna minor</i>	0,42	1,64	0,93	0,78	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sparganium emersum</i>	0,28		0,04	0,07	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Chara sp.</i>	0,2		0,04												
<i>Potamogeton crispus</i>	0,2				0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,16	0,08			0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,16		0,29	0,07	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,04	0,48	0,04	0,52											
<i>Glyceria fluitans</i>	0,04				0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04				0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Elodea nuttallii</i>		0,68	0,93	1,37	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Echinochloa Crus-galli</i>		0,4	0,54	0,81											
<i>Riccia fluitans</i>		0,04			0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Spirodela polyrhiza</i>			0,62	0,44	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Carex sp.</i>			0,32	0,19											
algues filamenteuses				0,22											
<i>Urtica dioica</i>			0,11	0,22											
<i>Rubus fruticosus</i>			0,11	0,11											
<i>Calystegia sepium</i>				0,04											
<i>Cornus sanguinea</i>				0,04											
<i>Lysimachia nummularia</i>				0,04	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0
Richesse spécifique	15	12	16	19											
Diagnostic écologique				1996	4,55	7,75	10,6	9,7	1,6	1,7	4,98	15,25	14,95	16,9	16,03
				2004	5,63	11,43	13,6	10,5	0,27	0,87	2,30	10,4	13,27	16,87	16,2
				2008	2,13	5,09	8,64	10,41	0,07	1,39	4,32	5,36	7,21	7,61	7,07
				2010	2,6	6,1	9,0	10,5	0,1	1,4	4,2	5,9	8,7	9,3	9,5

Tableau 2.5.5 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône des Molottes en 1996, 2004, 2008 et 2010

2.5.3.2 Secteur de Pierre-Bénite

Trois îlons (Table Ronde, Ciselande et Jaricot) situées dans le secteur de Pierre-Bénite en aval de Lyon ont été restaurées en 1999 dans le cadre d'un programme global de réhabilitation du vieux Rhône. Ces restaurations avaient une vocation expérimentale, et reposaient sur 3 scénarios de réponse différents. Ce programme visait à augmenter le débit réservé du Rhône court-circuité de 10 m³/s à 100 m³/s en 2000 pour permettre la remise en eau de ses milieux annexes. Les trois îlons ont été restaurés durant l'été 1999, par un creusement du fond du lit sur une épaisseur de 2 à 4 m. Des hélophytes ont été plantées en 2000 (*Phragmites*, *Carex*, *Phalaris*) afin de stabiliser les berges et d'accélérer la dynamique végétale (diversification des formations, contrôle de l'installation d'espèces invasives).

Une cartographie de la végétation a été réalisée avant les travaux (en 1996) dans les quelques plans d'eau relictuels des îlons de Ciselande et de Jaricot. La îlon de la Table Ronde, complètement atterrie, n'a pas pu être échantillonnée.

Par la suite, des relevés de végétation ont été effectués annuellement pendant 5 ans (1999, 2000, 2001, 2002, 2003), puis en 2007. Ces relevés ont pour objectif de mesurer **les effets à long terme de la restauration sur le fonctionnement et la biodiversité des zones humides**.

Lîon de la Table Ronde

En 2010 :

- richesse spécifique : 12 espèces
- espèce dominante : *Ceratophyllum demersum* et algues filamenteuses
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** à tendance **hyper-eutrophes**, de l'absence d'**apports phréatiques**, et d'un niveau de **perturbation élevé** probablement lié aux **processus d'alluvionnement**.

Rappel de l'évolution

Depuis 2001, où la richesse spécifique avait atteint un maximum (18 espèces) pour cette îlon, on a constaté une diminution avec le passage de 13 espèces en 2003 à 5 en 2007 (Tableau 2.5.6). L'uniformisation de la communauté végétale semblait effective, avec la dominance de *Ceratophyllum demersum*, de *Myriophyllum spicatum* et des algues filamenteuses. A ce moment, on observait une baisse générale de l'abondance de ces espèces, et même une quasi-disparition de l'espèce invasive *Elodea nuttallii*. De 1999 à 2007, la îlon est restée eutrophe, sans influences phréatiques, avec un niveau de perturbation élevé principalement dû aux forts processus d'alluvionnement.

En ce qui concerne l'évolution générale de la communauté végétale de cette îlon, les successions végétales ont démarré par l'installation d'espèces pionnières immédiatement après la restauration, ce qui a contribué à l'augmentation temporaire de la biodiversité. Par la suite, ces espèces ont disparu très rapidement et le peuplement s'est enrichi en espèces compétitives d'eaux eutrophes qui ont dominées de plus en plus fortement la communauté au cours du temps. Cette évolution s'est accompagnée d'une diminution progressive de la biodiversité, liée probablement 1) à la stabilisation des conditions d'habitats, 2) au comblement progressif du milieu, deux facteurs contribuant à favoriser l'exclusion compétitive et la dominance des peuplements par un petit nombre d'espèces. De manière

concomitante, la progression régulière des phénomènes d'alluvionnement dans la zone humide devait conduire au comblement rapide de la zone en eau. La tendance successionnelle a présenté, en particulier les premières années après l'intervention, des variations inter-annuelles potentiellement liées aux fluctuations des débits.

Concernant l'impact de l'augmentation des débits réservés sur le fonctionnement de cette zone humide, il semblait modéré, ou pour le moins provisoire (augmentation de la richesse spécifique en 2001). De plus, l'augmentation des débits réservés (non morphogènes) dans une lône de ce type, dont la durée de vie est contrôlée par les processus d'alluvionnement, a augmenté probablement l'intensité des reflux et accentué par conséquent l'alluvionnement.

Analyse de l'évolution

De 2007 à 2010, la richesse spécifique de la lône a augmenté de 5 à 12 espèces parmi lesquelles *Ceratophyllum demersum* et les algues filamenteuses dominant. Leur association à *Myriophyllum spicatum* milite en faveur du statut eutrophe de la lône (Tableau 2.5.6) et du manque de renouvellement d'eau. Quelques réapparitions sont à noter comme *Vallisneria spiralis*, *Phalaris arundinacea* et *Najas marina* qui témoignent d'un certain niveau de perturbation (intermédiaire à fort). Ces espèces sont relevées à l'aval de la lône, au niveau de la connexion avec le Rhône, où les entrées d'eau en période de hauts débits peuvent permettre leur installation ponctuelle. Le peuplement dominant est toutefois clairement indicateur de la présence de processus d'alluvionnement forts (Tableau 2.5.6), ce qui est corroboré par la part de limons toujours importante dans le substrat (Figure 2.5.17). On observe également la progression d'*Elodea nuttallii* (Figure 2.5.18), généralement favorisée par ce type de phénomène.

Même si d'autres espèces sont apparues en 2010, **l'uniformisation de la communauté végétale par des espèces compétitives d'eaux eutrophes est effective**. *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* et les algues filamenteuses dominant fortement la communauté depuis 2003 alors que les autres espèces du cortège floristique restent faiblement abondantes, leurs occurrences variant au cours du temps. Cette **tendance générale, où la colonisation se fait uniquement par un faible nombre d'espèces, milite dans le sens d'une stabilisation des conditions d'habitat et du comblement progressif de la lône** (hauteurs d'eau moyenne en diminution depuis 2001, Figure 2.5.16).

L'absence de curage par les crues (rajeunissement) ne permet pas l'installation d'une dynamique fluviale qui permet 1) le renouvellement des espèces et l'installation d'espèces moins compétitives, 2) de limiter l'avancée de la succession écologique (comblement). De surcroît, la progression régulière des phénomènes d'alluvionnement, accentués par les reflux du Rhône, devrait accélérer le comblement du milieu.

Cependant, **la remise en eau effectuée lors de la restauration en 2000 a permis un rehaussement de la diversité floristique même si elle reste peu élevée** (5 en 1999 à 12 en 2010, Tableau 2.5.6), **et le retour des hydrophytes** (Figure 2.5.19). **La plante invasive *Elodea nuttallii* paraît recoloniser la lône avec une abondance moyenne beaucoup plus élevée qu'en 2007.**

	Abondance moyenne							Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1999	2000	2001	2002	2003	2007	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1	1,3	4,1	4,64	3,79	3,64		0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,33	0,53	1,29	0,93	0,50	1,07		0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Ranunculus fluitans</i>	0,28							0	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Chara sp.</i>	0,22																	
<i>Rorippa amphibia</i>	0,22	0,35	0,64	0,43	0,07			0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,17		0,07					3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Lythrum salicaria</i>	0,06	0,11	0,18	0,14	0,50			2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,11		0,07	0,29		0,29		0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Scirpus lacustris</i>	0,11	0,06	0,14					2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,11		0,29	0,36		0,07		0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,06		0,14	0,07				0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Carex sp.</i>		0,18	0,07			0,07												
<i>Iris pseudacorus</i>						0,07		0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Solidago sp.</i>		0,12																
<i>Eleocharis acicularis</i>		0,06						2	3	0,5	0,5	1	0	0	2	3	2	0
<i>Equisetum fluviatile</i>		0,06						2	2	0	0	0	0	2	2	2	0	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,06	0,06				0,07		2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Najas marina</i>			0,21			0,21		0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,06		0,21	0,14		0,07		0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton perfoliatus</i>			0,14					0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2
<i>Bidens tripartita</i>			0,07	0,14				0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Elodea nuttallii</i>			0,07	1,00	0,07	0,50		0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Potamogeton crispus</i>			0,07					0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton pusillus</i>			0,07					0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Vallisneria spiralis</i>			0,07			0,14		0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
algues filamenteuses				3,50	3,64	3,71												
<i>Alisma plantago-aquatica</i>				0,14				0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Typha latifolia</i>				0,07				0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Rubus fruticosus</i>	0,06																	
<i>Xanthium orientale</i>	0,06																	
Richesse spécifique	5	11	11	18	13	5	12											
Diagnostic écologique						2000		1,65	3,39	5,44	5,73	0,34	1,17	2,1	2,88	3,02	4,5	4,5
						2001		1,75	3,55	5,85	5,99	0,06	1,29	3,22	3,96	4,01	4,5	5,89
						2002		3,52	7,47	16,96	19,05	0,28	4,49	7,39	9,69	10,47	13,38	15,44
						2003		3,89	9,53	18,57	21,61	0	5	8,85	10,21	12,04	13,86	17,71
						2007		2,1	3,2	9,4	13,1	0,0	3,8	11,4	15,1	26,5	34,1	34,1
						2010		2,5	5,5	13,1	16,9	0,0	4,1	4,9	7,2	8,2	10,4	12,1

Tableau 2.5.6 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Table Ronde en 2000, 2001, 2002, 2003, 2007 et 2010

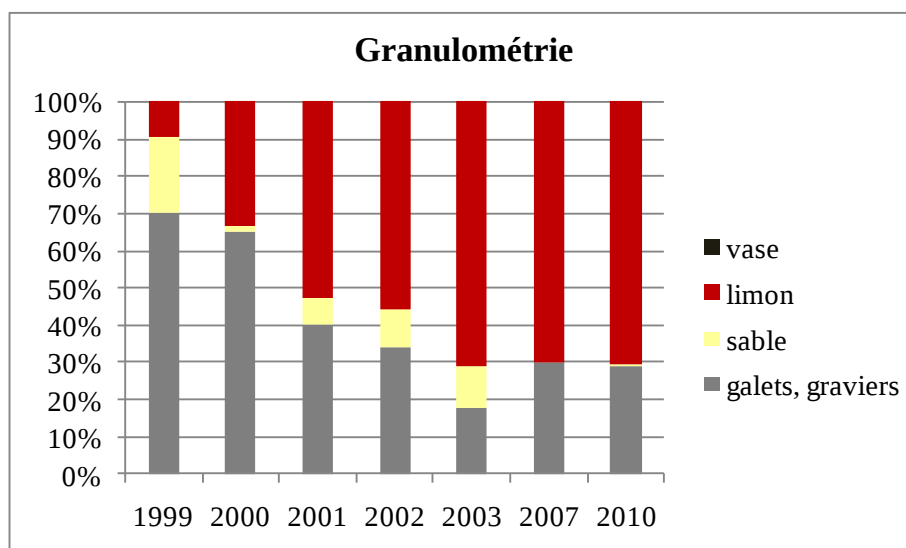


Figure 2.5.17 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Table Ronde de 1999 à 2010

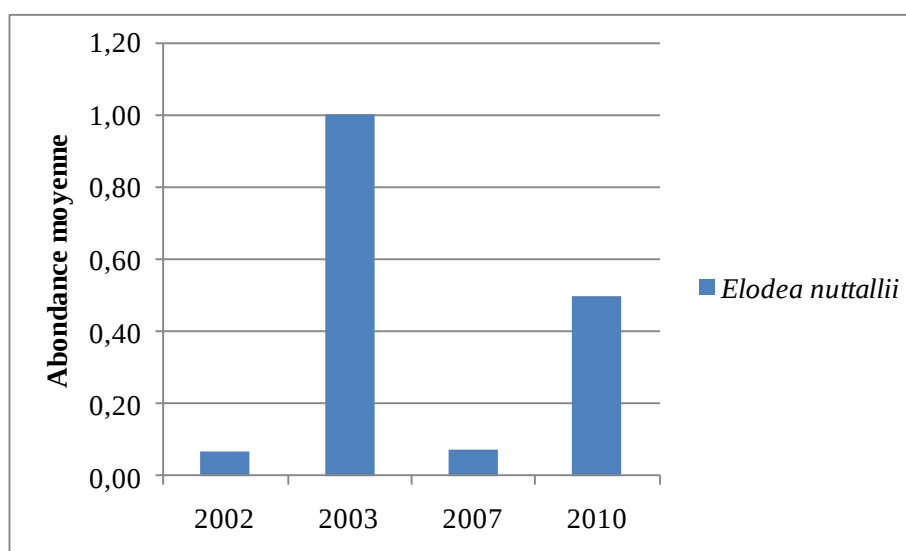


Figure 2.5.18 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de Table Ronde de 2002 à 2010

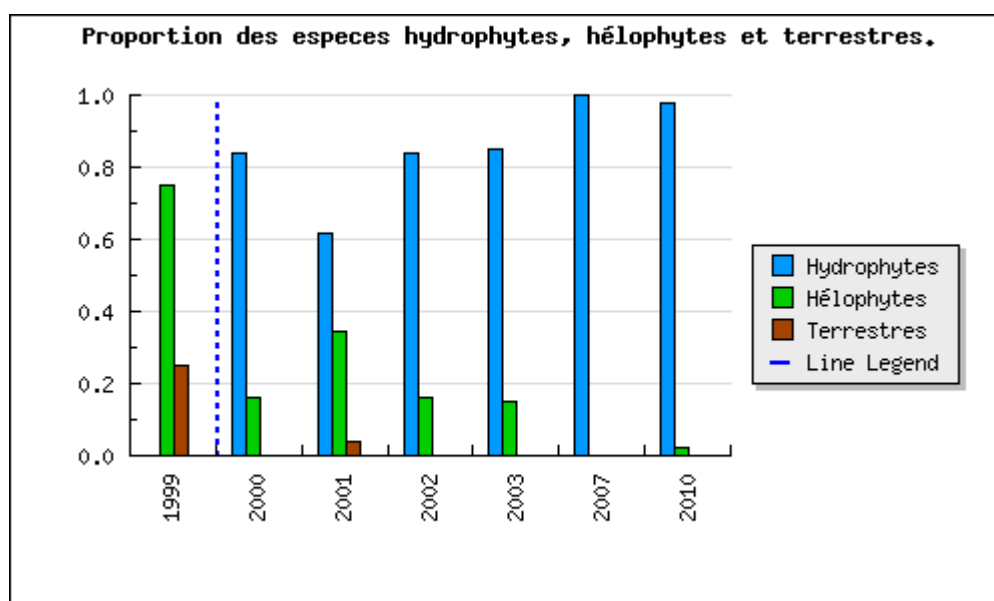


Figure 2.5.19 : Proportion des espèces Hydrophytes, Héliophytes et Terrestre sur la lône de Table Ronde de 1999 à 2010

Lône de Cislande

En 2010 :

- richesse spécifique : 26 espèces
- espèce dominante : *Elodea nuttallii* et *Ceratophyllum demersum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** à tendance **hyper-eutrophes**, de l'absence d'**apports phréatiques**, d'un niveau de **perturbation élevé** et de la présence de processus d'alluvionnement.

Rappel de l'évolution

Il s'agit d'une lône longue d'un peu plus d'un kilomètre, qui 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.

Entre 2000 et 2007, la richesse spécifique a diminué régulièrement, passant ainsi de 33 à 10 espèces. Celles disparues étaient présentes en très faible abondance. Leur absence pouvait résulter de la faible adéquation des conditions d'habitat de la lône avec leurs exigences écologiques, et/ou de leur exclusion du peuplement par les phénomènes de compétition.

Les espèces contactées en 2007 témoignaient de milieux courants (*Ranunculus fluitans*, *Vallisneria spiralis*), et celles présentant une augmentation constante de leur abondance depuis les travaux en 1999 (comme *Ceratophyllum demersum*, ou *Myriophyllum spicatum*) ont vu leur abondance diminuer, mais restaient dominantes en 2007. De même que pour la lône de la Table Ronde, on a observé la soudaine disparition de l'espèce invasive *Elodea nuttallii* en 2007, faisant pourtant suite à une progression rapide.

En résumé, la lône est caractérisée, depuis la restauration, par des eaux eutrophes, de fortes perturbations, où les connexions phréatiques si elles existent, ne sont pas révélées par le peuplement végétal. La composition du substrat reste globalement stable depuis les travaux (1999-2003).

La paupérisation constatée du peuplement, la diminution de l'abondance d'espèces d'eau eutrophe stagnante (*Ceratophyllum demersum*) ou de milieux soumis aux processus d'alluvionnement, et la relative stabilité de *Ranunculus fluitans* (espèce d'eau courante), militaient dans le sens d'un maintien du fonctionnement de la lône dans une situation très perturbée qui limitait la colonisation végétale (le recouvrement global de la végétation est faible en 2007). La lône avait donc perdu son statut de zone humide pour devenir un bras vif du Rhône.

Analyse de l'évolution

De 2007 à 2010, la richesse spécifique a augmenté de plus de 50%, passant de 10 à 26 espèces. Les espèces réapparues restent faiblement abondantes pour la plupart, à l'exception d'*Elodea nuttallii* (avec une abondance moyenne de 1,24) et des algues filamenteuses (Tableau 2.5.7). Le peuplement dominant, composé par *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* et *Elodea nuttallii*, témoigne de conditions eutrophes et de la présence de processus d'alluvionnement. Cependant, la présence et l'augmentation en

abondance de *Phalaris arundinacea*, de *Najas marina*, conjointement à *Vallisneria spiralis* et *Ranunculus fluitans* traduisent l'existence de fortes perturbations (en fréquence et/ou intensité) mais aussi de connexions régulières avec le Rhône. L'analyse du substrat confirme la dynamique en place actuellement, avec d'une part des zones favorisant l'exportation des fines (indiqué par la part importante du substrat grossier et sableux sur la lône, Figure 2.5.20), et d'autre part des zones favorisant l'alluvionnement (plans d'eau ou zones de ralentissement du courant).

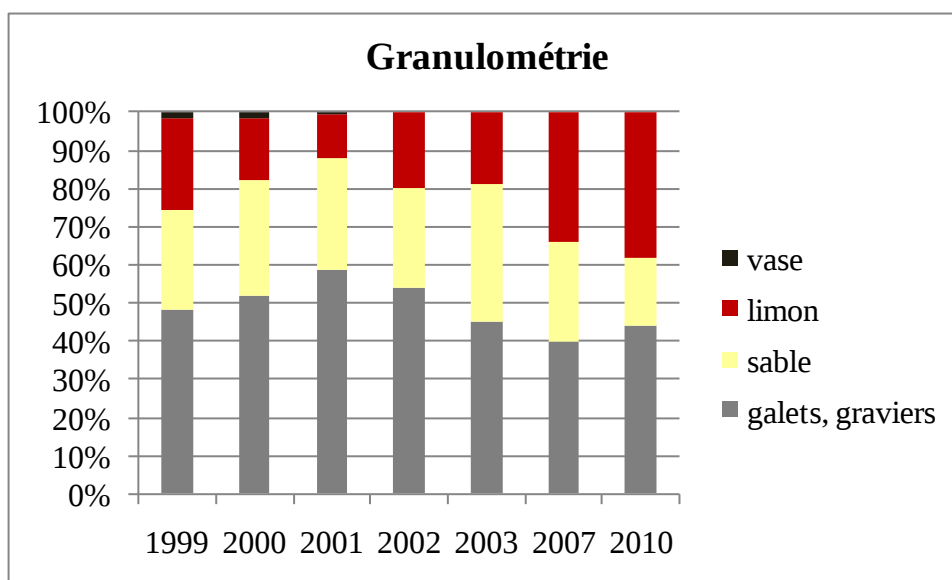


Figure 2.5.20 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Ciselande de 1999 à 2010

Malgré la diminution de la hauteur d'eau moyenne relevée depuis 2002 (Figure 2.5.16), **la lône est principalement influencée par des perturbations liées aux débits du Rhône et évolue comme un bras secondaire du Rhône.** En effet, sa connexion par l'amont et l'aval facilite le passage de l'eau pour des débits moyens, et accentue les phénomènes de curage lors d'épisodes plus violents. Ceci est reflété par un **peuplement végétale caractéristique de milieux courants** (*Ranunculus fluitans*, *Vallisneria spiralis* et *Najas marina*), par la **diminution d'abondance des espèces d'eau stagnante** (notamment *Ceratophyllum demersum*) et le faible recouvrement du cortège floristique (Tableau 2.5.7). L'existence de zones plus calmes, même lors des crues, permet toutefois le maintien d'espèces d'eaux eutrophes stagnantes. **La présence conjointe de ces différents habitats contribue à l'augmentation de la diversité floristique** dans ce secteur.

La forte progression d'*Elodea nuttallii* cette année est à noter (Figure 2.5.21), elle peut s'expliquer par la légère augmentation de zones d'alluvionnement, et par la présence d'espaces faiblement occupés en 2007 permettant une recolonisation.

La restauration semble avoir permis l'établissement d'une dynamique fonctionnelle ayant tendance à transformer la zone humide en bras vif lors de débits moyens et de le rajeunir lors des crues. La durée de vie de la lône paraît être élevée.

	Abondance moyenne								Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2007	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3,14	0,29	0,46	0,92	0,68	1,8	0,28	0,48	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	0,47	1,06	1,34	1,48	1,9	1,08	0,72	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lemna minor</i>	1,14	0,02			0,02	0,24		0,12	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phalaris arundinacea</i>	1	0,16	0,64	0,32	0,48	0,02	0,22	0,48	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,86	0,14	0,7	0,18	0,16	0,70	0,06	0,40	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,86		0,1	0,22	0,18	0,36	0,04	0,34	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,71	0,02	0,08		0,16	0,92		0,16	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,29	0,02		0,08	0,02	0,12		0,14	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Rorippa amphibia</i>	0,29	0,51	0,7	0,7	0,32	0,1		0,08	0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Lythrum salicaria</i>	0,14	0,25	0,22	0,34	0,08	0,06		0,04	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	0,14		0,14	0,06	0,02				0	2	2	0	0	0	0	3	2	0	2
<i>Carex sp.</i>		0,18	0,08	0,16	0,1			0,02											
<i>Juncus subnodulosus</i>		0,12	0,02	0,04					2	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0
<i>Veronica beccabunga</i>		0,04	0,16					0,02	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Chara sp.</i>		0,02																	
<i>Iris pseudacorus</i>		0,02		0,04	0,02	0,02			0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Myosotis scorpioides</i>		0,02					0,02		3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Najas minor</i>		0,02		0,02					0	0,5	2	2	0	0	0	0	0	2	2
<i>Vallisneria spiralis</i>		0,02		0,28	0,34	0,80	0,12	0,28	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		0,02	0,02			0,22		0,02	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Leersia oryzoides</i>			0,38	0,1															
<i>Digitaria paspaloides</i>			0,28	0,02															
<i>Bidens tripartita</i>			0,24	0,02		0,26			0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Datura stramonium</i>			0,18	0,04															
<i>Ranunculus fluitans</i>			0,14	0,6	0,28	0,20	0,16	0,26	0	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Salix sp.</i>			0,14	0,02															
<i>Mentha aquatica</i>			0,08					0,02	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Potamogeton crispus</i>			0,08	0,04					0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Elodea nuttallii</i>			0,06	0,06	0,38	0,86		1,24	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Najas marina</i>			0,06	0,26	0,12	0,4	0,10	0,32	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Sparganium emersum</i>			0,06	0,26	0,10	0,10			3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Fallopia japonica</i>			0,04																
<i>Potamogeton perfoliatus</i>			0,04	0,02	0,04	0,04		0,06	0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2
<i>Potamogeton pusillus</i>			0,04	0,02					0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>			0,02						0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>			0,02					0,20											
<i>Potamogeton compressus</i>			0,02						0	0	2	2	1	0	2	3	0	0	0
<i>Scirpus lacustris</i>			0,02	0,06					2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Solidago sp.</i>			0,02	0,12	0,04		0,04	0,02											
<i>Typha latifolia</i>			0,02		0,02				0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Lysimachia vulgaris</i>				0,02					0	0	0	0	0	0	2	3	0,5	0	3
<i>Polygonum mite</i>				0,02															
<i>Phragmites australis</i>					0,02			0,04	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Glyceria maxima</i>						0,12													
<i>Graminées terrestres</i>						0,08													
<i>Nymphoides peltata</i>						0,06			0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apium nodiflorum</i>						0,04													
<i>Lycopus europaeus</i>						0,04			2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0
<i>Nymphaea alba</i>						0,04			0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
<i>Scrophularia auriculata</i>						0,02													
algues filamenteuses								0,38											
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>								0,28											
<i>Bidens cernua</i>								0,02											
<i>Elodea canadensis</i>								0,02	0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
Richesse spécifique	11	18	33	30	22	26	10	26											
Diagnostic écologique	1996	5,29	12,29	22,86	24,93								0,00	4,29	8,20	16,13	16,29	22,88	20,88
	1999	1,62	3,11	4,48	3,33								0,2	0,51	2,5	3,18	3,17	4,37	4,92
	2000	3,49	6,66	10,1	7,86								0,4	1,22	4,65	8,36	8,64	11,24	11,24
	2001	3,19	8,21	12,62	11,42								0,58	1,9	4,55	7,9	8,2	13,24	11,58
	2002	1,9	5,33	9,86	10,37								0,24	1,82	3,5	5,98	6,97	10,61	9,44
	2003	4,59	10,19	20,16	21,36								0,68	3,02	6,94	12	13,74	20,05	14,76
	2007	0,9	1,7	4,0	5,0								0,0	1,2	1,5	2,5	2,5	4,0	3,9
	2010	1,8	6,5	10,2	10,6								0,2	1,6	2,3	5,5	8,1	12,1	10,3

Tableau 2.5.7 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Ciselande de 1996 à 2010

Les abondances des espèces présentes sont multipliées à leur valeur d'indice, la somme de ces produits traduit l'affinité relative du peuplement pour chaque classe de trophie, de perturbations, et d'alimentation par les eaux souterraines (lignes diagnostic écologique par année, en bas du tableau surligné en vert). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les plus élevées et traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème à la date considérée.

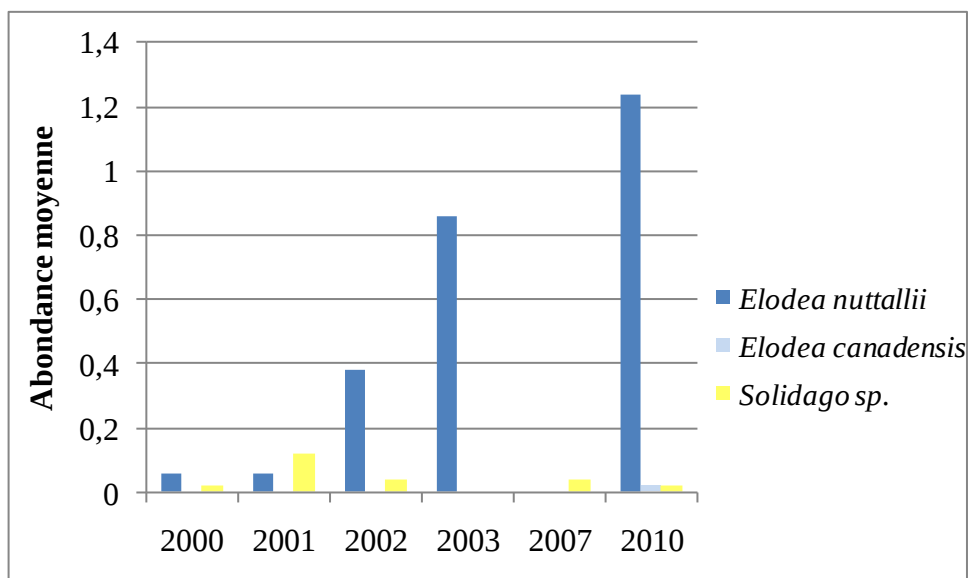


Figure 2.5.21 : Abondances moyennes des espèces invasives de la lône de Ciselande de 2002 à 2010

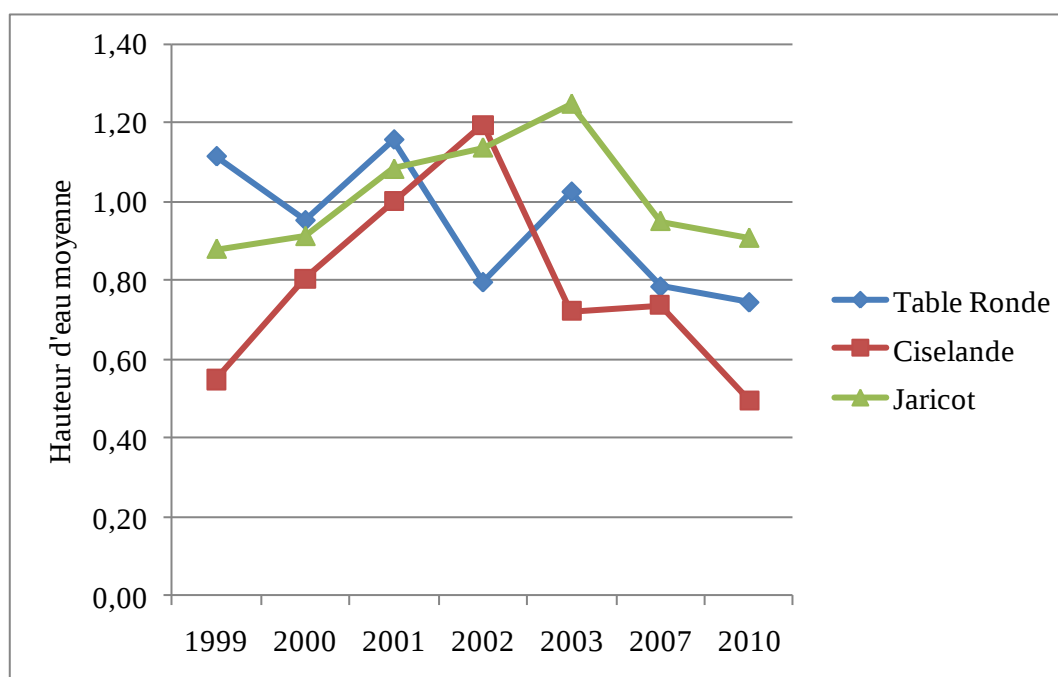


Figure 2.5.16 : Evolution des hauteurs d'eau moyenne sur les lônes de Pierre-Bénite en 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007 et 2010

Lône de Jaricot

En 2010 :

- richesse spécifique : 22 espèces
- espèce dominante : Algues filamenteuses et *Sparganium emersum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes**, d'importants **apports phréatiques**, d'un niveau de **perturbation faible à intermédiaire** et de la présence de processus d'alluvionnement en diminution.

Rappel de l'évolution

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 lors de la restauration avec pour objectif l'augmentation de la connectivité avec la nappe de versant. Elle a également été reconnectée au Rhône via le bassin nautique de Vernaison situé en aval. Un déboisement des berges à l'amont de la zone curée a été réalisé pour favoriser le balayage de la lône par les crues et donc son auto-entretien.

Depuis la restauration de 1999, la richesse spécifique a augmenté pour atteindre un maximum de 37 espèces en 2001, puis a diminué, mais est restée relativement importante jusqu'en 2007 (Tableau 2.5.8), à l'exception de l'année 2002 (8 espèces). Le peuplement dominant rencontré témoignait globalement de conditions eutrophes (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, et *Sparganium emersum*), sauf pour 2007 où l'on a constaté un changement de dominance en faveur d'espèces affectionnant les milieux mésotrophes. Les apports d'eau phréatiques étaient généralement importants, la végétation indicatrice de telles connexions étant bien représentée chaque année (*Sparganium emersum*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Myriophyllum verticillatum*...). Enfin, le peuplement végétal et la composition du substrat traduisaient un niveau de perturbations élevé probablement lié aux processus d'alluvionnement.

L'Elodea nuttallii est apparue en 2000 et a progressé régulièrement jusqu'en 2003, puis a diminué fortement en 2007. La dynamique de cette espèce semblait prendre la même trajectoire que dans les autres lônes (en régression), on concluait ainsi à une espèce rudérale, favorisée par l'alluvionnement, et peu compétitive sur le long terme.

En 2007, l'analyse de l'évolution de la lône de Jaricot permettait d'avancer certains éléments de conclusion qui étaient les suivants : les objectifs de restauration semblaient être atteints puisque le peuplement de la lône tendait à évoluer vers des communautés mésotrophes, liées aux apports phréatiques, et que la tendance à l'alluvionnement qui s'était dessinée les premières années tendait à s'arrêter.

Analyse de l'évolution

En 2010, la richesse spécifique varie peu par rapport à 2007 (on passe de 21 à 22 espèces). On constate toutefois que des changements de dominance ont eu lieu, notamment l'installation importante d'algues filamenteuses aux dépens de *Myriophyllum verticillatum* en forte régression (Tableau 2.5.8). Le statut trophique de la lône reste néanmoins mésotrophe, les espèces témoignant de ces conditions étant toujours bien représentées, notamment *Sparganium emersum*. De plus, la quasi disparition de *Ceratophyllum demersum* et de *Myriophyllum spicatum* largement dominants de 1999 à 2003 milite dans ce sens.

Si le substrat semble évoluer vers une augmentation de la part de limons sur la lône (figure 22), le peuplement reflète plutôt une diminution des processus d'alluvionnement (Tableau 2.5.8). Le niveau de perturbation intermédiaire, voire faible, limite l'exportation des fines qui se déposent par conséquent sur le fond. Les espèces du cortège floristique témoignent de la présence d'apports phréatiques (*Sparganium emersum*, *Veronica anagallis-aquatica*, ainsi que *Lemna trisulca*, et *Myosotis scorpioides* qui augmentent en abondance), et la réapparition d'autres indicateurs forts traduisent l'importance de ces connexions (*Chara sp.*, *Berula erecta*).

L'*Elodea nuttallii* semble augmenter dans la lône (Figure 2.5.23) depuis 2007 (alors que son abondance avait chuté).

Le diagnostic fonctionnel de la lône de Jaricot en 2010 est proche de celui de 2007, les conditions mésotrophes semblent perdurer dans le temps, et le maintien de ce niveau trophique est permis par les apports de la nappe de versant. L'alluvionnement est toujours présent (Figure 2.5.22), mais le niveau d'eau moyen reste sensiblement élevé (Figure 2.5.16), ce qui évite les phénomènes d'exondations.

Les perturbations par les crues paraissent peu fréquentes et/ou intenses, **le maintien d'une richesse spécifique relativement élevée (22 espèces), 12 ans après restauration, s'explique alors plutôt par l'alimentation du milieu par les eaux fraîches souterraines** qui limitent les phénomènes de développement anarchique des plantes compétitives de milieux eutrophes. Les espèces aux exigences plus marquées (Sténothermes), moins compétitives, peuvent alors s'installer sans être exclues.

A ce jour, la durée de vie de la lône apparaît importante, elle semble atteindre un équilibre dynamique.

Cependant, **deux phénomènes sont à surveiller : la domination cette année par les algues filamenteuses, et la récente augmentation d'*Elodea nuttallii*.**

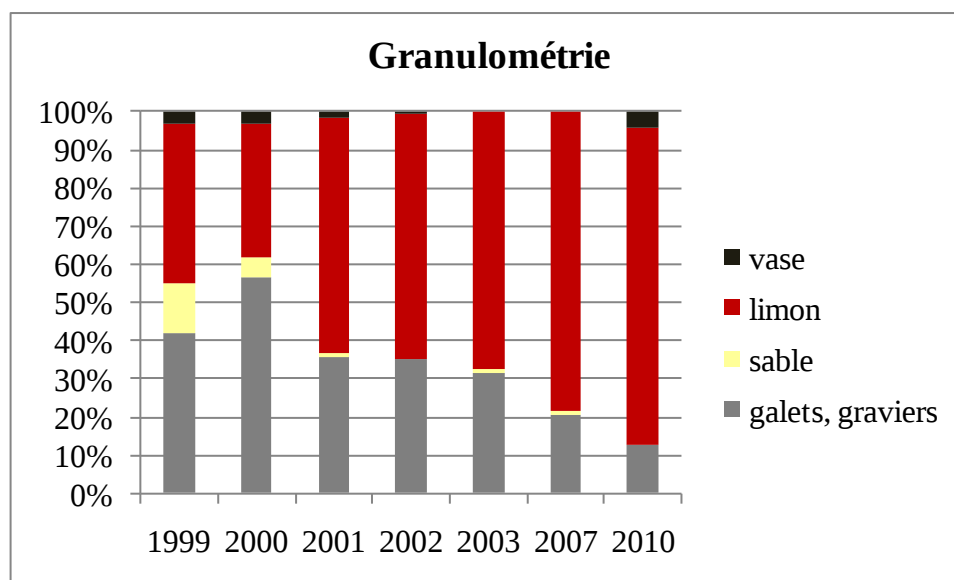


Figure 2.5.22 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Jaricot de 1999 à 2010

	Abondance moyenne								Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2007	2010	oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	3,5	0,68	1,79	2,88	2,26	1,53	0,15	0,03	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	3	0,06	0,24	0,06		0,29	0,03	0,29	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	2		0,03	0,12		0,35	0,12	0,12	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,5	0,03							0	0	2	2	1	0	3	0	0	0	0
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,5		0,47	0,18			2,82	0,26	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,5	0,03	0,24	0,59	0,53	0,53			0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Rorippa amphibia</i>		0,68	0,88	0,85	0,59	0,29			0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		0,26	0,47	0,06		0,15	0,03		0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		0,21	0,18	0,12			0,06	0,03	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Berula erecta</i>		0,18						0,06	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Callitriche sp.</i>		0,18	0,91	0,79	1,47	0,65													
<i>Chara sp.</i>		0,15	0,15	0,03				0,12											
<i>Myosotis scorpioides</i>		0,12	0,03	0,03			0,15	0,24	3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>		0,12	0,44	0,97	1,97	2,68		0,03	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Lythrum salicaria</i>		0,06	0,15	0,15		0,09	0,03		2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Polygonum hydropiper</i>		0,06	0,44	0,47		0,74	0,12		2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Juncus articulatus</i>		0,03	0,18	0,03					3	3	2	0	2	0	2	3	2	1	0
<i>Potamogeton crispus</i>		0,03	0,09	0,09		0,24	0,15	0,03	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton pectinatus</i>		0,03	0,21	0,26	0,50	0,32	0,09	0,03	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Ranunculus circinatus</i>		0,03	0,71	2,29		0,47	0,12		2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	2
<i>Ranunculus trichophyllum</i>		0,03				0,03			2	2	2	0	2	0	0	2	3	2	0
<i>Scirpus lacustris</i>		0,03	0,12	0,06					2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Typha latifolia</i>			0,21						0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Bidens tripartita</i>			0,15			0,26			0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Elodea nuttallii</i>			0,15	0,62	1,91	1,44	0,18	0,32	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Carex sp.</i>			0,12	0,12				0,09											
<i>Leersia oryzoides</i>			0,12																
<i>Najas marina</i>			0,12						0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Juncus effusus</i>			0,09																
<i>Phragmites australis</i>			0,09						1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Potamogeton perfoliatus</i>			0,06			0,03			0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2
<i>Potamogeton pusillus</i>			0,06	0,79		0,18	0,09	0,09	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Sparganium emersum</i>			0,06	0,26	0,68	1,29	1,41	1,35	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>			0,03																
<i>Mentha aquatica</i>			0,03			0,03		0,06	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Nasturtium officinale</i>			0,03						2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Nymphaea alba</i>			0,03						0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
<i>Ranunculus fluitans</i>			0,03	0,06					0	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Sparganium erectum</i>			0,03						0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	2
<i>Veronica beccabunga</i>			0,03				0,03		2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Potamogeton compressus</i>				0,21					0	0	2	2	1	0	2	3	0	0	0
<i>Solidago sp.</i>				0,12															
<i>Glyceria maxima</i>				0,09		0,03		0,03											
<i>Lycopus europaeus</i>				0,06					2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0
<i>Zannichellia palustris</i>				0,06		0,03			0	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0
<i>algues filamenteuses</i>						0,24	0,50	3,59											
<i>Lemna minor</i>						0,24	0,24	0,47	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Callitriche obtusangula</i>							0,85	0,47											
<i>Lemna trisulca</i>							0,03	0,32	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	0
<i>Lemna minuscula</i>								0,09											
Richesse spécifique	6	20	37	29	8	23	21	22											
Diagnostic écologique	1996								1,75	3,75	18	23,5	1	5,5	12,75	16	15,5	17	15,5
	1999								2,59	4,70	5,63	3,86	1,20	0,71	2,72	4,39	4,68	5,11	5,78
	2000								5,95	10,97	15,25	11,36	2,23	2,15	8,05	12,54	13,12	13,95	15,26
	2001								9,465	14,85	21,38	16,43	3,62	3,26	7,195	17,58	20,89	24,7	23,72
	2002								4,405	13,11	18,88	18,94	1,36	2,76	5,09	9,89	14,55	18,2	18,5
	2003								9,08	17,86	24,23	21,56	3,2	2,44	7,195	17,95	21,53	25,57	22,59
	2007								5,68	6,4	5,82	3,4	6,24	0,56	9,28	15	12,38	5,65	10,97
	2010								5,5	7,0	6,7	4,9	4,1	0,6	2,5	8,1	7,9	5,5	5,4

Tableau 2.5.8 : Diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Jaricot de 1996 à 2010
Les abondances des espèces présentes sont multipliées à leur valeur d'indice, la somme de ces produits traduit l'affinité relative du peuplement pour chaque classe de trophie, de perturbations, et d'alimentation par les eaux souterraines (lignes diagnostic écologique par année, en bas du tableau surligné en vert). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les plus élevées et traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème à la date considérée.

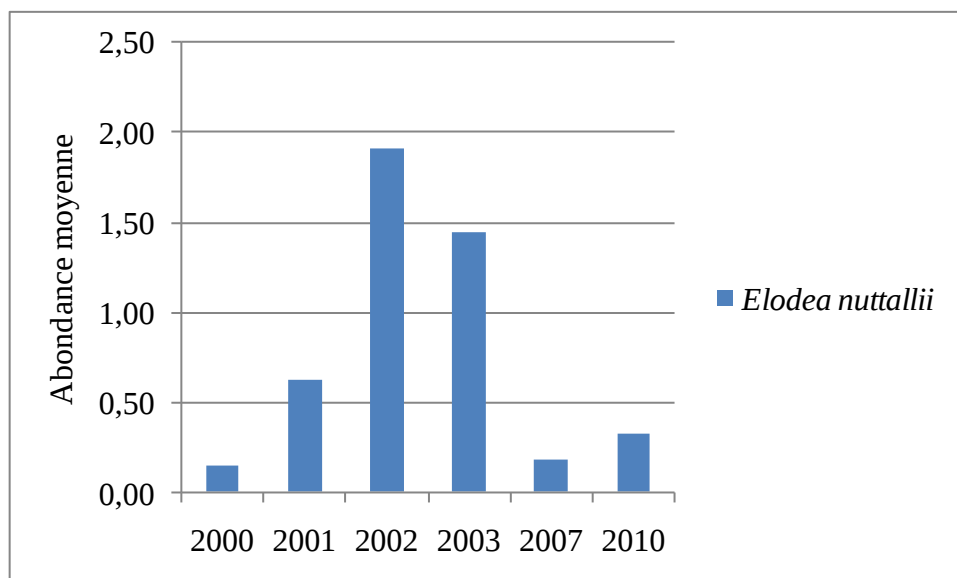


Figure 2.5.23 : Abondances moyennes des espèces invasives de la lône de Jaricot de 2000 à 2010

2.5.4 Bilan multi-sites et conclusion

Secteur de Pierre-Bénite

La dynamique comparée de l'ensemble des lînes restaurées de Pierre-Bénite est présentée sur la Figure 24 et 25. Cette analyse permet de mesurer l'amplitude relative du changement floristique temporel depuis l'opération de restauration dans chaque lîne. Elle vient compléter le diagnostic écologique précédent.

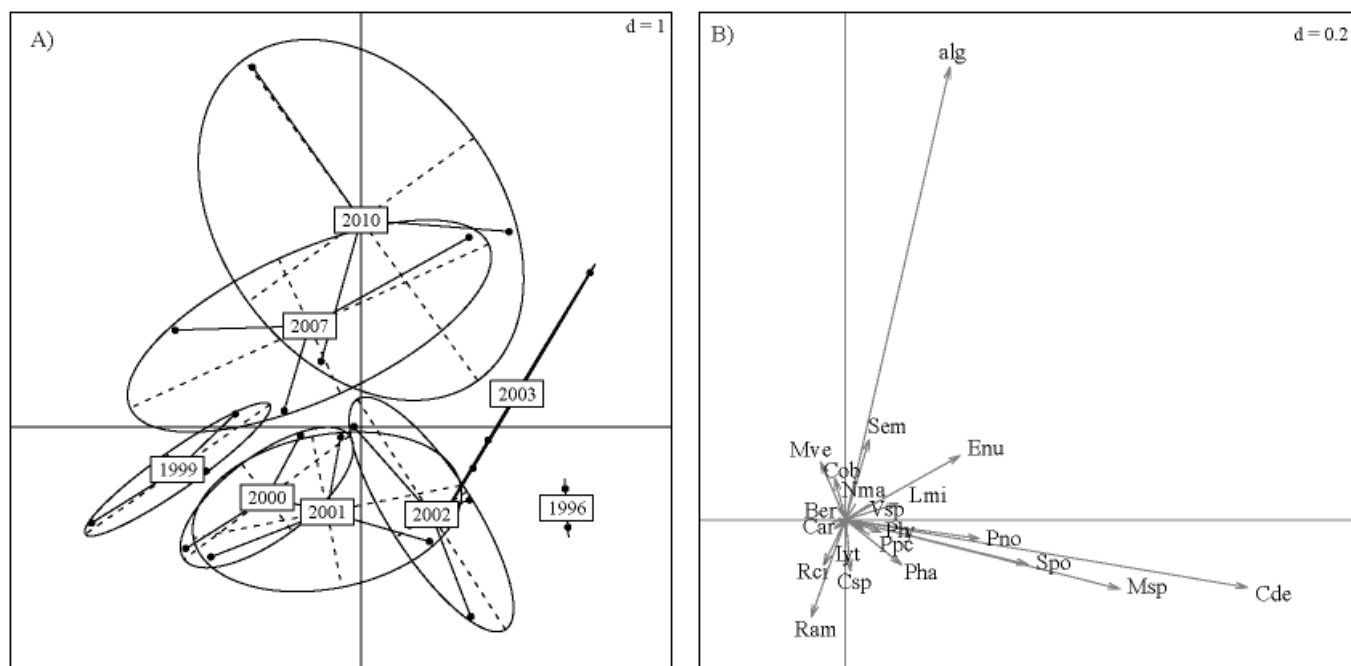


Figure 2.5.24 : ACP inter-classes (inter-année) centrée sur les abondances moyennes des espèces floristiques pour le secteur de Pierre-Bénite (Les codes des espèces sont définies en Annexe 1) ;A) : résultats présentant la variabilité inter-annuelle sur le secteur de Pierre-Bénite; B) : carte factorielle des principales espèces participant à la construction des axes F1 (axe horizontal) et F2 (axe vertical) de l'ACP.

L'axe F1 (Figure 2.5.24, B)) est décrit principalement par des espèces d'eaux eutrophes sujettes à l'alluvionnement (*Ceratophyllum demersum* [Cde], *Myriophyllum spicatum* [Msp] et *Spirodela polyrhiza* [Spo] et dans une moindre mesure, *Potamogeton nodosus* [Pno] et *Elodea nuttallii* [Enu]), et l'axe F2 est construit selon l'abondance des algues filamenteuses [alg], mais aussi d'espèces associées aux milieux alimentés par des eaux phréatiques (*Sparganium emersum* [Sem] et *Myriophyllum verticillatum* [Mve]). Les deux axes représentent 77.8% de la variabilité du jeu de données.

Globalement, on constate une évolution des lînes de Pierre-Bénite depuis la restauration réalisée en 1999 (Figure 2.5.24, A)). La composition du peuplement à l'échelle du secteur varie d'une année sur l'autre. Ces variations sont essentiellement réparties le long de l'axe F1 de 1996 à 2003, et le long de l'axe F2 de 2007 à 2010. Il est important de noter l'amplitude des variations entre les lînes pour les années 2007 et 2010, c'est en effet à ces dates qu'elles expriment le plus leurs différences dans leurs peuplements. Ainsi, pour faciliter la lecture du sens de cette évolution temporelle, la Figure 2.5.25 décrit la dynamique pré et post-restauration du peuplement pour chacune des lînes.

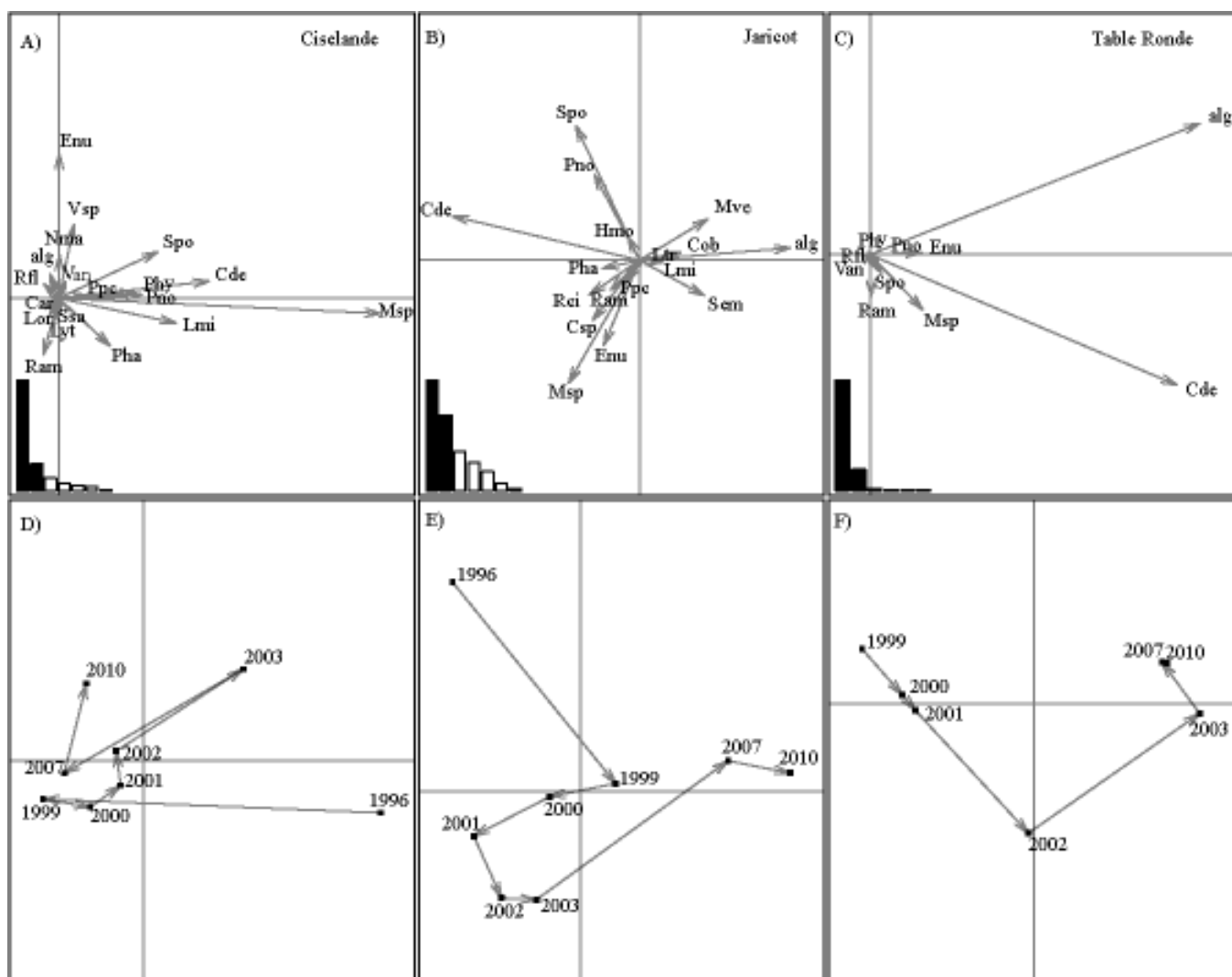


Figure 2.5.25 : Plans factoriels (axes 1 et 2) des ACP centrées sur les abondances moyennes des espèces floristiques pour chacune des lônes du secteur de Pierre-Bénite (Les codes des espèces sont définies en Annexe 1) :A) Ciselande, B) Jaricot, C) Table Ronde. Le plan factoriel F1 X F2 explique respectivement 82%, 66% et 97% de la variabilité. Seules les espèces contribuant le plus à la variabilité des données sont représentées ; D), E), F) représentent les trajectoires temporelles respectivement pour les lônes de Ciselande, Jaricot et Table Ronde.

Les lônes de Pierre-Bénite montrent des variations importantes qui correspondent à des modifications d'abondance de *Ceratophyllum demersum* [Cde] (espèce qui contribue fortement à la construction de l'axe F1, Figure 2.5.25 A), B), C)), espèce fortement inféodée aux conditions d'eaux eutrophes stagnantes. Lorsque l'on étudie plus précisément la dynamique de cette espèce dans les différents sites restaurés, elle tend à disparaître de Jaricot, elle continue de diminuer dans Ciselande et ré-augmente dans Table Ronde (Tableau 2.5.6, 2.5.7 et 2.5.8 vu précédemment).

La trajectoire temporelle de Ciselande (Figure 2.5.25, D)) montre que la restauration a amené la lône vers un fonctionnement proche des bras vifs du Rhône (Peuplement représenté principalement par des espèces de milieux perturbés comme *Elodea nuttallii*, et de milieux fortement connectés à la dynamique fluviale : *Vallisneria spiralis* [Vsp] et *Najas marina* [Nma]). La trajectoire temporelle de la lône de Jaricot montre, sur l'axe F1, qu'elle tend à évoluer vers un peuplement végétal lié aux écoulements phréatiques (*Sparganium emersum* et *Myriophyllum verticillatum*, Figure 2.5.25, B) et E)), mais la domination des algues

filamenteuses à partir de 2010 peut être indicatrice d'eutrophisation. Enfin, on ne dispose pas de données pré-restauration sur Table Ronde, mais on peut toutefois suivre la trajectoire de 1999 à 2010 qui indique la forte influence de *Ceratophyllum demersum* (Figure 2.5.25 C) et F)) témoignant des conditions d'accentuation du niveau trophique et de l'alluvionnement. Par ailleurs, les années 2007 et 2010 sur cette lône sont très proches en terme de peuplement (Figure 2.5.25, C)), ce qui renforce le constat de l'uniformisation des communautés végétales autour de quelques espèces tolérantes à l'eutrophisation.

La remise en eau par connexion avec le Rhône des lônes de Table Ronde et de Ciselande du secteur de Pierre-Bénite s'accompagne d'une homogénéisation des communautés végétales eutrophes pour la première et d'une situation relativement perturbée pour la deuxième avec l'établissement d'une dynamique fonctionnelle proche de celle rencontrée dans les bras secondaires du Rhône. Pour la lône de Jaricot, il semble que les objectifs de la restauration soient atteints puisque le peuplement de la lône tend à évoluer vers des communautés mésotrophes, liées aux apports phréatiques, et que la tendance à l'alluvionnement tend à s'arrêter. Cependant, la forte domination des algues filamenteuses est à surveiller, mais aussi de caractériser leur présence en cas de persistance les prochaines années.

Le peu de données pré-restauration accumulées (juste une date, 1996, pour Ciselande et Jaricot) l'interprétation de la variabilité temporelle existant auparavant. Il est donc nécessaire de continuer de suivre les communautés végétales afin de caractériser les variations temporelles de la dynamique mise en place post-restauration. Certaines études démontrent une différence entre l'amplitude des changements temporels d'une lône récemment restaurée et une lône de référence (où une dynamique est en place depuis de nombreuses années dans le même éco-complexe), dans le sens de variations plus faibles pour la situation de référence (Henry *et al.*, 2002).

Secteur de Brégnier-Cordon

A l'inverse de ce qui a été constaté dans d'autres secteurs (Pierre-Bénite), la richesse spécifique dans les lônes de Brégnier-Cordon reste relativement faible dans l'ensemble et n'augmente pas ou peu (Chantemerle) après restauration. Seule la lône des Molottes voit sa diversité spécifique un peu augmentée en 2010, mais ceci résulte de l'apparition d'espèces terrestres dans les zones exondées. La restauration dans ce secteur ne semble pas avoir procuré les effets désirés. En effet, les phénomènes d'alluvionnement sur les lônes du Ponton, Molottes et la petite lône aval de Chantemerle se sont renforcés, et les effets érosifs des hauts débits du Rhône restent trop importants pour la lône des Granges nord et Chantemerle. On constate ainsi dans le premier cas que cette perturbation, liée à l'alluvionnement, contribue au maintien de quelques espèces compétitrices (*Elodea nuttallii*), et dans le second cas, les forces mécaniques lors des débordements du Rhône, ne permet pas l'installation et le développement des peuplements.

En termes d'évolution, seules Granges nord et Ponton montrent des changements, mais ils restent modérés. Ils se traduisent principalement par une diminution de la richesse spécifique pour la première lône et par la disparition d'espèces indicatrices d'apports phréatiques pour la deuxième.

Globalement, les lônes du secteur de Brégnier-Cordon restent à un niveau trophique élevé (eutrophe à hyper-eutrophe), semblent pour la plupart soumises à des processus

d'alluvionnement, et la forte influence des eaux du Rhône, que ce soit par les sous-écoulements, ou par connexion, limite l'influence des nappes phréatiques dans les zones où elle était détectée par la physico-chimie (Rapport de 2004 et 2008).

En termes d'invasion, *Elodea nuttallii* se développe et domine dans le secteur de Brégnier-Cordon, mais diminue fortement dans Granges nord soumise à de fortes perturbations. On constate également sa diminution dans une autre lône subissant des processus d'atterrissement (Ponton), elle reste cependant fortement abondante sur les parties du transect où l'eau est permanente.

Conclusion

Contrairement à la tendance observée en 2007 sur Pierre-Bénite, l'espèce invasive *Elodea nuttallii* se développe à nouveau sur les trois lônes. Sa progression semble néanmoins limitée sur Jaricot, probablement du fait d'une faible tolérance de l'espèce pour les eaux fraîches faiblement chargées en nutriment. La poursuite de l'analyse de la dynamique d'*Elodea nuttallii* dans les différents secteurs est importante, afin de caractériser son évolution à moyen et long terme.

Il est trop tôt pour établir un bilan définitif des restaurations sur le secteur de Brégnier-Cordon. Toutefois, on peut dégager quelques propositions pour les restaurations qui pourraient être envisagées par la suite. Dans un premier temps, il est nécessaire d'éviter toute intervention susceptible de favoriser les dépôts d'alluvions dans les lônes. Parmi celles-ci, la réouverture des bouchons aval favorise le reflux d'eau fluviale dans les lônes et de ce fait, l'alluvionnement. De même, l'augmentation de la fréquence de débordements par arasement de bouchons amont n'aurait pas un impact favorable sur le fonctionnement de la lône si celle-ci est manifestement soumise à des dépôts d'alluvions (sinuosité ou capacité hydraulique forte). Par voie de conséquence, l'effet de ces arasements peut être encore accentué par le creusement du lit des lônes, car celui-ci, en augmentant la capacité hydraulique de la lône, contribue à diminuer la vitesse de l'eau en crue, et donc à favoriser encore l'alluvionnement. Le surcreusement des lônes doit donc se faire dans des situations dans lesquelles il ne s'accompagnera pas de dépôts accélérés lors des crues (déconnexion, ou faible influence des crues).

Les effets négatifs de la reconnexion amont pour des lônes dont la sinuosité est faible doivent également être pris en compte. Elle entraîne des contraintes lors des crues beaucoup trop fortes pour permettre l'installation durable d'une population végétale. Pour ce type de lône, il est nécessaire de limiter l'intensité des crues (en diminuant les phénomènes de forts décapages), soit par la fermeture partielle de l'amont, soit en augmentant la sinuosité de la lône à l'amont.

2.6 Les communautés de macroinvertébrés de 14 lînes du Bas-Rhône dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère.

Etat initial avant restauration (années 2007-2010)

2.6.1 Introduction

Dans le cadre du suivi scientifique du programme décennal de restauration du Rhône, les macroinvertébrés aquatiques des annexes fluviales (lînes) sont pris en compte afin de suivre les conséquences des travaux de restauration sur la diversité biologique de ces milieux (richesse et composition taxonomiques des communautés, statut des espèces, diversité de leurs caractéristiques biologiques).

Les macroinvertébrés accomplissent des fonctions primordiales (et qui leur sont propres) 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 lînes 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, bras latéraux totalement connectés) aux semi-aquatiques. Ils fournissent donc une "vision de site" et permettent entre autre de diagnostiquer les conséquences biotiques des modifications de connexion entre les lînes et le chenal principal.

Deux secteurs du Haut-Rhône français (Belley et Brégnier-Cordon) ont déjà fait l'objet de restauration (respectivement en 2005 et 2006) et de rapports de suivi pre- et post-restauration concernant les communautés d'invertébrés aquatiques de la zone alluviale (notamment Castella et al., 2007, 2009). Malgré la taille des zones alluviales concernées, le Rhône à l'aval de Lyon n'a fait l'objet que de très peu (voir d'aucune) étude concernant ces communautés. Comme le faisait déjà apparaître la synthèse de Fruget (1992), il ne nous a pas été possible de trouver d'études antérieures relatives aux invertébrés aquatiques de la zone alluviale à l'aval de Lyon, comparables aux travaux existants pour le tronçon Genève - Lyon. Seules des études ponctuelles ont été menées sur des groupes taxonomiques précis (les diptères chironomidae), dans des annexes artificielles, les casiers (Franquet et al., 1995 ; Franquet, 1999). Les suivis, menés pendant plusieurs décennies, sur le Rhône au niveau de la centrale de Saint-Alban et de l'aménagement de Pierre-Bénite, fournissent un point de référence pour les communautés d'invertébrés du cours principal du fleuve (Fruget et al., 1999, 2001 ; Dessaix & Fruget, 2009).

Le présent rapport constitue donc la première description de communautés d'invertébrés aquatiques dans une gamme de milieux annexes de trois secteurs du Bas-Rhône. Son objectif est de proposer une synthèse sur l'état pré-restauration de 14 lînes appartenant aux secteurs du Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère, étudiées entre 2007 et 2010. Ce nombre est équivalent au nombre de lînes étudiées sur le Haut-Rhône à Belley et Brégnier-Cordon (13 lînes dans le rapport de synthèse pré-restauration, Castella et al. 2007). Tout au long du rapport, les résultats concernant les lînes du Haut-Rhône dans leur état pré-

restauration (2003-2005), serviront de point de comparaison pour les observations réalisées au Sud de Lyon.

2.6.2 Stratégie d'échantillonnage.

2.6.2.1 Localisation des sites.

Le choix des lînes étudiées sur le Bas-Rhône a été établi à partir :

- 1) de la connaissance de lînes devant être restaurées (Boussarde, Sainte au Péage-de-Roussillon, Roussette à Montélimar),
- 2) de visites préalables des sites en compagnie de responsables locaux (B. Pont au Péage-de-Roussillon) et des coordinateurs du suivi scientifique (J.M. Olivier, N. Lamouroux),
- 3) de documents préexistants (BRL ingénierie, 2002)
- 4) de la nécessité de couvrir des lînes de types hydrologiques contrastés afin de disposer d'un référentiel complet, comme c'est le cas sur le Haut-Rhône.

Les 14 lînes retenues et les dates de prospection figurent dans le tableau 1.

Le protocole d'étude des sites est identique à celui appliqué pour le Haut-Rhône. Deux sites d'échantillonnage sont sélectionnés à l'intérieur de chaque lîne. 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 – m) représentant les secteurs les moins profonds (voire temporaires), déconnectés du Rhône en débit moyen, un site aval (abrégé – v), représentant les secteurs les plus profonds et généralement connectés au Rhône. A l'intérieur de chaque site, un tronçon de 30 mètres (selon l'axe amont-aval de la lîne) a été choisi pour la réalisation des protocoles de description de l'habitat et d'échantillonnage de la macrofaune aquatique. Pour certaines lînes longues, ou au contraire assez courtes, respectivement trois, ou un seul sites ont pu être sélectionnés. Dans le cas des lînes à trois sites d'étude, un site central (abrégé - c) est intercalé entre l'amont et l'aval.

2.6.2.2 Description de l'habitat et de la connectivité avec le fleuve

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. Ces données de description d'habitat sont destinées à la phase de modélisation de l'occurrence des espèces.

La connectivité latérale entre une annexe fluviale et le cours principal est un paramètre fondamental qui dirige le fonctionnement et la diversité biologique des milieux alluviaux (Amoros & Roux, 1988 ; Amoros, 1991; Bornette et al. 1998 ; Amoros & Bornette, 2002). De plus, les actions de restauration pratiquées sur les lînes agissent directement sur leur niveau de connectivité avec le fleuve (augmentation des débits réservés, reconnexion directe). Il paraît donc important de quantifier ce paramètre afin d'en étudier les effets sur la diversité biologique des lînes et de tenter de prédire l'effet des actions de restauration.

Secteurs	Lônes	Codes	Sites	Echantillonnage printemps	Echantillonnage été
PEAGE-DE ROUSSILLON	La Platière	PLAT	3 : m, c, v	26.05.2008	18 & 23.07.2007
	Noyer Nord	NOYN	1	26.05.2008	19.07.2007
	L'Illon	ILON	1	26.05.2008	23.07.2007
	La Sainte	SAIN	1	26.05.2008	23.07.2007
	La Boussarde	BOUS	3 : m, c, v	01.04.2010	7 & 11.09.2009
MONTELMAR	La Roussette	ROUS	2 : m, v	05.06.2009	11.09.2009 (m à sec)
DONZERE	La Grange Ecrasée	GREC	3 : m, c, v	25.06.2009	08.09.2009 (m à sec)
	Malatras	MALA	2 : m, v	25.06.2009	09.09.2009
	Le Carré	CARR	2 : m, v	25.06.2009	09.09.2009
	La République	REPU	2 : m, v	25.06.2009	08.09.2009
	Malaubert	MALU	3 : m, c, v	26.06.2009	10.09.2009
	Bayard	BAYA	2 : m, v	26.06.2009	10.09.2009
	Caderousse	CADE	1	26.06.2009	10.09.2009
	Les Joncs	JONC	2 : m, v	26.06.2009	08.09.2009

Tableau 2.6.1 - Dates d'échantillonnage faunistique de 14 lônes du bas-Rhône avant restauration (2007 - 2010). m : amont, c : centre, v : aval.

La mesure de la connectivité comme fréquence de connexion au fleuve (utilisée par exemple par Reckendorfer et al. (2006)) n'est pas toujours connue et ne traduit pas forcément directement les effets de la connectivité sur l'habitat. On peut en effet imaginer que, pour une même fréquence de connexion au fleuve, les contraintes exercées sur l'habitat (érosion, sédimentation, perturbation des végétaux aquatiques) varient entre lônes en fonction de caractéristiques géomorphologiques ou sédimentologiques locales. A la suite de Paillex et al. (2007, 2009), nous avons donc construit une variable synthétique afin d'exprimer le niveau de connectivité latérale des sites, à partir de plusieurs variables traduisant chacune un aspect de l'influence du fleuve.

Ces variables sont :

- la conductivité électrique de l'eau ($\mu\text{S}/\text{cm}$) qui, pour le Haut-Rhône, est la plus basse dans les eaux de surface du Rhône. Elle augmente avec la proportion d'eau souterraine dans les milieux (Juget et al., 1976 ; 1979).

- la teneur en azote ammoniacal (N-NH₄, mg/l) indique également l'origine des eaux, avec des teneurs élevées dans les eaux de surface du fleuve et basses dans les eaux souterraines (Bornette & Heiler, 1994).

- le recouvrement par les plantes aquatiques submergées (note de recouvrement variant de 0 à 5) diminue avec l'influence décapante des crues et donc en grande partie avec le niveau de connexion au fleuve.

- la teneur en matière organique des sédiments superficiels (%) est un indicateur du niveau d'autogénie dans le fonctionnement des anciens chenaux (Rostan et al. 1987). Cette teneur augmente avec l'isolement des milieux par rapport aux flux du cours actif.

- la diversité du substrat minéral (indice sans dimension variant de 0 à 1) augmente avec les proportions de sédiments minéraux grossiers (sables, graviers, galets) et donc également avec l'influence des crues sur le milieu. Les sédiments les moins diversifiés se rencontrent dans les milieux les plus isolés du fleuve, où la fraction argilo-limoneuse est la seule représentée en surface.

Ces variables de milieu ont été acquises soit lors de l'échantillonnage faunistique (conductivité, végétation, substrat minéral), soit lors d'une campagne de terrain spécifique en mars 2010.

Les cinq variables sont combinées entre elles par l'intermédiaire d'une analyse en composantes principales (ACP) pour fournir une variable synthétique exprimant la connectivité d'un site avec le fleuve. Cette variable est constituée par les coordonnées, exprimées entre 0 - connectivité minimale et 1 - connectivité maximale, des sites analysés, le long du premier axe factoriel issu de l'ACP (Paillex et al. (2007, 2009)).

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 190cm (manche de l'épuisette). Les échantillons sont effectués à pied ou en bateau gonflable léger selon l'accessibilité et la profondeur d'eau. Le matériel est fixé à l'alcool. Au laboratoire la fraction grossière des prélèvements est triée à vue 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 hémiptères) dont la détermination est poussée à l'espèce dans la mesure du possible.

Les échantillonnages sont répétés à deux saisons: au Printemps (ici Avril - Juin) et en été (Juillet-Septembre). Le calendrier des prélèvements est donné par le tableau 1. L'analyse présentée ci-après est basée sur l'exploitation de 167 échantillons élémentaires, soit 3 échantillons sur les 4 prélevés par site en tenant compte des sites à sec en septembre 2009.

2.6.3.4 Calcul des métriques

Afin de décrire l'état des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes du bas-Rhône, le présent rapport rend compte des métriques basées sur les richesses taxonomiques, la composition des communautés et le statut non-indigène des espèces.

Trois valeurs de richesse taxonomique ont été calculées :

- (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.

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" 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).

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, des mollusques, bivalves ou gastéropodes, et des annélides polychètes.

- (4) le nombre d'espèces exogènes par site
- (5) le pourcentage d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien a été calculé par rapport à l'abondance moyenne par relevé dans chaque site.
- (6) la densité moyenne (en nombre d'individus / m²) des espèces exogènes par site.

Sauf en cas d'indication contraire, les calculs ont été effectués au niveau des sites en amalgamant les résultats des deux saisons d'échantillonnage. Les Annélides Oligochètes et les Plathelminthes sont exclus des analyses présentées ici.

2.6.3.5 Analyse des données.

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 en composantes principales (ACP) et des analyses factorielles des correspondances inter-classes (Dolédéc & Chessel, 1987, 1989) ont été utilisées pour construire le gradient de connectivité et décrire les structures faunistiques majeures (similarités entre échantillons) et leurs relations avec le plan d'expérience (différences inter-sites). La majorité de 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.

2.6.3.1 Ordination des sites étudiés en fonction de leur connectivité avec le fleuve.

L'ordination conjointe de 64 sites dans leur état avant restauration (36 sur le Haut-Rhône; 28 sur le Bas-Rhône) fait apparaître deux résultats principaux (Figure 1).

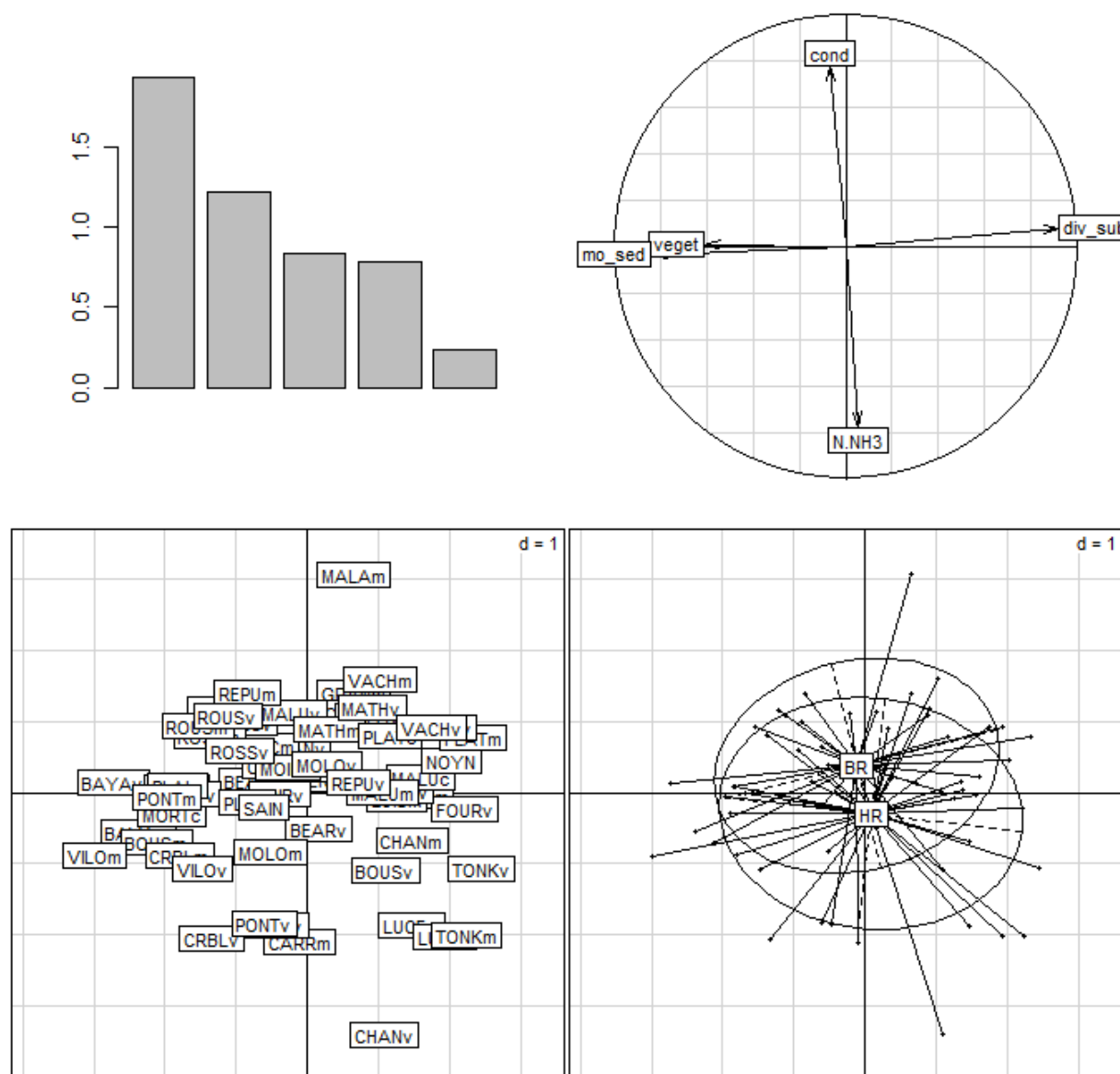


Figure 2.6.1 - Ordination (par une Analyse en Composantes Principales - ACP) de 36 sites des secteurs de Belley et Brégnier (Haut-Rhône : HR) et de 28 sites des secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère (Bas-Rhône : BR) avant restauration, sur la base de 5 variables de milieu traduisant la connectivité latérale avec le Rhône.

En haut à gauche : valeurs propres de l'ACP ;

en haut à droite : corrélations entre les 5 variables : *div_sub* : diversité du substrat minéral, *veget* : quantité de végétation, *mo_sed* : teneur en matière organique du sédiment; *cond* : conductivité électrique de l'eau. *N.NH3* : concentration en azote ammoniacal;

en bas à gauche : ordination des sites ;

en bas à droite : regroupement des sites en fonction du secteur (haut et bas - Rhône).

a) Parmi les cinq variables de milieu traduisant la connectivité latérale des sites avec le fleuve, ce sont la diversité du substrat minéral, la matière organique du sédiment superficiel et la quantité de végétation aquatique qui expriment le mieux la différenciation des sites (axe horizontal de l'ordination, Figure 2.6.1). Les deux variables associées à la physico-chimie de l'eau (conductivité, ammoniac) sont indépendantes des trois variables précédentes. Ce résultat illustre la stabilité des trois premières variables pour traduire le degré de connectivité, que ce soit sur le Haut- et le Bas-Rhône, alors que les deux autres variables dépendent de conditions plus locales. L'axe horizontal F1, issu de cette analyse sera donc utilisé par la suite pour ordonner les sites en fonction de leur niveau de connectivité. Il sera exprimé entre 0 (connectivité minimale, site VILO amont à Brégnier-Cordon) et 1 (connectivité maximale, site TONK aval à Brégnier-Cordon).

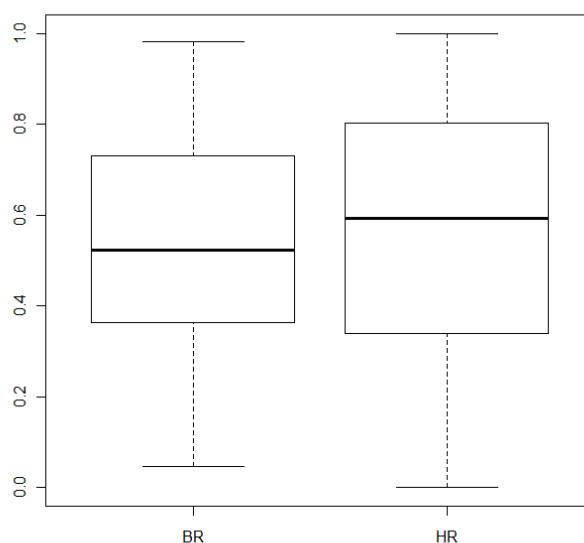


Figure 2.6.2 - Gammes de connectivité couvertes par les 36 sites du Haut-Rhône (HR) et les 28 sites du Bas-Rhône (BR)

b) Les sites échantillonnés dans les deux secteurs (Haut et Bas Rhône) couvrent des gammes de connectivité comparables (Figure 2.6.2) :

- Haut-Rhône : médiane = 0.59 (min : 0 - VILOm ; max : 1 - TONKv)
- Bas-Rhône : médiane = 0.52 (min : 0.05 - BAYAv ; max : 0.98 - PLATm)

La distribution des valeurs dans les deux secteurs n'est pas significativement différente (test de Wilcoxon, $W=459$, $p=0.55$).

Ce résultat permet d'exprimer les résultats obtenus de façon conjointe pour les deux secteurs en utilisant le gradient de connectivité comme référentiel commun.

2.6.3.2 Composition faunistique des communautés d'invertébrés aquatiques

2.6.3.2.1 Différences de composition entre le Haut- et le Bas-Rhône

Une analyse conjointe des sites du Haut et du Bas-Rhône du point de vue de leur composition faunistique (Figure 2.6.3) fait apparaître a) une dispersion comparable des sites des deux secteurs indiquant des niveaux comparables de diversité entre les sites, b) une divergence plus grande des compositions taxonomiques pour les sites situés à l'extrémité lotique du gradient (droite de l'axe horizontal), supérieure à celle des sites les plus lénitiques (gauche du gradient).

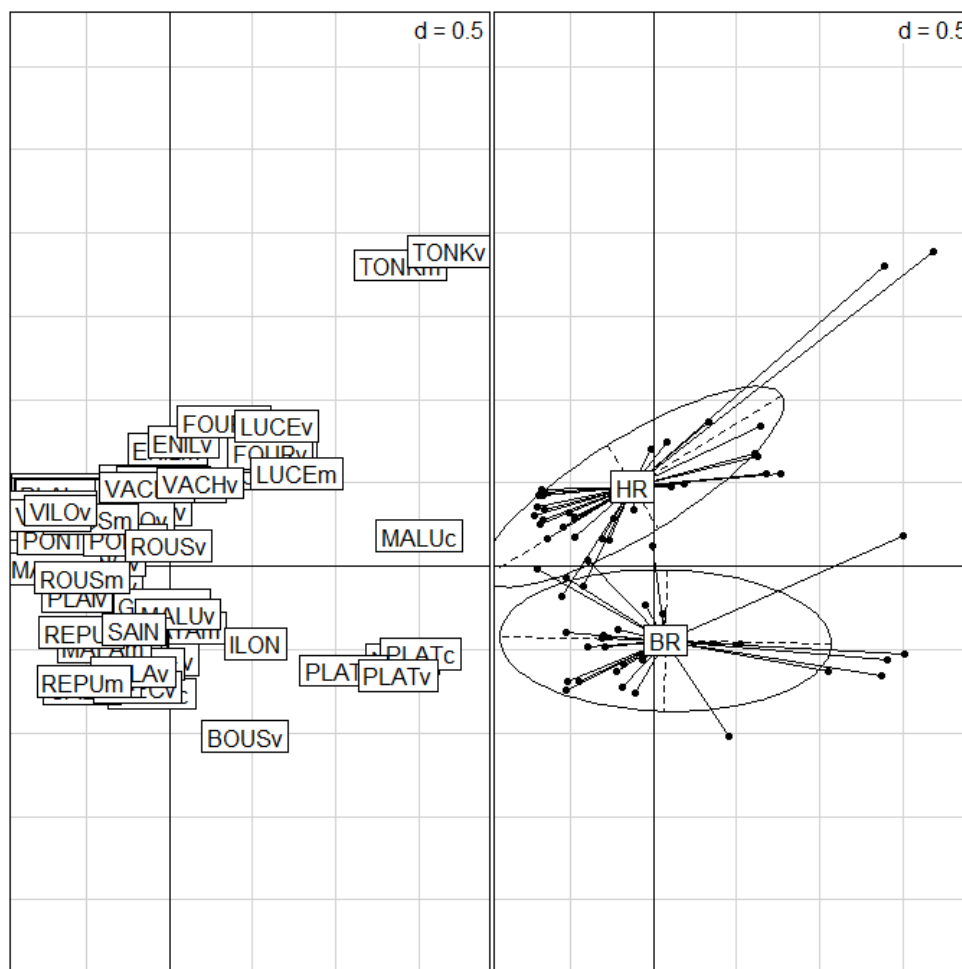


Figure 2.6.3 - Ordination par une analyse factorielle des correspondances de 36 sites du Haut-Rhône (HR) et de 28 sites du Bas-Rhône (BR), en fonction de la similarité de leurs peuplements de macroinvertébrés aquatiques (axe horizontal, F1, 12.3% de l'information; axe vertical, F2, 8.6% de l'information).

L'examen des taxons qui discriminent le plus les deux secteurs (Tableau 2.6.2) laisse apparaître des fréquences très élevées dans le Bas-Rhône pour des taxons non-indigènes à tendances rhéophiles ou potamiques qui sont absents ou peu fréquents dans les sites du Haut-Rhône avant restauration (*Gammarus roeselii*, *Hypania invalida*, *Dikerogammarus villosus*, *Menetus dilatatus*). De plus, les deux espèces d'Ephéméroptères rhéophiles *Potamanthus luteus* et *Caenis macrura* sont très peu fréquentes sur le Bas-Rhône où *Caenis macrura* est remplacée par *Caenis luctuosa*, moins rhéophile.

			Haut-Rhône (2003-05)	Bas-Rhône (2007-10)
Amphipoda	<i>Gammarus roeselii</i>	*	0	0.31
Gasteropoda	<i>Menetus dilatatus</i>	*	0	0.27
Polychaeta	<i>Hypania invalida</i>	*	0	0.22
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	*	0.01	0.23
Gasteropoda	<i>Ferrissia clessiniana</i>	(*)	0.02	0.34
Odonata	<i>Erythromma lindenii</i>		0.01	0.42
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>	*	0.01	0.21
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>		0.03	0.39
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>		0.05	0.48
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>		0.03	0.28
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>		0.06	0.35
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>		0.08	0.31
Odonata	<i>Lestes viridis</i>		0.08	0.2
Ephemeroptera	<i>Caenis robusta</i>		0.06	0.22
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>		0.23	0.06
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>		0.23	0.06
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>		0.28	0.04
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>		0.28	0.04
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>		0.28	0.01

Tableau 2.6.2 - Fréquences de 19 taxons considérés comme les plus discriminants entre le Haut et le Bas-Rhône pour les sites étudiés avant restauration. Le critère retenu pour cette sélection est le fait que la fréquence des taxons soit supérieure à 20% des sites d'un secteur en étant inférieure à 10% des sites de l'autre.

* : taxon non indigène dans le bassin du Rhône. Le statut non-indigène de *Ferrissia clessiniana* fait actuellement débat.

2.6.3.2.2 Différenciation faunistique des lônes étudiées sur le Bas-Rhône

L'analyse de la composition faunistique des sites du Bas-Rhône (ordination par une Analyse Factorielle des Correspondances inter-sites, suivie d'une classification, Figure 2.6.4) fait apparaître trois points principaux (voir aussi les tableaux faunistiques en annexe) :

a) La singularisation de deux sites à caractère temporaire : Jonc aval et Roussette amont. En septembre 2010, le second était complètement asséché, le premier venait manifestement d'être remis en eau après une période d'exondation. Dans ces deux sites manquent des taxons de milieu permanent comme les Odonates *Ischnura elegans*, *Erythromma viridulum*, l'Ephémère *Caenis luctuosa* et le Gastéropode *Gyraulus parvus*, qui sont fréquents dans les autres sites. De plus, Jonc aval possède deux espèces de gastéropodes uniques et caractéristiques de milieux pouvant s'exonder : *Anisus spirorbis* (près de 300 individus/m² en moyenne) et *Viviparus contectus*.

b) La singularisation de milieux lotiques permanents soit du fait d'une connexion complète avec le Rhône (Lône de la Platière et Noyer Nord au Péage de Roussillon), de la proximité d'une connexion aval (aval de la Roussette à Montélimar) ou de l'arrivée d'un affluent (Malaubert centre et aval à Donzère). Ces sites possèdent en commun des taxons rhéophiles (*Baetis sp.*, *Proclon bifidum*, *Serratella ignita*, *Goera pillosa*, *Ancylus fluviatilis*,

Psychomyia pusilla, *Hydropsyche angustipennis*) et l'Annélide non-indigène *Hypania invalida*.

c) Le reste des sites (19 sites sur les 28) montre un niveau de différenciation faunistique assez faible. En témoigne la superposition dans la quasi-totalité de ces sites de la distribution des éléments typiques de milieux stagnants (*Cloen dipterum*, *Asellus aquaticus*) et de taxons lotiques (*Gammarus fossarum/pulex*, *Gammarus roeselii*, *Caenis luctuosa*). A l'intérieur de ce groupe de sites, 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* ; *Helochaeres*, *Laccophilus*).

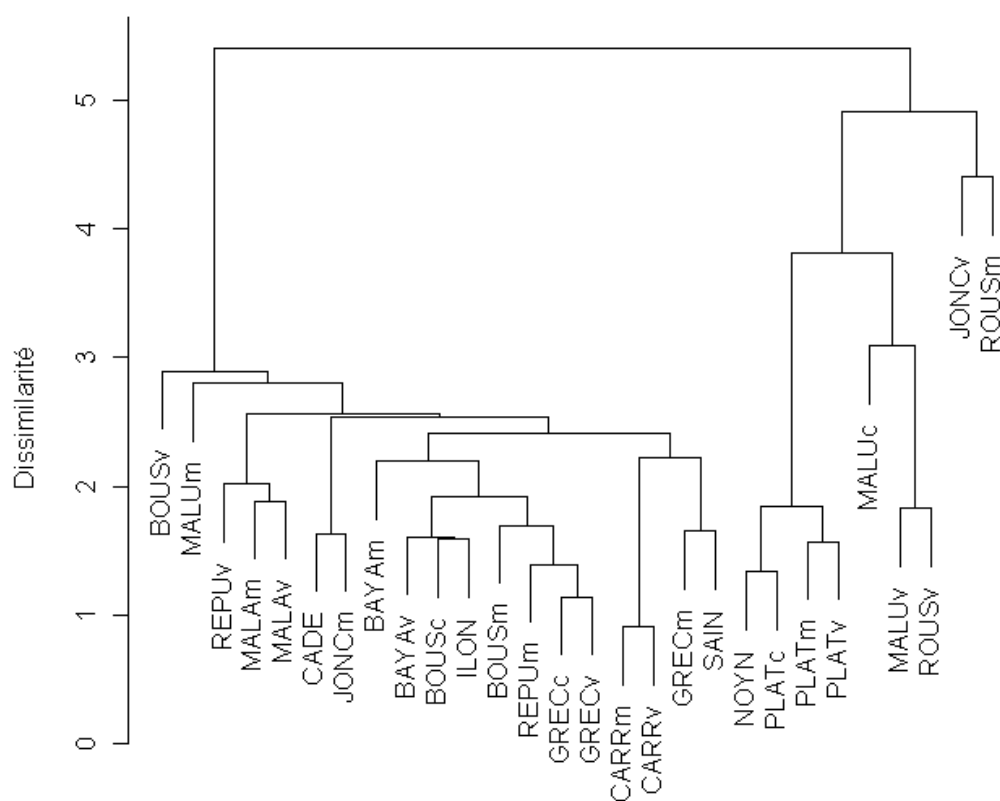


Figure 2.6.4 - Classification des sites du Bas-Rhône sur la base de la dissimilarité de leur composition taxonomique. La classification (méthode de Ward) est basée sur la distance entre les sites dans une Analyse Factorielle des Correspondances inter-sites.

2.6.3.2.3 Différenciation faunistique des lônes étudiées sur le Bas-Rhône

Comme cela a été montré sur le Haut-Rhône, le changement de composition faunistique entre sites est directement relié aux différences de connectivité entre ceux-ci (Figure 5). Toutefois, même si la relation connectivité - changement faunistique a la même forme dans les deux secteurs (Figure 2.6.5 gauche), la relation établie pour le Bas-Rhône montre des différences par rapport au Haut-Rhône :

a) une moins bonne discrimination faunistique dans la gamme de connectivité inférieure à 0.8,

b) une sous-représentation de sites à connectivité supérieure à 0.7, permettant de mieux préciser la relation pour des sites du type de la Boussarde aval ou de l'Ilon

c) des « cas atypiques » par rapport au modèle établi sur le Haut-Rhône. Ainsi la lône Bayard, située en position marginale par rapport au Rhône possède effectivement un indice de connectivité minimal dû essentiellement à un substrat minéral fin très organique. Toutefois, l'arrivée d'un affluent depuis l'extérieur de la zone alluviale y crée des conditions favorables au développement local de communautés à caractère lotique, entraînant une « divergence » entre la mesure de connectivité et la nature des communautés. De même, la lône de Malatras superpose des caractéristiques indiquant une connectivité relativement élevée, dues à un recreusement récent (substrat minéral localement grossier, pauvre en matière organique, faible couverture par les végétaux aquatiques) et une faune typique de milieu stagnant.

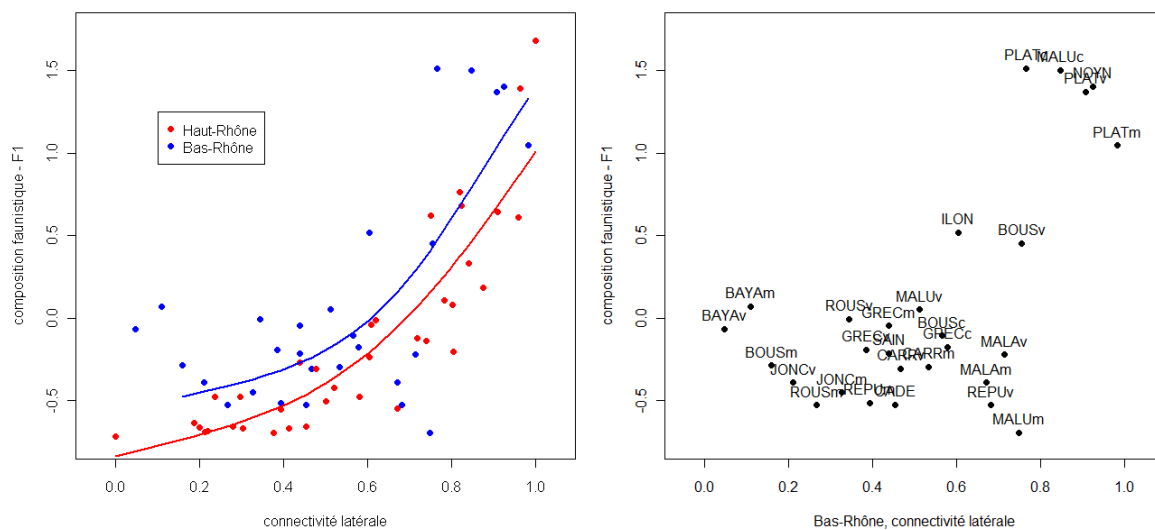


Figure 2.6.5 - A gauche : relation entre l'indice de connectivité latérale et le changement de composition faunistique entre sites (coordonnées des sites le long du premier axe d'une Analyse Factorielle des Correspondances inter-sites). Les points du Bas- et du Haut-Rhône sont lissés séparément par un lisseur spline d'ordre 3. Les deux sites de la lône Bayard sont exclus du lissage du Bas-Rhône.

A droite : relation entre l'indice de connectivité latérale et le changement de composition faunistique pour les sites du Bas-Rhône seuls.

2.6.3.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques.

2.6.3.3.1 Richesse totale

Mesurée sur l'ensemble des données amalgamées, la riche taxonomique des lûnes étudiées sur le Haut-Rhône est supérieure à celle mesurée sur le Bas-Rhône. Pour 100'000 individus prélevés dans les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon, on obtient en moyenne 182 ± 2 taxons, alors que l'on n'en obtient que 162 ± 3 sur l'ensemble des trois secteurs considérés sur le Bas-Rhône.

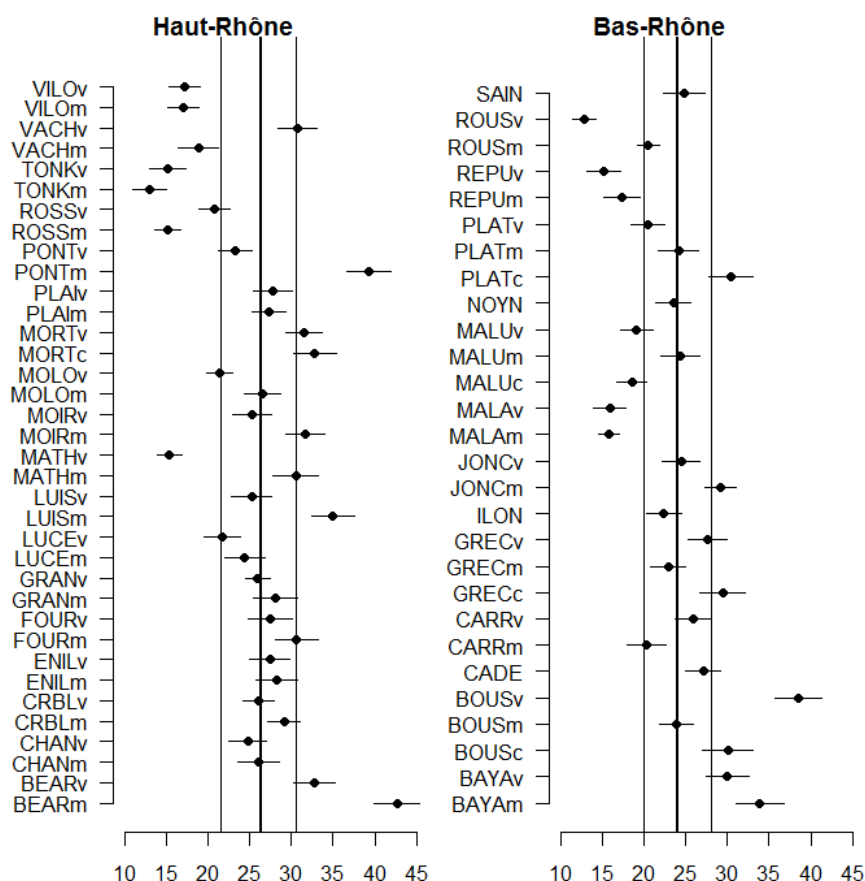


Figure 2.6.6 - Richesses taxonomiques totales raréfiées par sites (± 1 erreur standard), calculées pour 500 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site.

Cette mesure globale recouvre en fait une gamme étendue de valeurs par site (Figure 2.6.6), allant de 13 ± 1 taxons (Roussette aval) à 38 ± 3 (Boussarde aval) pour 500 individus prélevés. Cette gamme de valeurs est en fait identique à celle mesurée dans les sites du Haut-Rhône (tableau 3) et les deux secteurs ne présentent pas de différence significative de leurs richesses taxonomiques par site (richesses raréfiées pour 500 individus, test de Wilcoxon, $W=617$, $p=0.13$)

	richesse médiane par site pour 500 individus	Q25 - Q75	min - max
Haut-Rhône (36 sites)	26	22 - 31	13 - 43
Bas-Rhône (28 sites)	24	20 - 28	13 - 38

Tableau 2.6.3 - Richesses taxonomiques totales raréfiées pour 500 individus pour les sites étudiés sur le Haut- et le Bas-Rhône avant restauration.

Du point de vue de cette richesse totale, les deux sites les plus riches du Bas-Rhône sont le site aval de la Boussarde au Péage-de-Roussillon et l'amont de la lône Bayard à Donzère. Le premier est en fait le seul casier Girardon inclus dans l'étude, ce casier représentant le « prolongement » de la lône de la Boussarde. Quant à la lône Bayard, la juxtaposition de caractères lotiques et lentiques a été soulignée plus haut, s'y ajoute la présence de taxons qui n'ont été rencontrés que dans ce site, comme la libellule *Boyeria irene*.

A l'opposé, les lônes de Malatras et de la République, ainsi que le site aval de la Roussette apparaissent très pauvres. A Malatras, des phénomènes évidents de désoxygénation ont été observés sur le terrain en septembre 2010. La lône de la République semble quant à elle subir des baisses de niveau importantes, conduisant à des assècs substantiels également en fin d'été.

2.6.3.3.2 Richesse en insectes EPT (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères).

Comme dans le cas de la richesse totale, la richesse en insectes EPT mesurée globalement sur l'amalgame de tous les sites, est significativement plus élevée sur le Haut-Rhône (49 ± 2 taxons pour 10'000 individus) que sur le Bas-Rhône (40 ± 2 taxons pour 10'000 individus).

Là encore, ce résultat global ne s'applique plus lorsque l'on considère les résultats par site qui présentent des valeurs et des dispersions comparables entre le Haut- et le Bas-Rhône (test de Wilcoxon, $W=533.5$, $p=0.69$) (Figure 2.6.7, Tableau 2.6.4). Les sites les plus riches en insectes EPT sont au Péage de Roussillon, la lône de la Platière et le site central de la lône de la Boussarde, ainsi que la lône Bayard à Donzère. A l'opposé, les lônes du Carré et de la Roussette, ainsi que le site amont de Malatras sont les plus pauvres (1 à 2 taxons seulement).

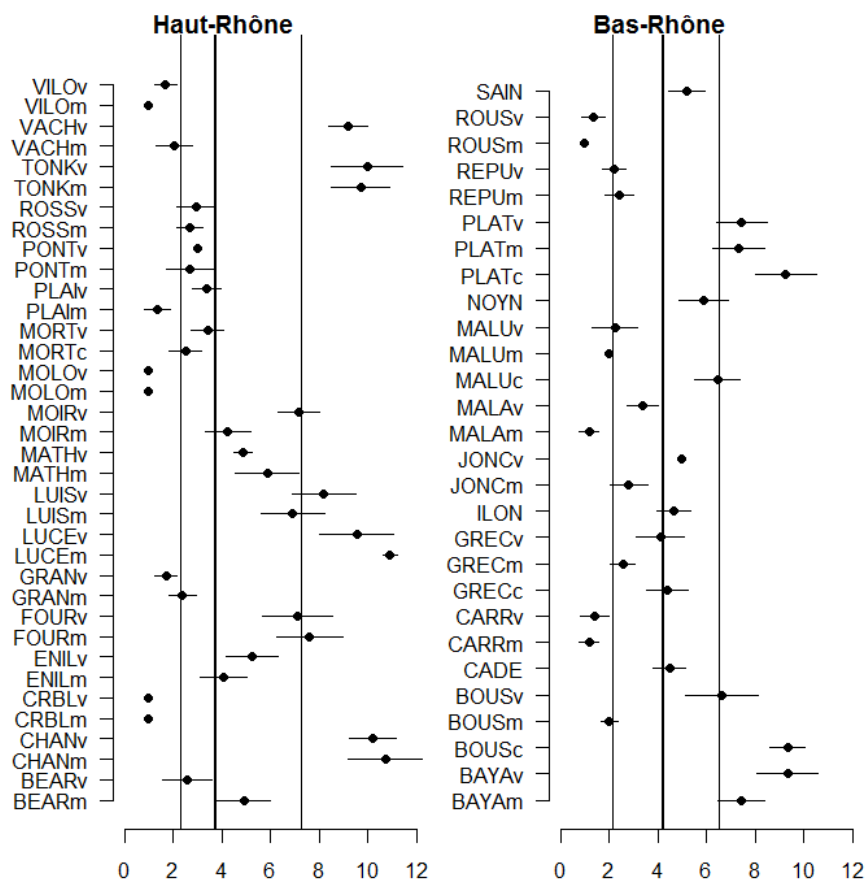


Figure 2.6.7 - Richesses taxonomiques en insectes EPT raréfiées par sites (± 1 erreur standard), calculées pour 50 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site.

	richesse médiane par site pour 50 individus	Q25 - Q75	min - max
Haut-Rhône (36 sites)	4	2 - 7	1 - 11
Bas-Rhône (28 sites)	4	2 - 6	1 - 9

Tableau 2.6.4 - Richesses taxonomiques en insectes EPT raréfiées pour 50 individus pour les sites étudiés sur le Haut- et le Bas-Rhône avant restauration.

2.6.3.3.3 Richesse en mollusques gastéropodes.

Calculée sur l'ensemble des sites amalgamés et sur 10'000 individus, la richesse en mollusques gastéropodes n'est pas significativement plus élevée sur le Haut-Rhône (23 ± 1 taxons) que sur le Bas-Rhône (21 ± 1 taxons). La gamme des valeurs par site est également identique entre les deux secteurs (test de Wilcoxon, $W=635$, $p=0.08$) (Figure 2.6.8, Tableau 2.6.5).

Parmi les sites riches en gastéropodes sur le Bas-Rhône, il convient de noter, là encore, la lône Bayard, dont le site aval présente une richesse supérieure à toutes les observations faites sur le Haut-Rhône (11 taxons pour 50 individus), ainsi que les sites amont de la lône des

Jones et de la lône de la Platière. A l'opposé, les sites pauvres sont pour la plupart des sites déjà signalés comme tels par les richesses totale et en insectes EPT : la Roussette, Malatras (aval) et la République (aval). Le site courant de Malaubert centre est également pauvre en gastéropodes.

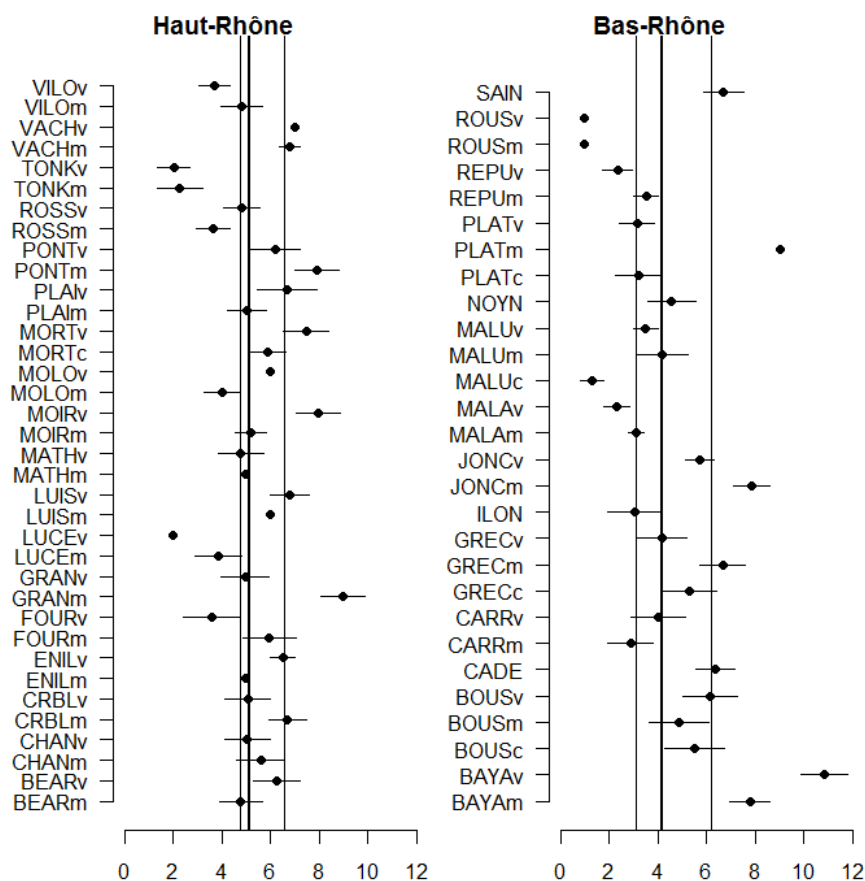


Figure 2.6.8 - Richesses taxonomiques en Mollusques Gastéropodes raréfiées par sites (± 1 erreur standard), calculées pour 50 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site.

	richesse médiane par site pour 50 individus	Q25 - Q75	min - max
Haut-Rhône (36 sites)	5	5 - 7	2 - 9
Bas-Rhône (28 sites)	4	3 - 6	1 - 11

Tableau 2.6.5 - Richesses taxonomiques en Mollusques Gastéropodes raréfiées pour 50 individus pour les sites étudiés sur le Haut- et le Bas-Rhône avant restauration.

2.6.3.3.4 Richesses taxonomiques et connectivité latérale.

La relation positive entre l'augmentation de richesse des insectes EPT et l'augmentation de connectivité latérale qui avait été établie sur les lônes du Haut-Rhône est vérifiée sur le Bas-Rhône (Figure 2.6.9, gauche)). Comme indiqué plus haut dans le cas de la relation avec le changement de composition taxonomique, la dispersion des sites est toutefois plus élevée dans le cas du Bas-Rhône et le « cas particulier » de la lône Bayard a été exclu de cette relation. Les richesses en mollusques gastéropodes, ne montrent pas quant à elles, de relation avec le gradient de connectivité (Figure 2.6.9, droite).

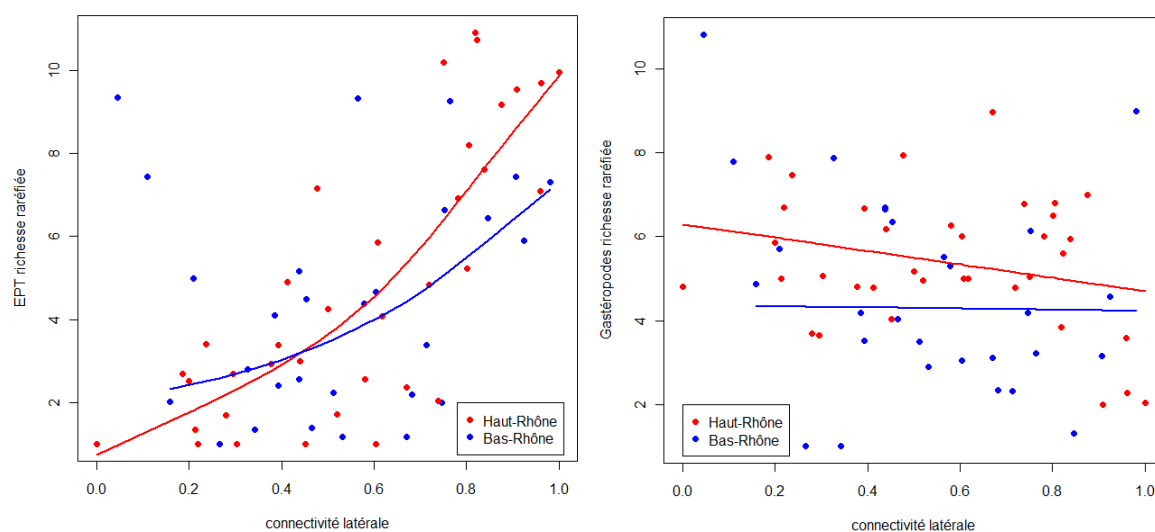


Figure 2.6.9 - A gauche : relation entre l'indice de connectivité latérale et la richesse raréfiée en insectes EPT (nombre de taxons pour 50 individus).

A droite : relation entre l'indice de connectivité latérale et la richesse raréfiée en mollusques gastéropodes (nombre de taxons pour 50 individus).

Les variations de richesses le long du gradient de sont lissés séparément pour chaque secteur par un lisseur spline d'ordre 3. Les deux sites de la lône Bayard sont exclus du lissage du Bas-Rhône.

2.6.3.4 Métriques basées sur les espèces non-indigènes.

Dix-sept espèces non-indigènes ont été échantillonnées dans les 14 lônes étudiées sur le Bas-Rhône (Tableau 2.6.6). Huit de ces espèces n'ont pour l'instant pas été rencontrées sur le Haut-Rhône (*Corophium curvispinum*, *Gammarus roeselii*, *G. tigrinus*, *Atyaephira desmarestii*, *Menetus dilatatus*, *Hemimysis anomala*, *Mysis* gr. *relicta* et *M. mixta*). Ces espèces sont connues du bassin du Rhine et de la Saône. Les espèces non-indigènes connues à ce jour sur le Haut-Rhône ont toutes été retrouvées sur le Bas-Rhône.

Le gastéropode *Ferrissia clessiniana* (ex *F. wautieri*), fréquent sur le Bas-Rhône (Tableau 2.6.2), n'a pas été considéré ici parmi les espèces non-indigènes dans la mesure où son statut demeure actuellement imprécis (Walther et al. 2006 ; Falkner et al., 2002).

Les espèces non-indigènes atteignant les densités les plus élevées sont les Crustacés *Gammarus roeselii* (plus de 200 individus dans 0.25m² dans la lône de Malaubert) et *Gammarus tigrinus* (plus de 100 individus dans 0.25m² dans la lône du Noyer Nord), et les Gastéropodes *Potamopyrgus antipodarum* (plus de 400 individus dans 0.25m² à Malaubert et la Platière) et *Physella acuta/heterostropha* (plus de 400 individus dans 0.25m² dans la lône du Carré).

		BOUSc	BOUSm	BOUSv	ILON	NOYN	PLATc	PLATm	PLATv	ROUSm	ROUSv	SAIN
<i>Corophium curvispinum</i>	Amphipode	0.1		9.4		17.5	0.7	0.5	0.2			
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amphipode			3.1		0.5	0.5	0.2		8.7	3	4.3
<i>Gammarus roeselii</i>	Amphipode	0.3			0.8	55.3	22.3	5.2	27.2	4.7	172.7	1.5
<i>Gammarus tigrinus</i>	Amphipode			4.3	12.7	136	14.2	6.8	12			
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Amphipode	0.6	0.2	98.7	0.3	12.7	84	3.7	53.7			0.3
<i>Corbicula fluminea</i>	Bivalve	0.3		7.9	14.2	48.2	30	3.5	13.7			
<i>Dreissena polymorpha</i>	Bivalve			7.4								
<i>Atyaephira desmarestii</i>	Décapode	0.4		14.7	0.3		0.2	0.5				
<i>Orconectes limosus</i>	Décapode	0.1		0.1	0.3	0.7	0.2	0.5	0.2			
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Gastéropode	0.6	1.3	1.9	195.3	238.5	414	5.2	255.5			0.2
<i>Physella</i> gr. <i>acuta</i>	Gastéropode	76.4	68.8	26.1	3.3	3.3	3.8	0.7	8.8			9.8
<i>Gyraulus parvus</i>	Gastéropode	1.1	3	0.3	1.8		0.2		0.2			12.5
<i>Menetus dilatatus</i>	Gastéropode	7.7		0.7			1		0.7			1.2
<i>Hemimysis anomala</i>	Mysidacé	0.7		8.1								
<i>Mysis</i> gr. <i>relicta</i>	Mysidacé	3.3		32.7								
<i>Mysis mixta</i>	Mysidacé	0.3		2								
<i>Hypania invalida</i>	Polychète				8.5	165.2	25.3	15.2	42			0.3

		BAYAm	BAYAv	CADE	CARRm	CARRv	GRECc	GRECm	GRECv	JONCm	JONCv	MALAm	MALAv	MALUc	MALUm	MALUv	REPUm	REPUv
<i>Corophium curvispinum</i>	Amphipode						0.8			0.2	0.8	31.5	0.3		3.7	14		0.5
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amphipode			1	3.5	3.8	5.2	169	1.2					221		468.7		
<i>Gammarus roeselii</i>	Amphipode			0.2			0.8											
<i>Gammarus tigrinus</i>	Amphipode	21.5	5															
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Amphipode					0.2			0.7								0.3	
<i>Corbicula fluminea</i>	Bivalve	0.5	5.5		0.3	0.2	1	1.3	5.5				0.2	49.8		0.3		
<i>Dreissena polymorpha</i>	Bivalve																	
<i>Atyaephira desmarestii</i>	Décapode									1.7				0.2				
<i>Orconectes limosus</i>	Décapode	0.2	0.8	0.2			3	0.7	2								1	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Gastéropode	0.2		0.2	0.5	0.3	1.5	3.3						657.2		9.2		
<i>Physella</i> gr. <i>acuta</i>	Gastéropode	6.8	7.2	30.3	487.5	157	211.2	31.3	109.2	44.2	44.2	55.8	89.3			0.7	61.7	111.8
<i>Gyraulus parvus</i>	Gastéropode	0.8	10.8	47	3.2	2.2	26.8	4.7	2.7	7.3		11.3					38.3	0.5
<i>Menetus dilatatus</i>	Gastéropode	3.5	11.2	7.5	0.5		5.7	0.3	2	10.8							1.7	0.5
<i>Hemimysis anomala</i>	Mysidacé																	
<i>Mysis</i> gr. <i>relicta</i>	Mysidacé						0.3										19.8	
<i>Mysis mixta</i>	Mysidacé																	
<i>Hypania invalida</i>	Polychète		0.2						0.2					13.2		1.2		

Tableau 2.6.6 - Densités moyennes par site des 17 espèces non-indigènes échantillonnées sur la période 2007-2010 dans 28 sites du Bas-Rhône (Péage-de-Roussillon et Montélimar : tableau du haut, Donzère : tableau du bas). Les valeurs sont des nombres moyens d'individus par unité de prélèvement (0.25 m2) calculés dans la plupart des cas sur 6 prélèvements (3 au printemps, 3 en été).

Trois métriques ont été calculées afin de décrire la contribution des espèces non-indigènes dans la communauté de chaque site (tableau 2.6.7, Figures 2.6.10 à 2.6.12). Ces trois métriques exprimées par site (richesse des espèces non-indigènes, proportion de l'abondance qu'elles représentent dans chaque site et densité), sont toutes significativement plus élevées dans les lônes du Bas-Rhône que dans celles du Haut-Rhône étudiées en 2003-2005 avant leur restauration (tests de Wilcoxon, $p < 10^{-7}$ dans les trois cas).

Les lônes présentant les valeurs les plus élevées pour les métriques décrivant les espèces non-indigènes sont situées au Péage-de-Roussillon (Figures 2.6.10 à 2.6.12). Ainsi les sites de la lône de la Platière et de la Boussarde possèdent plus de 10 espèces non-indigènes, qui peuvent représenter plus de 50% de l'abondance de la communauté (Boussarde aval) et

atteindre des densités dépassant 1'500 individus/m² (Platière centre et aval, Noyer Nord). Dans le secteur de Donzère, les valeurs atteintes sont moins élevées. C'est essentiellement la lône de Malaubert dans les sites centre et aval (soit après l'arrivée d'un affluent) qui atteint de fortes valeurs, ainsi que le site amont de la lône du Carré.

A l'opposé, les sites temporaires ou à forte fluctuation de niveau (Roussette, Malaubert amont, Joncs aval) présentent les valeurs les plus faibles pour ces métriques. C'est également le cas pour la lône Bayard, où les 7 espèces non-indigènes recensées ne représentent qu'une faible proportion de l'abondance (moins de 10%), à des densités faibles. Ces sites montrent pour ces métriques des valeurs proches de celles observées sur le Haut-Rhône avant restauration.

	nombre d'espèces			% de l'abondance			densité (individus/m ²)		
	médiane	I.Q.	min-max	médiane	I.Q.	min-max	médiane	I.Q.	min-max
Haut-Rhône	2	1-3	0-5	1.3	0.07-3.7	0-19	14	1-58	0-220
Bas-Rhône	7	4-10	1-15	16.6	9.6-28.5	0.2-58	432	237-969	15-3765

Tableau 2.6.7 - Métriques décrivant les espèces non-indigènes échantillonnées dans 28 sites du Bas-Rhône (2007-2010) et dans 36 sites du Haut-Rhône (2003-2005) avant restauration. I.Q. : intervalle interquartile (Q25-Q75).

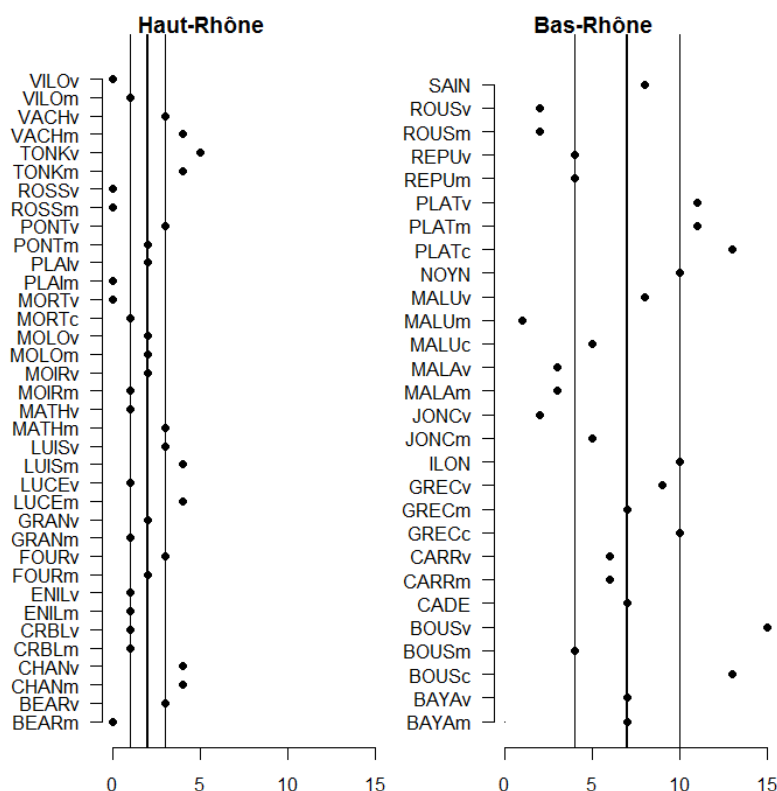


Figure 2.6.10 - Richesses en espèces non-indigènes avant restauration (Bas-Rhône : 2007-2010, Haut-Rhône : 2003-2005). Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site.

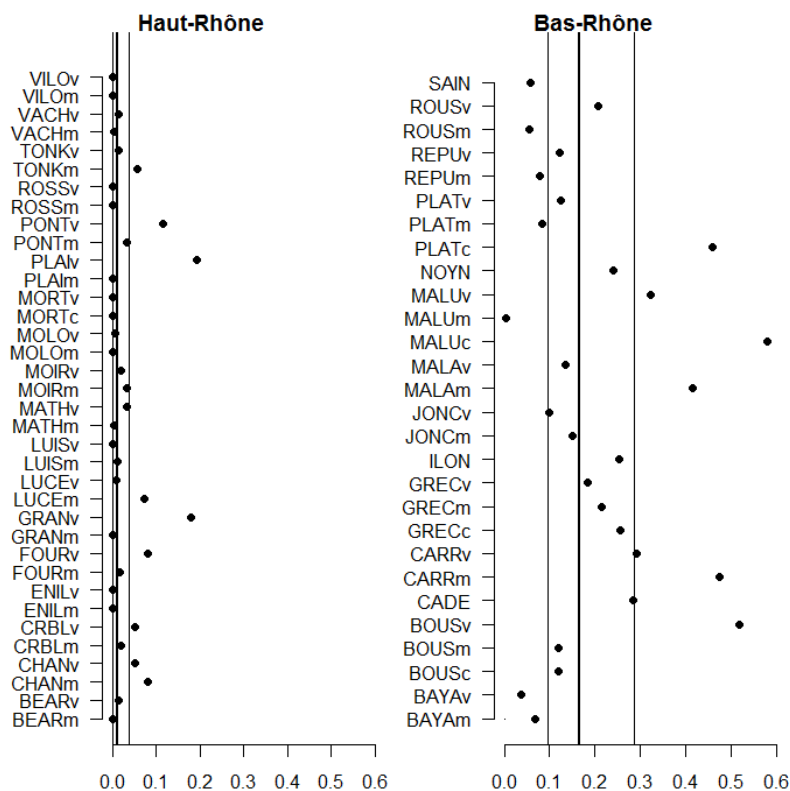


Figure 2.6.11 - Proportion des individus appartenant à des espèces non-indigènes dans les sites avant restauration (Bas-Rhône : 2007-2010, Haut-Rhône : 2003-2005).

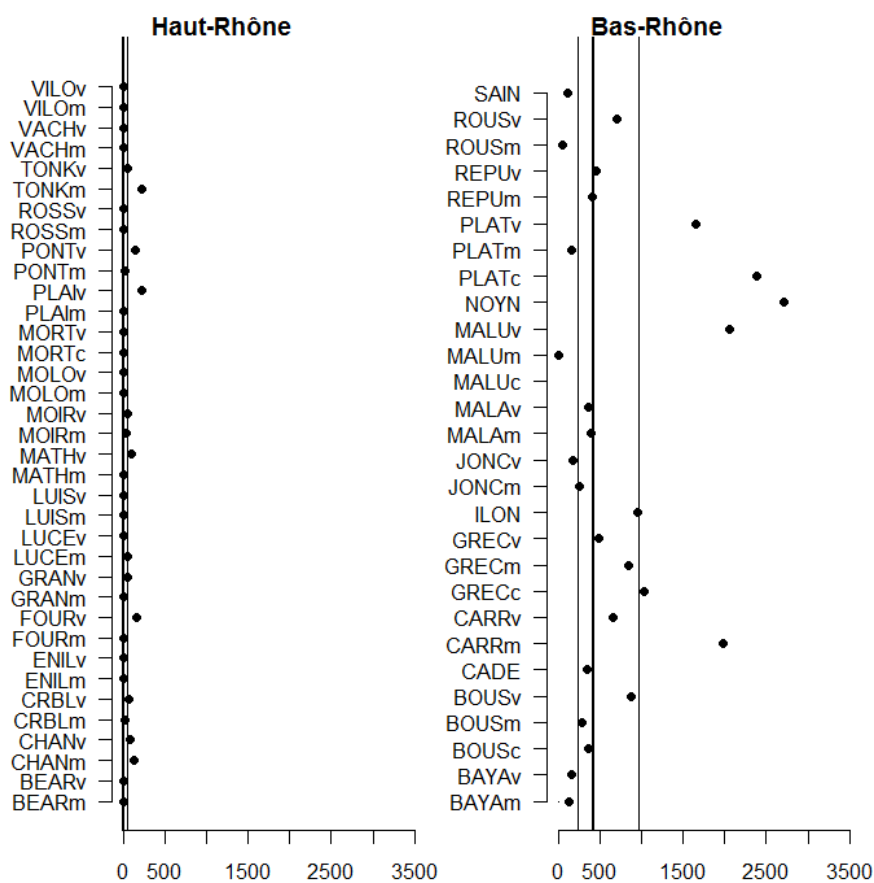


Figure 2.6.12 - Densités (en nombres d'individus/m²) des individus appartenant à des espèces non-indigènes dans les sites avant restauration (Bas-Rhône : 2007-2010, Haut-Rhône : 2003-2005).

Les trois métriques relatives aux espèces non-indigènes montrent une relation croissante significative avec la connectivité latérale, que ce soit sur le Haut-Rhône ou sur le Bas-Rhône (Figure 2.6.13). Dans chaque cas, la relation s'établit sur le Bas-Rhône à un niveau plus élevé que sur le Haut-Rhône et la pente de la relation avec la connectivité est également plus élevée sur le Bas-Rhône. Il apparaît ainsi qu'en moyenne, pour un même niveau de connectivité avec le Rhône, un site du Bas-Rhône compte de 4 (connectivité faible) à 6 (connectivité élevée) espèces non-indigènes de plus qu'un site du Haut-Rhône.

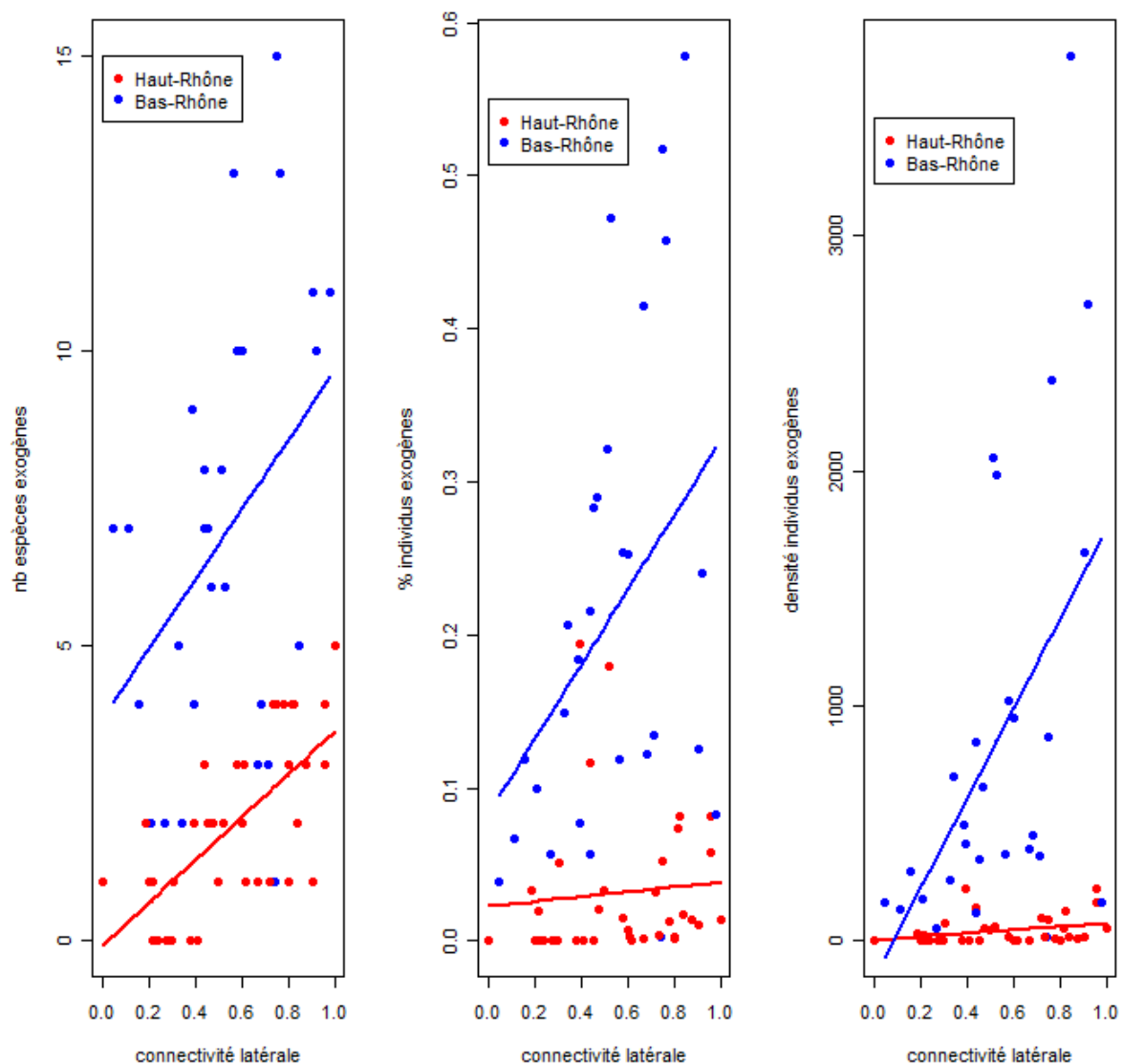


Figure 2.6.13 - Relations entre l'indice de connectivité latérale et les métriques basées sur les espèces non-indigènes.

A gauche : nombre d'espèces indigènes par site.

Haut-Rhône : $r=0.66$, $p<0.001$, Bas-Rhône : $r=0.4$, $p=0.03$.

Au centre : proportion des individus appartenant à des espèces non-indigènes dans les sites.

Haut-Rhône : $r=0.37$, $p=0.02$, Bas-Rhône : $r=0.41$, $p=0.03$.

A droite : Densités (en nombres d'individus au m^2) des individus appartenant à des espèces non-indigènes.

Haut-Rhône : $r=0.45$, $p=0.006$, Bas-Rhône : $r=0.51$, $p=0.006$.

Les coefficients de corrélation (r) sont des coefficients de rang de Spearman.

2.6.4 conclusion.

L'étude des communautés d'invertébrés aquatiques menée entre 2007 et 2010 sur 14 lînes du Bas-Rhône avant leur restauration permet de dégager les conclusions suivantes.

1) L'indice de connectivité basé sur la mesure de variables de milieu contrôlées par la relation avec le fleuve s'est montré pertinent pour ordonner les sites étudiés et décrire les variations des métriques faunistiques. Comme attendu, ce sont les variables dépendant directement du stress hydraulique permanent ou temporaire exercé par le fleuve qui se montrent invariantes entre le Haut- et le Bas-Rhône (matière organique du sédiment superficiel, diversité granulométrique du substrat minéral, quantité de végétation macrophytique). La gamme de connectivité couverte par les sites étudiés sur le Bas-Rhône est identique à celle obtenue pour les sites étudiés précédemment sur le Haut-Rhône.

Cette étude confirme l'intérêt de ces variables dans la lecture des métriques biologiques. La confrontation de cette expression de la connectivité latérale avec d'autres mesures basées sur les fréquences de connexion demeure particulièrement nécessaire.

2) Les résultats faunistiques présentés ici, qui semblent être les premiers concernant les communautés d'invertébrés aquatiques dans un tel ensemble d'annexes du Bas-Rhône ne font pas apparaître de différences significatives au niveau des richesses par site. Ainsi, on peut rejeter l'hypothèse qui pouvait être formulée d'une moins grande richesse faunistique des sites du Bas-Rhône, potentiellement causée par un impact plus ancien des aménagements hydro-électriques, une intensité plus grande des activités industrielles et agricoles et une moins bonne qualité des eaux du fleuve.

3) La différence la plus significative entre le Haut- et le Bas-Rhône concerne la prévalence des espèces non-indigènes. Toutes les métriques (nombre d'espèces, proportion dans les communautés et densités) sont significativement plus élevées dans les sites du Bas-Rhône. Ce résultat est cohérent avec la connexion plus directe du Bas-Rhône avec l'axe Rhin - Saône et donc les bassins fluviaux est-européens par lesquels se dispersent la majorité des espèces « invasives » ponto-caspiennes. Comme sur le Haut-Rhône, il existe une relation positive entre la connexion d'un site au fleuve et la prévalence des espèces non-indigènes. Ces espèces, présentes en plus grand nombre au sud de Lyon, sont ainsi responsables d'une divergence de composition faunistique pour les sites les plus connectés au fleuve entre le Bas- et le Haut-Rhône (tel que décrit entre 2003 et 2005 avant sa restauration).

4) Il est difficile de construire un diagnostic par secteur (Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère) car la représentation des types de lînes est très déséquilibrée entre les trois tronçons. Les seuls sites directement connectés au Rhône se trouvent au Péage-de-Roussillon (complexe de la Platière, Boussarde aval). Ils manquent à Donzère où les seuls sites lotiques sont le fait d'affluents pénétrant dans la zone alluviale et influençant certaines lînes où ils induisent des combinaisons d'habitat et de communautés particulières (Bayard, Malaubert, Jones). Ainsi c'est la mise en commun de l'ensemble des sites des trois secteurs qui a été privilégiée ici.

Cet examen global des sites étudiés permet de suggérer que plusieurs d'entre eux à Montélimar et à Donzère, qui sont identifiés comme pauvres par les métriques de richesse (Lône de Malatras, du Carré, de la République et de la Roussette particulièrement), sont de bons candidats à une restauration par reconnexion, si cette option est techniquement réalisable compte tenu des contraintes géomorphologiques, hydrauliques et foncières. De telles actions contribueraient ainsi à la (re)-création de chenaux à tendances potamiques lotiques dans des

secteurs qui en sont dépourvus. A l’opposé, des sites comme la lône Bayard (communautés uniques, richesses élevées et faible représentation des espèces non-indigènes) ou l’amont de la lône de Malaubert (milieu très peu profond à riche communauté de Coléoptères) devraient être préservés comme « hot-spots » à l’échelle du secteur.

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 et 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 Echantillonnages

Vingt quatre lônes ont fait l'objet d'un échantillonnage en 2010 (tableau 2.7.1).

L'échantillonnage des lônes des secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon 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
7/09/10	Chautagne	Lône de la Malourdie	25
25/10/10		Lône du Brotalet	25
6/09/10	Belley	Lône des Luisettes	25
6/09/10		Lône Moiroud	25
6/09/10		Lône Béard	25
6/09/10		Lône Fournier	25
6/09/10		Anse de Yenne	25
19/08/10		Lône de Chantemerle	25
26/08/10	Brégnier-Cordon	Lône des Granges	25
26/08/10		Lône Vachon	25
26/08/10		Lône des Cerisiers	25
25/08/10		Lône Mattant	25
25/08/10		Lône des Molottes	25
25/08/10		Lône du Ponton	25

28/09/10		Lône Platière	30
28/09/10	Péage de Roussillon	Lône Noyé nord	15
28/09/10		Lône de l'Ilon	
28/09/10	Montélimar	Lône de la Roussette	25
21/09/10	Donzère	Lône du Bayard	
20/09/10		Lône de Caderousse	
22/09/10		Lône Malaubert	
21/09/10		Lône de la Grange écrasée	
21/09/10		Lône des Joncs	
22/09/10		Lône du Carré	

Tableau 2.7.1 : plan d'échantillonnage des peuplements piscicoles des lônes en 2010.

2.7.3 Résultats

Les résultats bruts des pêches réalisées en 2010 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, les effectifs capturés ont été relativement faibles en 2010 (66 poissons, 7 espèces, barbeau, brochet, chevaine, épinoche, loche franche, perche-soleil et vairon). La plupart des poissons sont des juvéniles de l'année (79% des effectifs).

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. Contrairement aux résultats des années précédentes, le nombre de poissons capturés en 2010 a été relativement faible (82 ind., 9 espèces). Le chevaine (34% des effectifs), la tanche (32%) et le vairon (15%) sont les 3 espèces dominantes. 67% des poissons capturés sont des juvéniles de l'année. Le fait que seulement 7 tanches sur 26 soient des poissons issus de la reproduction de l'année témoigne de l'implantation progressive de cette espèce caractéristique dans cette lône. On notera

l'absence du rotengle en 2010 et la présence d'une seule bouvière dans les échantillons. 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 quelques signes de colonisation importante par de algues filamenteuses. Il apparaît 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 2010 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Lône de la Malourdie	0	0	0	1
Lône du Brotalet	0	26	1	4

L'abondance relative des espèces **phytophiles** et **phyto-lithophiles** (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 phyto-lithophiles sont :

Lônes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Lône de la Malourdie	0%	2.8%	8%	0.8%	10%	0%	2%
Lône du Brotalet	7%	26%	17%	12.2%	31%	27%	40%

Le pourcentage calculé reste très faible dans la lône de la Malourdie. La lône du Brotalet renferme un mélange d'espèces caractéristiques des annexes fluviales (espèces cibles) et la fréquentation de cette annexe par les espèces phytophiles (brochet, tanche) reste importante en 2010, ce qui témoigne de l'évolution progressive des caractéristiques de l'habitat au sein de cette lône.

Secteur de Belley

L'échantillonnage de la faune piscicole a été réalisé dans 5 lônes restaurées du secteur de Belley entre 2005 et 2010.

Les **très faibles effectifs** capturés et la faible richesse spécifique (maximum 6 espèces dans la lône Fournier) dans les lônes du secteur de Belley constituent **le fait marquant** de l'échantillonnage 2010 (tableau 2.7.2). Ce phénomène avait déjà été souligné à la suite de l'échantillonnage de 2009.

	BOU	BRE	BRO	CHE	EPI	GAR	GOU	LOF	PER	PES	TAN	VAI	Total	Nb sp
Lône des Luisettes				1	6	1							8	3
Lône Moiroud	4			3					5			1	13	4
Lône Béard			1										1	1
Lône Fournier		1	1		3			8		1	2		16	6
Anse de Yenne				8			7					3	18	3
Total	4	1	2	12	9	1	7	8	5	1	2	4	56	12

Tableau 2.7.2 : effectifs capturés par espèce des lônes de Belley en 2010.

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.

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 nyctémérales 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 réduisant considérablement la largeur et la profondeur du chenal entre la zone amont et la zone aval (communication de plus en plus ténue), sédiments fins (limons) 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 lenticule, 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. Les faibles effectifs de 2010 confirment le résultat obtenu en 2009.

Les abondances brutes des espèces cibles en 2010 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Luisettes	0	0	0	0
Moiroud	0	0	4	0
Béard	0	0	0	1
Fournier	0	2	0	1
Anse de Yenne	0	0	0	0

Comme en 2009, Les espèces cibles n'ont quasiment pas été échantillonnées en 2010 dans les annexes fluviales de Belley.

Les abondances relatives des espèces phytophiles et phyto-lithophiles sont :

Lônes	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Luisettes	53%	38%	50%	15%	11%	13%
Moiroud	50%	34%	25%	2%	0%	38%
Béard	7%	31%	50%	0%	38%	100%
Fournier	5%	4%	20%	9%	0%	25%
Anse de Yenne	9%	20%	2.2%	1%	0%	0%

L'interprétation de ces pourcentages n'est pas envisageable en raison des faibles effectifs capturés.

Secteur de Brégnier-Cordon

Les lônes suivies ont des caractéristiques morphologiques et hydrauliques différentes.

La **lône de Chantemerle** n'a pas été modifiée par le programme de restauration. Elle est alimentée par l'amont (débit faible), 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 des 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 et la faible richesse spécifique dans la lône Vachon sont difficilement attribuables à une cause particulière. Les espèces rencontrées après restauration dans la lône Mattant attestent du caractère **courant de ce bras secondaire** du Rhône : truite fario, spirilin, hotu, barbeau fluviatile et chabot.

La **lône des Granges** est un chenal de crue à fond de galets et 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, elle 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 ($\approx 600\mu\text{S/cm}$) par rapport aux eaux du Rhône ($\approx 300\mu\text{S/cm}$). 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, vandoises) qui trouvent dans cette zone des abris ligneux importants.

La **lône du Ponton** et celle 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, production primaire importante en été, 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 2010 (tableau 2.7.3) confirment ceux des années précédentes bien que les effectifs échantillonnés soient plus faibles, à l'exception de la lône de Chantemerle. Ils sont cependant bien supérieurs à ceux enregistrés dans les lônes de Belley.

	Lône de Chantemerle	Lône des Granges	Lône Vachon	Lône des cerisiers	Lône Mattant	Lône des Molottes	Lône du Ponton	Total
ABL					3			3
BAF	2		4	3	9			18
BOU		3				110	77	190
BRB			1			8	26	35
BRE	1	2	1			4	2	10
BRO	3	1		1		2		7
CHE			43	7	19	24	34	127
EPI		32	2	14				48
GAR	114						24	138
GOU	2		6		7		5	20
LOF				31	7			38
LPP					1			1
PER	8	1	9	2	3			23
PES	1	4	1			10	10	26
PSR				1		7	24	32
ROT	3	1				6	5	15
SPI					2			2
TAN	1				1	3	13	18
VAI				5		6	2	13
VAN				4	1			5
Total	135	44	67	68	53	180	222	769
Nb sp	9	7	8	9	10	10	11	20

Tableau 2.7.3 : effectifs capturés par espèce des lônes de Brégnier-Cordon en 2010.

Le nombre d'espèces échantillonnées en 2010 varie entre 7 (lône des Granges) et 11 (lône du Ponton). Comme les années précédentes la lône des Molottes et celle du Ponton possèdent les effectifs les plus importants (bien qu'inférieurs à ceux des années précédentes). Les effectifs capturés dans la lône Mattant et la lône des cerisiers sont également inférieurs à ceux des années antérieures. Par contre la capture de 114 juvéniles de gardons dans la lône de

Chantemerle constitue un événement exceptionnel, cette lône étant habituellement très pauvre en poissons.

Ces résultats viennent confirmer les observations faites dans le secteur de Belley, avec un succès de reproduction bien plus faible en 2010 que lors des années 2007 et 2008, notamment pour la lône des Molottes et celle du Ponton. Dans ces deux annexes, l'espèce dominante en 2010 est la bouvière.

Ces deux lônes constituent des milieux propices à la reproduction et à la croissance des juvéniles de nombreuses espèces (97% des effectifs capturés sont des juvéniles de l'année).

Contrairement aux résultats obtenus les années précédentes dans la lône Mattant, les effectifs capturés sont très faibles et les espèces rhéophiles (truite, chabot, spirin, vairon, vandoise, barbeau) sont absentes ou peu représentées. On notera la présence de la lamproie de Planer.

Les abondances brutes des espèces cibles en 2010 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Chantemerle	3	1	0	3
Granges	1	0	3	1
Vachon	0	0	0	0
Cerisiers	0	0	0	1
Mattant	0	1	0	0
Molottes	6	3	110	2
Ponton	5	13	77	0

Ces valeurs mettent en évidence les différences entre les lônes fermées à l'amont et relativement profondes (Molottes et Ponton) et les autres. Les valeurs sont assez similaires à celles de 2008 sauf pour la lône des Molottes et celle du Ponton où l'on enregistre une augmentation des effectifs, ce qui confirme que ces deux lônes acquièrent progressivement des caractéristiques d'habitat propices au développement des espèces lénitiques.

Les abondances relatives des espèces phytophiles et phyto-lithophiles sont :

Lônes	2006	2007	2008	2009	2010
Chantemerle	15%	25%	80%	77%	96%
Granges	45%	20%	20%	31%	40%
Vachon	19%	12%	0%	19%	16%
Cerisiers	5%	21%	14%	8%	6%
Mattant	16%	3%	3%	14%	13%
Molottes	54%	43%	11%	35%	17%
Ponton	61%	24%	64%	82%	42%

Ces pourcentages sont variables d'une année à l'autre mais restent importants dans les lônes de Chantemerle, Granges et Ponton en 2010, dans lesquelles les caractéristiques d'habitat et en particulier la présence de macrophytes et de bois morts sont favorables aux espèces phytophiles et phyto-lithophiles. La faible valeur obtenue dans la lône des Molottes est essentiellement due à la forte abondance relative de la bouvière en 2010.

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 et 2010 (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. Vingt espèces ont été échantillonnées en 2010 et les effectifs totaux capturés sont très voisins de ceux de 2007.

Les données brutes sont présentées en annexe 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. Cette lône est très riche en habitats favorables pour les poissons. 17 espèces ont été échantillonnées, le gardon, le chevine et la perche commune sont les 3 espèces les plus abondantes. Le brochet et le sandre n'ont pas été capturés en 2010. Les abondances relatives de chacune des autres espèces représentent moins de 7%. Parmi les espèces capturées, on notera la présence de l'anguille, de la bouvière, du silure, du rotengle et de la tanche. 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 relativement faibles et l'espèce la plus abondante est le chevine.

Espèces	2007	2008	2009	2010
ABL	5,3%	7,6%	2,2%	23,0%
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%
BRB		0,2%	7,3%	4,3%
BRE	1,6%	0,2%	4,5%	7,1%
BRO	0,8%	0,3%	1,1%	
CAG		0,3%	0,6%	0,3%
CAS		0,2%		
CHA		0,2%		
CHE	4,1%	8,3%	24,1%	13,2%
GAR	58,4%	30,0%	42,6%	24,3%
GOU	6,9%	15,1%	1,7%	3,1%
GRE		0,3%		
HOT	14,6%	0,7%		0,9%
LOF	0,8%	2,0%	8,4%	1,2%
PCH	0,8%	0,2%		0,9%
PER	2,0%	0,5%	1,7%	4,6%
PES	0,4%	0,2%	0,6%	1,8%
PSR		5,1%	0,6%	6,4%
ROT		1,2%	0,6%	1,2%
SAN		0,2%		
SIL		0,2%	1,7%	0,6%
TAN			0,6%	2,1%
VAI				0,3%
VAN	1,2%	7,6%	2,2%	23,0%
Eff Total	112	268	99	148
Nb sp.	15	23	17	20

Tableau 2.7.4 : abondances relatives des différentes espèces échantillonnées dans le système « Platière » entre 2007 et 2010, 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. 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. Onze espèces, dont la plupart appartiennent à la guildes des phytophiles ou à celle des phyto-lithophiles, ont été échantillonnées en 2010. La totalité des poissons capturés était de petite taille et la proportion de juvéniles de l'année représentait 84%. L'ablette était largement dominante dans les échantillons (50%). On notera, comme en 2008, une forte proportion de l'espèce introduite pseudorasbora (13%).

Secteur de Montélimar

La lône de la Roussette a été échantillonnée pour la première fois en automne 2009, puis en automne 2010 dans le cadre de l'établissement de l'état initial. La dimension de la lône est relativement importante mais la profondeur souvent faible. Comme l'année précédente, les résultats de la pêche sont très pauvres : 7 chevaines, 1 loche franche, 2 perches communes et 3 tanches.

Secteur de Donzère

Six lônes ont été sélectionnées parmi les lônes présentes sur le secteur de Donzère. L'échantillonnage a été réalisé en septembre 2010 ; les résultats bruts des pêches sont consignés dans le tableau 2.7.5.

Espèces	Lône du Bayard	Lône de Caderousse	Lône Malaubert	Lône de la Grange écrasée	Lône des Joncs	Lône du Carré
ABL			1		4	14
BAF			9			
BBG	1					
BOU	54					20
BRB					2	6
BRE						1
BRO		1	1	3		
CAG						10
CCO					2	
CHE	4		10		145	25
GAR	12	2	5	8	53	1
GOU	3		3		51	1
LOF			4		12	
PCH	1					1
PER			2			
PES	18	5		21		14
PSR					34	70
ROT	126	25		5	1	
SPI			6			
TAN	3	1				9
VAI			17			
Total	222	34	58	37	304	172
Nb sp	9	5	10	4	9	12

Tableau 2.7.5 : abondance des différentes espèces échantillonnées dans les lônes du secteur de Donzère en 2010 (25 E.P.A.).

Vingt et une espèces ont été capturées au cours de cette campagne de pêches. Trois espèces ont une abondance relative supérieure à 10% (chevaine, rotengle et pseudorasbora, Figure 2.7.1).

Les effectifs sont plus importants dans deux l  nes : la l  ne du Bayard et la l  ne des joncs. La très forte proportion de rotengles dans la l  ne du Bayard est une des caractéristiques de cette l  ne, il est accompagné d'autres espèces lénitophiles comme la bouvière, la perche-soleil et la tanche. Dans la l  ne des joncs, chevaine, gardon, goujon et pseudorasbora sont les espèces dominantes. La l  ne Malaubert qui possède des sections courantes, abrite des espèces rhéophiles comme le vairon, le spiralin, la loche franche et le barbeau fluviatile. La l  ne du Carré abrite essentiellement des chevaines, des pseudorasbora, des perches soleil et des bouvi  res. Les effectifs échantillonnés dans la l  ne de Caderousse et celle de la Grange écrasée sont très faibles.

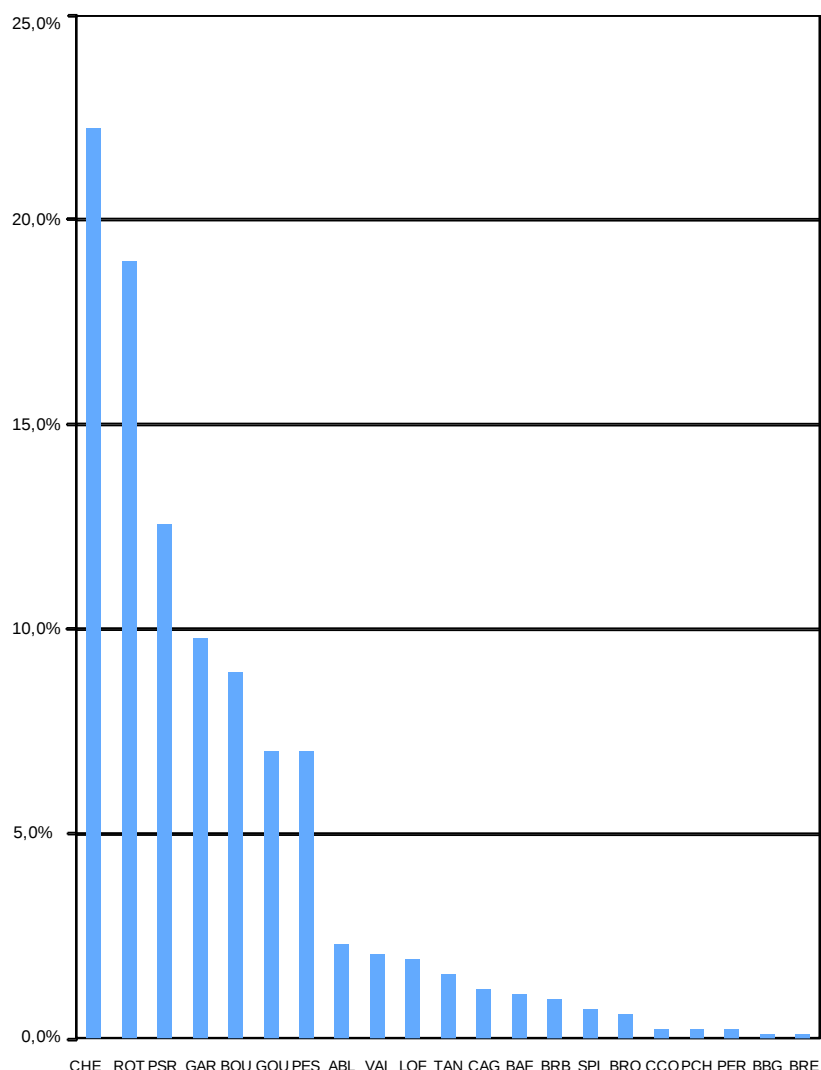


Figure 2.7.1 : Abondance relative des 21 espèces échantillonnées dans les l  nes de Donzère en septembre 2010.

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. 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.

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 dans les 6 lônes sélectionnées dans le secteur de Donzère ne permet pas de conclure sur le statut de ces milieux. Plusieurs campagnes d'échantillonnage seront nécessaires pour permettre une évaluation pertinente du rôle potentiel de ces lônes pour les populations de poissons.

Ces annexes abritent réellement une biodiversité piscicole importante puisque 27 espèces de poissons ont été échantillonnées dans les différentes lônes en 2010 (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 4 individus (lône Béard – 2007) et 632 ind. (lône du Ponton – 2008). Six des quatorze lônes échantillonnées possèdent des abondances moyennes supérieures à 100 ind./25 E.P.A. Dans ces lônes, les proportions de juvéniles de l'année sont toujours importantes (en moyenne 73%) mettant en lumière le rôle de site de reproduction et de grossissement pour les espèces rencontrées. 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 :

- 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 Chantemerle ont décru au cours des 4 années de suivi,
- 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.
- La lône Mattant semble bien jouer son rôle d'annexe courante avec des effectifs de poissons assez importants, excepté en 2008.

La situation des autres l  nes est plus singulière avec des cas de figures différents.

L��nes	Effectif total							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne
L��ne Malourdie	58	72	401	122	135	48	66	129
L��ne Brotalet	500	160	210	262	121	125	82	209
L��ne des Luisettes	-	58	156	68	41	19	8	58
L��ne Moiroud	-	10	195	32	60	6	13	53
L��ne B��ard	-	178	13	4	12	8	1	36
L��ne Fournier	-	142	69	89	69	58	16	74
Anse de Yenne	-	276	176	89	228	27	18	136
L��ne de Chantemerle	-	-	192	56	25	22	135	86
L��ne des granges	-	-	68	220	5	16	44	71
L��ne Vachon	-	-	201	51	6	73	67	80
L��ne des cerisiers	-	-	425	248	22	180	68	189
L��ne Mattant	-	-	76	145	31	143	53	90
L��ne des Molottes	-	-	68	513	411	246	180	284
L��ne du Ponton	-	-	201	421	632	300	222	355

L��nes	Pourcentage d'esp. litho-phyto & phytophiles							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne
L��ne Malourdie	0.00	0.03	0.08	0.01	0.10	0.00	0.02	0.03
L��ne Brotalet	0.07	0.26	0.17	0.12	0.31	0.27	0.40	0.23
L��ne des Luisettes	-	0.53	0.38	0.5	0.15	0.11	0.13	0.30
L��ne Moiroud	-	0.50	0.34	0.25	0.02	0.00	0.38	0.25
L��ne B��ard	-	0.07	0.31	0.5	0.00	0.38	1.00	0.38
L��ne Fournier	-	0.05	0.04	0.2	0.09	0.00	0.25	0.10
Anse de Yenne	-	0.09	0.2	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05
L��ne de Chantemerle	-	-	0.15	0.25	0.80	0.77	0.96	0.59
L��ne des granges	-	-	0.45	0.2	0.20	0.31	0.11	0.26
L��ne Vachon	-	-	0.19	0.12	0.00	0.19	0.16	0.13
L��ne des cerisiers	-	-	0.05	0.21	0.14	0.83	0.06	0.26
L��ne Mattant	-	-	0.16	0.03	0.03	0.14	0.13	0.10
L��ne des Molottes	-	-	0.54	0.43	0.11	0.35	0.17	0.32
L��ne du Ponton	-	-	0.61	0.24	0.64	0.82	0.42	0.55

L��nes	Pourcentage de 0+							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne
L��ne Malourdie	0.86	0.69	0.76	0.71	0.6	0.83	0.79	0.75
L��ne Brotalet	0.66	0.56	0.80	0.90	0.79	0.98	0.67	0.77
L��ne des Luisettes	-	0.67	0.47	0.28	0.78	0.68	0.63	0.58
L��ne Moiroud	-	0.30	0.58	0.44	0.72	0.83	0	0.48
L��ne B��ard	-	0.38	0.08	0.00	0.25	0.5	1	0.37
L��ne Fournier	-	0.88	0.94	0.57	0.83	0.69	0.25	0.69
Anse de Yenne	-	0.92	0.93	0.24	0.41	0.7	0.61	0.64
L��ne de Chantemerle	-	-	0.86	0.30	0.96	0.82	0.94	0.78
L��ne des granges	-	-	0.76	0.49	0.6	0.31	0.41	0.51
L��ne Vachon	-	-	0.79	0.27	0	0.53	0.36	0.39
L��ne des cerisiers	-	-	0.49	0.56	0.5	0.57	0.18	0.46
L��ne Mattant	-	-	0.48	0.28	0.35	0.2	0.15	0.29
L��ne des Molottes	-	-	0.90	0.88	0.96	0.66	0.97	0.87
L��ne du Ponton	-	-	0.86	0.71	0.99	0.9	0.97	0.89

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 l  nes suivies après restauration. Les valeurs moyennes les plus importantes ont été surlignées.

Une première typologie des l nes après restauration, en prenant en compte les trois paramètres cités précédemment, a été réalisée en utilisant une analyse en composantes principales norm e inter-l nes (Dolédec et Chessel, 1989). Cette analyse permet de positionner les l nes les unes par rapport aux autres sur un gradient défini par la combinaison des valeurs des trois paramètres choisis (l'effet inter-l ne est significatif). L'essentiel de l'information est synthétisé par le premier facteur de l'analyse (62% de l'inertie) (Figure 2.7.2). La proportion de juvéniles de l'année et l'abondance totale par pêche sont corrélées, montrant la contribution généralement importante de juvéniles dans les effectifs échantillonnés. La proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles est moins bien corrélée aux deux autres variables. Le premier facteur de l'analyse ordonne les l nes (centre de gravité de chaque l ne) en fonction des valeurs des 3 variables (les coordonnées des l nes sont d'autant plus grandes que les valeurs des 3 variables sont élevées). La l ne du Ponton et la l ne 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 l ne du Brotalet, puis un autre groupe composé de Malourdie et Cerisiers, puis un autre composé d'Anse de Yenne, Fournier et Luisettes. L'ordination des l nes Granges et Moiroud résulte du fait que les effectifs échantillonnés et les proportions d'espèces phytophiles et litho-phytophiles ne sont pas très élevés mais que les proportions de juvéniles restent relativement importantes (>48%). Dans les autres l nes, les valeurs des trois paramètres sont généralement faibles (Vachon, Mattant et B ard).

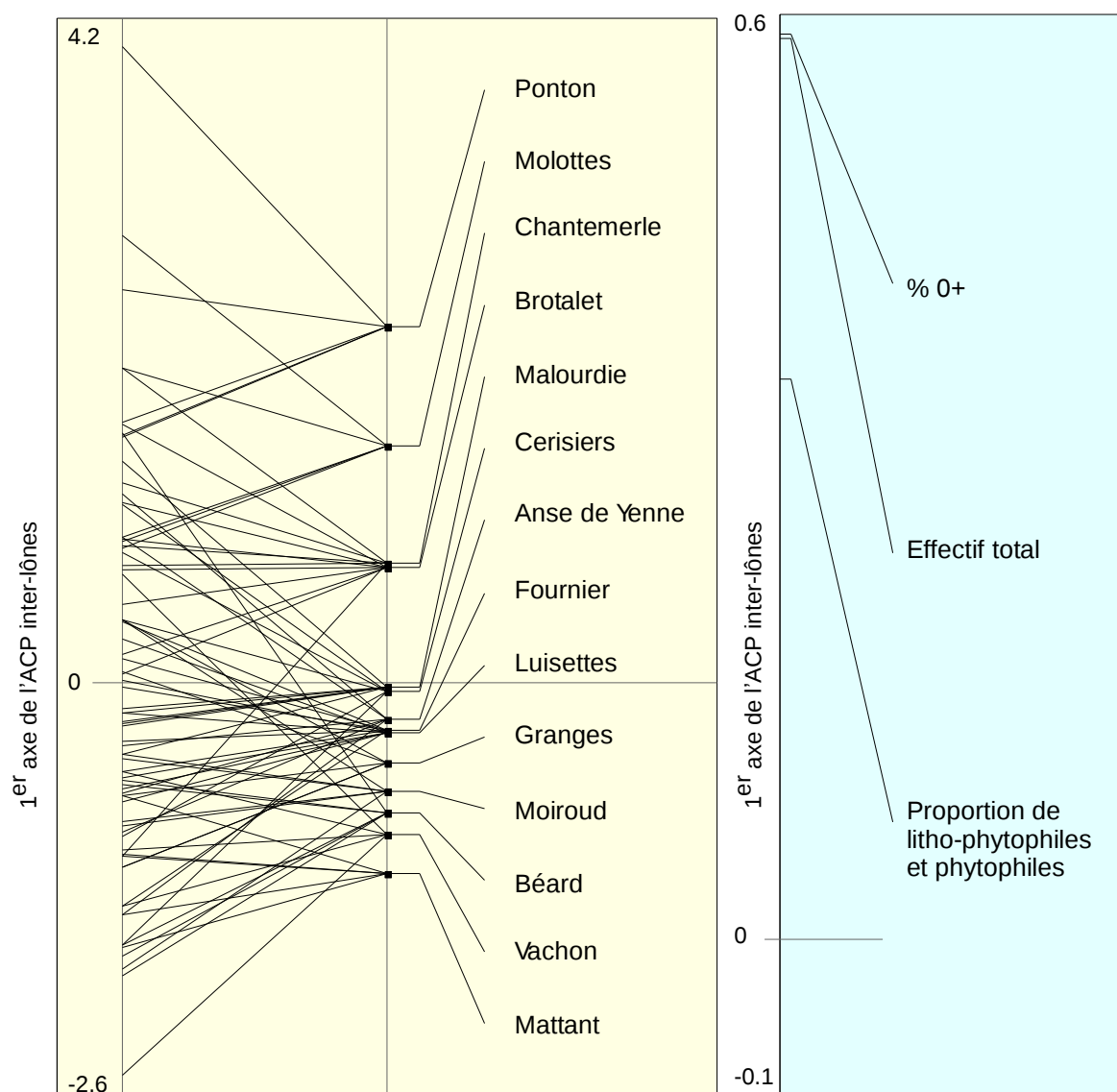


Figure 2.7.2 : ordination des l nes (  gauche) et des 3 variables retenues pour l'analyse (  droite) sur le premier axe de l'ACP norm e inter-l nes du tableau comprenant les valeurs pour chacune des 3 variables des 14 l nes après restauration.

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, br me, bouvière, brochet etc.) et présentent des densités de juvéniles très fortes. (cas des l nes 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 lenticules et la diversité des habitats (profondeur, abris ligneux, végétation aquatique) conditionne fortement l'abondance et la diversité de la faune piscicole. 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 lithophytophiles) et à la croissance des juvéniles.

Le suivi réalisé met en évidence des différences inter-annuelles importantes et une baisse des effectifs dans les lônes de Belley pour la deuxième année consécutive. Il est trop tôt pour conclure sur les raisons de ce déclin des effectifs mais une attention particulière devra être portée sur l'évolution des quantités de poissons dans ces milieux et sur les espèces rencontrées dans le suivi futur.

Une analyse intra-lônes (56% de l'effet spatial 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) réalisée sur les trois paramètres précédemment cités et portant uniquement sur les données post-restauration dans les lônes de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon 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 (Luisettes, Moiroud, 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, Mattant). 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.

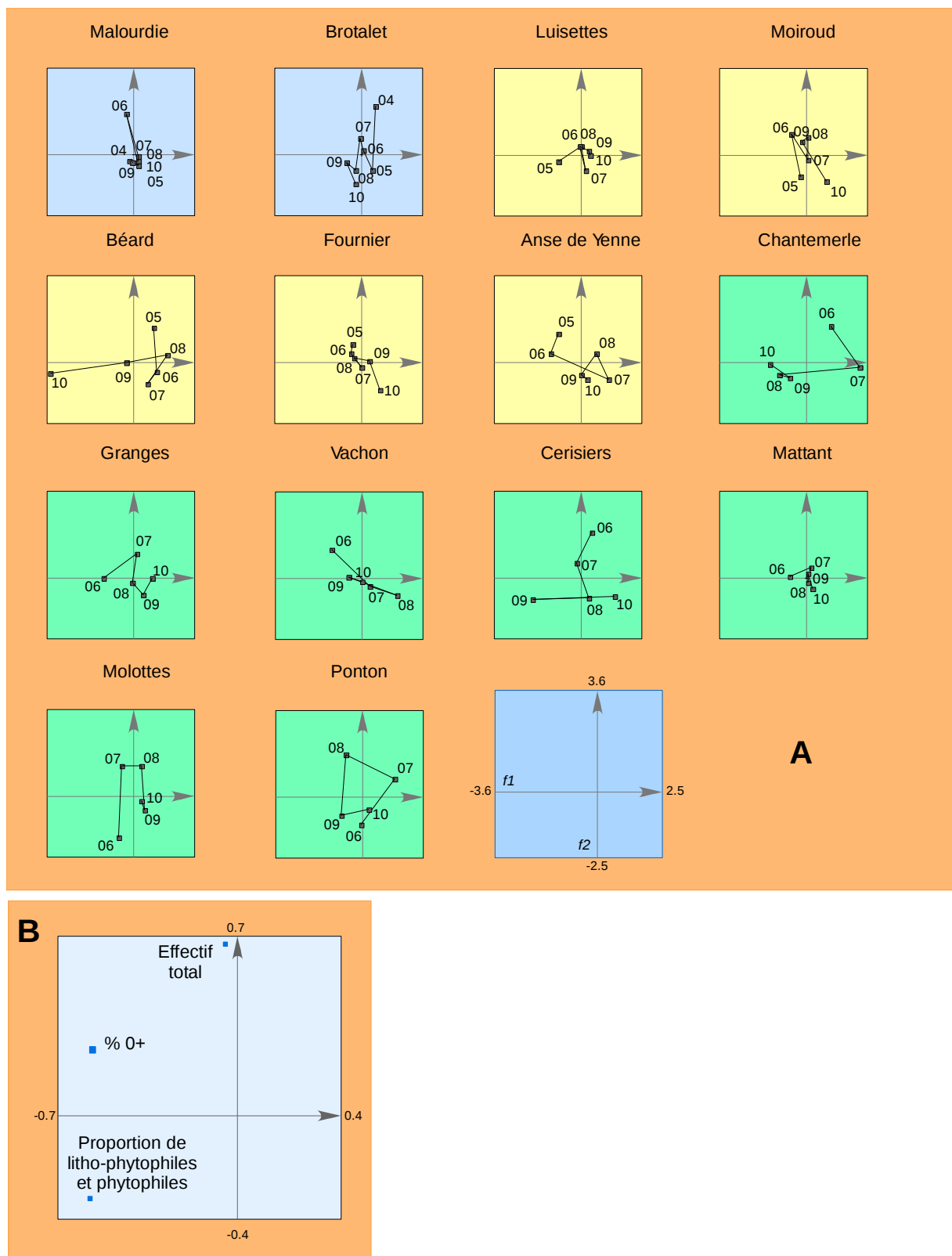


Figure 2.7.3 : ordination des dates d'échantillonnage pour chaque lône dans le plan $F1 \times F2$ d'une analyse intra-classes (intra-lônes) sur une matrice comprenant 79 pêches et 3 variables. L'inertie prise en compte par les deux premiers axes de l'analyse représente 76% de l'inertie totale.

2.7.5. Conclusions

Les attendus de la restauration des lînes 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 lenticques possédant des abris importants utilisés par les adultes de différentes espèces également présentes dans le chenal ; (3) la présence de bras secondaires courants de petites dimensions offrant des conditions d'habitats lotiques différentes et complémentaires de celles du Vieux-Rhône et souvent nécessaires aux classes d'âges intermédiaires des espèces rhéophiles (hotu, barbeau, ombre, truite ...).

Les annexes fluviales sont des sites dans lesquels la production primaire et la production secondaire sont 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.

Parmi les 14 lînes suivies après restauration sur le Haut-Rhône, **trois d'entre elles (Brotale, 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. 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 lîne ne constitue pas un site privilégié pour la reproduction et la croissance des juvéniles. Les caractéristiques piscicoles de la lîne des Cerisiers n'ont pas été changées fondamentalement après restauration, le principal problème étant la sédimentation rapide (limons) dans la partie médiane de la lîne. La lîne Vachon, malgré son caractère lotique marqué (au moins dans la partie amont), ne semble pas très fréquentée par les poissons, les raisons de cette inadéquation apparente entre les conditions d'habitat et la quasi-absence de poissons restent problématique. **La lîne Mattant a gardé ses caractéristiques de bras secondaire courant** et la faune piscicole est en adéquation avec ces conditions lotiques (truite, hotu, barbeau, spirin, loche franche, chabot...).

Les autres lînes 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 lîne des Luisettes et la lîne 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 lîne Béard compromet fortement sa colonisation par les poissons (excepté l'épinoche).

L'évolution de la sédimentation dans les annexes restaurées est un facteur clef déterminant la qualité et la diversité des habitats dans les lînes restaurées. Il est certain que le taux de sédimentation reste un facteur à surveiller en priorité dans les lînes 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 Brégner-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 2010 et sera étendu au secteur de Donzère.

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 23 %, 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, **102 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. On remarque aussi que 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 m² (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 et n+5, les tendances sont complètement inversées. Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et que 2 ans après restauration. Quatre années après restauration, 15

nouveaux taxons sont inventoriés par rapport aux observations pré-restauration (4 d'entre eux avaient fait leur apparition 2 ans après restauration). Parmi ces taxons, se distinguent notamment deux espèces de Plécoptères de la famille des Nemouridae. On note aussi l'apparition d'Ephémères plates de la famille des Heptageniidae telles que *Rhithrogena semicolorata*. Tous ces taxons témoignent d'exigences marquées pour une assez bonne qualité biologique des milieux. De plus, ces taxons sont sténothermes inféodés à des eaux dont les températures sont inférieures à 15°C. La baisse probable des températures moyennes annuelles de l'eau suite à l'augmentation des débits pourrait expliquer la présence de ces taxons au printemps et même en été, alors qu'ils n'avaient été observés uniquement en hiver avant restauration (e.g. *Nemoura* spp. ou *Rhithrogena semicolorata*). De plus, tous ces taxons ont des préférences marquées pour des eaux vives et trouveraient des conditions plus favorables après restauration.



Rhithrogena semicolorata

Quatre ans après restauration, on rencontre aussi de nouveaux taxons de Trichoptères : deux de la famille des Leptoceridae (*Mystacides azurea* et *Oecetis* spp.), un Glossosomatidae (*Agapetus* spp.), un Goeridae (*Goera pilosa*) et un Hydroptilidae (*Allotrichia pallicornis*). Ces espèces de Trichoptères sont en général inféodées à des milieux lenticques ou présentant de faibles courants. On les retrouve dans des substrats de types pierres ou galets mais aussi abondamment dans les algues filamenteuses. Ce dernier type de substrat, largement représenté dans les deux RCC, apporte une abondante nourriture à ces mangeurs de microphytes ou macrophytes vivants.

Cinq années après restauration 9 nouveaux taxons sont inventoriés. Il s'agit notamment de trois taxons rhéophiles ; les deux Plécoptères *Isoperla* sp. et *Brachyptera* sp. et l'Ephémère *Baetis lutheri*.

Globalement, après restauration et en accord avec nos attentes, le nombre de taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) augmente. On note, quatre années après restauration, l'absence de 21 taxons qui faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains qui étaient encore présents deux ans après restauration. Cette tendance est confirmée en n+5 (19 taxons rencontrés en pré et n+2 ne sont pas retrouvés en n+5).

La plupart de ces taxons sont limnophiles e.g. *Yola bicarinata*, *Mystacides* spp., *Sialis* spp. ou *Micronecta* spp. ou ubiquistes e.g. *Valvata cristata*, *Athripsodes* spp. ou *Glossiphonia complanata*. Enfin, on notera dans ce secteur la disparition inexplicable dans nos échantillons n+4 des deux taxons rhéophiles *Hydropsyche modesta* et *Limnius* spp., dont les effectifs étaient non négligeables avant restauration (118 individus *H. modesta* récoltés avant

restauration). Cette disparition est confirmée en n+5 pour *Hydropsyche modesta* mais 5 individus de *Limnius spp.* ont à nouveau été collectés en 2009.



Hydropsyche modesta

Avant restauration, seules quatre espèces exogènes étaient présentes. Deux ans après restauration, on notait l'apparition de deux nouvelles espèces exogènes invasives : le prédateur *Dikerogammarus villosus* et le bivalve *Corbicula fluminea*. Quatre années après restauration apparaît une nouvelle espèce exogène: le Crustacé *Jaera istri* dont la voie de colonisation reste encore inexpliquée. Le cortège d'espèces exogènes en n+5 est très semblable à celui de n+4.

Les résultats montrent qu'il n'existe toujours **pas de corrélation** nette entre les variations de valeurs d'habitat prédites par le modèle FSTress et les variations des densités observées sur le terrain avant et après restauration dans le secteur de Chautagne. Cependant, lorsqu'on ajoute des données long terme avant restauration (1997-2002), les prédictions expliquent alors 27% des changements observés après restauration. De même, 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**).

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 totalement submergé pour un débit estimé à $640 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les vitesses de sédimentation enregistrées les premières années après la restauration étaient exceptionnelles mais ont ensuite fortement diminué (de $44,9 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2004 à $9,6 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). La totalité du linéaire est recouvert par des dépôts de sédiments fins. L'embouchure 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 sableux. L'isolement relatif qui en résulte explique la forte décroissance des vitesses de sédimentation moyennes observées depuis 2004. 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, particulièrement en amont de l'ancien passage à gué.

Brotalet

Là encore nous ne disposons pas d'état initial avant restauration. Ce bras est déconnecté à l'amont et présente un débit de connexion estimé à $1390 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Comme le site de Malourdie, il enregistre une forte diminution des rythmes de sédimentation depuis sa restauration (de $23,2 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2004 à $9,6 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2009). L'essentiel de la sédimentation se réalise dans la partie amont de la lône. 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. Une élévation microtopographique se situant à la moitié du linéaire restauré influence les processus de dépôts : les deux tiers de la sédimentation se réalisent en effet en amont de cet élément structurant. Des processus érosifs ont été décelés sur la période « octobre 2006 - octobre 2007 », sans doute lié à l'alimentation des bras de crue latéraux. 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. En 2009, environ 15 % du fond est constitué de graviers.

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 28% de la proportion des espèces d'eau 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 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. Les très faibles effectifs échantillonnés en 2009 et 2010 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. On remarque aussi que les Ephéméroptères *Potamanthus luteus*, *Serratella ignita* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés.

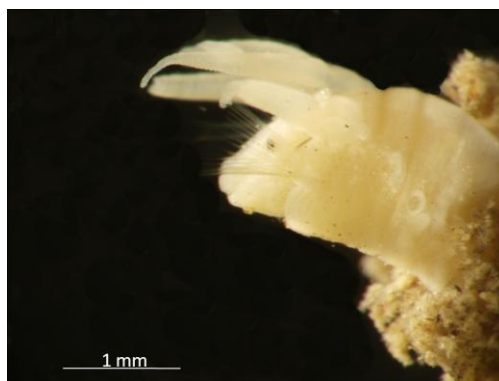


Serratella ignita

Avant restauration, **72 taxons** et 41174 individus par m² (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, les 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. Parmi ces taxons, se distinguent notamment des espèces de Plécoptères : deux de la famille des Nemouridae, une espèce d'*Isoperla* (famille des Perlolidae) et une du genre *Rhabdiopteryx* (famille des Taeniopterygidae). De plus, on note l'apparition d'Ephémères plates de la famille des Heptageniidae telles que *Rhithrogena semicolorata* et *Electrogena quadrilineata*. Dans ce secteur, on remarque aussi l'apparition du taxon *Habroleptoides spp.* (Ephéméroptère). Tous ces taxons témoignent d'exigences marquées pour une assez bonne qualité biologique des milieux. De plus, la plupart de ces taxons (exceptés *Rhabdiopteryx sp.*, *Habroleptoides spp.* et *Electrogena quadrilineata*) sont sténothermes inféodés à des eaux dont les températures sont inférieures à 15°C. La baisse probable des températures moyennes annuelles de l'eau suite à l'augmentation des débits pourrait expliquer la présence de ces taxons au printemps et même en été, alors qu'ils n'avaient été observés uniquement en hiver avant restauration (e.g. *Nemoura spp.*, *Isoperla spp.* ou *Rhithrogena semicolorata*). De plus, tous ces taxons, mis à part *Habroleptoides spp.* et *Electrogena quadrilineata*, ont des préférences marquées pour des eaux vives et trouveraient des conditions plus favorables après restauration. Après restauration, on rencontre aussi de nouveaux taxons de Trichoptères : deux de la famille des Leptoceridae (*Mystacides azurea* et *Oecetis spp.*), un Glossosomatidae (*Agapetus spp.*) et un de la famille des Goeridae (*Silo nigricornis*). Ces espèces de Trichoptères sont en général inféodées à des milieux lenticues ou présentant de faibles courants. On les retrouve dans des substrats de types pierres ou galets mais aussi abondamment dans les algues filamenteuses. Ce dernier type de substrat, largement représenté dans les deux RCC, apporte une abondante nourriture à ces mangeurs de microphytes ou macrophytes vivants. Globalement, on observe donc après restauration en accord avec nos attentes, une augmentation des taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT). 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*, *Cleon dipterum*, *Hemicleipsis marginata*, *Bidessus spp.*, *Hydraena spp.* ou ubiquistes e.g. *Valvata spp.* ou *Pediciini*.

Avant restauration, seules quatre 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 système présentait des fonds graveleux et fonctionnait comme un bras secondaire semi permanent. Le débit de connexion amont est estimé à $330 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. A l'aval, un seuil artificiel limite les possibilités de reflux à partir du Séran. Le suivi est réalisé sur les 400 premiers mètres amont. Les vitesses de sédimentation ralentissent au cours du temps (de $12,6 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2006 à 3 cm.an^{-1} en 2009). La sédimentation y est discontinue et affecte majoritairement les 200 derniers mètres. 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 octobre 2006 et octobre 2007. La zone soumise à l'érosion correspond à l'arrivée d'un chenal de connexion secondaire situé à environ trois cent mètres en aval du bouchon amont.

Moiroud

Ce bras mort est totalement déconnecté. Le débit de connexion amont est estimé à $660 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. L'embouchure aval, qui est connectée à Luisettes, est maintenant équipée d'une buse qui, lors de nos dernières observations, n'était pas en état de fonctionnement. Les vitesses de sédimentation observées sur le long terme avant restauration sont évaluées à $1,2 \text{ cm.an}^{-1}$. Après restauration l'intensité des dépôts est plus élevée (11 cm.an^{-1} en octobre 2006) puis diminue progressivement ($3,1 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2009). 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. Les épaisseurs de sédiments sont relativement homogènes sur l'ensemble du linéaire. Un décapage superficiel du fond a été mis en évidence entre octobre 2006 et octobre 2007.

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 moins de $110 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Immédiatement après les opérations (février et octobre 2006) quelques plaques de sédimentation fine étaient présentes dans l'axe médian du chenal. Depuis 2007 ces tâches ont disparu, aucune sédimentation n'est enregistrée. Seuls quelques dépôts sont observés à proximité des berges, dotées d'une rugosité plus importante.

Ile Béard

Avant restauration, les vitesses de sédimentation étaient très faibles ($0,7 \text{ cm.an}^{-1}$). 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, parfois recouvert d'une matrice 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 $1050 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Les vitesses de comblement sont plus élevées qu'avant les travaux. Elles présentent une fluctuation interannuelle marquée ($2,3$ et $5,3 \text{ cm.an}^{-1}$ en février puis octobre 2006 ; $1,3$ et 2 cm.an^{-1} en 2007 puis 2009). 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 système est celui qui enregistre la plus forte amplitude de variabilité longitudinale du recouvrement du fond par les sédiments fins, et ce, tant en phase de décapage (oct. 2006 - oct. 2007) que d'accrétion des matériaux (mars 2006 - oct. 2006 ; oct. 2007 - août 2009). A ce titre, il possède les forces tractrices moyennes les plus élevées.

Lucey :

Ce bras est alimenté en amont *via* deux buses d'1 m de diamètre. A l'instar des conditions qui avaient été observées lors de l'état initial, le système est actuellement essentiellement graveleux. 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. Les « tâches » de fines sont peu représentatives de l'ensemble. On notera 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 île - Anse de Yenne :

Avant restauration, aucune trace de sédimentation fine n'avait été observée. Étant donné que ce système est connecté en permanence à l'amont et à l'aval, son fonctionnement hydrologique est calqué sur celui du vieux-Rhône. En 2006, une seule plaque de dépôt constituée de sable moyen était observée. Le fond de ce bras courant est actuellement graveleux. Quelques plaques localisées de fines sont présentes à proximité des berges. Nous ne connaissons pas la variabilité granulométrique des alluvions grossières. La mise en place d'un bouchon amont est à surveiller.

Végétation des lînes

Statut des lînes 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	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Impatiens glandulifera</i>	
Fournier	Méso-eutrophe	Faibles	Elevé	Très faibles et ponctuels	10	algues filamenteuses	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Impatiens glandulifera</i>	
Béard	Méso-eutrophe	Présents	Faible à intermédiaire	Absents	37	<i>Lemna trisulca</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Elodea canadensis</i> et <i>Reynoutria japonica</i>	<i>Sparganium emersum</i>
Luisettes	Mésotrophe	importants	Intermédiaire	Présents	26	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Impatiens glandulifera</i>	<i>Sparganium emersum</i>

Macroinvertébrés des lînes

Deux années et demi 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 lînes du secteur a montré les tendances suivantes:

- d'un point de vue qualitatif, la composition globale du peuplement de macroinvertébrés après restauration n'a pas subi de changements radicaux par rapport à la situation de référence en 2003-04. La faune des cinq lînes est structurée aux deux périodes de façon similaire par le gradient de connectivité des sites avec le fleuve. Toutefois, les peuplements analysés dans chaque site montrent un décalage général vers une composition où s'amplifient les taxons rhéophiles témoignant de l'influence du fleuve (certains Coléoptères, Trichoptères et Ephéméroptères) et diminuent ou disparaissent parallèlement les taxons de milieux isolés et riches en végétation aquatique (Mollusques Gastéropodes indigènes au Rhône, certains Coléoptères). Les métriques basées sur les richesses taxonomiques confirment cette tendance, avec une augmentation globale de la richesse des insectes EPT réagissant positivement à une augmentation de la connectivité au Rhône, et une diminution globale de la richesse des Mollusques Gastéropodes, réagissant négativement à cette même modification. Sur un grand nombre de sites, les Odonates et les Trichoptères montrent des augmentations de richesse importantes par rapport à l'état observé en 2003-04.
- D'un point de vue quantitatif, la densité observée des peuplements d'invertébrés a subi une augmentation, celle-ci est plus marquée dans les sites les plus déconnectés du fleuve.
- Au-delà de ces tendances globales, une analyse des changements par site en tenant compte des types de modifications causées par la restauration, fait apparaître une diversité de trajectoires individuelles, responsables du maintien d'une diversité de conditions après restauration. Ainsi, les sites directement modifiés par curage ou suction des sédiments peuvent montrer des tendances contrastées : absence de tendance marquée au niveau des indicateurs de richesse (Fournier amont), baisse générale de ces indicateurs (Béard amont) ou tendances variées des trois indicateurs retenus (Moiroud aval). Les sites nouvellement créés sont généralement proches, en termes de composition, des sites voisins géographiquement et ont des richesses moyennes (gastéropodes) ou faibles (richesse totale, EPT).
- 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. 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. 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.
- Les tendances observées pour les métriques présentées ici (composition des peuplements, richesses taxonomiques, statut des espèces) révèlent un fait marquant, soit l'absence de distinction nette entre les sites nouvellement créés ou profondément remaniés par curage, les sites simplement influencés par l'augmentation des débits réservés, et la lône de Chantemerle, considérée a priori comme un témoin du fait de sa localisation. Cette dernière connaît en effet, comme d'autres lônes restaurées, et parfois de façon plus marquée, des dérives similaires concernant l'augmentation des taxons rhéophiles, de la richesse totale et des espèces non-indigènes. Il conviendrait de vérifier si l'augmentation des débits réservés dans le court-circuit n'entraîne pas également un soutien des débits au droit de Chantemerle durant les phases de rétention dans le canal d'amenée. De même, un site comme l'amont de la lône de Moiroud, non recreusé, mais probablement affecté par une crue décapante lors de la période d'étude après restauration, montre des niveaux de changement faunistique égaux ou supérieurs à ceux observés dans les milieux recreusés. Ces constatations incitent donc à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats et renforcent la nécessité d'utiliser d'autres lônes de référence pour estimer les changements induits par la restauration.
 - Il apparaît ainsi que, même s'il est indéniable que la dérive des peuplements vers une composition plus rhéophile est un effet attendu de l'augmentation des débits réservés et des connexions entre le Rhône et les milieux alluviaux, l'augmentation concomitante et généralisée des densités observées et de la richesse des Odonates et de certains Trichoptères peut orienter l'interprétation vers l'effet des conditions climatiques de l'année 2003 qui se trouve être notre année de référence. Certaines des tendances observées pourraient ainsi résulter d'une interaction complexe entre les effets de la restauration (augmentation de l'influence du fleuve sur les lônes) et la "récupération" des conséquences thermiques et hydrologiques de l'année 2003.
 - 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 $p=7 \times 10^{-12}$). 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.

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. Les lône des Molottes et celle du Ponton, recréées 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. On remarque aussi que le Mollusque *Theodoxus fluviatilis* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés.



Theodoxus fluviatilis

Avant restauration, **86 taxons** et 36719 individus par m² (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 m²).

Avant restauration, six 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 2000, un bouchon alluvial a été artificiellement mis en place. Bien que présentant une fréquence de connexion amont élevée (débit de connexion estimé à $70 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$), 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 moitié du linéaire de ce système est graveleux. Ceci s'explique par la fréquence élevée des connexions amont. Les processus de décantation sont effectifs dès lors que le bras mort est déconnecté. Les vitesses de comblement sont stables au cours du temps (env. 2 cm.an^{-1}).

Granges

Initialement la lône se trouvait 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 ($2,5 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2006, 1 cm.an^{-1} en 2007 et $1,6 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2009). Le débit de submersion du bouchon amont est estimé à $860 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. 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. Plus des deux tiers du linéaire de la lône est constitué d'un fond graveleux. 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 lône a enregistré une phase de décapage entre octobre 2006 et octobre 2007.

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. La mise en place d'un bouchon alluvial amont et l'engrèvement de la lône sont à surveiller.

Cerisiers

Sur ce système, seul les dépôts situés à la confluence de la lône avec la Bièvre ont été curés. Avant intervention, ce bras mort enregistrerait des dépôts de granulométrie très variable se composant de sables moyens à fins ainsi que de limons moyens. Ce système correspond à un bras courant semi permanent. Le débit de connexion est estimé à $100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Après restauration, l'essentiel de la sédimentation se réalise au sein d'une mouille localisée au droit de la confluence avec la Bièvre. Une seconde mouille se situant approximativement au deux tiers du linéaire total explique également une part non négligeable des dépôts. La granulométrie des dépôts en post intervention est similaire à celle observée dans les conditions initiales.

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 et les dépôts se composaient majoritairement de sables moyens. Immédiatement après les travaux, le système a enregistré une tendance au comblement plus prononcée ($2,7 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2006), mais en 2009 la vitesse de sédimentation annuelle moyenne n'est plus que de $0,1 \text{ cm.an}^{-1}$. Pour cette même année, 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. 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 ($2,1 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2004). 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 sédimentologique. Après restauration, les vitesses de sédimentation mesurées sont très élevées mais l'intensité diminue au cours du temps ($28,5 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2006 ; 28 cm.an^{-1} en 2007 et $19,8 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2009 ; ces taux sont à revoir étant donné que le dragage des alluvions fines jusqu'au toit de gravier n'a pas été systématique sur ce système 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 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 cet état de fait.

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 ($3,3 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2004). Seuls les 200 derniers mètres de la lône sont suivis. Après restauration, les dépôts de sédiments se composent de limons fins se caractérisant par leur homométrie et une variabilité interannuelle quasi inexistante. Les vitesses de sédimentation sont tout d'abord élevées, puis décroissent au cours du temps ($31,7 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2006 ; $26,7 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2007 ; $17,7 \text{ cm.an}^{-1}$ en 2009). 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 vieux-Rhône et un angle de connexion aval proche de 90° sont en causes.

Végétation des lînes

Statut des lînes 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	<i>Phragmites australis</i> et <i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	
Granges Nord	Eutrophe	Absent	Elevé	Présents	13	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	
Chantemerle	Eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	9	<i>Elodea nuttallii</i> et <i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	
Petite lîne aval de Chantemerle	Eutrophe	Absent	Faible	Présents et dominants	4	<i>Phragmites australis</i> et <i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	
Les Molottes	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Fort pour les processus d'alluvionnement	Présents et Dominants	18	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> et <i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Impatiens glandulifera</i>	<i>Sparganium emersum</i>
La Plaine (2008) non restaurée	Eutrophe	Présent	Faible à très faible	Présents	12	<i>Ceratophyllum demersum</i> et <i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>

Macroinvertébrés des lînes

Deux années environ après leur restauration au cours de l'hiver 2005-06, l'étude des communautés d'invertébrés aquatiques de six lînes du secteur de Brégnier-Cordon montre les tendances suivantes:

- Les changements post-restauration sont dominés par la transformation radicale des lînes Mattan et Vachon qui deviennent des chenaux secondaires où s'exerce un courant permanent. Leurs communautés d'invertébrés traduisent évidemment cette modification et sont maintenant composées d'invertébrés rhéophiles typiques du cours principal du Rhône. Face à ces modifications, les changements enregistrés dans les autres lînes sont d'un ordre de grandeur moindre mais ils peuvent également concerner des milieux non affectés par la restauration (témoins). Ceci avait également été observé à Belley avec un témoin lotique (lîne de Chantemerle). C'est le cas à Brégnier avec des milieux à tendances plus lénitiques (plésiopotamons comme la lîne de la Plaine). Comme dans le cas des lînes de Belley, la richesse des insectes EPT réagit positivement à l'augmentation de la connectivité au Rhône, avec des enrichissements très nets dans les lînes restaurées. La richesse des Mollusques Gastéropodes ne montre pas de baisse globale comme cela avait été vu à Belley. Cette stabilité est à mettre en relation avec l'existence, parmi les sites étudiés, de plusieurs milieux plésiopotamiques peu ou pas affectés par la restauration, mais aussi avec l'augmentation de richesse, ou au maintien de celle-ci, dans des milieux restaurés gardant un caractère stagnant (Lîne des Granges).
- Comme cela avait été observé dans les lînes de Belley, la densité des peuplements d'invertébrés croît de façon significative. Cette augmentation est plus marquée dans des sites restaurés gardant un caractère stagnant, mais elle affecte aussi des sites non restaurés.
- La proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes ne s'accroît 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.

- Mis à part les changements importants décrits ci-dessus pour les lônes Mattan et Vachon, les tendances observées confirment que, comme à Belley, des changements notables peuvent se manifester au sein des communautés de sites non-restaurés. De telles fluctuations inter-annuelles sont bien sûr attendues dans les écosystèmes étudiés. Elles incitent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats et renforcent la nécessité 1) d'utiliser des sites de référence pour estimer les changements induits par la restauration 2) d'effectuer des suivis à long terme. De plus, comme cela avait été souligné dans l'étude menée à Belley, certains sites (Mattan, Vachon) ont été échantillonnés avant restauration au cours de l'été 2003 et du printemps 2004. Bien que le changement hydrologique radical subi par ces deux lônes ne fasse aucun doute, il convient de ne pas négliger, dans l'analyse des suivis post-restauration, l'hypothèse d'interactions complexes entre les effets de la restauration (augmentation de l'influence du fleuve sur les lônes) et ceux des changements climatiques globaux.

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.

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 hotus et barbeaux adultes. Les espèces de petite taille comme le vairon et le spiralin sont très abondants.

Macroinvertébrés

Avant restauration, **66 taxons** et 27663 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Miribel. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique les plus faibles parmi 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. On remarque aussi que le Mollusque *Corbicula fluminea* est particulièrement bien représenté.

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

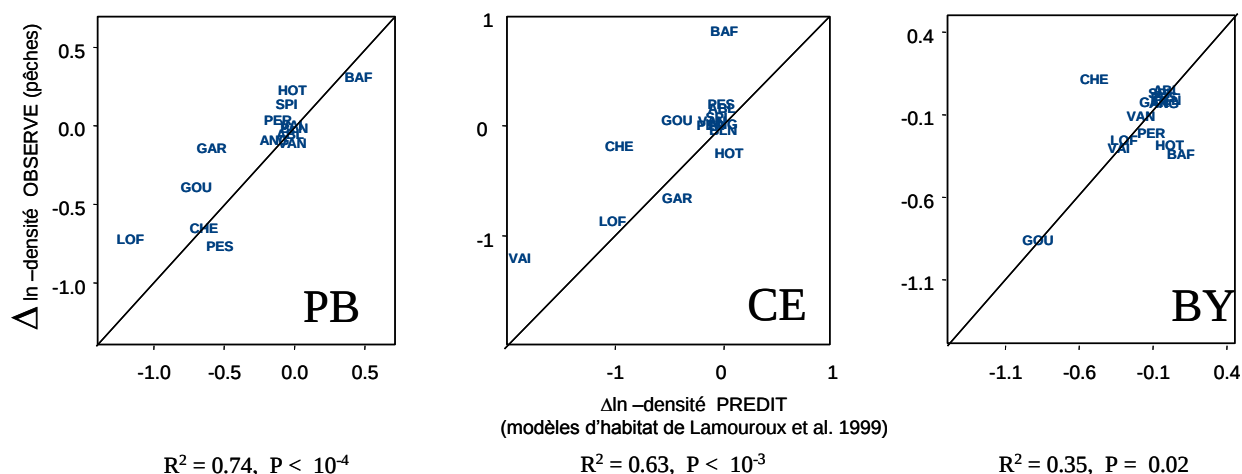


Corbicula fluminea

3.5 Pierre-Bénite

Au sein du chenal principal, la hauteur d'eau moyenne au débit minimum a doublé et la vitesse moyenne a été multipliée par cinq après augmentation du débit minimum. La structure des communautés de poissons a été fortement modifiée, conformément aux prédictions scientifiques réalisées sur le site : la proportion des poissons typiques des eaux courantes (barbeau fluviatile, hotu, ablette, vandoise) est passée de 15% à 42%. Ce changement est significatif, dynamique, et a concerné en priorité les jeunes stades via une amélioration des conditions de reproduction.

Les modèles d'habitat les plus détaillés appliqués sur les sites du Rhône ont fourni des prédictions "à l'aveugle" particulièrement précises des changements de log-densités des poissons et des invertébrés observés à Pierre-Bénite. 75% des changements de log-densités des principaux taxons de poissons et d'invertébrés ont pu être prédits avec succès. Les prédictions comme leurs tests ont fait et feront l'objet de publications internationales.



Sédimentation des lônes

Ciselande

Nous ne disposons pas d'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 (0,2 cm.an⁻¹ en 2003 ; 2,1 cm.an⁻¹ en 2004 ; 1,4 cm.an⁻¹ en 2007 ; 0,9 cm.an⁻¹ en 2009). Les dépôts se réalisent principalement sur l'extrémité aval de son tracé dans une section élargie. Sur la période 2007-2009, ce système 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. La granulométrie des dépôts est clairement comprise dans la classe des sables moyens.

Jaricot

Nous ne disposons pas d'état initial pour ce site. Le bras mort n'est connecté en permanence au vieux-Rhône qu'en 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 730 m³.s⁻¹. Les vitesses moyennes de sédimentation diminuent au cours du temps (4,2 cm.an⁻¹ en 2003 ; 2,3 cm.an⁻¹ en 2007 ; 1,3 cm.an⁻¹ en 2009). Tout comme le bras vif de Ciselande, ce système enregistre une phase de décapage sur la période 2007-2009 (passage de 91 % à 70 % de linéaire recouvert par les fines). 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 en 2009 leur organisation est plus disparate. Les « tâches » possèdent une contribution à la sédimentation totale plus forte, laissant ainsi présager une redistribution interne des sédiments de l'amont vers l'aval.

Table-ronde

Nous ne disposons pas d'état initial pour ce site. Depuis les opérations de restauration, l'intensité annuelle moyenne de sédimentation décroît clairement au cours du temps (8,3 cm.an⁻¹ en 2003 ; 7,3 cm.an⁻¹ en 2006 ; 3,6 cm.an⁻¹ en 2007 ; 2,9 cm.an⁻¹ en 2009). Les épaisseurs cumulées augmentent de l'amont vers l'embouchure de la lône. 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.

Végétation des lînes

Statut des lînes 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	<i>Ceratophyllum demersum</i> et algues filamenteuses	<i>Elodea nuttallii</i> et <i>Solidago</i> sp.	<i>Najas marina</i>
Ciselande	Eutrophe à Hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	26	<i>Elodea nuttallii</i> et <i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Elodea canadensis</i> et <i>Solidago</i> sp.	<i>Najas marina</i>
Jaricot	Mésotrophe	Important	faible à intermédiaire	Présents	22	Algues filamenteuses et <i>Sparganium emersum</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Sparganium emersum</i>

3.6 Péage-de-Roussillon

Poissons

23 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

Avant restauration, **74 taxons** et 22579 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Péage-de-Roussillon soit 21 taxons de plus que dans le secteur le plus proche de Montélimar. Le peuplement est dominé par des espèces de la famille des Caenidae, des Hydropsychidae, des Hydroptilidae, des Chironomidae et des Pontogammaridae. On remarque aussi que les Mollusques *Corbicula fluminea*, *Potamopyrgus antipodarum* et *Ancylus fluviatilis*, le Crustacé *Chelicorophium curvispinum* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés.

Un total de 12 espèces exogènes font partie du cortège faunistique. Certaines sont très bien implantées comme par exemple *Dikerogammarus villosus*, *Corbicula fluminea* ou *Chelicorophium curvispinum*.



Potamopyrgus antipodarum



Ancylus fluviatilis

Sédimentation des lônes

L'état avant restauration de ces bras sera renforcé par un deuxième observé prévu pour cet été. Des piézomètres ont été installés au mois de Janvier 2011 (Platière amont, Noyer Sud, Ilon, Boussarde et Sainte). Les sondes doivent être enlevées puis redéployer à la suite des opérations de restauration devant débuté fin 2011.

Casiers d'Arcoules

Un casier sur deux a été sondé en 2007. L'épaisseur moyenne des sédiments est de 73 cm ($\sigma = 67$ 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 ($\sigma = 7$ cm). Les dépôts ne sont observés que dans la partie centrale du tronçon prospecté. En terme 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 ($\sigma = 34$ 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 de 2007 effectuée 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 ($\sigma = 32$ 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 ; $\sigma = 45$ cm). Le reste du linéaire est moins sensible à la sédimentation (ép. moy. = 39 cm ; $\sigma = 34$ 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. Des dépôts de sables fins se réalisent à l'extrémité aval de la lône.

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 ($\sigma = 25$ cm). La gamme granulométrique observée est vaste et s'étend des sables moyens aux limons moyens, ce qui démontre que les conditions hydrauliques intra-lône sont très hétérogènes.

Végétation des lînes

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

Statut des lînes 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	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Vallisneria spiralis</i> et <i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Nymphoides peltata</i> et <i>Najas marina</i>
La platière	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents ponctuellement	14	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Vallisneria spiralis</i> , <i>Lemna minuscule</i> , <i>Lemna minor</i> et <i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i>
Casiers Girardon (amont platière)	Hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	22	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Najas marina</i> et <i>Phragmites australis</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i> , <i>Najas minor</i>
Noyer nord	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Faibles	22	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ranunculus fluitans</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> et <i>Najas marina</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i> , <i>Sparganium emersum</i>
L'ilon	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	15	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najas marina</i> , <i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i>
La sainte	Mésotrophe à Eutrophe	Absent	Faible à intermédiaire	Importants	17	<i>Rorippa amphibia</i> , <i>Polygonum mite</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Egeria densa</i> , <i>Solidago sp.</i>	
La Boussarde (2009)	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Elevé	Présents	13	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i>

Macroinvertébrés des lînes

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

Parmi ces lînes, certaines sont des milieux lotiques permanents du fait d’une connexion complète avec le Rhône (Lîne de la Platière et Noyer Nord) et sont caractérisés par des taxons rhéophiles (*Baetis sp.*, *Proclon 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 m² (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 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. On remarque aussi que 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/m²).



Dikerogammarus villosus

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. Lors des observations de 2009, les 750 derniers mètres 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 ($\sigma = 83$ 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	<i>Lemna minuscula</i> , <i>Spirogyra</i> sp., <i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	
Barcasse	Hyper-eutrophe	Absent	Faible	Absents	7	<i>Lemna minuscula</i> , <i>Lemna gibba</i>	<i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Acer negundo</i>	

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., *Proclon 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 2008-2009 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, spirilin).

L'échantillonnage des poissons des lônes a été effectué en septembre 2010, montrant une grande hétérogénéité de composition faunistique entre les lônes.

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

Avant restauration, **76 taxons** et 53806 individus par m² (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 Donzère 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. On remarque aussi que 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/m²).

Sédimentation des lônes

L'état avant restauration de ces bras sera renforcé par un deuxième observé, prévu pour cet été. Des piézomètres vont être installés dans les semaines à venir.

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 ($\sigma = 53$ 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 ; $\sigma = 61$ cm). De vastes zones sont recouvertes par *Ludwigia* et participent 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 ($\sigma = 46$ 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 dominant (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 ($\sigma = 34$ cm). En termes de granulométrie du substrat, les cinq prélèvements réalisés en 2009 indiquent que les processus de décantation dominant 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 ($\sigma = 47$ 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 ($\sigma = 23$ 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 $5,1 \text{ cm.an}^{-1}$. 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 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 ($\sigma = 26$ 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 ($\sigma = 45$ 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	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Ludwigia peploides</i> , <i>Amorpha fruticosa</i>	<i>Sparganium emersum</i> , <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Najas marina</i>
Malaubert II (bras secondaire)	Eutrophe	Faible	Intermédiaire à fort	Présents	6	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Elodea nuttallii</i> , <i>Egeria densa</i>	<i>Najas marina</i> , <i>Sparganium emersum</i>
Carré	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	22	<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Egeria densa</i>	Absentes
Malatras	Eutrophe		Faible		3	<i>Scirpus lacustris</i>	Absentes	Absentes
Joncs	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Intermédiaire à fort	Présents	7	<i>Phragmites australis</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	Absentes
Caderousse	Eutrophe	Présent	Faible	Présents	26	<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Amorpha fruticosa</i>	<i>Sparganium emersum</i>
Grange Ecrasée	Eutrophe	Présent	Elevé	Présents	27	<i>Egeria densa</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Ludwigia peploides</i>	<i>Egeria densa</i> , <i>Ludwigia peploides</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Elodea nuttallii</i>	<i>Najas marina</i> , <i>Sparganium emersum</i>
Grange Ecrasée II (Bras secondaire)	Eutrophe	Absent ou faible	Faible	Présents	11	<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Amorpha fruticosa</i>	<i>Sparganium emersum</i>
Republique	Eutrophe à hyper-eutrophe	Absent	Faible	Présents	21	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Ludwigia peploides</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Azolla filiculoides</i>	<i>Najas marina</i> , <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Najas minor</i>
Bayard	Eutrophe	Absent ou faible	Faible	Présents	26	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Ludwigia peploides</i>	<i>Najas marina</i>

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.*, *Proclon 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/m² 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 3 sites candidats à la restauration, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon et ce tant dans les sections court-circuitées que dans les lônes. Une première série de restaurations de lônes devrait débuter fin 2011 sur 2 lônes de Péage-de-Roussillon (la lône de la Sainte et la lône du Noyer Sud) et sur la lône de la Roussette à Montélimar.

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 et 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.

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 6 ans après augmentation du débit. Dans les deux autres sections court-circuitées, le constat est similaire, les changements post-augmentation de débits réservés étant difficiles à détecter. Ces délais ne semblent pas alarmant en regard des changements attendus.

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, ont augmenté après restauration en accord avec les attentes. De même, dans ces secteurs, le **nombre de taxons et d'individus rhéophiles** est **plus important après restauration alors que le nombre de taxons limnophiles** diminue. Cependant, les résultats montrent qu'il n'existe toujours **pas de corrélation** nette entre les variations de valeurs d'habitat prédites par le modèle FSTress 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. Ces résultats montrent que les changements de structure de peuplements sont progressifs après modification des débits réservés et que, dans un système complexe comme le Rhône, ces changements sont sans doute moins rapides et moins spectaculaires que dans des cours d'eau de tailles moindres. L'analyse des données collectées jusqu'en 2010 a montré l'importance de la qualité des jeux de données pré-restauration et notamment de la durée prise en compte pour décrire l'état initial, ceci a

conduit, notamment pour les peuplements de macroinvertébrés à une modification de la stratégie d'échantillonnage avec une intensification du nombre de campagnes de prélèvements pré-restauration dans les sites de Miribel et du Bas-Rhône.

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-crétation 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).

Le suivi des peuplements végétaux et animaux (macroinvertébrés et poissons) met en évidence que la colonisation par les organismes et la structuration des modalités de fonctionnement de ces nouveaux milieux s'établit 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.

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.

Les premiers résultats post-restauration ont également révélé la nécessité d'étudier de manière rigoureuse les modalités de colonisation des espèces exogènes et leur rôle potentiel dans l'évolution des milieux après restauration (compétition avec les espèces indigènes, prédation, allélopathie). Ce phénomène concerne aussi bien les espèces végétales (élodée de Nuttall et jussie par exemple) que les espèces animales et en particulier les invertébrés.

L'analyse des données collectées jusqu'en 2010 a montré l'importance de la qualité des jeux de données pré-restauration et notamment de la durée prise en compte pour décrire l'état initial, ceci a conduit, notamment pour les peuplements de macroinvertébrés à une modification de la stratégie d'échantillonnage avec une intensification du nombre de campagnes de prélèvements pré-restauration dans les sites de Miribel et du Bas-Rhône.

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.

Il conviendra également d'adopter les mesures nécessaires lors des prochaines opérations de chasses franco-suissees sur le Haut-Rhône afin de préserver au mieux la qualité des sites restaurés (Veux-Rhône et lônes).

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. & 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*.
- 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., Paillex A., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2007). Thème «invertébrés des lînes». Les communautés de macroinvertébrés de treize lînes 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.
- 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.
- Dolédéc 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 Oecologica, Oecologia Generalis*, 10 : 207-232.
- Dolédec S, Lamouroux N., Fuchs U. & Méricoux 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 animales menacées 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 lînes 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
- 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 characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, 42 : 275-299.
- Lamouroux N., Capra H. (2002). Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47, 1543-1556.
- Lamouroux N. & 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
- 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.
- Olivier J.M., André S., Dolédec S., Lamouroux N. & Mérigoux S. (2004a). Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et îlons de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Mérigoux S. & Piégay H. (2004b). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et îlons de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M., 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 îlons 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 J.M., 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 J.M., 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., Méricoux 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.
- 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. & Méricoux 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-suissees, 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
- 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.
- Walther A.C., Lee T., Burch J.B. & O'Foighil D. (2006). Confirmation that the North American ancyliid *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 Ardèche	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
BC - Brégnier-Cordon	BREGD	amont Molottes 1	BREGD_a	1985	1997	13
			BREGJ_a	1985	1997	13
			BREGV_b	2004	2005	2
	BREGV	amont Molottes 2	BREGV_c	2006	2010	5
			BREGW_b	2004	2005	2
			BREGW_c	2006	2010	5
	BREGW	aval Molottes 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 pré -restauration (2002) et post-restauration (n+2 : 2006, n+4 : 2008 et n+5 : 2009).

			Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4			Post -R n+5			
E/C/O/F	Taxons	Code	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	
Plathelminthes															
Turbellaria															
Tricladida															
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	62	7	69		2	2						
	Dugesiidae	<i>Dugesia polychroa -lugubris</i>	DUPL	11	23	34		3	3		1	1			
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	52	1293	1345		35	35	15	45	60	9	21	30
		<i>Dugesia spp.</i>	DUSP					4	4		1	1			
	Planariidae	<i>Polycelis nigra -tenuis</i>	PONT	52	15	67		4	4	3		3			
Annelida															
Hirudinea															
Arhynchobdellida															
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	4	12		1	1		3	3	4	1	5
		<i>Erpobdella spp.</i>	ERSP								1	1			
Rhynchobdellida															
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	10		10							1		1
		<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA				1	1		13	13				
		<i>Theromyzon tessulatum</i>	TTES										1		1
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	2		2									
Mollusca															
Bivalvia															
Veneroida															
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU				1	19	20	4	13	17	7	83	90
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	148	110	258	11	180	191	62	29	91	27	35	62
	Sphaeriidae	<i>Pisidium spp.</i>	PISP	1		1	1	1	2		1	1			
		<i>Sphaerium spp.</i>	SPSP	10		10					1	1	1		1
	Sphaeriidae		SPHA		62	62	1		1						
	Bivalvia		BIVA											23	23
Gastropoda															
Ectobranchia															
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI	9	2	11	2		2						
		<i>Valvata macrostoma</i>	VMAC										1	1	
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS		2	2									
		<i>Valvata spp.</i>	VASP	10	3	13									
Neotaenioglossa															
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN	1	2	3									
		<i>Bithynia sp.</i>	BITH	2		2		1	1						
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	68	6	74	30	58	88	89	298	387	70	194	264
Neritopsina															
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU					2	2	2	7	9	26	46	72
Pulmonata															
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	102	593	695	8	43	51	1198	1002	2200	188	967	1155
	Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>	RAUR										1		1

Annexe A.3.1 **Chautagne** (suite)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4			Post -R n+5		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
	<i>Radix balthica -labiata</i>	RABL	2	3	5	1		1						
	<i>Radix spp.</i>	RASP	9	1	10					72	72		2	2
	Lymnaeidae	LYMN											2	2
	Physidae	PACU	45	7	52		1	1		95	95	1	27	28
	Physidae	PHYS		1	1		1	1	1	4	5			
	Planorbidae	GALB	1	1	2									
	<i>Gyraulus albus</i>	GALB	1	1	2									
	<i>Gyraulus spp.</i>	GYS				1	9	10						
	Planorbidae	PLAN	3	4	7		2	2					1	1
	Gastropoda ind.	GAST								253	253	12	334	346
Arthropoda														
Arachnida														
	Hydracarina	ACAR	61	27	88	1	38	39	8	44	52	26	21	47
Crustacea														
Amphipoda														
	Gammaridae	GFOS	111	485	596	3	6	9	16	77	93	11	11	22
	<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	113	224	337	1	5	6	15	30	45	5		5
	<i>Gammarus spp.</i>	GASP	1457	1278	2735	2	3	5	53	10	63	37	9	46
	Pontogammaridae	DVIL				221	88	309	155	90	245	143	123	266
	Gammaridae -Pontogammaridae juv	GAPO				155	94	249	297	231	528	238	159	397
Isopoda														
	Asellidae	AAQU	21	6	27	1	1	2		2	2			
	Asellidae	ASEL								4	4			
	Janiridae	JIST								9	9		1	1
Insecta														
Coleoptera														
	Dryopidae	DRSP	2	1	3	38	14	52	4	11	15	10	1	11
	Dytiscidae	BIDE		1	1									
	<i>Bidessus spp. a</i>	BIDEa		1	1	2		2						
	<i>Yola bicarinata a</i>	YBICa	1		1									
	Elmidae	ELSP	3	17	20	2	2	4	6	8	14	33	5	38
	<i>Elmis spp. a</i>	ELSPa	1	1	2									
	<i>Esolus spp.</i>	ESSP	225	162	387	18	66	84	20	44	64	92	17	109
	<i>Esolus spp. a</i>	ESSPa	5	1	6	1		1	2		2	3		3
	<i>Limnius spp.</i>	LISP	11	33	44		1	1				3	2	5
	<i>Riolus spp.</i>	RISP	1		1				2		2	7		7
	Gyrinidae	OVIL		107	107	1	35	36		29	29		2	2
	<i>Orectochilus villosus a</i>	OVILa										2	1	3
	Haliplidae	HASP	1		1									
Diptera														
	Athericidae	ACRA		3	3					2	2			
	Anthomyidae	ANTH							1		1		1	1
	Ceratopogonidae	CERA	77	5	82	2	7	9	6	2	8	9	1	10

Annexe A.3.1 **Chautagne** (suite)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4			Post -R n+5		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
	Dasyheleinae	DASY							2		2			
	Forcipomyiinae	FORC								2	2			
Chironomidae	Chironomini	CHSP	662	229	891	42	9	51	669	424	1093	96	73	169
	Orthocladiinae	ORTH	21746	5189	26935	9155	6676	15831	29953	26359	56312	36222	18240	54462
	Tanypodinae	TANY	2026	224	2250	29	23	52	53	42	95	44	15	59
	Tanytarsini	TASP	4216	741	4957	34	67	101	398	940	1338	48	383	431
Culicidae	<i>Anopheles</i> spp.	ANSP								1	1			
Dixidae	<i>Dixa</i> spp.	DISP							2		2			
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		2									
Empididae	Clinocerinae	CLIN	6		6	1		1		4	4	5	4	9
	Hemerodromiinae	HEME	27	128	155	6	16	22	42	185	227	126	23	149
	Empididae	EMPI		1	1									
Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	1	6	7	1	3	4	54	24	78	90	3	93
	<i>Dicranota</i> sp.	DICR		1	1									
	Eriopterini	ERIO	1		1							1		1
	Hexatoma	HEXA	1		1									
Psychodidae	Psychodidae	PSSP		2	2				1		1			
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	2422	279	2701	61	918	979	1307	993	2300	110	6106	6216
Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	24	25	4	3	7		1	1		1	1
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	4		4		1	1	2	3	5		1	1
	Diptera ind.	DIPT								1	1			
Ephemeroptera														
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	1941	685	2626	179	729	908	208	387	595		553	553
	<i>Baetis lutheri</i>	BLUT										6		6
	<i>Baetis rhodani</i>	BRHO		4	4				4		4	56		56
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	595	396	991	8	80	88	84	123	207	326	113	439
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	1652	2059	3711	84	510	594	697	4113	4810	208	4088	4296
	Baetidae	BAET				8		8	52	8	60			
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	64	377	441	32	199	231	8	12	20	13	1	14
	<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	38		38	9		9	6		6	3		3
	<i>Caenis luctuosa -macrura</i>	CALM							14		14	30	10	40
	<i>Caenis</i> spp.	CASP	14	366	380	10	463	473		686	686	1	1	2
Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	921	1	922	457	3	460	166	1	167	175		175
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>helveticus</i>	EHEL	1		1									
	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	532	1542	2074	1	255	256	55	100	155	8	64	72
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	1	117	118	1	73	74	9	344	353	35	248	283
	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM							1		1	15		15
	<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS		1	1							5		5
	Heptageniidae	HEPT	1		1		23	23						
Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		1	1		1						
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	854	3003	3857	18	3567	3585	115	357	472	236	276	512
	Ephemeroptera ind.	EPHE		2	2									

Annexe A.3.1 **Chautagne** (suite)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4			Post -R n+5		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
Heteroptera														
Corixidae	<i>Micronecta spp.</i>	MISP		4	4	2		2						
Hydrometridae	<i>Hydrometra sp.</i>	HYDRO			1		1							
Megaloptera														
Sialidae	<i>Sialis spp.</i>	SISP	2		2									
Odonata														
Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	CSPL		3	3		1	1						
	<i>Calopteryx spp.</i>	CALO								1	1			
	Odonata	ODON										1	1	2
Plecoptera														
Leuctridae	<i>Leuctra gp. fusca</i>	LFUS	7		7									
	<i>Leuctra spp.</i>	LESP	121	12	133	18	2	20	20	27	47	9	2	11
	Leuctridae	LEUC				14		14	1		1	11		11
Nemouridae	<i>Amphinemura spp.</i>	AMSP							2	2	4	2		2
	<i>Protonemura spp.</i>	PRSP							2		2			
Perlodidae	<i>Isoperla sp.</i>	ISSP										1		1
Taeniopterygidae	<i>Brachyptera sp.</i>	BRSP										2		2
	Plecoptera ind.	PLEC							4		4			
Trichoptera														
Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	3		3				2	24	26		20	20
	<i>Glossosoma spp.</i>	GLSP	2	1	3				18	26	44		3	3
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL	1	5	6	1	1	2		2	2	1	2	3
	<i>Silo nigricornis</i>	SNIG								1	1			
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG					3	3						
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	52	1141	1193	3	957	960	336	893	1229	165	611	776
	<i>Hydropsyche e xocellata</i>	HEXO	129	1130	1259	27	530	557	74	159	233	22	156	178
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	23	171	194	8	104	112	61	47	108	51	145	196
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	2	116	118		25	25						
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	29	498	527	2	4	6	8		8	11	34	45
	<i>Hydropsyche spp.</i>	HYSP	3253	5196	8449	28	4796	4824	226	4961	5187	152	1594	1746
Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i>	APAL							1		1			
	<i>Hydroptila spp.</i>	HDSP	26	167	193	3	299	302	77	584	661	144	967	1111
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	11		11							1		1
	<i>Athripsodes spp.</i>	ATSP		14	14		25	25						
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS	64	3	67				8		8	3		3
	<i>Ceraclea spp.</i>	CESP	16	26	42		49	49	1		1		14	14
	<i>Mystacides azurea</i>	MAZU										1	1	
	<i>Mystacides spp.</i>	MYSP		1	1									
	<i>Oecetis notata</i>	ONOT								1	1			
	<i>Oecetis testacea</i>	OTES	1		1									
	<i>Oecetis spp.</i>	OESP		2	2									
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN		1	1		23	23		11	11	4	3	7

Annexe A.3.1 **Chautagne** (suite)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4			Post -R n+5		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
	<i>Setodes</i> spp.	SETO		1	1									
	Leptoceridae	LEPT	1	25	26		9	9	4	11	15		7	7
Limnephilidae	<i>Limnephilus germanus</i> lunatus	LIGL							1		1			
Polycentropodidae	<i>Holocentropus dubius</i>	HDUB										1	1	
	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		98	98		1	1	1	1	2			
	<i>Polycentropus</i> spp.	POSP		12	12									
	Polycentropodidae	POLY	11	69	80									
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	276	6560	6836	120	4692	4812	1833	2114	3947	2716	3026	5742
	<i>Tinodes</i> sp.	TISP										1		1
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp	RHSP	442	271	713	5	26	31	19	95	114	36	29	65
	Rhyacophilidae	RHYA	148		148	20	27	47	34	7	41		17	17
Sericostomatidae	<i>Sericostoma personatum</i> flavicorne	SEPF							1		1			
	<i>Sericostoma</i> sp.	SESP		1	1									
	Trichoptera ind.	TRIC								1	1			
	Richesse taxonomique		67	65	80	48	56	65	55	58	74	59	54	69
	Abondance		45048	35396	80444	10898	25918	36816	38595	46510	85105	42159	38927	81086
	Densité ind/m²		45048	35396	40222	10898	25918	18408	38595	46510	42553	21080	19464	40543

Annexe A.3.2 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Brégnyer-Cordon** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2002) et post-restauration (n+3: print et été 2009).

				Pré-R			Post-R		
E/C/O/F	Taxons	Code	P	E	Tot	P	E	Tot	
Plathelminthes									
Turbellaria									
Tricladida									
Dendrocoelidae									
	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	22	19	41	94	38	132	
	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	450	85	535		58	58	
	<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	128	334	462	131	2901	3032	
	<i>Dugesia</i> spp.	DUSP	12	3	15				
Planariidae									
	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	3	2	5	6	55	61	
Annelida									
Hirudinea									
Arhynchobdellida									
Erpobdellidae									
	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	27	35	23	30	53	
	<i>Erpobdella testacea</i>	ETES	2	1	3				
	<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	2	1	3	1	14	15	
Rhynchobdellida									
Glossiphoniidae									
	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	74	11	85	1	15	16	
	<i>Glossiphonia heteroclita</i>	GKET		1	1				
	Glossiphoniidae	GLOS	7		7				
	<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA	4	28	32				
	<i>Hemiclepsis marginata</i>	HMAR	1		1		1	1	
	<i>Theromyzon tessulatum</i>	TTES					1	1	
	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO					1	1	
Piscicolidae									
Polycheata									
Ampharedidae									
	<i>Hypania invalida</i>	HINV				29	69	98	
Mollusca									
Bivalvia									
Veneroida									
Corbiculidae									
	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	112	108	220	50	127	177	
Dreissenidae									
	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	1		1		7	7	
Sphaeriidae									
	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	37		37	4		4	
	<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP				1	8	9	
	Sphaeriidae	SPHA	57	9	66				
	Bivalvia	BIVA					129	129	
Gastropoda									
Ectobranchia									
Valvatidae									
	<i>Valvata cristata</i>	VCRI				2	1	3	
	<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS					14	14	
	<i>Valvata</i> spp.	VASP	9		9	3	1	4	
Neotaenioglossa									
Bithyniidae									
	<i>Bithynia</i> sp.	BITH		1	1				
Hydrobiidae									
	<i>Bithynella</i> sp.	BISP		1	1				
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	265	79	344	49	350	399	
Neritopsina									
Neritidae									
	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU	381	386	767	375	672	1047	
Pulmonata									
Ancylidae									
	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	4580	361	4941	23	192	215	
Lymnaeidae									
	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2		2				
	<i>Radix</i> spp.	RASP	1	1	2				
Physidae									
	<i>Physa fontinalis</i>	PFON	1		1				
	<i>Physella acuta</i>	PACU	3		3				
Planorbidae									
	<i>Gyraulus albus</i>	GALB					1	1	
	<i>Hippeutis complanatus</i>	HCOM							
	Planorbidae	PLAN				1		1	
	Gastropoda ind.	GAST				1	543	544	
Arthropoda									
Arachnida									
	Hydracarina	ACAR				1	57	58	
Crustacea									
Amphipoda									
Gammaridae									
	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	4243	6323	10566	2055	2139	4194	
	<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	70	19	89	40	66	106	
	<i>Gammarus</i> spp.	GASP	75496	16857	92353	451	669	1120	
Pontogammaridae									
	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				134	57	191	
	Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO				6993	1090	8083	
Decapoda									
Cambaridae									
	<i>Orconectes limosus</i>	OLIM		1	1				
Isopoda									
Asellidae									
	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	6		6	3	3	6	
	Asellidae	ASEL				1		1	
Insecta									
Coleoptera									
Dryopidae									
	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	1		1	1		1	
Dytiscidae									
	<i>Hydroporus</i> sp.	HYDRO	1		1				
Elmidae									
	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	268	115	383	43	89	132	

Annexe A.3.2 **Brégner-Cordon** (suite).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R		
			P	E	Tot	P	E	Tot
	<i>Elmis</i> spp.	ELSPa	20	2	22	1	2	3
	<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1159	759	1918	160	235	395
	<i>Esolus</i> spp.	ESSPa	27	29	56		1	1
	<i>Limnius</i> spp.	LISP	94	64	158	22	22	44
	<i>Limnius</i> spp.	LISPa						
	<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP	34	3	37	1	1	2
	<i>Oulimnius</i> spp.	OUSPa	1	1				
	<i>Riolus</i> spp.	RISP	10		10	1		1
Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		26	26	3	23	26
Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.	HYDRAa	1		1			
	Coleoptera ind.	COLE		3	3	1		1
Diptera								
Anthomyiidae	Anthomyiidae	ANTH		1	1			
Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	ATHE	4		4			
	<i>Atrichops crassipes</i>	ACRA					1	1
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	40	5	45	2		2
	Dasyheleinae	DASY	1		1			
Chironomidae	Chironomini	CHSP	1370	98	1468	184	78	262
	Orthoclaudiinae	ORTH	24839	1747	26586	38141	19515	57656
	Tanypodinae	TANY	69	2	71	28	7	35
	Tanytarsini	TASP	975	70	1045	38	356	394
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		2			
Empididae	Clinocerinae	CLIN	5		5			
	Hemerodromiinae	HEME	63	110	173	19	42	61
Ephydriidae	Ephydriidae	EPHY					2	2
Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	52	7	59	11	3	14
	Dicranota sp.	DICR	4		4			
	Eriopterini	ERIO	1	1	2			
	Pediciini	PESP		1	1			
	Limoniidae	LIMO				4		4
Psychodidae	Psychodidae	PSSP	2		2			
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	381	49	430	66	276	342
Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	1	2		1	1
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	14	3	17			
Ephemeroptera								
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	118	309	427	15	824	839
	<i>Baetis rhodani</i>	BRHO	73	24	97	8	8	16
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	99	12	111	7	99	106
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	240	340	580	72	2085	2157
	Baetidae	BAET				2		2
	<i>Proclaeon bifidum</i>	PBIF					1	1
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	3	1	4	1	8	9
	<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM				3	17	20
	<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	7		7	1		1
	<i>Caenis</i> spp.	CASP	12	1	13		13	13
Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	314	17	331	63	2	65
	<i>Torleya major</i>	TMAJ				6	1	7
	<i>Ephemera lineata</i>	ELIN	5		5			
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>venosus</i>	EVEN	2	4	6	1	1	2
	<i>Ecdyonurus</i> spp.	ECSP		11	11	4		4
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP		15	15	34	216	250
	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	28	12	40	123	122	245
	<i>Rhithrogena beskidensis-savoiensis</i>	RHBV	29		29			
	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM				90		90
	<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS	4	58	62	75		75
	Heptageniidae	HEPT		13	13	1	2	3
Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		1			
	<i>Habrophlebia</i> spp.	HAPS				1		1
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	105	257	362	148	155	303
Heteroptera								
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP	139	64	203		124	124
Mesovelidae	<i>Mesovelgia</i> spp.	MESP	2		2			
Odonata								
Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	CSPL					3	3
	<i>Calopteryx</i> spp.	CALO					1	1
Plecoptera								
Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	202	4	206	80		80
	Leuctridae	LEUC		3	3			
Nemouridae	<i>Nemoura</i> spp.	NESP		2	2	1		1
	Nemouridae	NEMO		1	1			
Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	DCEP	1		1			
	<i>Dinocras</i> sp.	DISP	2		2			
Perlodidae	Perlodidae	PERLO		1	1			

Annexe A.3.2 **Brégnier-Cordon** (suite).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R		
			P	E	Tot	P	E	Tot
Trichoptera								
Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	75	4	79		3	3
	<i>Glossosoma</i> spp.	GLSP	20	1	21			
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL		4	4		2	2
	<i>Silo nigricornis</i>	SNIG					16	16
	Goeridae	GOER	28		28			
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG	1		1			
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	46	45	91	1	24	25
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	2	1	3		6	6
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	5	7	12	3	10	13
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	16	9	25			
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	108		108	1	5	6
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	143	17	160		224	224
Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>	ASEX					1	1
	<i>Agraylea</i> spp.	AGRA					1	1
	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	12	47	59	24	1064	1088
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	48		48	5	26	31
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP	3	3	6	3	36	39
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP					2	2
	<i>Mystacides azurea</i>	MAZU					1	1
	<i>Oecetis notata</i>	ONOT				1		1
	<i>Setodes argentipunctellus</i>	SARG					3	3
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN	1		1	1	9	10
	Leptoceridae	LEPT		1	1		28	28
Limnephilidae	<i>Limnephilus germanus-lunatus</i>	LIGL				1		1
	Limnephilidae					1		1
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	113	244	357	229	3247	3476
	<i>Tinodes dives</i>	TDIV	1		1			
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP	122	4	126	13	7	20
	Rhyacophilidae	RHYA	37		37		8	8
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> spp.	SESP					1	1
	Trichoptera ind.	TRIC	1		1			
	Richesse taxonomique		77	61	86	58	69	80
	Abondance		117583	29291	146874	50217	38369	88586
	Densité ind/m²		58792	14646	36719	33478	25579	29529

Annexe A.3.3 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Donzère-Mondragon** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-restauration 2009		
			print	été	Tot
Plathelminthes					
Turbellaria					
Tricladida					
Dugesiidae	<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG		2	2
Annelida					
Hirudinea					
Arhynchobdellida					
Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	2	12	14
	<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	7	7	14
Rhynchobdellida					
Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA	1	5	6
Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	9	13	22
Polychaeta					
Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV	79	147	226
Mollusca					
Bivalvia					
Veneroida					
Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	2	42	44
Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	1		1
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP		1	1
	<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP	1	31	32
	Bivalvia	BIVA		3	3
Gastropoda					
Ectobranchia					
Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS		1	1
Neotaenioglossa					
Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN		12	12
Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	34	394	428
Pulmonata					
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	1274	1274	2548
Lymnaeidae	<i>Galba truncatula</i>	GTRU		1	1
	<i>Radix auricularia</i>	RAUR		12	12
	<i>Radix</i> spp.	RASP		40	40
	Lymnaeidae	LYMN		1	1
Physidae	<i>Physella acuta</i>	PACU		374	374
	Gastropoda ind.	GAST	12	1240	1252
Arthropoda					
Arachnida					
Acaria	Hydracarina	ACAR	8	17	25
Crustacea					
Amphipoda					
Gammaridae	<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	1		1
	<i>Gammarus roeselii</i>	GROE	2	2	4
	<i>Gammarus</i> spp.	GASP	1		1
	Pontogammaridae	DVIL	274	908	1182
	Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO	877	3560	4437
Decapoda					
Atyidae	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	ADES		4	4
Isopoda					
Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU		1	1
Janiridae	<i>Jaera danubica</i>	JDAN	60	208	268
	<i>Jaera istri</i>	JIST	2762	6498	9260

Annexe A.3.3 **Donzère-Mondragon** (suite)

		Pré-restauration 2009			
E/C/O/F	Taxons	Code	print	été	Tot
Insecta					
Coleoptera					
Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP		2	2
	<i>Dryops</i> spp.a	DRSPa		1	1
Elmidae	<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1	13	14
	<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	1	4	5
	<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP	2	1	3
	<i>Stenelmis</i> sp.	STSP		1	1
	<i>Helochaeres</i> sp.	HELO		1	1
Hydrophilidae	Hydrophilidae	HYDROP		1	1
	<i>Laccobius</i> sp.	LASP		4	4
	<i>Laccobius</i> sp.a	LASPa		1	1
Diptera					
Anthomyidae	Anthomyidae	ANTH	1		1
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	1	3	4
Chironomidae	Chironomini	CHSP	27	697	724
	Orthoclaudiinae	ORTH	35548	33831	69379
	Tanypodinae	TANY	4	57	61
	Tanytarsini	TASP	1032	4594	5626
	Clinocerinae	CLIN	1		1
Empididae	Hemerodromiinae	HEME	5	33	38
	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	1	2	3
Limoniidae	Eriopterini	ERIO	1		1
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	130	316	446
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	5	1	6
Ephemeroptera					
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	134	980	1114
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR		10	10
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	84	1790	1874
	<i>Cloeon dipterum</i>	CDIP		1	1
	<i>Procloeon bifidum</i>	PBIF		1	1
	Baetidae	BAET		6	6
	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	14	77	91
Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	CMAC		18	18
	<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM	1	161	162
	<i>Caenis</i> spp.	CASP		156	156
	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	30		30
Ephemerellidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>venosus</i>	EVEN	1		1
Heptageniidae	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	10	6	16
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	2	10	12
	<i>Habroleptoides</i> spp.	HABR	1		1
Leptophlebiae	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	PASP		1	1
	<i>Ephoron virgo</i>	EVIR		8	8
Polymitarcyidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	20		20
Heteroptera					
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP		23	23
Plecoptera					
Leuctridae	<i>Euleuctra geniculata</i>	EGEN		1	1
	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	8	5	13
	Leuctridae	LEUC	2		2
Trichoptera					
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	ETEN	1	2	3
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL		1	1
Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	CLEP	1	29	30
	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG		1	1
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	1	47	48
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	1	42	43

Annexe A.3.3. **Donzère-Mondragon** (suite)

		Pré-restauration 2009			
E/C/O/F	Taxons	Code	print	été	Tot
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC		78	78
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD		2	2
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	7	2249	2256
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	1	903	904
	<i>Orthotrichia</i> sp.	ORSP		5	5
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB		1	1
	<i>Ceraclea albimacula-albogutatta</i>	CEAA		1	1
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS		7	7
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	1		1
	<i>Mystacides azurea</i>	MAZU		1	1
	<i>Oecetis notata</i>	ONOT		1	1
	Leptoceridae	LEPT		6	6
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		2	2
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	536	10606	11142
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	RHSP	1		1
	Rhyacophilidae	RHYA	1		1
Richesse taxonomique			44	66	76
Abondance			43025	71611	114636
Densité ind/m²			21513	35806	57318

Annexe A.3.4 Catégories 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 (Dolédec et al. 2007 ou Méricoux 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.

Taxon	Rhéophilie	Catégorie	Source
<i>Acentria ephemerella</i>	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Agapetus</i> spp.	indéterminé	cat 7	
<i>Agraylea</i> spp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
<i>Allotrichia pallicornis</i>	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Amphinemura</i> spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
<i>Ancylus fluviatilis</i>	rheophile	cat 5	Méricoux et al. 2009
<i>Anopheles</i> spp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Anthomyidae	ubiquiste	cat 6	Tachet et al. 2006
<i>Antocha vitripennis</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
Asellidae	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Asellus aquaticus</i>	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Atherix</i> sp.	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Athripsodes albifrons</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Athripsodes cinereus</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Athripsodes</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Atrichops crassipes</i>	Intermédiaire	cat 3	Dolédec et al. 2007
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Baetidae	indéterminé	cat 7	
<i>Baetis fuscatus</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Baetis lutheri</i>	rheophile	cat 5	Méricoux et al. 2009
<i>Baetis vardarensis</i>	rheophile	cat 5	Méricoux et al. 2009
<i>Baetis rhodani</i>	rheophile	cat 5	Méricoux et al. 2009
<i>Baetis</i> spp.	rheophile	cat 4	Méricoux et al. 2009
<i>Bidessus</i> spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Bithynella</i> sp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Bithynia</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Bithynia tentaculata</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Bivalvia	indéterminé	cat 7	
<i>Brachyptera risi</i>	rheophile	cat 5	Dolédec et al. 2007
<i>Brachyptera</i> sp.	rheophile	cat 5	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Caenis horaria</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Caenis luctuosa</i>	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Caenis rivulorum</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Caenis macrura</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Caenis</i> spp.	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Calopteryx splendens</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Calopteryx</i> spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Centroptilum luteolum</i>	limnophile	cat 2	Dolédec et al. 2007
<i>Ceraclea dissimilis</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Ceraclea</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Ceraclea albimacula-albogutatta</i>	indéterminé	cat 7	
Ceratopogoninae	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Chironominae	indéterminé	cat 7	
Chironomini	Intermédiaire	cat 3	Méricoux et al. 2009
<i>Chloroperla</i> spp.	Intermédiaire	cat 2	Dolédec et al. 2007
Clinocerinae	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
<i>Cloeon dipterum</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Coenagrionidae	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Coleoptera ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Corbicula fluminea</i>	ubiquiste	cat 6	Méricoux et al. 2009
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006

Annexe A.3.4 (suite)

Taxon	Rhéophilie	Catégorie	Source
Dasyheleinae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Dicranota</i> sp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Dinocras cephalotes</i>	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
<i>Dinocras</i> sp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Intermediaire	cat 3	Rhône Chenal
Diptera ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Dixa</i> spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Dolichopodidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Dreissena polymorpha</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Dryops</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Dugesia</i> spp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
<i>Dugesia tigrina</i>	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>helveticus</i>	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>venosus</i>	rheophile	cat 4	Dolédec et al. 2007
<i>Ecdyonurus</i> spp.	rheophile	cat 4	Rhône Chenal
<i>Ecnomus tenellus</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Electrogena quadrilineata</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Elmis</i> spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Empididae	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Epeorus</i> sp.	rheophile	cat 5	Dolédec et al. 2007
<i>Ephemera lineata</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
Ephemeroptera ind.	indéterminé	cat 7	
Ephemerellidae	indéterminé	cat 7	
<i>Ephoron virgo</i>	indéterminé	cat 7	
Eriopterini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Erpobdella octoculata</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Erpobdella</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Erpobdella testacea</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Esolus</i> spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Euleuctra geniculata</i>	Intermediaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Forcipomyiinae	indéterminé	cat 7	
<i>Gammarus fossarum</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Gammarus pulex</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Gammarus</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Gammarus roeselii</i>	indéterminé	cat 7	
<i>Gammarus tigrinus</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Gammaridae-Pontogammaridae	Intermediaire	cat 3	Rhône Chenal
Gastropoda ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Gerris</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Glossiphonia complanata</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Glossiphonia heteroclita</i>	indéterminé	cat 7	
Glossiphoniidae	indéterminé	cat 7	
<i>Glossosoma boltoni</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Glossosoma</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Goera pilosa</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Goeridae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Gyraulus albus</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Gyraulus parvus</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Gyraulus</i> spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Habroleptoides</i> spp.	indéterminé	cat 7	
<i>Habrophlebia lauta</i>	indéterminé	cat 7	
<i>Habrophlebia</i> spp.	indéterminé	cat 7	
<i>Haliphus</i> spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Helobdella stagnalis</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Hemerodromiinae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009

Annexe A.3.4 (suite)

Taxon	Rhéophilie	Catégorie	Source
<i>Hemiclepsis marginata</i>	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
<i>Heptagenia</i> spp.	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
<i>Heptagenia sulphurea</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Heptageniidae	rheophile	cat 4	Dolédéc et al. 2007
<i>Hippeutis complanatus</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hexatoma	indéterminé	cat 7	
Hydracarina	indéterminé	cat 7	
<i>Hydraena</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Hydraenidae	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Hydrometra</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Hydroporus</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	rheophile	cat 4	Dolédéc et al. 2007
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydropsyche exocellata</i>	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydropsyche incognita</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydropsyche modesta</i>	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydropsyche siltalai</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydropsyche</i> spp.	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydroptila</i> spp.	Intermédiaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
<i>Hydroptila vectis</i>	Intermédiaire	cat 3	Rhône Chenal
<i>Hypania invalida</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Isoperla</i> sp.	rheophile	cat 4	Dolédéc et al. 2007
<i>Jaera danubica</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Jaera istri</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
Leptoceridae	indéterminé	cat 7	
Leptophlebiidae	Intermédiaire	cat 3	Dolédéc et al. 2007
<i>Leuctra</i> gp. <i>fusca</i>	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
<i>Leuctra</i> spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Leuctridae	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
Limnephilidae	indéterminé	cat 7	
<i>Limnephilus germanus-lunatus</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Limnius</i> spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Limoniidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Limoniini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
<i>Mesovelia</i> spp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
<i>Micronecta</i> spp.	limnophile	cat 2	Mérigoux et al. 2009
<i>Mystacides azurea</i>	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Mystacides</i> spp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
<i>Nemoura</i> spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Nemouridae	indéterminé	cat 7	
<i>Niphargus</i> sp.	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006
<i>Normandia</i> sp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
Odonata ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Oecetis notata</i>	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Oecetis</i> spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Oecetis testacea</i>	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Onychogomphus</i> sp.	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Orconectes limosus</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Orectochilus villosus</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Orthoclaudiinae	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Orthotrichia</i> sp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes
<i>Oulimnius</i> spp.	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
Pediciini	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Perlodes microcephala</i>	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Perlodidae	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Physa</i> sp.	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal

Annexe A.3.4 (suite)

Taxon	Rhéophilie	Catégorie	Source
<i>Physa fontinalis</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Physella acuta</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Physidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Piscicola geometra</i>	ubiquiste	cat 6	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Pisidium</i> spp.	Intermédiaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Planorbidae	indéterminé	cat 7	
<i>Platycnemis</i> sp.	limnophile	cat 1	Rhône Lônes
Plecoptera ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	Intermédiaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
<i>Polycelis</i> spp.	Intermédiaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
Polycentropodidae	Intermédiaire	cat 2	Mérigoux et al. 2009
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	Intermédiaire	cat 2	Mérigoux et al. 2009
<i>Polycentropus</i> spp.	Intermédiaire	cat 2	Rhône Chenal
<i>Potamanthus luteus</i>	rheophile	cat 4	Mérigoux et al. 2009
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Intermédiaire	cat 3	Mérigoux et al. 2009
<i>Proclodion bifidum</i>	limnophile	cat 2	Rhône Chenal
<i>Proasellus meridianus</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Protonemura</i> spp.	rheophile	cat 4	Dolédéc et al. 2007
Psychodidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Psychomyia pusilla</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
Psychomyiidae	indéterminé	cat 7	
<i>Radix balthica-labiata</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Radix</i> spp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Rhabdiopteryx</i>	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006
<i>Rhithrogena beskidensis-savoienensis</i>	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Rhithrogena</i> spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
Rhyacophilidae	rheophile	cat 5	Rhône Chenal
<i>Riolus</i> spp.	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
<i>Sericostoma personatum-flavicorne</i>	ubiquiste	cat 6	Dolédéc et al. 2007
<i>Sericostoma</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Dolédéc et al. 2007
<i>Serratella ignita</i>	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Setodes punctatus</i>	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006
<i>Setodes</i> spp.	Intermédiaire	cat 3	Tachet et al. 2006
<i>Sialis</i> spp.	limnophile	cat 2	Rhône Lônes
<i>Silo nigricornis</i>	Intermédiaire	cat 3	Dolédéc et al. 2007
Simuliidae	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Sisyra</i> sp.	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Sphaeriidae	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Sphaerium</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Stenelmis</i> sp.	Intermédiaire	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
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	rheophile	cat 5	Mérigoux et al. 2009
<i>Theromyzon tessulatum</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Tinodes dives</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
Tipulidae	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Torleya major</i>	rheophile	cat 4	Tachet et al. 2006 + Rhône Chenal
Trichoptera ind.	indéterminé	cat 7	
<i>Valvata cristata</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Valvata piscinalis</i>	ubiquiste	cat 6	Rhône Chenal
<i>Valvata</i> spp.	ubiquiste	cat 6	Mérigoux et al. 2009
<i>Viviparus viviparus</i>	limnophile	cat 2	Tachet et al. 2006
<i>Yola bicarinata</i>	limnophile	cat 1	Tachet et al. 2006 + Rhône Lônes

A.4 Macrophytes des l nes

Code espèces	Espèces
alg	<i>algues filamenteuses</i>
Car	<i>Carex sp.</i>
Cde	<i>Ceratophyllum demersum L.</i>
Cha	<i>Chara sp.</i>
Cob	<i>Callitriche obtusangula Le Gall</i>
Csp	<i>Callitriche sp.</i>
Enu	<i>Elodea nuttallii (Planchon) St. John</i>
Hmo	<i>Hydrocharis morsus-ranae L.</i>
Lmi	<i>Lemna minor L.</i>
Lor	<i>Leersia oryzoides (L.) Swartz</i>
Ltr	<i>Lemna trisulca L.</i>
Lyt	<i>Lythrum salicaria L.</i>
Msp	<i>Myriophyllum spicatum L.</i>
Mve	<i>Myriophyllum verticillatum L.</i>
Nma	<i>Najas marina L.</i>
Pcm	<i>Potamogeton compressus L.</i>
Pha	<i>Phalaris arundinacea L.</i>
Phy	<i>Polygonum hydropiper L.</i>
Pno	<i>Potamogeton nodosus Poiret</i>
Ppc	<i>Potamogeton pectinatus L.</i>
Ppu	<i>Potamogeton pusillus L.</i>
Ram	<i>Rorippa amphibia (L.) Besser</i>
Rci	<i>Ranunculus circinatus Sibth.</i>
Rfl	<i>Ranunculus fluitans Lam.</i>
Sem	<i>Sparganium emersum Rehmman</i>
Spo	<i>Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden</i>
Ssa	<i>Sagittaria sagittifolia L.</i>
Van	<i>Veronica anagallis-aquatica L. "anagallis"</i>
Vsp	<i>Vallisneria spiralis L.</i>

Annexe 1 : Correspondance des codes des végétaux avec leurs noms latins, utilisés dans l'analyse de la dynamique des peuplements de Pierre-B n te

A.5 Les communautés de macroinvertébrés de 14 lûnes du Bas-Rhône dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère

Données faunistiques acquises entre 2007 et 2010 concernant 28 sites de 14 lûnes du Bas-Rhône.

Les valeurs sont des nombres moyens d'individus par unité de prélèvement (0.25 m²). Les moyennes sont généralement calculées sur un ensemble de 6 prélèvements élémentaires (3 au printemps, 3 en été). Les taxons et les sites sont ordonnés en fonction des résultats d'une analyse factorielle des correspondances inter-sites appliquée au tableau de données complet.

		CADE	REPUm	MALUm	REPuv	IONCm	ROUSm	MALAm	CARRv	CARRm	BOUSm	GRECy	MALAv	GRECc	IONCv	BOUSc	SAIN	BAYAv	GRECm	MALUv	BAYAm	ROUSv	BOUSv	ILON	PLATm	NOYN	PLATv	MALUc	PLATc
Odonata	<i>Pyrrohosoma nymphula</i>	0.3																											
Odonata	<i>Libellula quadrimaculata</i>	0.2																											
Coleoptera	<i>Helophorus</i> sp.		0.2																										
Trichoptera	Hydroptilidae ind.		0.5																										
Coleoptera	<i>Ilybius</i> sp.			0.8																									
Coleoptera	<i>Hydrobius</i> sp.			0.7																									
Coleoptera	<i>Hydrophilus</i> sp.			0.2																									
Hymenoptera	<i>Agriotypus</i> sp.		0.2	0.5	0.2																								
Heteroptera	<i>Plea leachi</i>			0.2	0.8																								
Coleoptera	<i>Hydrochara</i> sp.			1.5			0.3																						
Coleoptera	<i>Rhantus</i> sp.				0.3																								
Coleoptera	<i>Gyrinus paykulli</i>				0.2																								
Ephemeroptera	<i>Caenis robusta</i>	28.2	63.5	35.2	2	113.8						14.3		1	1														
Heteroptera	<i>Notonecta</i> sp.	0.2		0.2	0.2		0.3							0.2															
Trichoptera	<i>Cyrrus</i> sp.	4.3				1.2												0.3			0.2								
Coleoptera	<i>Hydaticus</i> sp.						0.3																						
Coleoptera	<i>Hyphydrus aubei</i>						1.3																						
Odonata	<i>Libellula fulva</i>	0.7													0.5														
Diptera	Culicidae ind.		0.3	89.8	4		3		0.2	5.2	5.8		0.3	0.3			0.2	0.2	1.3	0.5	0.7								
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	6		158.5		3.7								0.2	4.2			4		0.8					0.3				
Gasteropoda	<i>Valvata macrostoma</i>			4						1.5				0.8				0.5											
Lepidoptera	<i>Cataglyphis lemnata</i>		2.2	15.8	36					1	2.5	0.5		0.3		1.1				0.3	0.3	0.5	0.3					0.2	
Diptera	Stratiomyidae ind.		3.8	9	0.2			0.2				0.2			0.2		0.2				2.5								
Heteroptera	<i>Hydrometra</i> sp.		1.5	1.2	0.8		1				0.2			0.2	0.2				0.7		0.8	0.2							
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	10.7	1.8	19.8	7.7	2		2.7	4	2.8		0.3	0.3	0.7		0.3		1.7		1.5	0.8			0.8		0.2			
Diptera	Sciomyzidae ind.		0.3	0.5		0.2								0.5		0.1	0.2				0.2								
Odonata	<i>Libellula depressa</i>										0.2																		
Gasteropoda	<i>Viviparus viviparus</i>										0.2																		
Heteroptera	<i>Ilyocoris cimicoides</i>			2.2									0.3	0.2		0.3		0.3		0.3									
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>	9.8	9.5		0.7	1.5			2.2	0.5	23.5	11.2	0.2	1.2		7.1	1.2		0.3				0.4	0.7				0.2	
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	13.2					0.2					0.8			8	0.2			3.2		0.2		0.1						
Coleoptera	<i>Pomatius substriatus</i>						0.3								0.2														
Gasteropoda	<i>Stagnicola</i> sp.			1.3		0.2	1		4.3	3.7					0.2	0.9	2.5												
Heteroptera	<i>Mesovelia</i> sp.		0.7	0.8	0.2						0.2		0.2			0.3							0.3						
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>			1						1			0.3		0.3						0.5								
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	47	38.3		0.5	7.3		11.3	2.2	3.2	3	2.7		26.8		1.1	12.5	10.8	4.7		0.8		0.3	1.8			0.2	0.2	
Diptera	Chaoboridae ind.			10.3	0.2		10.7	0.3	0.2					0.5				4		0.3					0.2		0.2		
Diptera	Rhagionidae ind.			0.2												0.4													
Lepidoptera	<i>Elaphila gr. nymphaeta</i>	0.3	0.7	0.7							2.8	1.2				0.3					0.3		0.6						
Gasteropoda	<i>Ferrissia clessiniana</i>	7.8	7.5		6.8	2.7		8.8		0.3	0.5	3.7	7	4.7		1.1		1.2	0.3		7		4.4						
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	16.7	87.8	44.8	33.2	29	8	44.5	252.8	123.7	108.8	36.5	100.3	49.3	1.3	2.1	7.2	16.5	23.3	168.8	7.2	43.8	0.6	4.7				0.2	
Heteroptera	<i>Gerris</i> sp.		0.8	0.3	0.3			0.3		0.2		0.2	0.3	0.5	0.2				0.3	0.2	0.5			0.2					
Coleoptera	<i>Helochares</i> sp.	0.2	3	1.7	1.5						0.2		1	0.7												0.5			
Coleoptera	<i>Pelodytes</i> sp.		1.3			0.2			0.7	0.5		0.2		1.3		1.3							0.3						
Odonata	<i>Crocothermis erythraea</i>					1.8										0.3		0.3					0.1						
Odonata	Coenagrionidae ind.	31.5	123.7	2.5	3.5	24.7		3.3	10.3	6	22	78.5	14	6		31	1	2.2		16.5	1.2	0.2	8.4	15.8	0.2			2.5	
Odonata	Aeshna & Anax	0.3	0.3	0.2		1.8	2.3		0.3	1	0.2	0.5	1.2	0.5	2.5	0.4	0.2		0.7	0.2	0.2		0.1	0.7					
Odonata	<i>Sympetrum</i> sp.	0.2	0.8	1.8	0.2				0.2			0.3	0.2	0.2	0.7	0.3		0.5	0.7		0.7	0.2	0.2			0.2			
Coleoptera	<i>Agabus bipustulatus</i>														0.2														
Gasteropoda	<i>Anisus spirorbis</i>														74.3														
Gasteropoda	<i>Viviparus contectus</i>														24.3														
Trichoptera	<i>Setodes</i> sp.														0.3														
Trichoptera	<i>Oecetis lacustris</i>														0.2														
Odonata	<i>Lestes viridis</i>	0.5		2.2	0.3	0.7	12.3	1.7	1	1.2		0.2	0.7	5.5	1.5		32.2	0.2	25.7		0.7	6.2		0.3					
Diptera	Dolichopodidae ind.														0.2	0.7													
Heteroptera	<i>Nepa</i> sp.						1.3			0.3				0.3	0.3		0.2		1	0.2	0.3								
Diptera	Thaumaleidae ind.															0.1													

		CADE	REPUn	MALUm	REPuv	IONCm	ROUSm	MALAm	CARRv	CARRm	BOUSm	GRECy	MALAv	GRECc	IONCv	BOUSc	SAIN	BAYAv	GRECm	MALUv	BAYAm	ROUSv	BOUSv	ILON	PLATm	NOYN	PLATv	MALUc	PLATc	
Heteroptera	<i>Ranatra linearis</i>															0.1														
Trichoptera	<i>Limnephilus sp.</i>															0.1														
Gasteropoda	<i>Acroloxus lacustris</i>	0.2				10.2										0.3		4.8			3.7		0.3							
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>	2	1.7		1.3	3.8		0.2	1.5	2	18.2	2.2	3	0.7		4.6		3		2.7	1.2		16.7	0.2			0.7			
Gasteropoda	<i>Physella gr. acuta</i>	30.3	61.7		111.8	44.2		55.8	157	487.5	68.8	109.2	89.3	211.2	44.2	76.4	9.8	7.2	31.3	0.7	6.8		26.1	3.3	0.7	3.3	8.8		3.8	
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>															0.2														
Bivalvia	<i>Musculum lacustre</i>			0.8					2	0.8	13.2			1.5		0.3	0.8		43					4.2						
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>			0.2	0.2				3.8	6.5					0.8	0.1	0.2			0.3	0.2			0.2			0.5			
Gasteropoda	<i>Menetus dilatatus</i>	7.5	1.7		0.5	10.8				0.5		2		5.7		7.7	1.2	11.2	0.3		3.5		0.7					1		
Trichoptera	<i>Agraylea sexmaculata</i>					1			1.2				2.7			0.4		0.3					1				0.7		1	
Lepidoptera	<i>Paraponyx stratiotata</i>		1.2						1.8		13.7	2.7		0.7		0.9				9.7			1	0.2			0.2			
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	1		3.7	0.5	0.2	8.7	31.5					0.3	0.8	0.8		4.3			14		3	3.1		0.2	0.5		0.5		
Diptera	<i>Psychodidae ind.</i>															0.3	0.7				0.2	0.2								
Odonata	<i>Orthetrum sp.</i>													0.3	0.2	0.9		2.2	0.3		0.7									
Diptera	<i>Muscidae ind.</i>					0.2	0.3	0.2			0.2		0.3			0.2		0.5		0.3		0.8	0.4							
Odonata	<i>Erythronma lindenii</i>	0.2	2.7		0.3	1.5			6	8.7	0.7	11.2		9.2		9	1.3	7		2.8	1.8		10.7	3		0.5	0.2		0.8	
Lepidoptera	<i>Acentria ephemerella</i>		0.2									1				0.2	1.2			0.2			0.3	0.2						
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	69.8		3.8	2.7	22	166.3	2.7	8.7	2.5	1	21.5	0.2	88.5	1.3	1.9	118	312.5	386.3	575.5	1.2	142.5	10.1		4	1.3	2.7	0.2	2.3	
Gasteropoda	<i>Planorbis carneus</i>																		0.2											
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	2.3		1.2		6			3.2	2.5		2.5		8.2	50.3	7.4	0.8	2.8	23.3	36.3	0.7		7.6		0.3	0.2		2.8		
Diptera	<i>Scatophagidae ind.</i>															1.3	0.2				0.2		0.1							
Diptera	<i>Ceratopogonidae ind.</i>	0.2	24.7	12.8	63.7	9.3	0.3	1.8	15.2	6.5	61	8.5	1.2	34.5	16.5	43.9	3.7	5.7	10.7	1	16.8	1.8	3.4	27.2	1.3	3.3	5.8	2	1.5	
Trichoptera	<i>Leptoceridae ind.</i>					0.2																	0.1							
Diptera	<i>Ephydriidae ind.</i>					0.2				0.2	3.2	0.5		0.3		0.3	0.2			2.2			0.1		0.2		0.2		0.2	
Diptera	<i>Dixidae ind.</i>											0.2									0.8									
Coleoptera	<i>Dryops sp.</i>			0.2							0.2				0.3						0.2		0.3	0.2						
Coleoptera	<i>Dytiscus marginalis</i>																			0.3										
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>																			0.3										
Coleoptera	<i>Oulimnius sp.</i>				2.5				0.7	0.3				0.3												0.2		0.2	0.2	
Hirudinea	<i>Glossiphoniidae ind.</i>			21.2		2.7	9.7		1.3	0.5	1.3	3		0.2		0.4	0.8	0.3		0.2	0.2	0.5		0.2	0.2	0.3	0.3	3.2	0.8	
Ephemeroptera	<i>Centroptilum luteolum</i>																				0.2									
Trichoptera	<i>Leptocerus sp.</i>																				0.8									
Trichoptera	<i>Limnephilidae ind.</i>																				0.2									
Coleoptera	<i>Haliphus sp.</i>			1.3		0.2	0.3		0.2	0.2	0.5	0.2		1	2.3	4.1	0.3	0.8		0.3		4.2	1	0.3	0.2		0.8		0.5	
Diptera	<i>Atrichops crassipes</i>																				0.3									
Diptera	<i>Ptychopteridae ind.</i>																					0.2								
Odonata	<i>Boyeria irene</i>																					1.3								
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>																				0.8									
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>	1.7				7.8			3.7	21	1	1.5	0.3	6.8		1.3	0.7	3.3	3.3				0.1	2	0.3	4	1		2.5	
Trichoptera	<i>Ecnomus sp.</i>	0.2											23.7	1		3.4	0.5	5.3					0.6			0.8		0.7		
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	2.3		0.2		1.5			0.2	0.5	0.2	11.7	0.5	12.2		9.9		2.2	9.3		30.7		1.4	9.5	0.8		3.7	0.5	1.7	
Heteroptera	<i>Corixidae sp.</i>	1.2	0.3		0.8			20.3	11.7	3.3	171.7	3.7	58.2	2	0.5	341.9	1.3	11	1	23.2	20.7	0.2	28	39.8	3.2	8.2	7.3		2.7	
Diptera	<i>Limoniidae ind.</i>												0.5			0.3					0.3							0.2		
Bivalvia	<i>Psidium sp.</i>	0.3		4.8		0.3	0.3		0.2	1.3	41.5	1.2		3.7	54.8	7.1	0.7	2	4.3	13.2	17.8	23.8	0.4	26.8	0.2	1.2	0.8	20.5	1.3	
Ephemeroptera	<i>Cloëon simile</i>		0.2						0.3							0.4		0.2		1			0.3		0.5					
Trichoptera	<i>Mystacides gr. longicornis</i>																	2.3						0.7						
Mysida	<i>Hemimysis anomala</i>															0.7					19.8			8.1						
Diptera	<i>Chironomidae ind.</i>	6.2	878.2	873.2	649.2	105.7	2.3	50.7	58	346.5	40.5	323.2	353.8	480	125.3	189.6	313	593	193.3	133.8	289	205.5		58.1	501.8	409.2	1646	2372	70.5	274.5
Decapoda	<i>Orconectes limosus</i>	0.2	1									2			3	0.1		0.8	0.7		0.2		0.1	0.3	0.5	0.7	0.2		0.2	
Coleoptera	<i>Deronectes sp.</i>																					0.2								
Ephemeroptera	<i>Habrophlebia lauta</i>																					0.3								
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>								0.7							0.3				0.2			1.6							
Gasteropoda	<i>Gyraulus crista</i>			0.3																	0.2							0.2		
Trichoptera	<i>Tinodes sp</i>																	0.7			0.5				0.3					
Coleoptera	<i>Laccobius sp.</i>												0.2						0.3		0.5					0.2				
Mysida	<i>Mysis gr. relicta</i>												0.3			3.3							32.7							
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>			3.3		0.2								29				1.7						0.7	0.2	3.7	0.2		0.5	
Heteroptera	<i>Velidae ind.</i>																			1.3						0.2				
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>			9.2		0.2			1.5	0.2	1.2			0.2		0.9	1.3	3.8	18.7		2.2	2.5	0.3	2.3	0.2	17.8	0.3		4.7	

		CADE	REPUn	MALUm	REPuv	IONCm	ROUSm	MALAm	CARRv	CARRm	BOUSm	GRECy	MALAv	GRECc	IONCv	BOUSc	SAIN	BAYAv	GRECm	MALUv	BAYAm	ROUSv	BOUSv	ILON	PLATm	NOYN	PLATv	MALUc	PLATc	
Hydrachnidia	Hydrachnidia ind.		2	16.8	0.2	7.8		1.2	2.2	1.3	0.2	0.7	2.5	5.7	0.7	0.7	1.7	9.8			15			2.5	0.8	26.2	3.7	6.2	2	
Mysida	Mysis mixta															0.3							2							
Megaloptera	Sialis lutaria	0.3				0.2												1.7	2.7	2.5	3.2	25		0.3			0.2	4.7	0.2	
Decapoda	Atyaephyra desmarestii					1.7						0.2											14.7	0.3	0.5			0.2	0.2	
Ephemeroptera	Potamanthus luteus				0.2												0.5								0.3	0.2				
Gasteropoda	Gyraulus albus								0.2										2				0.6			0.2			0.3	
Bivalvia	Dreissena polymorpha																						7.4							
Trichoptera	Orthotricha sp.															0.3		0.7					0.9				0.5			
Amphipoda	Gammarus roeselii	0.2					4.7		3.8	3.5		1.2		5.2		0.3	1.5		169	468.7		172.7		0.8	5.2	55.3	27.2	221	22.3	
Trichoptera	Holocentropus stagnalis	0.3										0.3		0.5		0.7					0.5				2.2	0.2	0.5			
Hirudinea	Piscicola geometra			0.2							0.2	2.5					1	0.7								1.2	0.2	0.8	0.2	
Gasteropoda	Radix balthica							0.2	0.2					0.3					0.7					0.2	0.3	1.2				
Coleoptera	Esolus sp.	0.2												0.5			0.5		0.7						1	0.5	0.2		0.2	
Amphipoda	Gammarus fossarum/pulex						1.7							0.8	2.3		0.5		9	84.2	25.3	218.5	6.4		3	26.2		500	2.5	
Hirudinea	Erpobdellidae ind.			0.7											4.3										0.2		2.5	0.2	0.5	
Coleoptera	Limnius sp.				0.2					0.2																0.3		0.2		
Ephemeroptera	Caenis luctuosa		0.7						0.7	0.5	6.3	1.2	3.2	9.5		1.9	6.5	2.2	5.7	0.2	3.8		32	31	21.5	79.2	216.5	0.3	111.2	
Diptera	Tipulidae ind.		0.2											0.2									0.6				0.5		0.2	
Ephemeroptera	Caenis macrura					0.3																	1			0.2		0.2	0.8	
Diptera	Tabanidae ind.				0.2																					0.2			0.2	
Ephemeroptera	Ephemera sp.																									0.5		0.5		
Trichoptera	Mysticides azurea															0.3		6.5			2		0.3	26.5	4.7	13.7	27.2		13.8	
Bivalvia	Corbicula fluminea								0.2	0.3		5.5	0.2	1		0.3		5.5	1.3	0.3	0.5		7.9	14.2	3.5	48.2	13.7	49.8	30	
Coleoptera	Stenelmis canaliculata																								0.2					
Amphipoda	Gammarus tigrinus													0.8							21.5		4.3	12.7	6.8	136	12		14.2	
Amphipoda	Corophium curvispinum															0.1							9.4		0.5	17.5	0.2		0.7	
Amphipoda	Dikrogammarus villosus								0.2		0.2	0.7				0.6	0.3			0.3			98.7	0.3	3.7	12.7	53.7		84	
Odonata	Calopteryx splendens														0.5						0.7		0.3			1.3	0.7	1.2	2.5	
Gasteropoda	Potamopyrgus antipodarum	0.2							0.3	0.5	1.3			1.5		0.6	0.2		3.3	9.2	0.2		1.9	195.3	5.2	238.5	255.5	657.2	414	
Trichoptera	Hydroptila sp.	0.2										0.5				1.3	0.2	1.2			0.2		0.7		3	202	68.7	6.8	18.7	
Trichoptera	Neureclipsis bimaculata																	0.2								2.2			0.2	
Polychaeta	Hypania invalida										0.2						0.3	0.2		1.2				8.5	15.2	165.2	42	13.2	25.3	
Diptera	Simuliidae ind.					0.2									3.7											32.2	23.7	3.3	37.5	
Trichoptera	Athripsodes sp.																		0.3				0.1				9.5		0.3	
Ephemeroptera	Proclonia bifidum																								2.8	0.7	91.5		3.3	
Diptera	Empididae ind.																									0.5				
Trichoptera	Goera pilosa																								0.3	1.2	5.5		3.2	
Odonata	Gomphus vulgatissimus																									0.7			0.2	
Gasteropoda	Ancylus fluviatilis										0.2													0.3	0.5	34	20.2	4.5	147.5	
Ephemeroptera	Baetis sp.																			1.3						1	2.7	29.2	12.3	
Trichoptera	Psychomyia pusilla																						0.3		0.2	25.2	19.5	8.7	20.3	
Trichoptera	Hydropsyche angustipennis																									8.3	1.8		16	
Plecoptera	Leuctra sp.																									0.2			0.3	
Odonata	Onychogomphus forcipatus																									2.2			5.5	
Ephemeroptera	Serratella ignita																									0.3		1.8	0.2	
Diptera	Athericidae ind.																									0.2			1.2	0.2
Coleoptera	Oreochilus sp.																											0.2		
Heteroptera	Aphelocheirus aestivalis																												8.7	
Trichoptera	Hydropsyche sp																												2.5	
Trichoptera	Micropterna lateralis/sequax																									0.2				
Trichoptera	Sericostoma gr. personatum																												0.2	
Coleoptera	Elmis sp.																												8.5	0.2
Ephemeroptera	Heptagenia sulphurea																													0.8
Gasteropoda	Theodoxus fluviatilis																													0.2
Trichoptera	Hydropsyche contubernalis																													3.3
Trichoptera	Hydropsyche pellucidula																													0.3
Trichoptera	Oecetis notata																													0.5

A.7 Les poissons des l nes

Date	Site	ABL	ANG	BAF	BBG	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAG	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LOT	LPP	OBR	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN	Total	Nb sp	% Litho-phyto	%+	
07/09/2010	Lône de la Malourdie			5						1				19	22					2						3								14		66	7	0.02	0.79	
25/10/2010	Lône du Brotalet						1			4				28	3		1									4	3					26		12		82	9	0.40	0.67	
06/09/2010	Lône des Luisettes													1	6	1																			8	3	0.13	0.63		
06/09/2010	Lône Moiroud						4							3											5									1		13	4	0.38		
06/09/2010	Lône Béard									1																									1	1	1.00	1.00		
06/09/2010	Lône Fournier								1	1					3					8							1						2		16	6	0.25	0.25		
06/09/2010	Anse de Yenne													8			7																	3		18	3		0.61	
19/08/2010	Lône de Chantemerle			2					1	3						114	2								8	1		3					1			135	9	0.96	0.94	
26/08/2010	Lône des Granges						3		2	1					32										1	4		1								44	7	0.11	0.41	
26/08/2010	Lône Vachon			4				1	1					43	2		6								9	1										67	8	0.16	0.36	
26/08/2010	Lône des cerisiers			3						1				7	14					31					2		1								5	4	68	9	0.06	0.18
25/08/2010	Lône Mattant	3		9										19			7			7		1			3			1				2	1		1	53	10	0.13	0.15	
25/08/2010	Lône des Molottes						110	8	4	2				24												10	7	6					3		6		180	10	0.17	0.97
25/08/2010	Lône du Ponton						77	26	2					34		24	5									10	24	5					13		2		222	11	0.42	0.97
28/09/2010	Lône de la Platière	6	1				3	3	6		1			21		64	9		2					2	10	5	5	3		2		2				145	17	0.69	0.43	
28/09/2010	Lône du Noyer Nord	6		1				1	2					19		8	1		1	4					5	1						4				53	12	0.49	0.28	
28/09/2010	Lône de l'Ilon	63					9	10	15					3		7								1			16	1				1		1		127	11	0.89	0.84	
20/09/2010	Lône de la Roussette													7						1					2							3				13	4	0.38	0.69	
21/09/2010	Lône du Bayard				1		54							4		12	3							1		18		126				3				222	9	0.64	0.87	
20/09/2010	Lône de Caderousse									1						2										5		25				1				34	5	0.85	0.62	
22/09/2010	Lône Malaubert	1		9						1				10		5	3			4					2							6				17	58	10	0.16	0.40
21/09/2010	Lône de la Grange écrasée									3						8										21		5									37	4	0.43	0.46
21/09/2010	Lône des Joncs	4						2				2		145		53	51			12							34	1								304	9	0.32	0.55	
22/09/2010	Lône du Carré	14					20	6	1		10			25		1	1							1		14	70					9				172	12	0.65	0.53	

Annexe A 2.7.1 : effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes en 2009. Les espèces surlignées en jaune sont les espèces phytophiles et lithophytophiles.